



MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I PRIRODE
www.mzoip.hr

**POČETNA PROCJENA
STANJA I OPTEREĆENJA
MORSKOG OKOLIŠA
HRVATSKOG DIJELA
JADRANA**

rujan, 2012.

**INSTITUT ZA OCEANOGRFIJU
I RIBARSTVO, SPLIT**
www.izor.hr



Dokument: POČETNA PROCJENA STANJA I OPTEREĆENJA MORSKOG OKOLIŠA HRVATSKOG DIJELA JADRANA

Naručitelj dokumenta: MINISTARSTVO ZAŠTITE OKOLIŠA I PRIRODE RH

Dokument izradio: INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO, SPLIT

Koordinatorica izrade dokumenta: Prof.dr.sc. Nada Krstulović

Suradnici na izradi dokumenta:

Institut za oceanografiju i ribarstvo:

Dr.sc. Boris Antolić
Dr.sc. Danijela Bogner
Prof.dr.sc. Vlado Dadić.
Prof.dr.sc. Jakov Dulčić
Dr.sc. Vanja Čikeš Keč
Prof.dr.sc. Branka Grbec
Dr.sc. Ivana Grubelić
Dr.sc. Grozdan Kušpilić.
Prof.dr.sc. Frano Kršinić
Prof.dr.sc. Nada Krstulović
Prof.dr.sc. Ivona Marasović
Dr.sc. Slavica Matijević
Mr.sc. Vesna Milun
Vedran Nikolić, dipl.inž.
Dr.sc. Živana Ninčević
Dr.sc. Sanda Skejić
Prof.dr.sc. Mladen Šolić
Dr.sc. Vjeko Tičina
Dr.sc. Nedo Vrgoč
Dr.sc. Barbara Zorica
Dr.sc. Ante Žuljević

Institut „Ruđer Bošković“ Centar za istraživanje mora, Rovinj:

Dr.sc. Robert Precali

Institut „Ruđer Bošković“ Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb:

Dr.sc. Nevenka Mikac
Dr.sc. Vjeročka Vojvodić
M. Furdek, dipl.inž.



KAZALO

1.	UVOD	1
I. DIO	ZNAČAJKE MORSKOG OKOLIŠA	7
2.	FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA	8
2.1.	Topografija i batimetrija morskog dna.....	8
2.2.	Geološke značajke morskog dna.....	10
2.3.	Kretanje vodenih masa	12
2.4.	Prostorna i vremenska raspodjela temperature i saliniteta	32
2.5.	Prostorna i vremenska raspodjela pH vrijednosti, kisika, hranjivih tvari i organske tvari u vodenom stupcu	60
2.5.1.	pH vrijednosti morske vode	60
2.5.2.	Sadržaj otopljenog kisika u vodenom stupcu.....	67
2.5.3.	Koncentracije hranjivih tvari u vodenom stupcu	72
2.5.4.	Organska tvar u Jadranu, pokazatelj stanja i promjena ekosustava	89
3.	STANIŠNI TIPOVI	96
4.	BIOLOŠKA SVOJSTVA	103
4.1.	KRATKO-ŽIVUĆI JEDNOSTANIČNI ORGANIZMI	103
4.1.1.	Heterotrofne bakterije	104
4.1.2.	Fitoplankton	127
4.1.3.	Zooplankton	144
4.2.	ZAJEDNICE BENTOSKIH MAKROALGA, MORSKIH CVJETNICA I BESKRALJEŠNJAKA	173
4.2.1.	Makroalge	173
4.2.2.	Morske cvjetnice	192
4.2.3.	Bentoski beskralješnjaci	199
4.3.	STRUKTURA RIBLJIH POPULACIJA I DRUGIH GOSPODARSKI VAŽNIH ORGANIZAMA	206
4.3.1.	Stanje pridnenih zajednica	210
4.3.2.	Stanje pelagičkih zajednica	228
4.3.3.	Stanje priobalnih zajednica	244
4.3.4.	Stanje populacija gospodarski manje važnih ili nevažnih vrsta	258
4.4.	MORSKI SISAVCI I GMAZOVI	262
4.5.	MORSKE PTICE	267
5.	EKOTOKSIČNI METALI, ORGANOKOSITRENI SPOJEVI I POSTOJANA ORGANSKA ZAGAĐIVALA	270
II. DIO	OPTEREĆENJA I UTJECAJI NA MORSKI OKOLIŠ	289
6.	FIZIČKI GUBICI I FIZIČKA OŠTEĆENJA	289
6.1.	Utjecaj ljudskih staništa (urbani prostori svih vrsta) na morski okoliš	289
6.2.	Utjecaj ribarstva - fizička šteta staništa i utjecaj na bioraznolikost	292
6.3.	Utjecaj uzgoja školjkaša i ribe na morski okoliš	308
6.4.	Utjecaj plovidbe na morski okoliš	311
7.	ONEČIŠĆENJA OPASNIM TVARIMA	318
8.	OBOGAĆIVANJE HRANJIVIM I ORGANSKIM TVARIMA	329
9.	BIOLOŠKE SMETNJE	341
9.1.	Kakvoća mora za kupanje.....	341
9.2.	Unošenje stranih vrsta	347
9.3.	Utjecaj slučajnog ulova na velike morske kralješnjake	360
10.	OPĆI ZAKLJUČCI.....	362
11.	LITERATURA.....	374

1. U V O D

Svrha izrade izvješća

Okvirna direktiva o morskoj strategiji (u daljnjem tekstu ODMS), Europskog parlamenta i Vijeća od 17. lipnja 2008. (2008/56/EZ) uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice u području politike morskog okoliša unutar kojeg države članice moraju poduzeti potrebne mjere za postizanje ili održavanje dobrog stanja u morskom okolišu najkasnije do 2020. godine. ODMS predstavlja zakonodavni okvir koji povezuje razne politike i potiče uključivanje pitanja okoliša u druge politike (ribarska, poljoprivredna, turistička, pomorska i sl.), te pruža opći okvir za usklađivanje mjera koje se trebaju poduzeti, odnosno omogućuje upotpunjavanje postojećih s mjerama na temelju drugih zakona i međunarodnih sporazuma, primjenjujući pritom „ekosustavno upravljanje“ kao strateški pristup integriranom upravljanju morskim okolišem koji na uravnotežen način potiče očuvanje i iskorištavanje prirodnih resursa. U tome smislu ODMS uzima u obzir već postojeće propise i politike EU vezane za morski okoliš poput Okvirne direktive o vodama 2000/60/EZ, Direktive o staništima 92/43/EEZ, Direktive o pticama 79/409/EEZ, Zajedničke ribarske politike te ostale relevantne međunarodne propise. ODMS nalaže svakoj državi članici razvoj morske strategije za svoje morske vode koja će istovremeno biti specifična u smislu uvažavanja osobitosti dotičnih morskih voda i opća, izražavajući perspektivu dotične morske regije i podregije. Regionalni odnosno podregionalni pristup izradi i provedbi morskih strategija podrazumijeva da države trebaju usklađeno izrađivati i provoditi svoje morske strategije radi ostvarivanja ujednačenosti, usklađenosti i dosljednosti u provedbi procjena, monitoringa i mjera na različitim razinama te omogućavanja usporedbi do koje je mjere postignuto dobro stanje morskog okoliša..

More i morski okoliš od strateškog su značaja za Republiku Hrvatsku. Njegova zaštita, očuvanje i obnavljanje prirodnih datosti imaju za cilj očuvanje biološke raznolikosti i morskih ekosustava kako bi se omogućila i osigurala održiva uporaba morskih resursa na dobrobit sadašnjih i budućih generacija. U okviru Sporazuma o suradnji na zaštiti voda Jadranskog mora, i obalnih područja od zagađivanja (1974.), RH surađuje s državama podregije Jadranskog mora, provodeći aktivnosti usuglašavanja pristupa, metodologije i programa očuvanja morskog okoliša, te se u okviru suradnje pokreću različite inicijative za zaštite Jadranskog mora u skladu s postojećim međunarodno prihvaćenim sporazumima.

Na regionalnoj razini, kao potpisnica Konvencije o zaštiti morskog okoliša i obalnog područja Sredozemlja (Barcelonske konvencije), RH sudjeluje u svim aktivnostima Mediteranskog akcijskog plana Programa za okoliš Ujedinjenih naroda (UNEP/MAP) posebno ističući primjenu ekosustavnog pristupa u upravljanju ljudskim aktivnostima koje mogu imati utjecaja na morski i obalni okoliš Sredozemlja temeljem Odluke Ugovornih stranaka iz 2008. godine (Decision IG 17/6 , Annex II).

Imajući status zemlje pristupnice u članstvo EU, RH je uz ostale obveze preuzela obvezu transponiranja Okvirne direktive o morskoj strategiji (Marine Strategy Framework Directive, 2008/56/EC, ODMS) čije su odredbe u RH prenesene kroz Uredbu o uspostavi okvira za djelovanje Republike Hrvatske u zaštiti morskog okoliša (NN 136/11). Uredbom se određuju polazne osnove i mjerila za izradu, razvoj, provedba i praćenje provedbe Strategije zaštite morskog okoliša. Morska Strategija donosi se za morske vode pod



pravom nadležnosti Republike Hrvatske, a podrazumijeva donošenje pripremnih dokumenata:

1. početne procjena stanja okoliša morskih voda,
2. utvrđivanje dobrog stanja okoliša Skupom značajki dobrog stanja okoliša
3. utvrđivanje Skupa ciljeva u zaštiti okoliša

za koje je definirani rok 2012. godina i akcijskih programa:

- Sustav praćenja i promatranja (do 2014.)
- Program mjera (do 2015.).

U okviru izrade Strategije zaštiteorskog okoliša i provedbe Okvirne direktive o morskoj strategiji (ODMS (2008/56/EZ) dokument „Početna procjena stanja i opterećenja na morski okoliš hrvatskog dijela Jadrana“ prvi je korak u pripremi programa mjera za postizanje i održavanje dobrog stanjaorskog okoliša. Odnosi se na morske vode u područjima pod suverenitetom Republike Hrvatske, odnosno u kojima Republika Hrvatska ostvaruje suverena prava i jurisdikciju a obuhvaća:

- analizu osnovnih svojstava i značajki postojećeg stanjaorskog okoliša, odnosno obuhvaća fizikalna i kemijska svojstva, stanišne tipove, biološka svojstva i hidromorfologiju
- analizu glavnih opterećenja i utjecaja na stanje okoliša morskih voda, uključujući ljudske djelatnosti

Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, izradu dokumenta „Početna procjena stanja i opterećenja na morski okoliš hrvatskog dijela Jadrana“ povjerilo je Institutu za oceanografiju i ribarstvo iz Splita. Zavodi, agencije i tijela državne uprave nadležna za pojedina resorna područja svojim su komentarima i materijalima doprinijeli razradi dokumenta.

Metodologija izrade

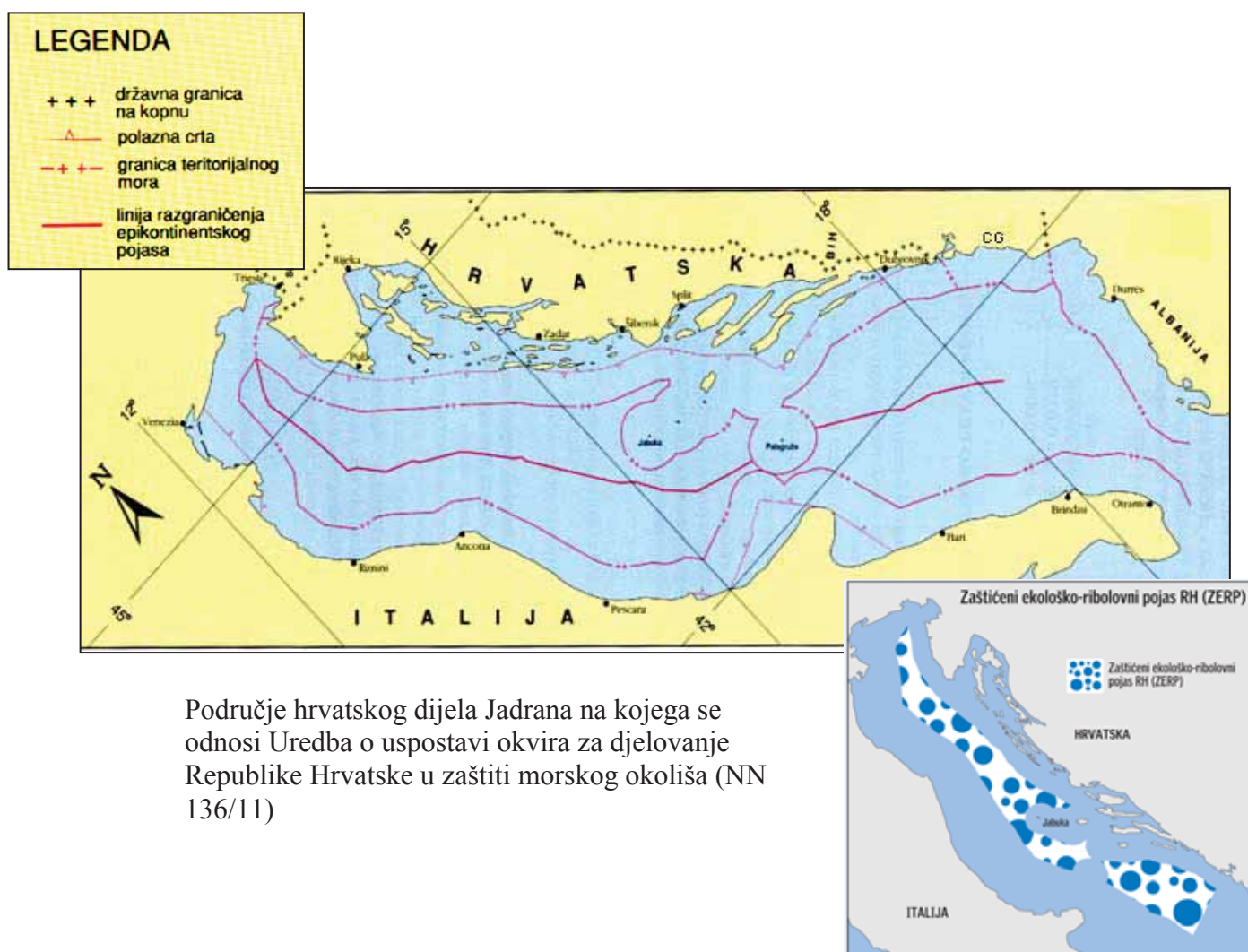
Izrada dokumenta temeljena je na Okvirnoj direktivi o morskoj strategiji (2008/56/EZ) odnosno Uredbe o uspostavi okvira za djelovanje RH u zaštitiorskog okoliša:

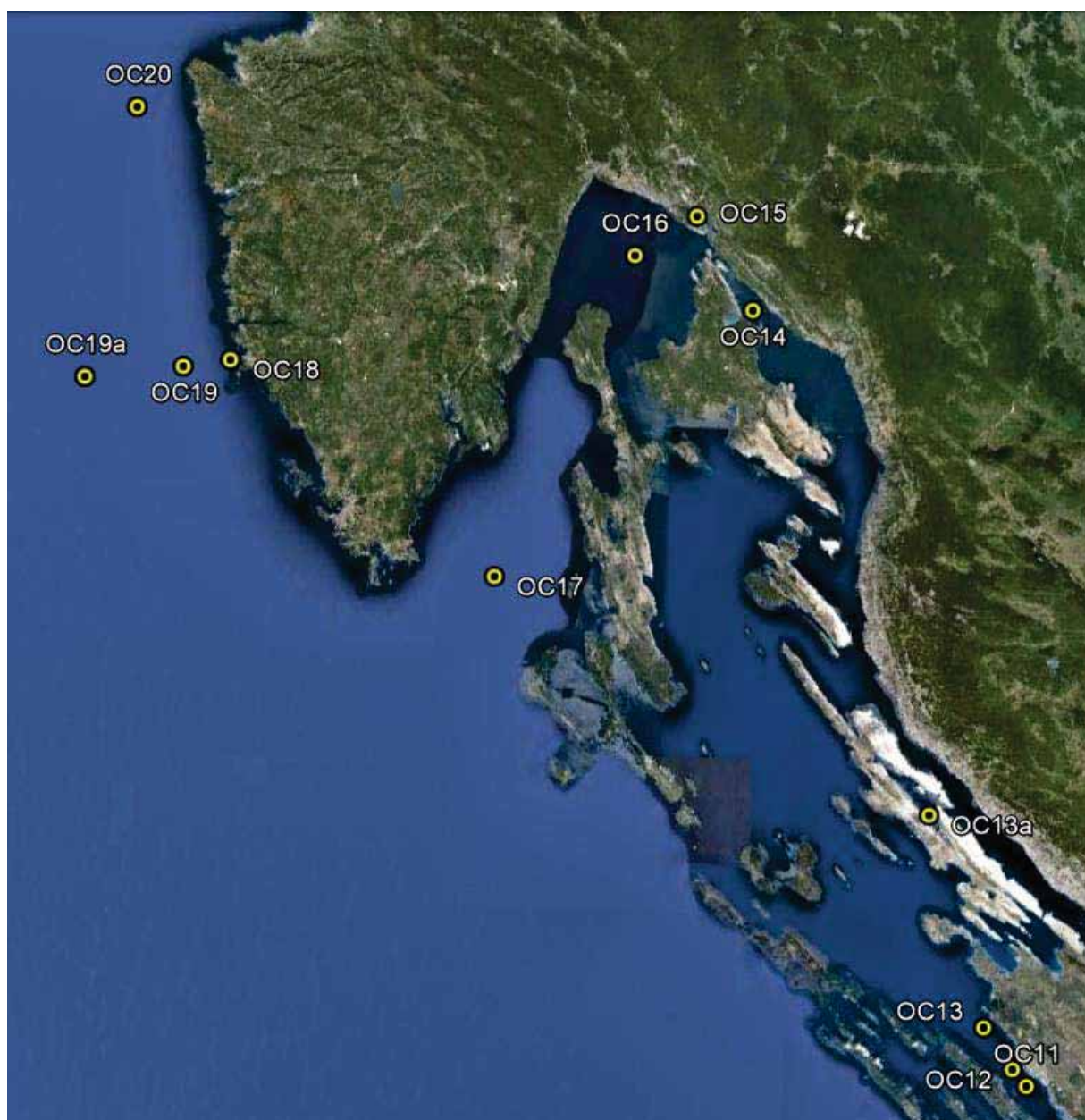
- Prvi dio sadrži opis značajkiorskog okoliša sukladno Prilogu III ODMS odnosno Uredbe
- Drugi dio sadrži opis postojećih opterećenja koji imaju utjecaj na promjeneorskog okoliša sukladno Prilogu III
- Treći dio sadrži zaključke i uočena prioriteta područja djelovanja.



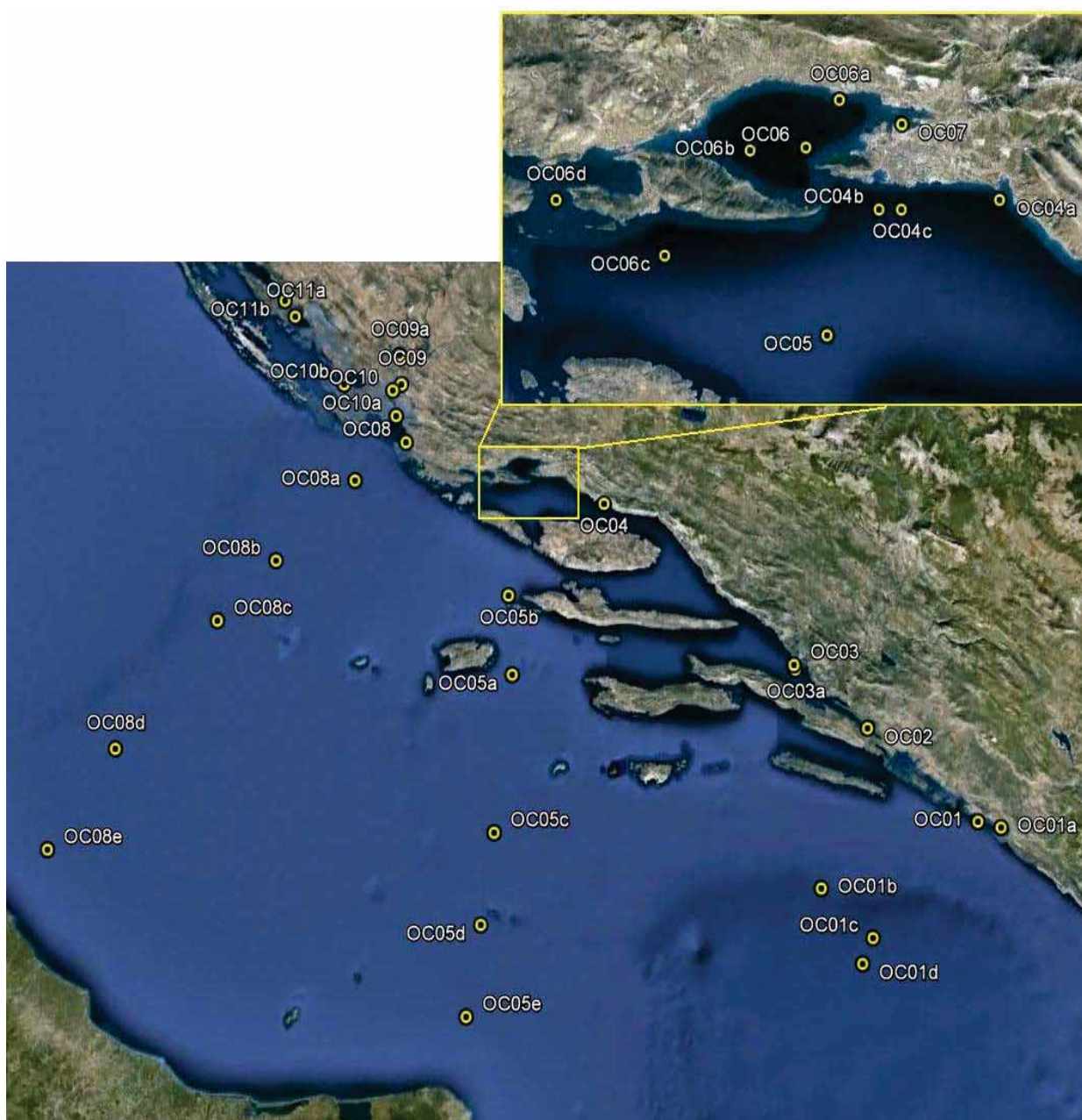
Izvori podataka za izradu dokumenta

- Kontrola kakvoće obalnog mora (Projekt PAG-KONAVLE) od 1976. – 2011. (Hrvatske vode)
- Sustavno istraživanje Jadranskog mora kao osnova održivog razvitka Republike Hrvatske (Projekt „JADRAN“) od 1998. do 2010. (Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta)
- Projekt zaštite od onečišćenja voda u priobalnom područje („JADRANSKI PROJEKT“) (Hrvatske vode); Dio: Jačanje sustava za nadzor kakvoće priobalnih voda od 2007. do 2009. (Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva)
- Monitoring koćarskih vrsta (DEMMON) od 2004. do danas (Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja)
- Hvar i MEDITS ekspedicije
- Pelagijski monitoring (PELMON) od 2005. do danas (Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja)
- Monitoring priobalnog ribolova
- Praćenje sanitarne kakvoće mora za kupanje (Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva)
- Izvješća Agencije za zaštitu okoliša
- Svi raspoloživi podatci iz objavljenih znanstvenih radova





Slika 1.1. Raspored postaja na kojima su mjerena termohalina svojstva vodenog stupca, osnovni kemijski parametri i planktonske zajednice na području sjevernog Jadrana

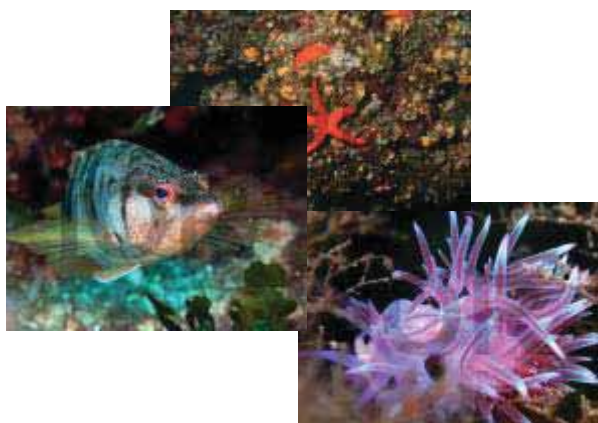


Slika 1.2. Raspored postaja na kojima su mjerena termohalina svojstva vodenog stupca, osnovni kemijski parametri i planktonske zajednice na području srednjeg i južnog Jadrana

Tablica 1.1. Oznake i koordinate postaja prikazanih na slici 1.1. i 1.2.

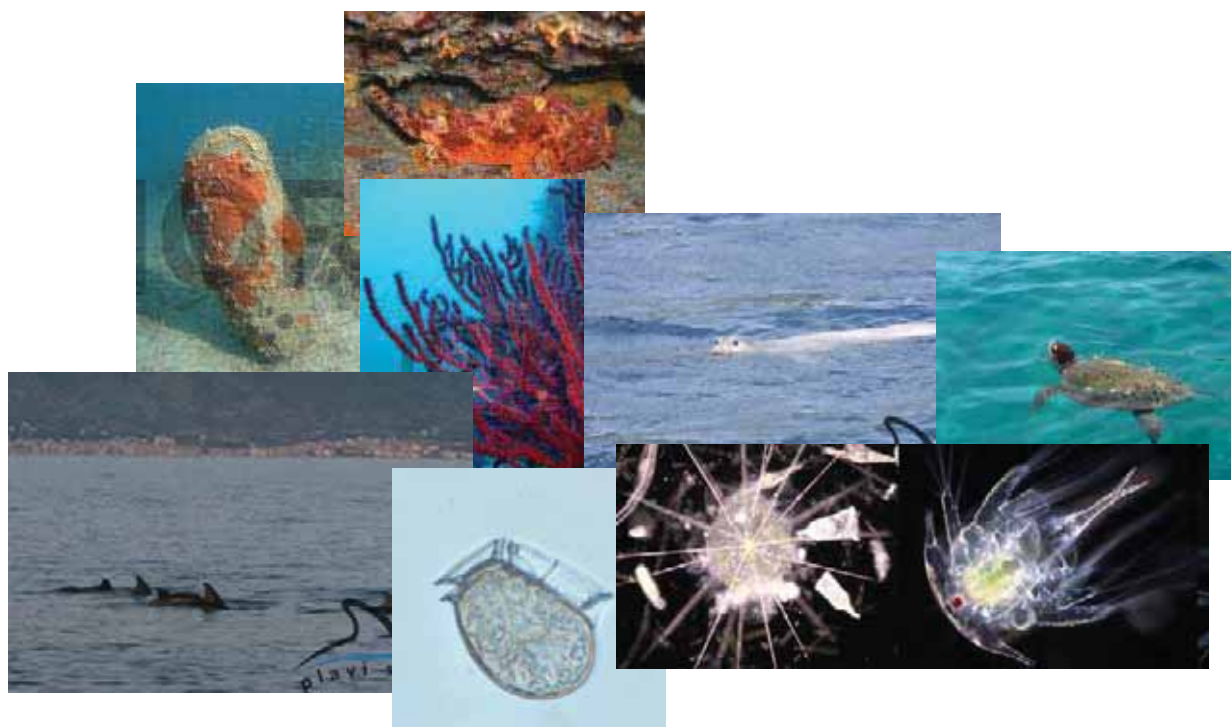
Područje	Postaja	Φ	λ
Cavtat	OC1a	42,608333	18,200000
Dubrovnik	OC1	42,624167	18,112333
Rub JJ kotline	OC1b	42,460000	17,513333
JJ kotlina	OC1c	42,333333	17,708333
JJ kotlina	OC1d	42,268333	17,668333
Bistrina	OC2	42,863333	17,693333
Ušće Neretve	OC3a	43,013333	17,418333
Ploče (luka)	OC3	43,025000	17,413333
Ušće Cetine	OC4	43,433333	16,683333
Stobreč	OC4a	43,493333	16,526667
Split (ispred luke)	OC4b	43,488333	16,436667
Split	OC4c	43,488333	16,453333
Splitaska vrata	OC5	43,426667	16,398333
Stončica	OC5a	43,000000	16,333333
Pelegrin	OC5b	43,200000	16,316667
Profil Split-MtGargano	OC5c	42,600000	16,268333
Profil Split-MtGargano	OC5d	42,366667	16,220000
Profil Split-MtGargano	OC5e	42,133333	16,166667
Kaštelanski z.-centralna	OC6	43,518333	16,381667
KZ-Gomilica	OC6a	43,541667	16,406667
KZ-Zapad	OC6b	43,516667	16,340000
Ispred Mavaršnice	OC6c	43,465000	16,276667
Ulaz u Trogirski zaljev	OC6d	43,491667	16,195000
KZ-Vranjic	OC7	43,530000	16,453333
Primošten	OC8	43,586666	15,913333
Profil Šibenik-Ancona	OC8a	43,488333	15,716667
Profil Šibenik-Ancona	OC8b	43,281667	15,415000
Profil Šibenik-Ancona	OC8c	43,126667	15,191667
Profil Šibenik_Ancona	OC8d	42,795000	14,805000
Profil Šibenik-Ancona	OC8e	42,533333	14,550000
Šibenski zaljev	OC9	43,734240	15,892000
Prokljan	OC9a	43,808167	15,881667
Kanal sv.Ante	OC10	43,718500	15,858500
Zlarin	OC10a	43,653333	15,873333
Tijat	OC10b	43,733000	15,668000
Crvena luka	OC11a	43,905000	15,470000
Biograd	OC11b	43,945000	15,428333
Gaženica	OC11	44,086667	15,236667
Zadar	OC12	44,110000	15,208333
Petrčani	OC13	44,168333	15,150000
Pag	OC13a	44,467000	15,033000
Crikvenica	OC14	45,173333	14,656667
Bakarski zaljev	OC15	45,304342	14,539678
Riječki zaljev	OC16	45,246667	14,41666667
Kvarner	OC17	44,786667	14,15666667
Rovinj	OC18	45,08	13,61
5NM ispred Rovinja	OC19	45,068333	13,515
Profil Rovinj-Po	OC19a	45,048333	13,31666667
5NM ispred Umaga	OC20	45,435000	13,3966670





I. DIO

ZNAČAJKE MORSKOG OKOLIŠA



2. FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA

2.1. Topografija i batimetrijaorskog dna

Jadransko more je relativno plitko i poluzatvoreno more koje je duboko usječeno u europsko tlo ukupne površine od 138.595 km². Predstavlja izduženi bazen dužine oko 800 i širine oko 250 km, položen približno u smjeru jugoistok-sjeverozapad s nerazvedenom zapadnom i vrlo razvedenom istočnom obalom (jednom od najrazvedenijih u svijetu) s velikim brojem otoka, otočića i hridi čiji najveći dio pripada Republici Hrvatskoj kojoj pripada i oko 40% ukupne površine Jadranskog mora, od čega otpada oko 31000 km² na teritorijalno more i oko 23000 km² na ZERP. Jadransko more je okruženo gorskim lancima Apenina, Alpa, Dinarida i Helenida koji se protežu usporedno s pravcem protezanja jadranskog bazena. Na istočnoj obali planinski lanac Dinarida se pruža usporedno sa smjerom pružanja obalne crte i otočnog arhipelaga i u većem dijelu se spušta neposredno do obale. U središnjem dijelu dinarski planinski lanac se lagano povija u smjeru zapad-istok, udaljujući se od obale, pa je i smjer pružanja otočnog arhipelaga na tom dijelu isti kao i smjer planina na kopnu što potvrđuje da istočnojadranski otoci predstavljaju dio dinarskog planinskog lanca (Slika 2.1.1.).



Slika 2.1.1. Orografija Jadranskoga mora s glavnim planinskim lancima (Satelitski snimak)

Jadransko more se zbog posebnih morfoloških osobitosti obično dijeli na tri bazena: plitki sjeverni bazen od Tršćanskog zaljeva do spojnice Ancona-Zadar, srednji bazen od spojnice Ancona-Zadar do palagruškog praga s Jabučkom kotlinom i duboki južnojadranski bazen od palagruškog praga do Otrantskih vrata (širine 72 km i s podmorskim pragom dubine oko 74 m) koja Jadran povezuju s Jonskim morem. Dok plitki sjeverni i nešto dublji srednji bazeni zauzimaju 45% površine čitavoga Jadrana sadrže samo oko 20% njegove ukupne količine vode, južni bazen s najvećom dubinom od preko 1200 metara sadrži preko 80% vode Jadrana. Hrvatski dio obale Jadranskog mora spada među najrazvedenije obale Mediterana s ukupnom dužinom 6278 km uključujući obale 1246 otoka, otočića i hridi koji se nalaze u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske (Duplanić Leder i sur., 2004.). Razvedenost obale je posljedica potapanja planinskih reljefnih oblika zbog otapanja leda nakon ledenog doba (tada se razina mora izdigla 100 m, te su vrhovi nekadašnjih planina postali otoci, a doline zaljevi i morski prolazi). Posljedica toga je da smjer pružanja otoka prati smjer pružanja planina na

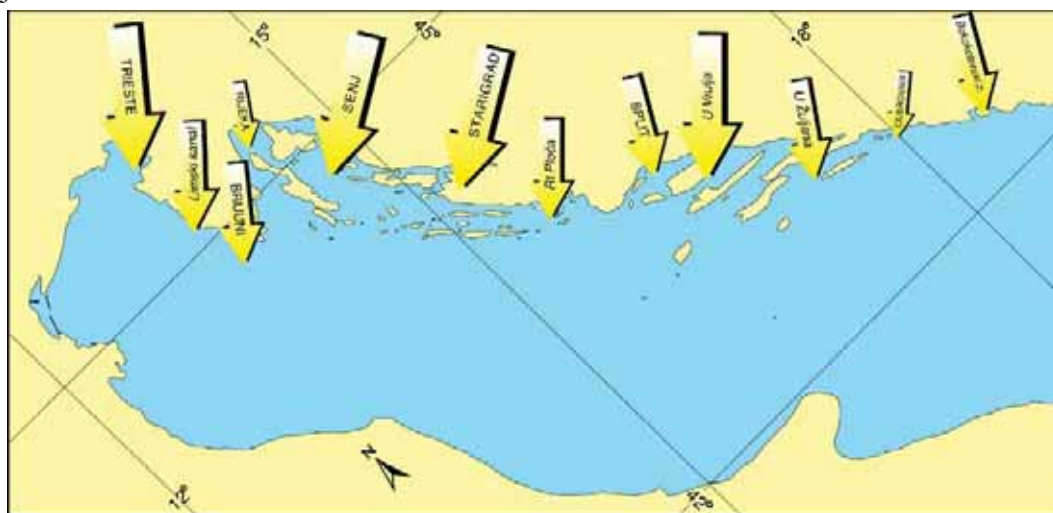
kopnu. To je prvi put uočeno na obali Dalmacije, te se u cijelom svijetu takav tip obale naziva dalmatinski tip obale.

Neravna područja morskoga dna stalno se smanjuju uslijed sedimentacije organskog i anorganskog materijala od kojga veliki dio dospjeva s kopna. Taj je proces spor, no stalan i naročito je izražen u akvatorijima neposredno uz ušća većih rijeka koje s vodenim masama donose materijal s kopna, a najznačajnije su Drim, Neretva, Cetina, Krka, Zrmanja na istočnoj obali Jadrana i rijeka Po na sjevero-zapadnom dijelu Jadrana.

S topografskog gledišta, treba navesti da brda i planine koje se spuštaju do same obale (Biokovo i Velebit) osim u području Šibenika i Zadra imaju visinu preko 500 metara. Najviša je planina Dinara, s najvišim vrhom od 1831 m koja je nešto udaljenija od same obale. Planine uz istočnu obalu Jadrana često dijele topli zrak koji se zadržava nad morem od hladnog zraka koji se nad kopnom sakuplja ili s kopnene strane nadire. U takvim okolnostima nastaje različitim mehanizmima bura – izrazito mahovit vjetar koji se spušta s planine na more u smjeru okomitom na planinski lanac (Slika 2.1.2.).

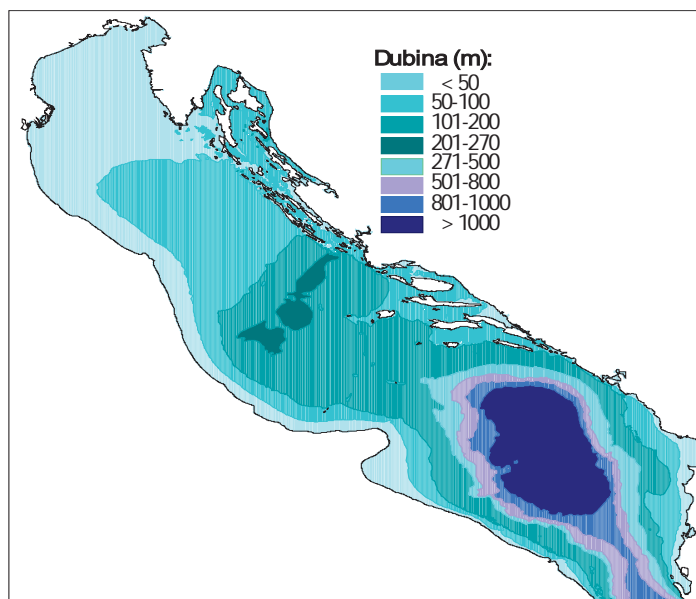
Zbog specifičnog položaja Jadranskog mora između Apeninskog i Dinarskog gorja, te Albanskih planina javljaju se izrazito jaki vjetrovi (bura i jugo) koji se češće javljaju u hladnijem razdoblju godine (od studenog do ožujka) i u velikoj mjeri utječu na dinamiku vodenih masa. Bura je katabatički vjetar koji puše iz sjeveroistočnog smjera, mahovit je i vrlo promjenjive jačine, a na Jadran se spušta s visokih planina uzduž njegove istočne obale. Na pojedinim lokacijama može doseći srednju satnu brzinu do 30 m/s s udarima i do 45 m/s, a najpoznatije su tršćanska, senjska i kliška bura. Bura je vezana za suhi tip vremena, a uz jugo i maestral po učestalosti i brzini je prevladavajući vjetar koji puše nad Jadranom. Jugo je vjetar koji puše iz jugoistočnog smjera, relativno je stalan tijekom puhanja kod kojega najveće srednje satne brzine mogu dostići 15 m/s, a udari vjetra 30 m/s. Za vrijeme juga vezan je kišni tip vremena kod kojega se zračna masa nad morem postupno približava kopnu. Pri tome jedan dio zračne mase ide duž Jadrana pa tek na njegovom sjevernom dijelu prelazi na kopno, a drugi dio postupno ulazi na kopno kroz riječne doline, planinske usjeke i kraška polja uz obilaženje visokih planina kao što su Velebit, Dinara i Biokovo (Penzar i sur., 2001.).

Od ostalih vjetrova koji pušu na Jadranu najpoznatiji je etezijski vjetar zmorac (maestral) koji puše iz sjeverozapadnog smjera i prevladavajući je u poslijepodnevni satima tijekom ljetnog razdoblja. Ostali vjetrovi nisu česti, a među njima su najpoznatiji lebić, sjeverac i levnat.



Slika 2.1.2. Područja na istočnoj strani jadrana gdje puše olujna i orkanska bura - strelice označavaju smjer i jačinu vjetra (Izvor podataka: Hrvatski hidrografski institut, 1999: Peljar I, Split, 331 pp.).





Slika 2.1.3. Opća batimetrijska karta Jadrana (Jardas i sur., 2008.).

2.2. Geološke značajke morskog dna

Jadransko more je poluzatvoreno, plitko na sjeveru i relativno duboko na jugu s utocima više rijeka među kojima su najznačajnije Drim, Neretva, Cetina, Krka i Zrmanja na istočnoj obali i rijeka Po na sjevernoj obali. Rijeke s dotocima velikih količina vode u more donose i različite organske i anorganske tvari koje se raznose i na dnu mora talože. U obalnom području mora tj. uskom pojasu neposredno uz kopno, prevladavajuću geološku ulogu ima mehaničko razorno djelovanje valova uzrokovanih vjetrom. Zbog toga u obalnom predjelu, suprotno ostalim morskim predjelima, prevladava razaranje i odnošenje materijala nad sedimentacijom.

Što se tiče sedimenata, u užem dijelu uz istočnu obalu Jadrana koji se od albanskog dijela širi prema vanjskim otocima hrvatskog i većem dijelu sjevernog Jadrana te uskom pojasu sjeverno od poluotoka Gargano uz talijansku obalu prevladavaju pjeskovita dna, dok u relativno uskom području od delte rijeke Po pa do Jabučke kotline, njenom većem dijelu, na Palagruškom pragu i u južnom Jadranu prevladavaju muljevita dna (Slika 2.2.1.).

Obala i otočje istočnog dijela Jadrana se najvećim dijelom sastoji od vapnenaca (krednih i paleogenih) te paleogenog fliša. Abrazivnim i akumulativnim djelovanjem valova i morskih struja, s materijalom koji nastaje obrušavanjem klifova, stvorena su duž obale mnogobrojna veća i manja žala. Jaka tektonska aktivnost u mlađem geološkom razdoblju (pleistocen-diluvij) rezultirala je mnogobrojnim rasjedima koje je lako uočiti duž istočnojadranske obale i otočja. Tako npr. na krajnjem vanjskom nizu otočja, čija je obala okrenuta prema zapadu ili pak dijelu obale koji nije zaštićen otocima, nailazimo na brojne primjere rasjednutih obala koje se strmo spuštaju u more (Smirčić, 1985.).

Nasuprot istočnoj, zapadna obala Jadrana je pretežno niska i sitnopjeskovita s velikim brojem laguna, a vrlo malim brojem zaljeva i otoka.

Prema vrsti i porijeklu sedimenata na istočnoj obali Jadranskog mora razlikuju se dvije zone: vanjska i obalna. Vanjska zona obuhvaća prostor od otoka prema otvorenom moru, tj. područje dubljeg mora. Prema vrsti sedimenata može se podijeliti na sjeverno pješčano područje i južno s mješovitim sedimentima. Sjeverno područje obuhvaća cijeli



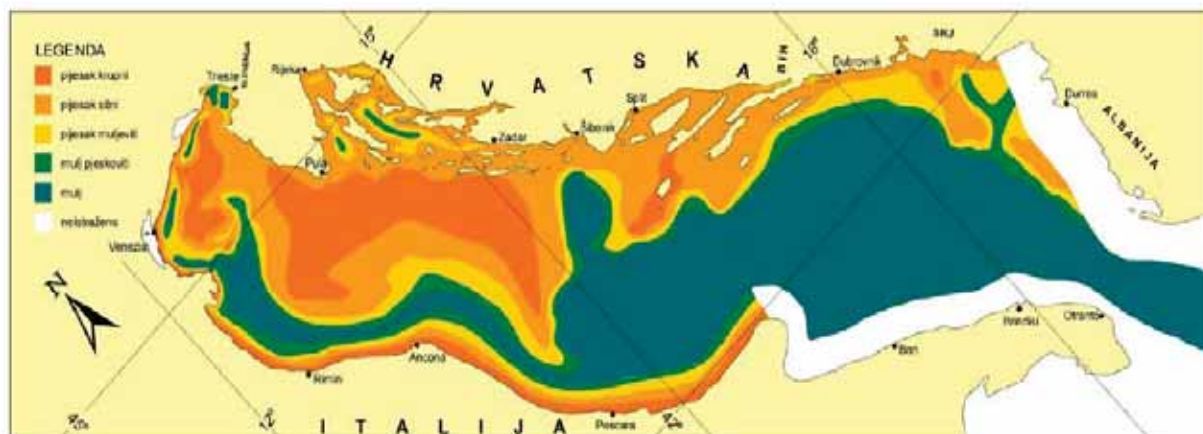
sjeverni Jadran do spojnice otok Kornat-Pescara. Dno je pokriveno pijeskom, a mjestimično na malim površinama, mješavinom pijeska, mulja i silta.

Južno područje obuhvaća prostor jugoistočno od te spojnice. Na tom prostoru razlikuju se područja s istovrsnim i područja s mješovitim sedimentima. Veći dio dna najdubljih dijelova Jadrana prekriven je muljem: obje duboke kotline i dno uskog pojasa između otoka Jabuke, Biševa, Sušca, Lastova i Palagruže. Tu su dubine uglavnom veće od 200 m.

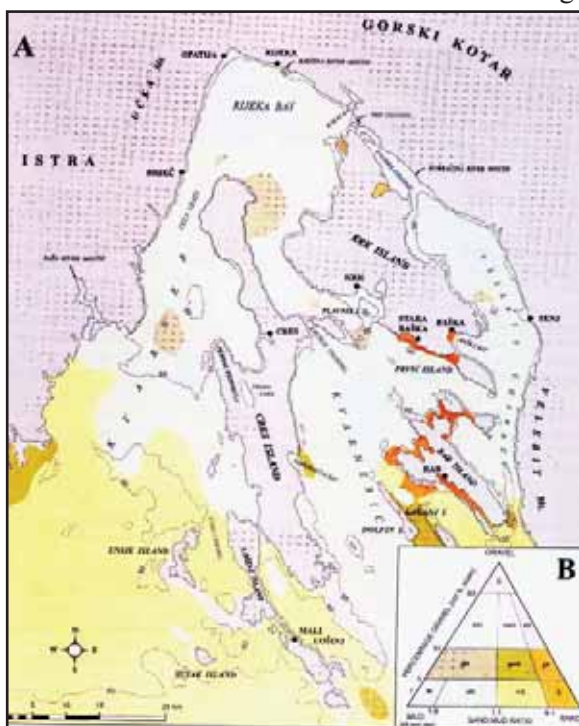
Plići dio vanjske zone prekriven je mješavinom pijeska, mulja i silta. Na nekim mjestima prevladava silt, a negdje pijesak i mulj. Veći je postotak silta i mulja južno od vanjskih otoka (Vis, Lastovo, Mljet) te luke Rogoznice, a veći je postotak mulja južno od otoka Žirja prema Jabučkoj kotlini (Androćec, ur., 2009.).

Obalna zona istočne obale Jadrana je prostor unutar zaljeva i kanala. U sjeveroistočnom obalnom području dno je prekriveno mješovitim sedimentima u kojima se posebno ističe pijesak svijetle boje, a ispred ušća rijeka i krupnozrnati materijal. Takvo je dno i na jugozapadnoj obali, ali su sedimenti zbog blažeg pada dna pravilnije raspoređeni (Androćec, ur., 2009.).

Detaljnije su istraženi sedimenti za šire područje Kvarnera, a rezultati su prikazani na Slici 2.2.2 (Obhodaš i sur., 2010.).



Slika 2.2.1. Sedimentološka karta Jadranskog mora (Izvor podataka: Hrvatski hidrografski institut, 1999: Peljar I, Split, 331 pp.)



Slika 2.2.2. (Obhodaš i sur., 2010.):

- A) Granulometrijska raspodjela površinskog sedimenta Kvarnera.
- B) Teksturni dijagram prema Folk (1954.); g-šljunak, s-pijesak, m-mulj (Juračić i sur., 1999.)

2.3. Kretanje vodenih masa

Općenito, kretanje vodenih masa u moru čine morske struje koje predstavljaju kretanje vodenih masa u jednom pravcu i valovi pod kojima najčešće podrazumijevamo vertikalno gibanje površine mora.

Morske struje

Prema uzroku nastanka struje se dijele na:

- gradijentske struje (nastaju zbog horizontalnih razlika u gustoći mora pod utjecajem zagrijavanja, hlađenja, evaporacije, padalina, dotoka rijeka i slično),
- plimne struje (nastaju pod utjecajem plimotvorne sile zbog promjene položaja Zemlje i Mjeseca)
- struje vjetra (nastaju djelovanjem tangencijalne napetosti vjetra na površinu mora).

S obzirom na zemljopisni položaj Jadranskoga mora (duboko usječeno u europsko kopno s uzdužnom osi nagnutoj 45° u smjeru SE-NW), njegov oblik (dužina 800 km i prosječna širina 200 km) i spoj s Mediteranom preko Otrantskih vrata (širine 72 km), te geomorfološke osobine (plitki sjeverni i duboki južni dio) i sile uzročnice u njemu se generira takvo gibanje vodenih masa da ulazne struje od Otranta teku uz hrvatsku obalu prema sjeverozapadu, a izlazne struje teku uz talijansku obalu od sjeverozapada prema Otrantu (Zore-Armanda, 1969.).

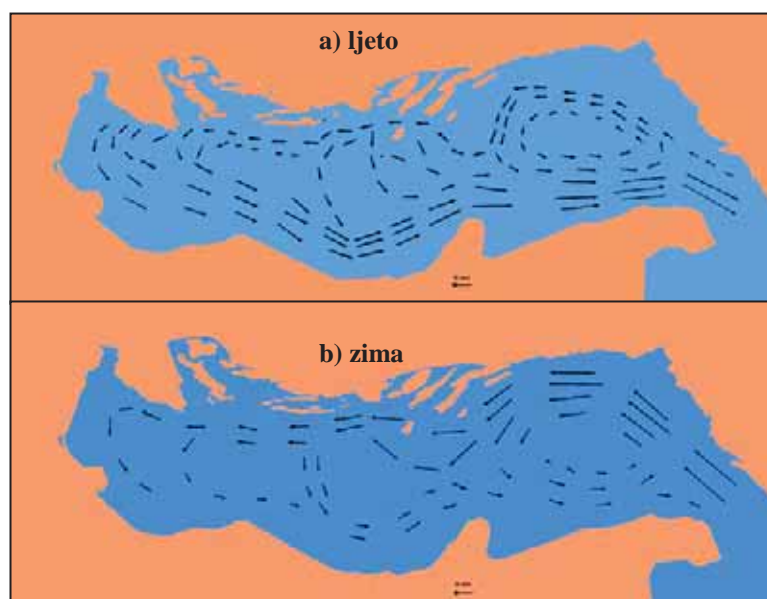
Treba naglasiti da zbog specifične orografije u pojedinim akvatorijima u priobalnom području hrvatskoga dijela Jadrana gore navedene sile uzročnice djeluju s posve različitim jakostima (Androćec, ur., 2009.).

Opće spoznaje o dinamičkim osobinama vodenih masa Jadranskoga mora pokazuju da na strujanje u Jadranu naročito utječe izduženi oblik bazena, te njegove kontinentalne osobine (Buljan i Zore-Armanda, 1976., Cusman-Rosin, 2001.). To se očituje u sezonskim promjenama osnovnih hidrografskih osobina, a posebno temperature, slanosti i gustoće vodenih masa, osobito u sjevernom dijelu Jadrana u kojem su vodene mase u zimskom razdoblju znatno hladnije, a tijekom ljetnog razdoblja nešto toplije u odnosu na vodene mase ostalog dijela Jadrana. Ove horizontalne razlike u gustoći vodenih masa uzrokuju dugoperiodične gradijentske struje koje imaju osobine sezonski moduliranog ciklonalnog strujanja s naglašenim promjenama uz istočnu hrvatsku obalu. Naime, dotok slatke vode od strane sjevernojadranskih rijeka (najveći od rijeke Po), te njezino gibanje, pod utjecajem Coriolisove sile, generiraju zapadnu jadransku struju (WAC) uz talijansku obalu Jadrana, što rezultira pojavom strujanja suprotnog smjera uz istočnu obalu poznatom pod nazivom istočna jadranska struja (EAC). Prevladavajući smjer gradijentskih struja uz istočnu obalu je NW, ali je u nekim akvatorijima deformiran smjerom protezanja obale (kanala) i značajkama topografije dna (Slike 2.3.1., 2.3.2. i 2.3.3.b). Ujedno se javlja nekoliko manjih ciklonalnih vrtloga kao što je onaj u južnom Jadranu oko duboke Južnojadranske kotline. Jedan krak NW strujanja uz istočnu obalu skreće oko Jabučke kotline, a jedan krak u području delte rijeke Po pridružujući se izlaznoj SE struji. Također postoji zatvoreno ciklonalno strujanje tijekom jeseni u Tršćanskom zaljevu (Buljan i Zore-Armanda, 1976. i Poulain, 2001.).

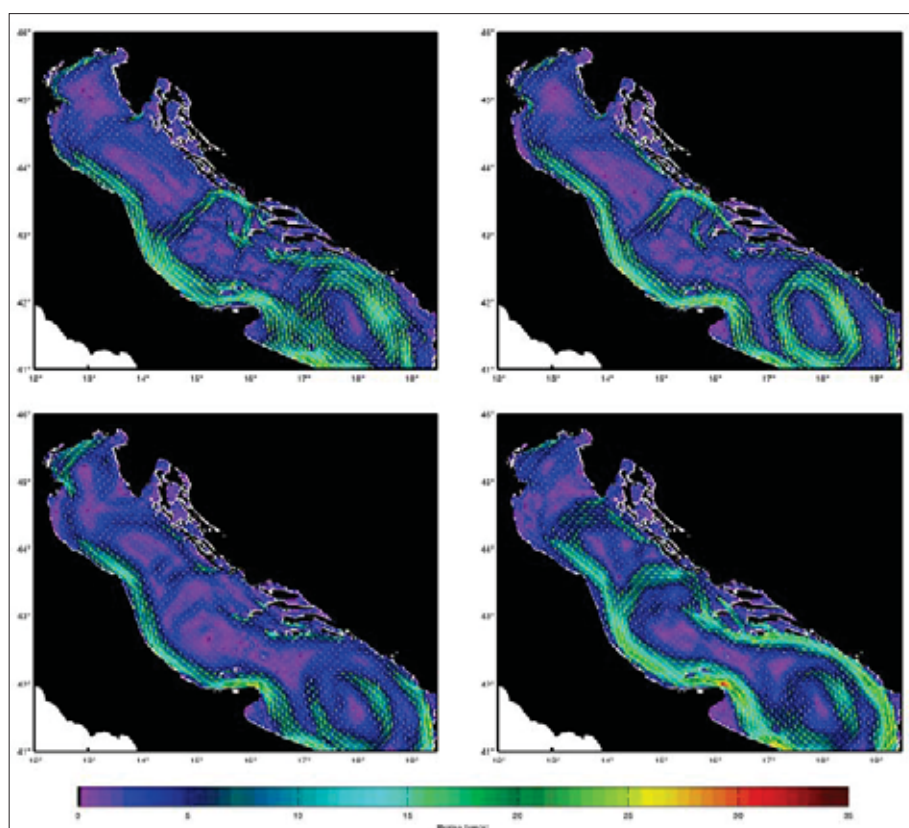
Vodeni stupac otvorenog dijela Jadranskoga mora je podijeljen na tri sloja: površinski, srednjedubinski i pridnjeni. Izračunate gradijentske struje iz hidrografskih parametara, kao i izravna mjerenja stacionarnim strujomjerima i površinskim plovcima, te rezultati simulacija hidrodinamičkim modelima pokazuju da se u općem ciklonalnom strujanju površinskog sloja zimi pojavljuje pretežito ulazno strujanje u Jadran s većim brzinama uz istočnu, a ljeti pretežito izlazno strujanje s većim brzinama uz zapadnu obalu. Iako su ove sezonske promjene prvenstveno uvjetovane geostrofičkom sastavnicom strujanja,



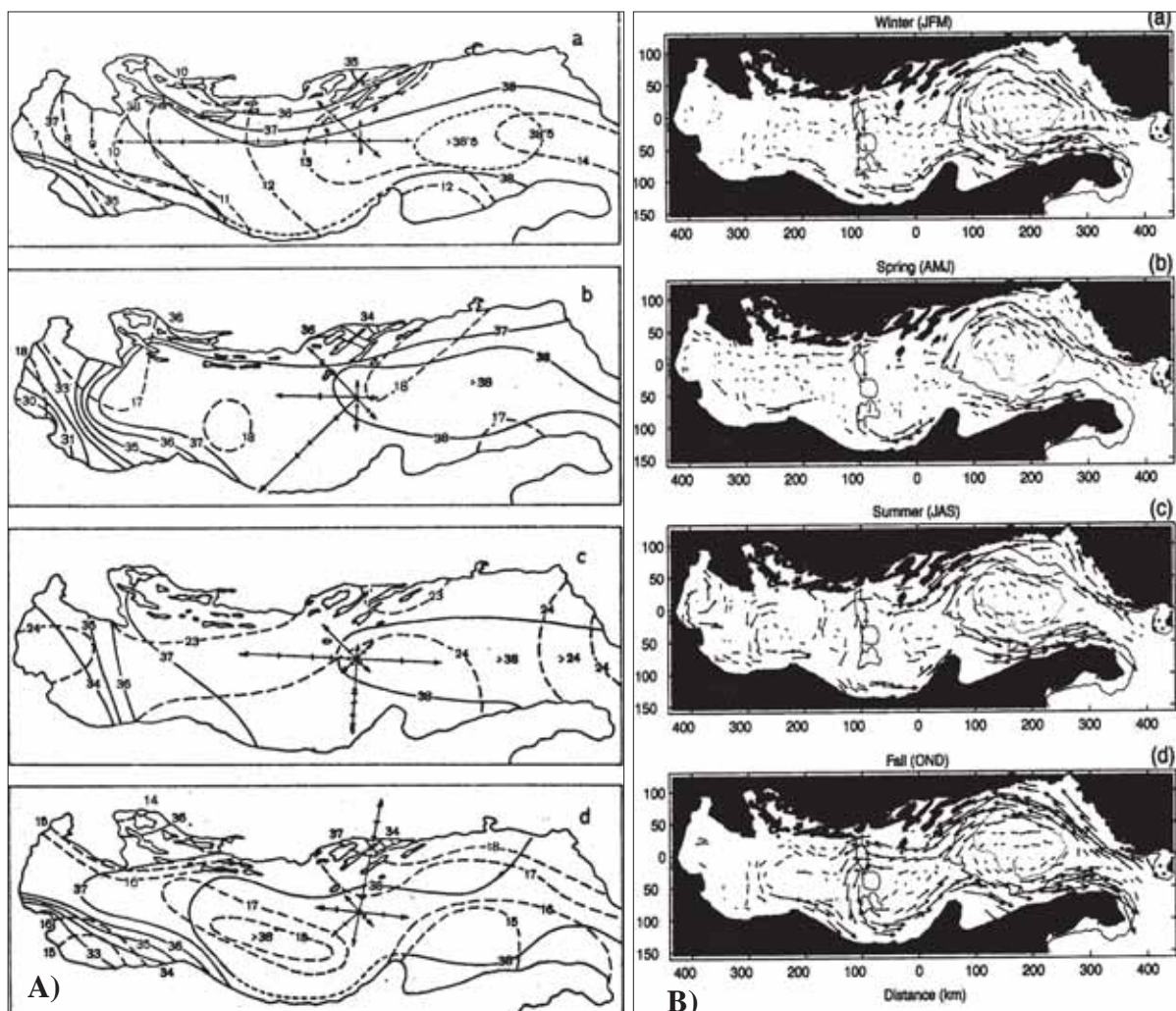
vjetar također utječe u tom smislu, jer ljeti prevladavajući vjetar maestral generira izlaznu, dok zimi jugo generira ulaznu sastavnicu struja (Buljan i Zore-Armanda, 1976.).



Slika 2.3.1. Površinska cirkulacija vodnih masa u Jadranskome moru tijekom ljetnog (a) i zimskog (b) razdoblja (Buljan i Zore-Armanda, 1976.)



Slika 2.3.2. Prikaz vertikalno usrednjenog polja brzina dobijenih numeričkim modelom ROMS po tromjesečjima (XII-II; III-V ; VI-VIII ; IX-X) s kojom definirana opća shema kretanja vodenih masa u Jadranu (Andročec, ur., 2009.)



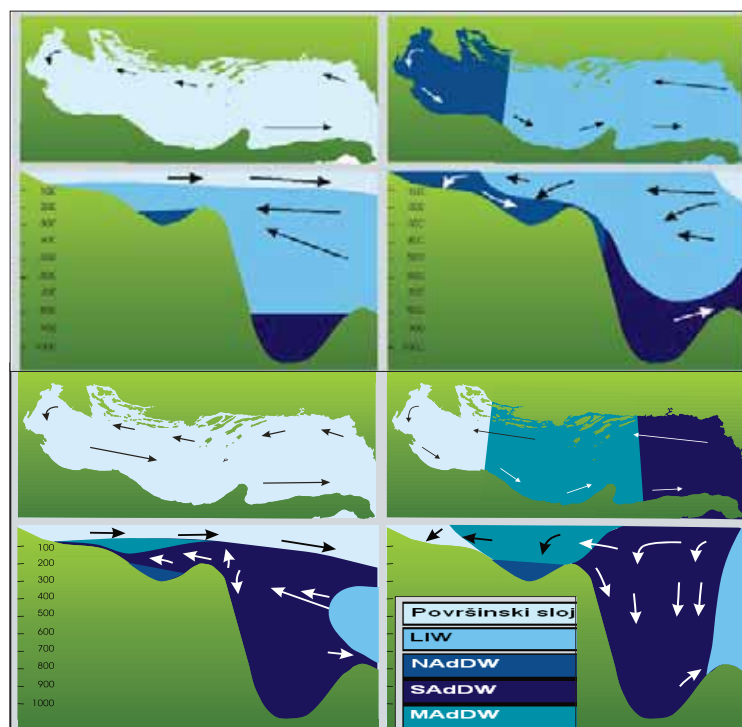
Slika 2.3.3. A) Srednje površinske izoterme za Jadransko more i ruže struja na palagruškom pragu za zimu, proljeće, ljeto i jesen (Buljan i Zore-Armanda, 1976.)

B) Srednje površinsko strujanje u Jadranu za zimu, proljeće, ljeto i jesen izračunato iz putanja površinskih plovaka (driftera) između 1.08.1990. i 31.07.1999. (Poulain, 2001.)

Gradijenti gustoće vodenih masa u površinskom sloju između sjevernog i južnog dijela Jadrana zimi su pretežito uzrokovani razlikama u temperaturi, a ljeti razlikama u slanosti. Tijekom jeseni i proljeća ti se gradijenti smanjuju, pa se smanjuje i izmjena vodenih masa između sjevernog i južnog dijela Jadrana. Tako dok u ljetnom i zimskom razdoblju u širokom području otvorenog dijela srednjeg i južnog Jadrana prevladava uzdužno strujanje, u proljeće i jesen prevladava poprečno strujanje. S time je u vezi i godišnji hod prevladavajućih smjerova u području palagruškoga praga gdje zimi prevladava NW smjer, u proljeće N, ljeti SE, a u jesen SW, što povratno utječe na raspored temperature i slanosti morske vode. Tako npr. karte srednjih sezonskih izoterma površinskog sloja (Slika 3.a) jasno pokazuju tijekom zime na pojačani utjecaj ulazne struje koja donosi topliju mediteransku vodu. U proljeće, a slično je i u jesenskom razdoblju, poprečno strujanje u području palagruškoga praga (Split-Gargano) uzrokuje južno i sjeverno od njega dva odvojena područja.

U Jadranskom moru su određena četiri osnovna tipa vodenih masa na osnovu raspodjele temperature i slanosti (Slika 2.3.4.). Jasno se uočava postojanje srednjedubinskog

sloja koji je od površinskoga odijeljen dubinom 20 do 40 metara što ovisi o području i sezoni, a proteže se do oko 200 metara u srednjem i oko 400 metara u južnom Jadranu. Strujanje vodenih masa u ovom sloju je tijekom čitave godine u NW smjeru. Ovo strujanje se tijekom ljetnog razdoblja može objasniti kao kompenzacijsko strujanje SE strujanju u površinskom sloju, a tijekom zime kad strujanje u površinskome smjeru poprima isti smjer predstavlja kompenzacijsko strujanje pridnenom sloju, u kojem je strujanje SE smjera. Iako je NW strujanje srednjedubinskog sloja najstalnije i u području palagruškog praga ima učestalost 30 do 50% njegova se jakost kao i količina vode koja ulazi u Jadran iz Jonskog mora znatno mijenjaju u pojedinim godinama što ovisi o klimatskom čimbenicima u širem području istočnog Mediterana, a po novim spoznajama i sjevernog dijela Atlantika i Jugoistočnog Mediterana (Grbec i sur., 2003). Sjeverno-jadranska gusta voda (NAdDW) je najgušća i samo u nekim godinama dostigne gustoću da utječe, odnosno obnovi pridnenu vodu Jabučke kotline. Srednje-jadranska gusta voda (MAdDW) i južnojadranska duboka voda (SAdDW) se formiraju zimi u uvjetima manjeg sjeverozapadnog strujanja, a uz pojačano vertikalno miješanje. Treba uočiti da je tijekom nekih zima voda u južnojadranskoj kotlini potpuno homogena od površine do dna pri čemu treba uočiti da je bura važan čimbenik u nastajanju dubinske vode. Levantinska srednjedubinska voda (LIV) se zbog jakog isparavanja u istočnom mediteranskom bazenu formira kao vrlo slana voda koja se na putu prema Jonskom moru spušta u srednji sloj i eventualno dospijeva u Jadran. Pojava većih količina LIV zimi povećava površinsku temperaturu mora i slanost vode, a ljeti ih smanjuje u srednjedubinskom sloju.



Slika 2.3. 4. Vertikalni raspored tipova vode u Jadranu ljeti (lijevo) i zimi (desno) u razdoblju većeg utjecaja mediteranske vode (gore) i njenog manjeg utjecaja (dolje) (Buljan i Zore-Armanda, 1976.)

U pridnenom sloju prevladava izlazno strujanje jer se u plitkom sjevernom Jadranu tijekom zimskog razdoblja voda u čitavom stupcu ohladi, postaje gušća i kao NAdDW struji



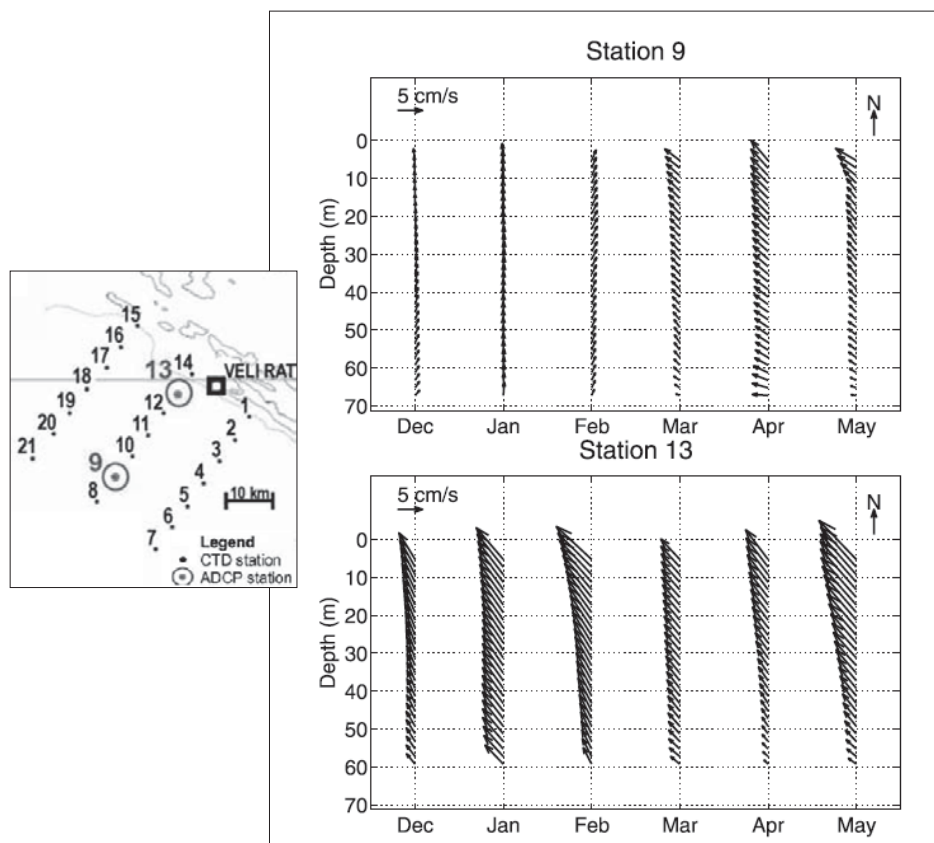
prema dubljoj Jabučkoj kotlini gdje se u pridnenom sloju stalno zadržava, dok se neznatnim dijelom advekcijom širi u južni dio Jadrana.

Treba uočiti da se kao rezultat strujanja i topografskog efekta u dubokojadranskoj kotlini, čija je najveća dubina preko 1200 metara, javlja ciklonalni vrtlog oblika lijevka kod kojega se strujanje relativno malo mijenja na sezonskoj skali u odnosu na višegodišnju skalu (Gačić i sur., 1997.).

Proračun transporta vodenih masa između Jadrana i Jonskoga mora preko Otrantskog praga izvršen na osnovu određenih pretpostavki pokazuje da se on može znatno razlikovati u pojedinim godinama (i do 30 puta), a da se izmjena cjelokupnih voda Jadranskoga mora izvrši prosječno za 5 godina. Istraživanja su pokazala da su višegodišnje promjene u izmjeni vodenih masa između Jadrana i Jonskoga mora vrlo velike, a razdoblja jakog utjecaja LIV vodene mase Mediterana na Jadran poznata su po nazivu jadranske ingresije (Zore-Armanda, 1969.).

Mjerenja struja s vertikalnom rezolucijom od 2 metra u vodenom stupcu na dvije postaje u otvorenom moru na udaljenostima oko 5 i 30 km okomito na svjetionik Veli Rat na Dugom otoku (Slika 2.3.5.) pokazala su postojanje dva maksimuma istočnojadranske struje (EAC), u veljači i svibnju što ukazuje da na cirkulaciju vodenih masa značajniju ulogu mogu imati promjene strujanja na mjesečnoj nego sezonskoj skali (Orlić i sur., 2007). Pri tome su struje značajno izraženije bliže obali u odnosu na otvoreno more.

Znatne razlike u jačini srednjih mjesečnih struja dobijene su i na većem broju postaja tijekom mjerenja u 2007. i 2008. godini (Andročec, ur., 2009.).



Slika 2.3.5. Pozicije mjernih postaja (postaje 9 i 13) i mjesečni vektori struja na postajama smještenim na profilu okomitom na svjetionik Veli Rat na Dugom otoku u razdoblju prosinac 2002. – svibanj 2003. godine (Orlić i sur., 2007.)

Opći sustav strujanja u Jadranu se u znatnoj mjeri mijenja pod djelovanjem strujanja na frekventnoj skali plimnih, inercijalnih i sinoptičkih poremećaja. Tako potisna sila vjetra koja nastaje zbog prolaza ciklonalnih poremećaja, planetarnih atmosferskih valova i lokalnih obalnih efekata uzrokuje pojavu strujanja na skali od nekoliko dana do tjedan dana čija jakost može biti veća od brzine srednjeg strujanja. Tako npr. bura koja puše iz NE smjera i čija jakost znatno ovisi o orografiji uzduž hrvatske obale generira jako strujanje u sjevernom Jadranu i uzrokuje pojavu izdizanja vodenih masa (upwelling) blizu istočne obale u centralnom i južnom dijelu Jadrana (Zore-Armanda, 1964.), a pojavu izdizanja i poniranja vode u području Jadranskoga šelfa su potvrdili u radu Orlić i sur., 2007.

Jugo dolazeći iz SE smjera puše usporedno s uzdužnom osi Jadrana naguravajući vodu prema njegovom sjevernom dijelu gdje povećava razinu mora i za nekoliko desetaka centimetara. Jugo uzrokuje relativno jako strujanje u smjeru vjetra (NW) u površinskom sloju kao i u dubljim slojevima u plitkim obalnim područjima, a protivno njegovu smjeru (SE) uzduž centralne osi bazena na dubinama na kojima nagib razine mora generira suprotan gradijent pritiska koji omogućuje promjenu smjera strujanja. Visokofrekventne struje, uključujući i vjetrom generirane inercijalne oscilacije su prisutne u čitavom Jadranu što je posebno izraženo u stratificiranim uvjetima tijekom ljeta i u otvorenom moru. Plimne struje su najviše izražene u sjevernom Jadranu (Buljan i Zore-Armanda, 1971., Zore-Armanda i sur., 1996.).

Na strujanje u površinskom sloju u znatnoj mjeri utječu dotoci slatke vode iz Jadranskoga riječnog sliva. U obalnom dijelu uz zapadnu obalu najviše utječe rijeka Po, koja se tijekom zime najviše osjeća u uzdužnom obalnom graničnom sloju, dok se tijekom ljeta njen utjecaj znatno širi poprečno prema otvorenim vodama. Ova cirkulacija može biti prolazno poremećena strujama generiranim vjetrom za vrijeme puhanja jakih vjetrova bure i juga. Tako npr. jaka bura u sjevernom Jadranu uzrokuje ciklonalno strujanje sjeverno i anticiklonalno strujanje južno od zemljopisne širine delte rijeke Po (Slika 7.).

Više istraživanja je pokazalo da zapadnojadranska struja (WAC) u određenim uvjetima, čiji mehanizmi stvaranja za sada nisu u potpunosti razjašnjeni, mogu stvarajući ciklonalni vrtlog dospjeti u akvatorij između hrvatskih vanjskih otoka Visa i Lastova (Vilibić i sur., 2006.).

U obalnom području se pojavljuju specifične dinamičke osobine u odnosu na otvoreno more jer se pretežito pojavljuju dva sloja vodenih masa koja su tijekom ljetnog razdoblja odvojena termoklinom. Brzine struja su nešto niže nego u otvorenom moru uz prevladavajući NW smjer u površinskom sloju iako s nešto manjom učestalošću jer se u priobalnom području ovisno o obliku bazena i smjeru vjetra javljaju vrtložna strujanja. Naročito su izražene višednevne oscilacije strujanja (3 do 7 dana) kod prolaza ciklonalnih poremećaja. U kanalnim vodama strujanje se u površinskom sloju najčešće odvija u smjeru vjetra, dok se u pridnenom sloju javlja kompenzacijsko strujanje suprotnog smjera.

Bura utječe na strujanje u kanalnim vodama i obalnom području na način da se u površinskom sloju odvija niz vjetar uz malo zakretanje udesno u odnosu na njegov smjer, dok se u pridnenom sloju javlja kompenzacijsko strujanje prema obali (Zore-Armanda i sur., 1979., Smirčić i sur., 1993). Jugo generira strujanje u NW smjeru koje se u pojedinim užim i plitkim kanalima odvija u čitavom vodenom stupcu, dok se u dubljim kanalima u pridnenom sloju javlja kompenzacijsko strujanje suprotnoga smjera.

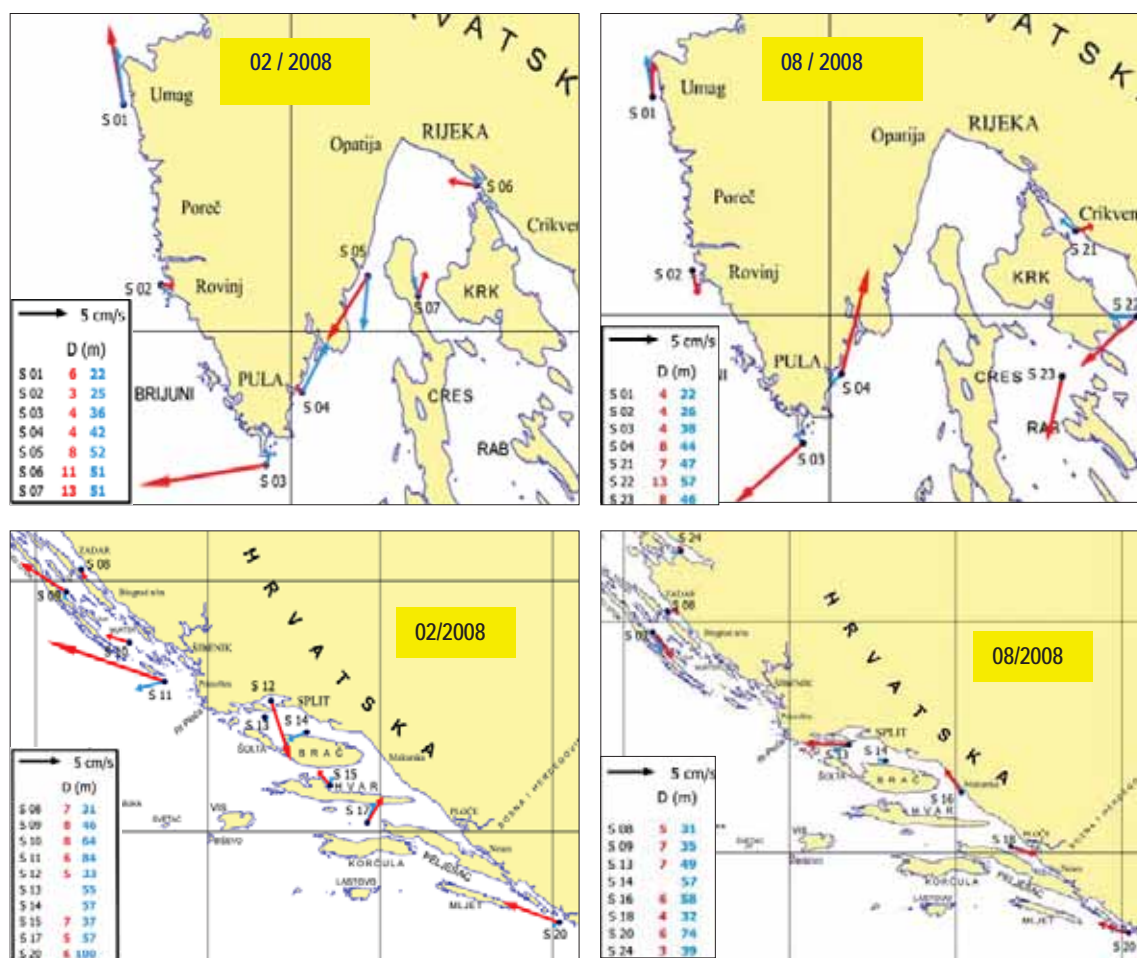
U zaljevima i kanalima ovisno o veličini, batimetriji, komunikaciji s otvorenim morem i smjeru vjetra strujanje se modificira na način da se stvaraju lokalni ciklonalni i anticiklonalni vrtlozi kao npr. u Kaštelanskom zaljevu i Virskom moru. Tijekom ljeta dolazi do izdizanja pridnene vode u površinski sloj pod utjecajem maestrala, a zimi pod



utjecajem bure. Pod djelovanjem vjetera u obalnom se području javljaju slobodne oscilacije (seši) čije amplitude i periodi ovise o veličini bazena i mogu imati znatnije iznose.

Iako do danas u obalnom području hrvatskog dijela Jadrana nisu vršena sveobuhvatna mjerenja struja, ipak se na osnovu brojnih povremenih istraživanja među kojima se posebno ističu ona obavljena u većem dijelu priobalnog akvatorija hrvatskoga dijela Jadrana tijekom 2007. i 2008. godine mogu se prilično pouzdano opisati osobine strujanja u većem dijelu kanala i zaljeva kao što su npr. Splitski i Brački kanal, Kaštelanski zaljev, Virsko more i Riječki zaljev.

Tijekom 2007. i 2008. godine obavljena su mjerenja struja na ukupno 25 postaja u obalnom području hrvatskog dijela Jadrana (Androćec, ur., 2009). Na Slici 2.3.6. prikazani su položaji mjernih postaja sa srednjim mjesečnim vektorima struje za veljaču (zimski period) i kolovoz (ljetno razdoblje).



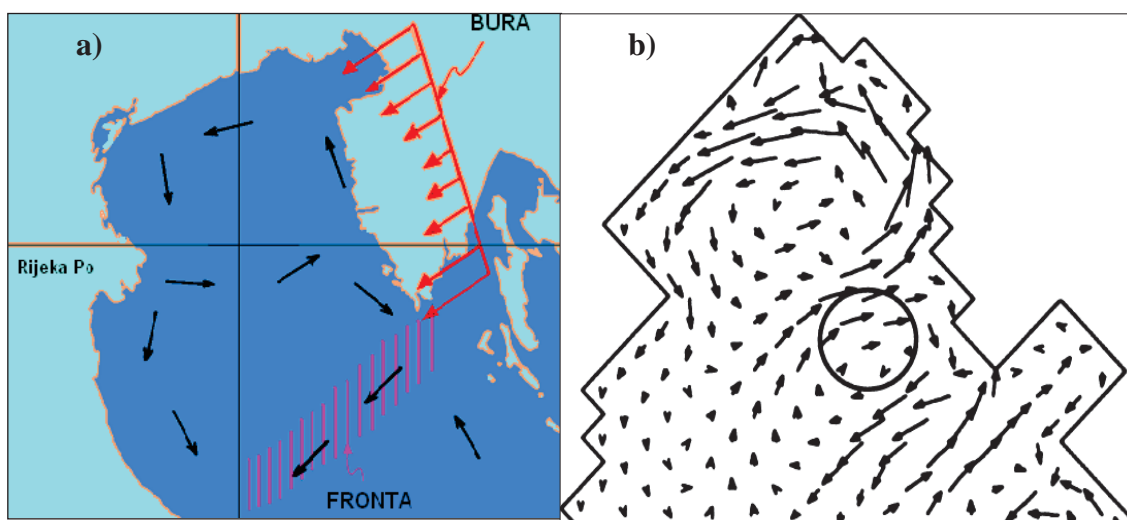
Slika 2.3.6. Srednji mjesečni vektori morskih struja u veljači i kolovozu 2008. godine za površinski (crveno) i pridneni (plavo) sloj, u sjevernom (gore) i srednjem i južnom Jadranu (dolje) (Androćec, ur., 2009.).



Tijekom ovih mjerenja koji su trajali na pojedinim postajama od nekoliko mjeseci do godine dana najveće izmjerene brzine morskih struja su se kretale u rasponu od 55 do 80 cm/s u površinskom sloju, a u pridnenom sloju od 20 do 30 cm/s (ovisno o dubini postaje). Najveća brzina struje od 102 cm/s izmjerena je kod Rta Kamenjak, što je vrlo blizu ekstremnim brzinama morskih struja zabilježenih u Jadranskom moru. Vrlo izrazite mjesečne i sezonske oscilacije morskih struja zabilježene su na svim postajama. Mjerenja su pokazala da je općenito strujanje jače tijekom jeseni i zime (hladno doba godine), a slabije tijekom proljeća i ljeti (toplo doba godine) uz postojanje iznimki od ovog općeg pravila. Najjače strujanje je izmjereno u veljači i najslabije u kolovozu što je u skladu s prethodnim spoznajama o sezonskim oscilacijama morskih struja duž istočne obale Jadrana.

U veljači 2008. godine strujanje je bilo u skladu s već dobro poznatim NW strujanjem uz istočnu obalu Jadrana. Prevladavajuće NW strujanje bilo je deformirano u nekim akvatorijima smjerom protezanja obale i/ili kanala. Strujanje je bilo barotropno, što je tipično za zimsku sezonu. Najjače površinsko strujanje zabilježeno je u blizini Rta Kamenjak i otvorenom moru kod otoka Žirja, gdje su mjesečni vektorski srednjaci brzine bili oko 12.5 cm/s, uz stabilnost smjera oko 70%. Pridnena strujanja su bila znatno slabija i uglavnom su bila manja od 5 cm/s. Važno je naglasiti da je strujanje na postajama ispred Umaga i Rovinja bilo suprotnog smjera, što ukazuje na mogućnost pojave ciklonalnog vrtloga u najsjevernijem dijelu Jadrana u ovom godišnjem razdoblju.

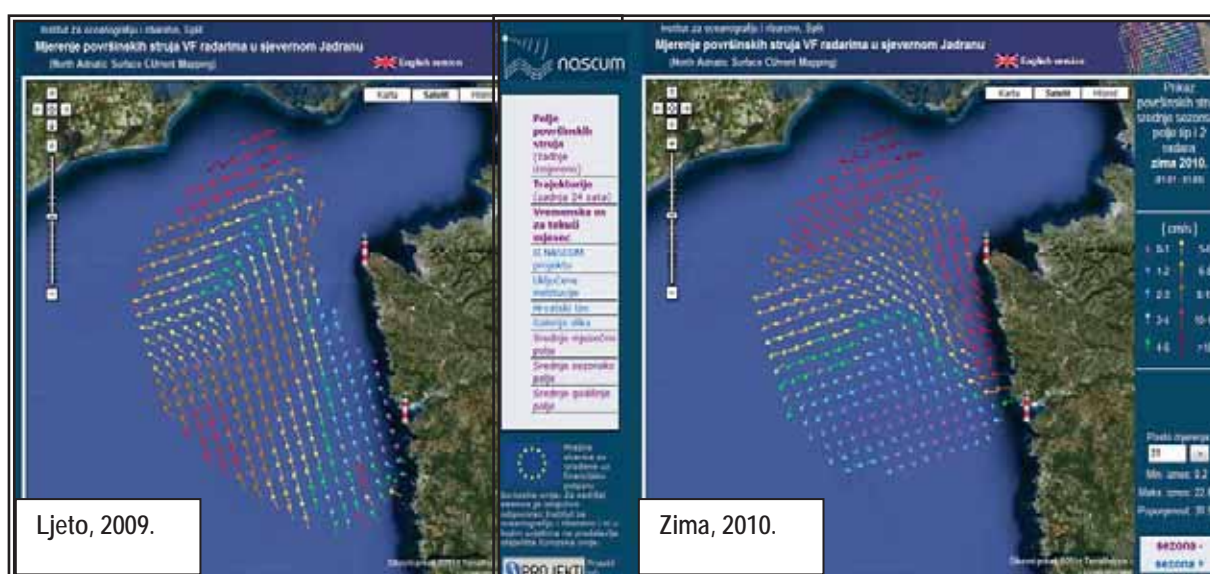
Strujanje je bilo najslabije u kolovozu 2008. godine, kada su srednje brzine površinskih mjesečnih vektora struja bile manje od 5 cm/s, a pridnenih manje od 2 cm/s. Strujanje je bilo baroklinog tipa zbog prisustva izrazite piknokline. Rezultati ukazuju da su se u kolovozu 2008. godine u sjevernom Jadranu najvjerojatnije pojavio ciklonalni vrtlog sjeverno od spojnice Po-Rovinj i anticiklonalni južno od te spojnice s prisustvom „Istarske obalne protustruje“ koja se često javlja tijekom kolovoza jugozapadno od Rovinja (Supić i sur., 2000). Pojavu dvovrtložnog strujanja u ovom dijelu Jadrana pokazali su Zore-Armanda i sur., 1984. (Slika 2.3.7.a), Orlić i sur., 1994, te također i Beg Paklar G. i sur., 2005. (Slika 2.3.8.b). Vrtložno strujanje u sjevernom dijelu Jadrana može se primijetiti i na polju srednjih mjesečnih vrijednosti površinskih struja dobijenih mjerenjima visokofrekventnim radarima tijekom ljeta 2009. i zime 2010. godine (Slika 2.3.8.).



Slika 2.3.7. Pojava ciklonalnog i anticiklonalnog vrtloga u sjevernom Jadranu za puhanja bure prema Zore-Armanda i sur., 1984. (a) i Beg-Paklar i sur., 2005 (b)

Treba naglasiti da je u najvećem dijelu priobalnog područja u hrvatskom dijelu Jadrana strujanje općenito stabilnije u površinskom sloju te promjenjivije u dubljim slojevima, izraženije je u površinskom sloju u odnosu na središnji i pridneni sloj, te predstavlja dio općeg sjeverozapadnog strujanja uz našu obalu, odnosno grane koja ulazi prema unutarnjim vodama srednjeg i sjevernog Jadrana.

U širem području otvornih voda ispred Dubrovnika tijekom čitave godine prevladava dužobalno strujanje (NW) s najvećim energijama strujanja na dugim periodima, nešto manjima na periodima dnevnih struja, a u pridnenom sloju nešto izraženijih poludnevnih struja, dok se u ljetnom razdoblju javljaju strujanja s periodima inercijalnih oscilacija. Tijekom čitave godine struje je znatno jače u površinskom nego u pridnenom sloju (i do 10 puta u zimskom razdoblju). Interesantno je uočiti da su na postaji ispred Dubrovnika uz osnovne sastavnice strujanja (niskofrekventne, plimne i one pod utjecajem vjetra) uočene struje s 14-dnevnim periodom oscilacija (Vilibić i sur., 2010).



Slika 2.3.8. Polja srednjih sezonskih vrijednosti površinskih struja za ljeto 2009. i zimu 2010. godine izmjerenih visokofrekventnim radarima smještenima na svjetionicima Rt Zub i Savudrija (<http://www.izor.hr/nascum>).

U širem području otoka Korčule i Mljeta strujanje je pod znatnim utjecajem otvorenog mora i općenito se odvija u NW smjeru uz znatno pojačano strujanje tijekom zime.

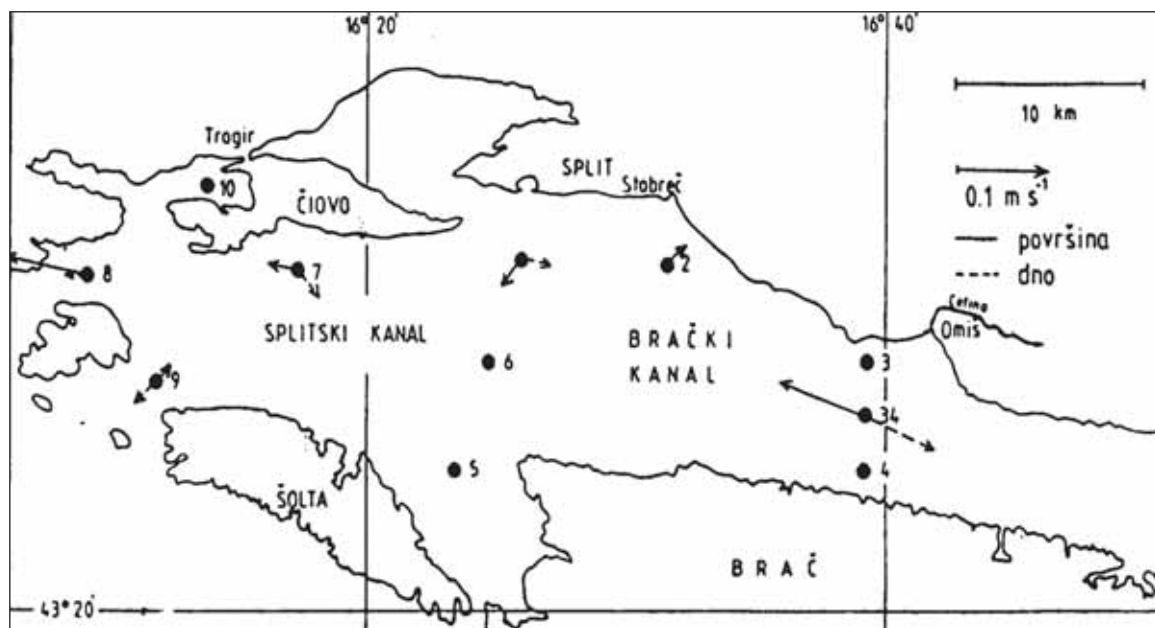
U Pelješkom kanalu strujanje je tijekom stabilnog vremena promjenljivog smjera slijedeći plimu i oseku, dok južni vjetar može generirati jake struje u NW smjeru.

U većem dijelu Korčulanskog kanala koji se naslanja na Neretvanski kanal opće strujanje se odvija u NW smjeru koje u određenim meteorološkim uvjetima može poprimiti i suprotan smjer. U istočnom dijelu kanala prema zapadnom rtu poluotoka Pelješa prevladava ulazno strujanje prema Neretvanskome kanalu (Androćec, ur., 2009.). Dominantno strujanje je bilo u sektoru N-NE, u cijelom stupcu morske vode, osim u lipnju 2008. godine kada je prevladavajući smjer bio prema istoku. Mjesečne promjene jačine strujanja su izrazite i ne može ih se interpretirati kao sezonske, budući da unutar zimske i proljetne sezone strujno polje također mijenja jačinu. Ipak jače i stabilnije strujanje je zabilježeno tijekom zimskog razdoblja, a slabije i manje stabilnosti u ostalom dijelu godine.

Neretvanski kanal je pod izravnim utjecajem rijeke Neretve i u vrijeme obilnih kiša njen utjecaj se može osjetiti sve do otoka Visa. U blizini Ploča strujanje je N smjera, dok je u ostalom dijelu kanala W smjera. U Malostonskom zaljevu jugo stvara izlazno (NW) strujanje u površinskom, a kompenzacijsko ulazno (SE) u pridnenom sloju, dok je za vrijeme puhanja bure situacija obrnuta (Vučak i sur., 1981.).

U akvatoriju između Splitskih vrata i Hvara srednje brzine strujanja su oko 20 cm/s i veće su zimi nego ljeti. U određenim razdobljima izmjena vode se odvija kroz Splitska vrata gdje se pojavljuju relativno jake struje. Jače strujanje je također moguće u kanalu između otoka Hvara i Paklenih otoka.

U Splitsko-Bračkom kanalu usporedno s uzdužnom osi teku relativno jake W struje, posebno u površinskom sloju. Srednje brzine struja su nešto slabije kod Stobreča i Splita, a strujanje se na tom području odvija usporedno s izobatama formirajući ciklonalni vrtlog po čijem se obodu javljaju relativno slabe struje. Pod utjecajem vjetra i voda rijeke Cetine pojačava se strujanje u užem dijelu Bračkog kanala kao i u zapadnom dijelu Splitskog kanala kod otoka Drvenika i Šolte. Slika 2.3.9. prikazuje srednji smjer i brzinu strujanja dobijenih mjerenjima na nekoliko postaja u ovom području tijekom ljetnog razdoblja (Gačić i Dadić, 1991.). U Splitskom kanalu tijekom proljeća je zabilježeno dominantno strujanje prema zapadu, a registrirane su i interne oscilacije s periodom od 5 do 6 dana koje su se pojačavale nakon puhanja jačih južnih vjetrova (Vilibić i sur., 2004.). Također je dominantno strujanje u čitavom vodenom stupcu usporedno s obalom prema zapadu zabilježeno u Splitskom kanalu i mjerenjima tijekom 2008. godine s iznimkom mjeseca ožujka i listopada (Androćec, ur., 2009.).



Slika 2.3.9. Rezultantni vektori struja u Bračkom i Splitskom kanalu dobijeni za vrijeme mjerenja tijekom ljeta 1990. godine (Gačić i Dadić, 1991.)

Područje između Drvenika i Primoštena je poznato po izmjeni tipova vremena i strujanje vodenih masa se odvija pod njihovim utjecajem. U području Primoštena i Šibenika morfologija dna utječe na smanjenu izmjenu vode jer je relativno zatvoreno prema NW strujanju.



U širem Murterskom području struje su relativno male što se posebno odnosi na vektorske brzine. Pod utjecajem juga i plime površinske struje se mogu znatno povećati što se posebno odnosi na Murtersko more i uski i relativno plitki ulaz u Pašmanski kanal kod Biograda.

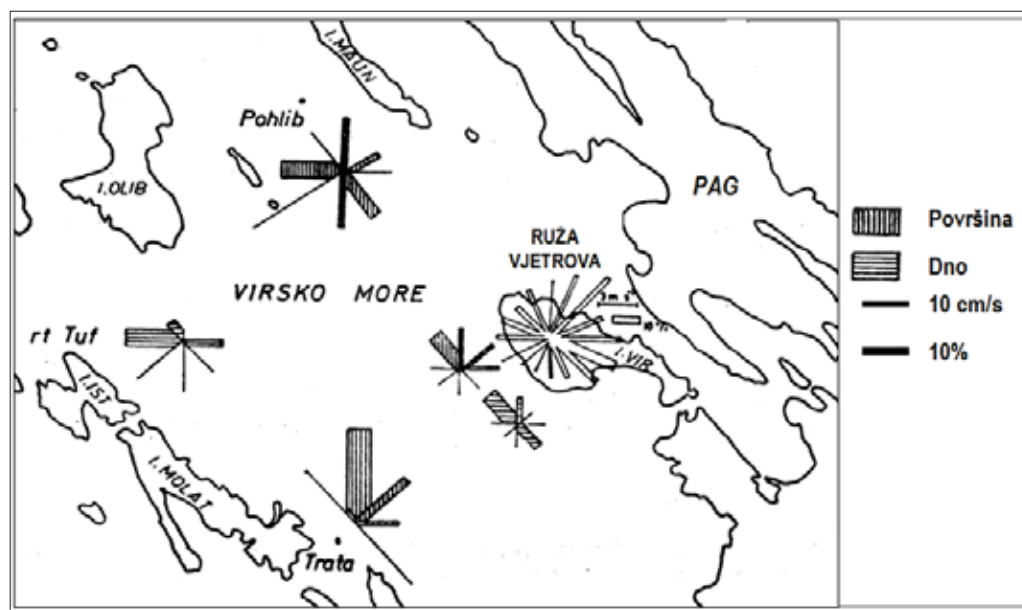
Zadarski kanal je relativno zatvoren prema jugu i u njemu su izmjerene relativno slabe struje. Strujanje se u velikoj mjeri odvija pod utjecajem vjetra na način da se u površini odvija u smjeru vjetra, a u pridnenom sloju kao kompenzacijsko u suprotnom smjeru (Dadić i sur., 1994.).

Sjeverni širi dio Zadarskog kanala izravno se naslanja na Virsko more koje je relativno dosta istraženo. Strujanje je u čitavom vodenom stupcu pretežito u NW smjeru sa srednjom brzinom oko 11 cm/s (Slika 2.3.10.). Tijekom zime jugo generira strujanje prema obali s protustrujanjem u pridnenom sloju dok tijekom ljeta generira ciklonalno strujanje u površinskom sloju. Bura tijekom zime stvara ciklonalno strujanje sjeverno od linije Trata-Vir, a anticiklonalno strujanje južnije od ove linije. Za vrijeme ljeta bura u površinskom sloju stvara strujanje od obale, s kompenzacijskim protustrujanjem u pridnenom sloju uzrokujući izdizanje pridnene vode blizu obale (Zore-Armanda i Dadić, 1984.). Također je uočeno da tijekom ljeta i blaži vjetrovi s mora mogu prouzročiti dnevno izdizanje vode kod vanjskih srednjodalmatinskih otoka (Orlić i sur., 2011.).

Virsko more se prema sjeveru sužava i preko Srednjih vrata između Krka i Cresa izmjenjuje vodu s Riječkim zaljevom strujanjem u NW smjeru, posebno u zimskom razdoblju. Istraživanja su pokazala da se opće strujanje unutar Riječkog zaljeva odvija pod izravnim utjecajem opće cirkulacije Jadranskog mora, s prevladavanjem gradijentskih struja (Buljan i Zore-Armanda 1976.; Vučak, 1964.). No uslijed utjecaja vjetra te ostalih hidromorfoloških parametara ono može biti znatno modificirano (Dadić i sur., 1982., 2004., Orlić i Kuzmić, 1985., Legović i sur., 1989., Orlić i sur., 1994., Leder i sur., 1998.; Smirčić i sur., 1999., Andročec, ur., 2009.).

Unutar Riječkog zaljeva se u zimskom razdoblju uspostavlja polukružno ciklonalno gradijentsko strujanje koje je približno istog smjera u površinskom i pridnenom sloju, a jakost strujanja ovisi o osobinama vjetra (Dadić i sur., 1982.). U Srednjim vratima prevladava ulazno strujanje u Riječki zaljev, dok se kompenzacijsko izlazno strujanje odvija kroz Vela vrata. S dinamičkog aspekta ljetna situacija je nešto kompliciranija, no može se zaključiti da je strujanje baroklino, tj. da se površinsko strujanje kompenzira pridnenim strujanjem suprotnog smjera, te da je ljetno strujanje slabije jakosti. Spektralna analiza je pokazala da tijekom ljeta i zime u ukupnoj varijanci strujnog polja oko 80% doprinose višednevne oscilacije vezane za sinoptičke poremećaje. Ove oscilacije su jako polarizirane pri čemu su velike osi elipse usporedne s smjerom obale u blizini postaje na kojoj su vršena mjerenja. Energija plimnih oscilacija je za red veličine manja u odnosu na energiju višedневnih oscilacija, pri čemu prevladavaju oscilacije od oko 24 sata u odnosu na one s periodom od oko 12 sati. Tijekom stratifikacije u moru uočavaju se i inercijalne oscilacije s periodom od oko 17 sati.





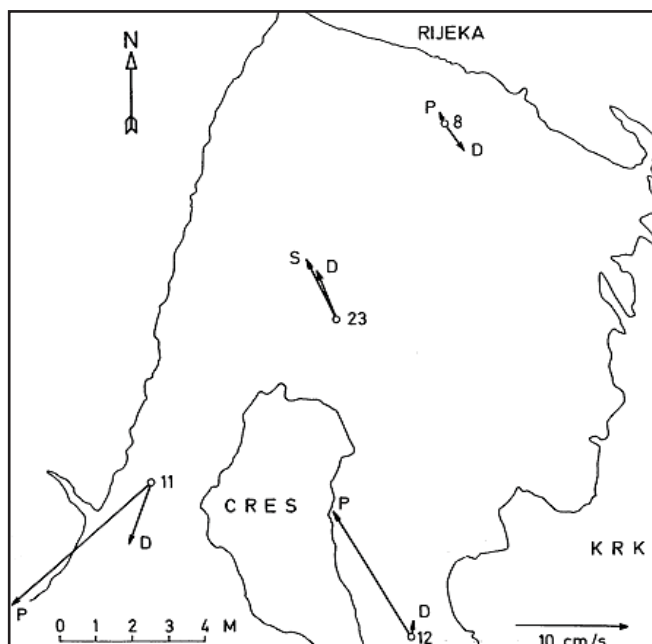
Slika 2.3.10. Ruže struja u Virskom moru za cijelo godišnje razdoblje (Zore-Armanda i Dadić, 1984.)

Mjerenja iz 1992. i 1993. također ukazuju da je strujanje WNW smjera vrlo važna značajka dinamike sjeveroistočnog dijela Riječkog zaljeva, uz značajnu komunikaciju između Vinodolskog kanala i Riječkog zaljeva preko Tihog kanala. Pridriveno strujanje je znatno slabije jakosti, N smjera, što ukazuje da se radi o ulaznom strujanju u Bakarska vrata.

Mjerenja u Velim vratima, te kod Rapca i Plomina potvrđuju prevladavajuće izlazno strujanje iz Riječkog zaljeva uz istarsku obalu Velih vrata, posebno zimi. Mjerenja struja na ulazu u Kvarner tijekom jeseni i zime 2002./2003. godine ukazuju na prevladavajuće ulazno strujanje uz obalu Istre te izlazno strujanje na istočnom dijelu ulaza u Kvarner, no takva je dinamika u nekim razdobljima modificirana, odnosno na oba kraja ulaza u Kvarner je zabilježeno prevladavajuće NW strujanje (Dadić i sur., 2004.). Rezultati dobijeni mjerenjima u Velim vratima, te kod Plomina i Rapca u zimskom razdoblju pokazuju izlazno strujanje uz istočnu obalu Istre, te upućuju na moguće uspostavljanje anticiklonalnog vrtloga u strujnom polju tijekom zimskog razdoblja u području Kvarnera.

Mjerenja struja u širem akvatoriju Kvarnera i kod otoka su pokazala su da je u svim sezonama prevladalo strujanje usporedno s obalom i prema otvorenom moru. Najveća učestalost strujanja prema obali je bila u jesenskoj sezoni, no i tada su dvije trećine ukupnog strujanja bile usmjerene prema otvorenom moru i usporedno s obalom. Prevladavajuće strujanje iz Riječkog zaljeva prema Kvarneru dobijeno je i mjerenjima tijekom 2008. godine (Slika 2.3.11.).





Slika 2.3.11. Srednje struje u zimskom razdoblju (6.02-23.03.1981) u površinskom (P), srednjem (S) i pridnenom (D) sloju Riječkoga zaljeva (Dadić i sur.,1982.).

Površinski valovi uzrokovani vjetrom

Za razliku od struja koje su u najvećoj mjeri neperiodična gibanja, valovi su periodična gibanja u moru koja su opisana duljinom (L) koju čini horizontalna udaljenost između dva brijega vala, visinom (H) koju čini vertikalna udaljenost od dola do brijega vala i periodom (T) tj. vremenskim razmakom koji proteče od pojave brijega vala na istom mjestu.

Radi lakše analize podataka o valovima mjerenih u određenom intervalu tijekom određenog razdoblja uobičajeno se računaju spektralna analiza valova i slijedeći parametri vala:

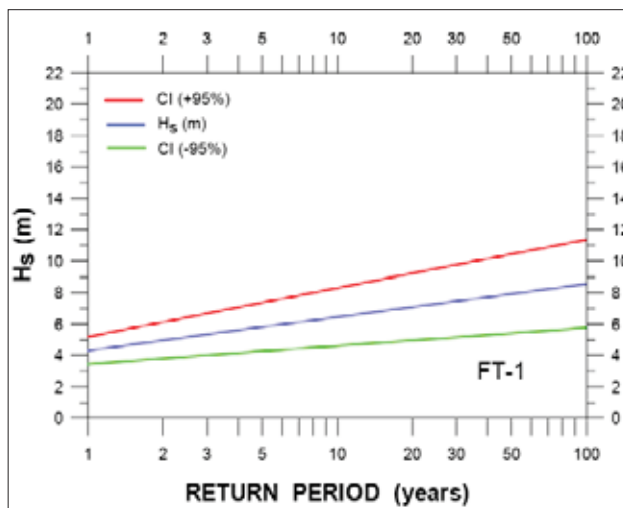
- $H_{1/3}$ - značajna visina vala, je veličina koja predstavlja srednju visinu od 33% najviših valova u određenoj registraciji,
- $H_{1/10}$ - predstavlja srednju visinu od 10% najviših valova u određenoj registraciji,
- H_{\max} - maksimalna visina vala zabilježena u određenoj registraciji,
- H_{sr} - je srednja visina valova u određenoj registraciji,
- $T_{1/3}$ - značajni period vala (povezan uz značajnu visinu vala) za određeni interval registracije,
- T_{sr} - srednji period vala za određeni interval registracije,
- T_{\max} - maksimalni period vala (povezan uz maksimalnu visinu vala) za određeni interval registracije, i
- L_{sr} - srednja vrijednost duljine vala, predstavlja srednjak horizontalnih udaljenosti između susjednih valnih brjegov određene registracije.

S obzirom na uzrok valovi se dijele na plimne valove, olujne uspore, tsunamije, infratežinske valove (surf beat), mrtvo more, vjetrovne i kapilarne valove, a s obzirom na odnos njihove valne duljine i dubine bazena u kojem se pojavljuju na kratkoperiodične



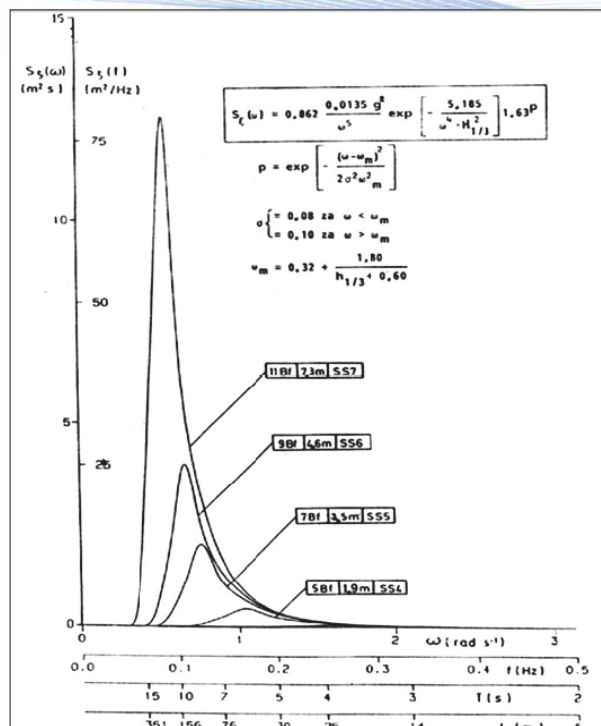
(dužina vala kraća od dubine bazena) i dugoperiodične (dužina vala veća od dubine bazena).

Najznačajniji površinski valovi su težinski (gravitacijski) valovi koji nastaju pod dinamičkim djelovanjem vjetrova. Oni su određeni periodom od $\frac{1}{4}$ do 30 s i odgovarajućom valnom duljinom 0.1 – 1500 m (u dubokom moru). S obzirom da je Jadransko more relativno malo i zatvoreno, postojeća privjetrišta, među kojima je najduže u smjeru SE-NW (oko 800 km) nisu dostatna za generiranje najvećih valova. Ipak su u njemu registrirani relativno veliki valovi za puhanja jakih olujnih vjetrova duž privjetrišta u SE, W, SW i NE smjerovima, dok je zbog malog privjetrišta pojava većih valova u zatvorenim priobalnim akvatorijima gotovo nemoguća (Smirčić, 1985.). Najveći val u Jadranskom moru ($H_{\max} = 10.8$ m) izmjeren je u sjevernom Jadranu za puhanja juga (10. siječanj 1996. godine) što je i razumljivo na dužinu privjetrišta na mjerenoj poziciji od 700 km, a primjenom teorije ekstrema izračunato je da se u tom dijelu Jadrana mogu pojaviti valovi visine i do 14 m u stogodišnjem povratnom periodu (Slika 2.3.12.).



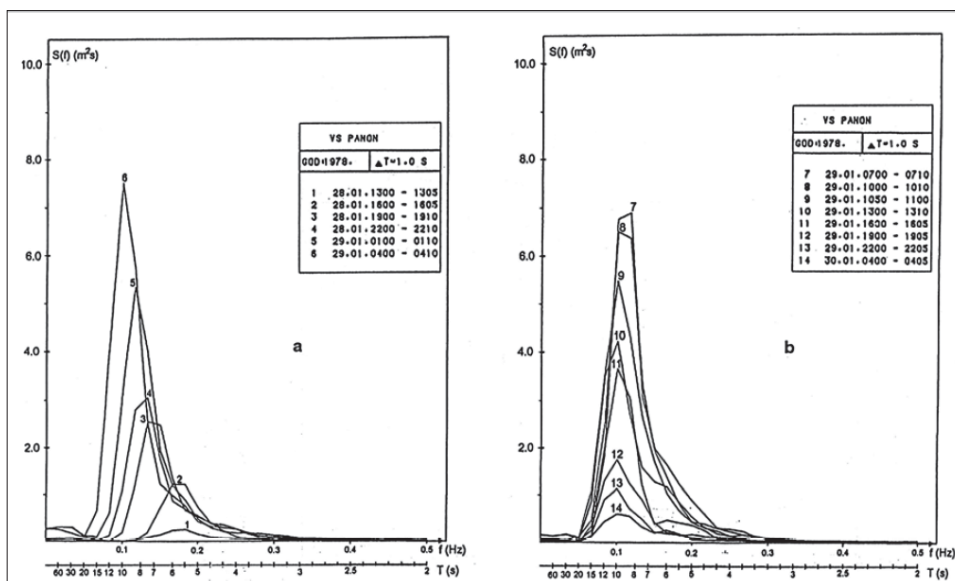
Slika 2.3.12. Razdioba najvećih značajnih visina (H_s) kao funkcija povratnog perioda, za Jadransko more (Leder i sur., 1998.).

Saznanja o površinskim valovima u otvorenim i priobalnim vodama hrvatskog dijela Jadrana se zasnivaju na podacima vizualnih motrenja koja su se obavljala na brodovima (Zupan, 1961.), te brojnim instrumentalnim mjerenja valova započetih 1967. godine (Tabain, 1985., Tabain, 1997.) na osnovu kojih je prvi put rekonstruiran spektar valova za Jadransko more u hrvatskoj literaturi (Slika 2.3.13.). Prva dugotrajna mjerenja valova započela su sedamdesetih godina prošlog stoljeća na valografskim postaja u otvorenom dijelu Jadrana, i to na pozicijama jugoistočno od svjetionika Sv. Andrija kod Dubrovnika (Smirčić i sur., 1998.), kod otoka Palagruže (Smirčić i sur., 1996.), te u području plinskih polja IKA i IVANA u sjevernom Jadranu (Smirčić i sur., 1996) pri čemu su određivani različiti statistički parametri, valni spektri i ekstremni valovi koji bi se mogli pojaviti na Jadranu. Od novijih mjerenja valova najznačajnija su u razdoblju 2007. – 2008. u području plinskog polja IVANA i kanalnim vodama u Bračkom kanalu (Andročec, ur., 2009.).



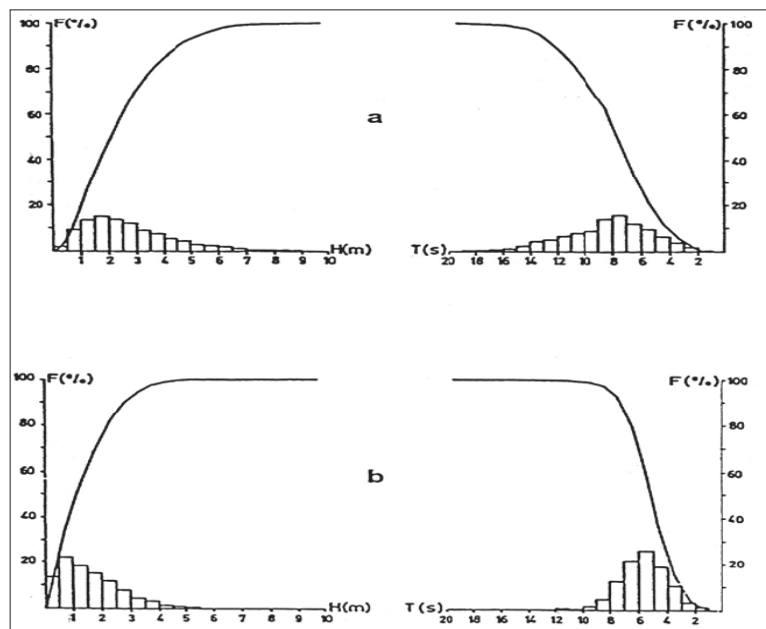
Slika 2.3.13. Spektar valova za Jadransko more (Tabain, 1997.).

Spektralna analiza dugotrajnih mjerenja valova obavljenih osamdesetih godina prošlog stoljeća pokazuje da se karakteristike valova donekle razlikuju za vrijeme puhanja juga i bure (Smirčić i sur., 1996, 1998.) Za vrijeme puhanja olujnog juga postoji karakterističan razvoj oblika spektra pri čemu porast brzine vjetra uzrokuje porast iznosa najvećih visina valova, a istovremeno se položaj najvećih visina pomiče prema nižim frekvencijama, odnosno prema većim periodima vala. U razdoblju smanjenja brzine vjetra, smanjuje se i energija valova, a najveće vrijednosti spektra se blago pomiču prema nižim frekvencijama (Slika 2.3.14). Razvoj spektara valova za vrijeme bure je sličan onomu od juga, osim što se kod bure u razdoblju smanjenja energije položaj najvećih valova pomiče prema višim frekvencijama.



Slika 2.3.14. Prikaz razvoja spektra snage valova za puhanja juga u području sjevernog Jadrana: a) razdoblje porasta energije vjetra i valova, b) razdoblje pada energije (Smirčić i sur., 1996).

Analizom relativnih i kumulativnih frekvencija visina i perioda površinskih valova izmjerenih za vrijeme puhanja bure i juga, ustanovljeno je da su one i za buru i za jugo asimetrične, što je općenito karakteristika svih do sada analiziranih funkcija raspodjela visina. Interval visina za jugo znatno je širi nego za buru, jer su u situacijama s jugom moguće pojave znatno većih visina što se može objasniti razlikom u dužini trajanja puhanja vjetra i duljini privjetrišta (Slika 2.3.15.). Za jugo je raspršenost visina znatno veća nego za buru, što se vidi i iz nagiba funkcije kumulativne čestine (Smirčić i sur., 1996.a).



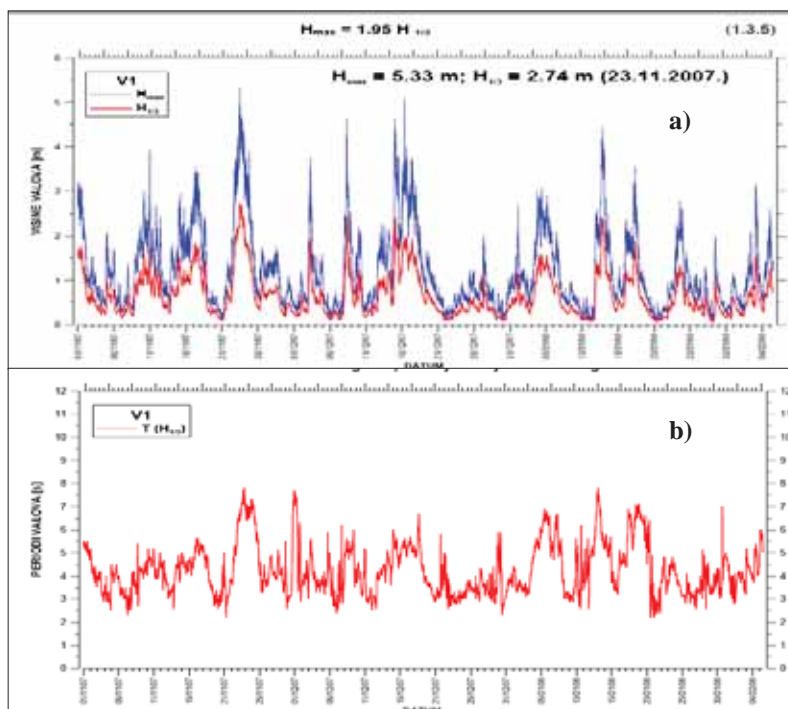
Slika 2.3.15. Funkcija relativne i kumulativne frekvencije visina i perioda površinskih valova za područje sjevernog Jadrana: a) situacija s jugom 29.01.- 01.02. 1986.; b) situacija s burom 07.- 09.01.1981. (Smirčić i sur., 1996).

Ovdje su posebno navedeni rezultati dobijeni mjerenjima u vremenskom razdoblju od studenog 2007. godine do prosinca 2008. godine na plinskom polju IVANA u sjevernom Jadranu i priobalnom području u Bračkom kanalu (Slika 2.3.16.).

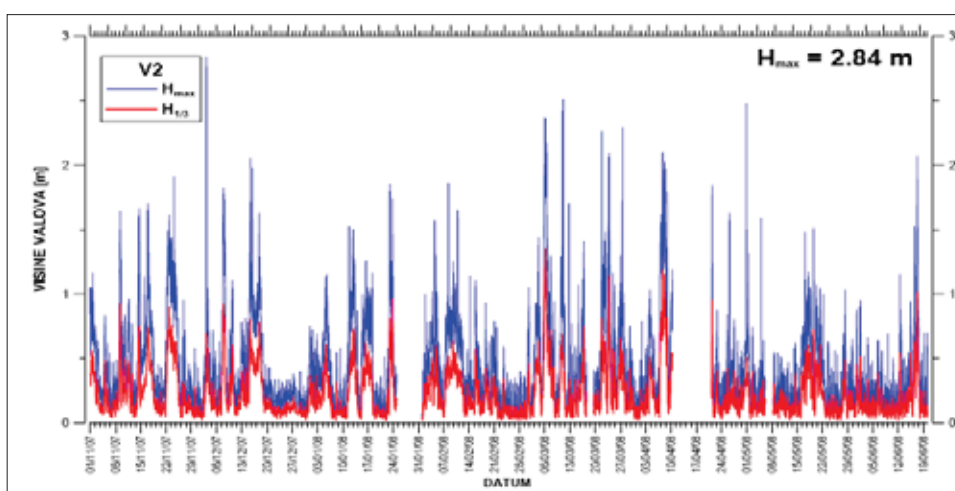


Slika 2.3.16. Pozicije mjerenja valova u sjevernom Jadranu (postaja V_1) i Bračkom kanalu (postaja V_2) s privjetrištima prevladavajućih vjetrova (Andročec, ur., 2009.)

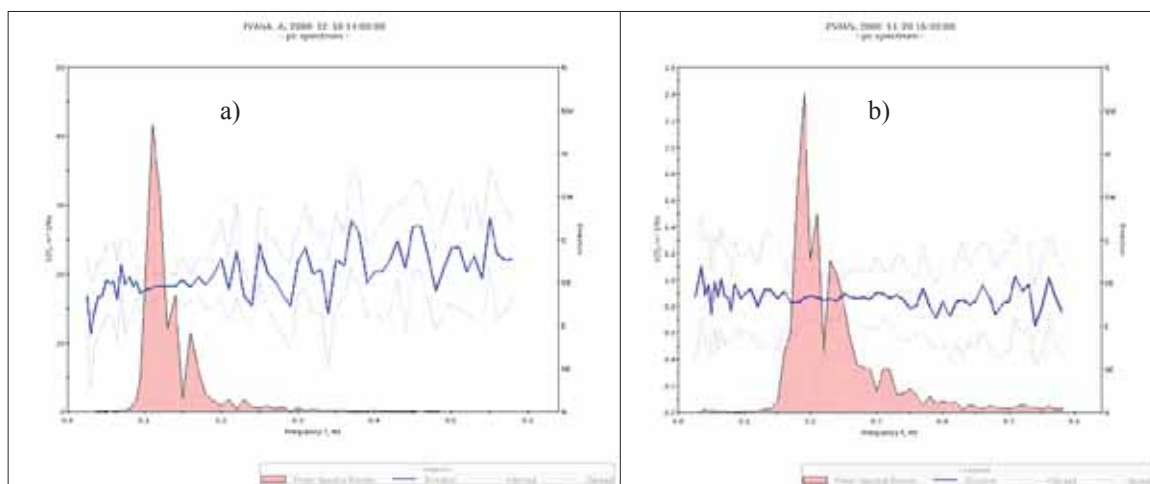
Rezultati ovih mjerenja također potvrđuju da se u sjevernom Jadranu javljaju znatno veći valovi nego u kanalnom području srednjeg Jadrana, a razlog je znatno veće privjetrište dominantnih vjetrova u tom području (Slika 2.3.17). Tako je na postaji V₁ u sjevernom Jadranu 10. prosinca 2008. godine izmjerena najveća visina vala od 7.27 m, kojoj odgovara značajna visina vala od 4.22 m, dok je na postaji V₂ u Bračkom kanalu 3. prosinca 2007. godine izmjerena znatno manja najveća visina vala od 2.84 m, kojoj odgovara značajna visina vala od 0.92 m (Slika 2.3.18, 2.3.19.).



Slika 2.3.17. Najveće i značajne visine valova (a) i značajni valni periodi (b) izmjereni na valografskoj postaji u sjevernom Jadranu u vremenskom razdoblju 01.11.2007. do 05.02.2008. godine (Androćec, ur., 2009.)

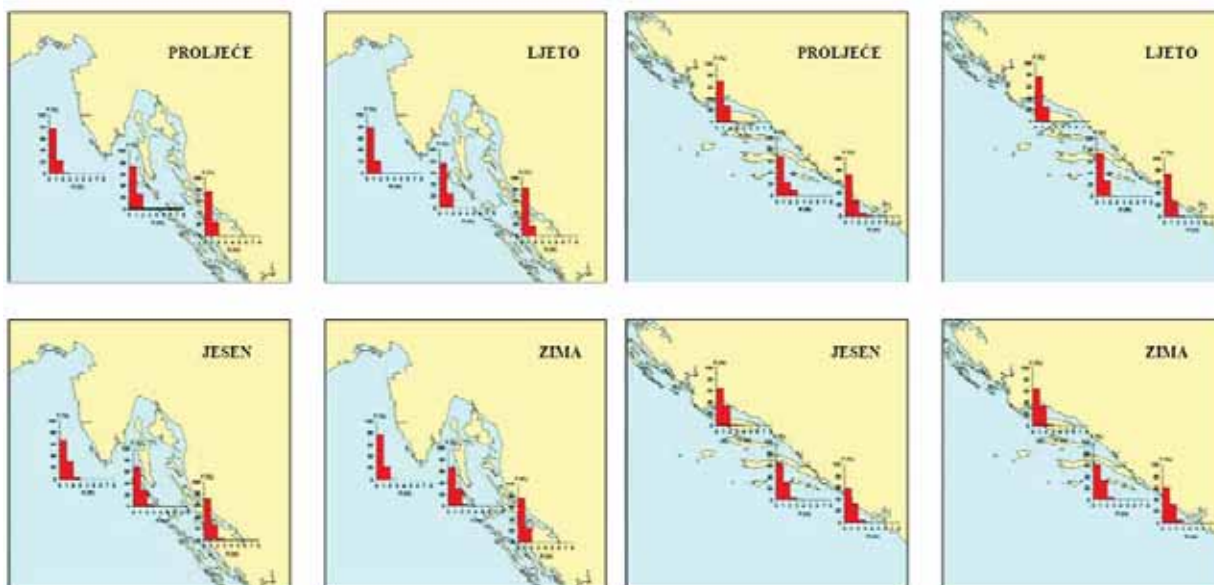


Slika 2.3.18. Najveće i značajne valne visine izmjerene na postaji u Bračkom kanalu u razdoblju od 01.11.2007. do 20.06.2008. godine (Androćec, ur., 2009)



Slika 2.3.19. Spektar gustoće energije površinskih valova i njihovog smjera izmjerenih a) na postaji V₁ u sjevernom Jadranu 10.12. 2008. godine i b) na postaji V₂ u Bračkom kanalu 28. 11.2008. godine (Androćec, ur., 2009.)

Statistički prikaz rezultata vizualnih motrenja valova na području hrvatskoga dijela istočne obale Jadrana pokazuju da je najveća učestalost pojavljivanja valova do visine 1 m u svim sezonama, zatim slijede valovi u rasponu od 1 do 2 m, koji se pojavljuju češće tijekom jeseni i zime, dok se viši valovi javljaju relativno rijetko (Leder, 2002., Slika 2.3.20.). Pri tome je važno napomenuti da motrene visine valova približno odgovaraju značajnim visinama valova koje se mogu izračunati iz mjerenja valova.



Slika 2.3.20. Relativne učestalosti valnih visina (H) po sezonama (Leder, 2002.).

Svi dosadašnji rezultati motrenja i mjerenja instrumentima površinskih vjetrovnih valova pokazuju da na njihovu amplitudu, period i smjer utječu osobine vjetra (jačina,

smjer i dužina trajanja), te dužina privjetrišta u akvatoriju. Zbog relativno velikog privjetrišta (i do 800 km) pojava najvećih vjetrovnih valova u Jadranu je moguća u otvorenim vodama njegovog sjevernog dijela (procjenjuje se i do 14 metara s povratnim periodom od 100 godina). U hrvatskom dijelu Jadrana najvećim valovima su izložene obale vanjskih otoka kod puhanja jakih južnih vjetrova, dok su znatno manje izložena priobalna područja zbog relativno malog privjetrišta.

Morske mijene, niskofrekventne oscilacije, meteo-tsunami

Osim vjetrovnih valova vertikalno kretanje površine mora čine morske mijene, niskoperiodične oscilacije i samooscilacije (seši).

Morske mijene u Jadranskom moru u odnosu na neka druga mora nisu pretjerano izražene jer su razlike između niskih i visokih voda oko 0.4 metara u južnom dijelu i oko 1.0 metar u Tršćanskom zaljevu, uz prevladavajuću poludnevnu M2 perioda oko 12.4 sati i dnevnu K1 komponentu perioda oko 24 sata. Kod poludnevnih oscilacija, dolazi do kašnjenja visoke vode u odnosu na prolaz Mjeseca koje naročito dolazi do izražaja uz zapadnu obalu Jadrana što uzrokuje pojavu kruženja vodenih masa oko jedne točke (amfidromije) koja se nalazi na sredini spojnice Split-Ancona. Ovo uzrokuje pojavu protufazne razine mora na zapadnoj i istočnoj obali Jadrana, što znači da je za vrijeme plime na istočnoj obali oseka na zapadnoj obali i obratno. Jačina plimnih struja nije jednaka za sva područja a prosječne brzine su oko 4 cm/s kao npr. u Virskom moru (Zore-Armanda i Dadić, 1984., Bone, M., 1986.), a izmjerene su brzine M2 komponenti i do 10 cm/s u Pašmanskom kanalu (Vilibić i Orlić, 1999.).

U Jadranskom moru pojavljuju se i slobodne samooscilacije (seši) čiji su osnovni periodi oko 22 i 11 sati što je blizu periodima plimnih oscilacija, dok se u pojedinim kanalima i zaljevima, ovisno o veličini i položaju pojavljuju seši kraćih perioda. Tako je npr. period osnovnog seša u Kvarneru 6 sati, u Kaštelanskom zaljevu 2.5 i 1 sat, a u Bakarskom zaljevu 20 minuta.

Treba nadodati da u uskim kanalima i dubokim zaljevima hrvatskog dijela Jadrana, među kojima su posebno poznati Velolučki, Starogradski i Malostonski zaljev, u specifičnim meteorološkim uvjetima s naglom promjenom tlaka zraka može doći do samooscilacija razine mora znatno većih amplituda poznatima pod nazivom „meteorološki tsunami“. One mogu prouzročiti izdizanja vodenih masa unutar zaljeva i do nekoliko metara iznad srednje razine mora i prouzročiti znatne materijalne štete na kopnu kao što je to bilo u Veloj Luci 1979. godine kada je najveća razina mora bila oko 3 metra iznad srednje razine (Vilibić i sur., 2009.).

U Jadranu se također pojavljuju i niskofrekventne oscilacije perioda od 10 do 100 dana zbog hidrostatskog odziva i vjerojatno promjene vjetera na globalnoj skali (Pasarić i sur., 2000.). Mjerenja su pokazala da niskofrekventne oscilacije ovise o godišnjem razdoblju i da su najizrazitije u zimskoj sezoni kad su atmosferski poremećaji nad Atlantikom najveći. Sniženi atmosferski tlak kod prolaza dubokih ciklona prouzrokuje uz puhanje jakih južnih vjetrova koji naguravaju vode od Otrantskih vrata prema sjeveru može uzrokovati znatni porast razine mora i plavljenje obala u priobalnim mjestima sjevernog i istočnog dijela jadranske obale, od kojih je najpoznatija „aqua alta“ u Veneciji.



Izmjena vodenih masa, karakteristike miješanja, mutnost (prozirnost)

Što se tiče izmjene vodenih masa, odnosno njihovog zadržavanja u nekom akvatoriju ona prvenstveno ovisi o njegovoj veličini, orografiji i povezanosti s većim susjednim akvatorijima, te izloženosti vjetrovima. Izmjena vodenih masa je najbrža u otvorenim djelovima mora, nešto je sporija u kanalnim vodama, dok je najslabija u poluzatvorenim bazenima (zaljevima i uvalama). S obzirom da na strujanje u velikoj mjeri utječu vjetrovi uzrokovani atmosferskim poremećajima ono je najjače u zimskom razdoblju u kojem su prolazi ciklonačnih poremećaja najdublji i najčešći, a najslabije ljeti kad su atmosferske prilike najstabilnije, pri čemu umjesto jakih vjetrova juga i bure prevladavaju lokalni vjetrovi dnevno-noćne cirkulacije. U odsutnosti atmosferskih poremećaja prevladavaju gradijentske struje i struje pod utjecajem plime i oseke.

Proračun izmjene vodenih masa obavljen je samo za manji broj kanala i zaljeva. Procjenjuje se da izmjena vode u Jadranskom moru na godišnjoj razini varira i do 30 puta, a prosječno se izmjeni za 5 godina. Može se pretpostaviti da je izmjena vodenih masa u većini kanalnih voda s okolnim akvatorijima dobra, odnosno da je njihovo „prozračivanje“ relativno povoljno. Tako je npr. pomoću više metoda izračunatao da se vrijeme izmjene voda Bračkog i Splitskog kanala kreće između 0.8 i 4.3 mjeseca, s prosječnim vremenom izmjene oko 2.25 mjeseca (Gačić i Dadić, 1991.).

Izmjena vodenih masa u pojedinim zaljevima i uvalama ovisi o njihovoj komunikaciji sa susjednim akvatorijem i izloženosti vjetrovima. Izračunato je da se vodene mase Kaštelanskog zaljeva, spojenog sa Splitskim kanalom vratima širine 1 Nm, dubine oko 30 metara i uskim i plitkim kanalom s Trogirskim zaljevom, prosječno izmjene za oko mjesec dana (Zore-Armanda, 1980). Prosječno vrijeme izmjene vodenih masa uvale Grška vela smještenoj na južnoj strani otoka Brača je samo 1.5 dan jer je povezana s velikim i dubokim otvorom s kanalnim vodama Hvarskog kanala (Dadić, 2003.).

Što se tiče miješanja vodenih masa u vodenom stupcu hrvatskog dijela priobalja ono je izraženije tijekom homogenih uvjeta u hladnijim razdobljima godine, dok je u toplijim razdobljima smanjeno, a čemu osim stabilnijih meteoroloških prilika doprinose i postojanje dvaju različitih i relativno stabilnih slojeva voda (površinski i pridneni) međusobno odvojenih termoklinom. U blizini ušća rijeka i priobalnih vrulja koje donose veće količine slatke vode miješanje vodenih masa se povećava, a što se posebno odnosi na rijeku Neretvu čiji se utjecaj osjeća osim u kanalnim vodama i povremeno sve do otoka Visa.

Kako rijeke i podzemni tokovi s velikim količinama vode s kopna u more donose i značajne količine suspendiranog materijala i organskog onečišćenja one značajno doprinose povećanju zamućenosti, odnosno smanjenju prozirnosti u moru. S obzirom da je većina površinskih voda izrazito bujičnog karaktera donos različitog materijala s kopna u more je najveći tijekom kišnog razdoblja, a to je u razdoblju od mjeseca studenog do ožujka. U akvatorijima blizu naselja na prozirnost vode značajno utječu i onečišćenja koja u more dospijevaju preko kanalizacijskih ispusta, a odatle se strujama šire u okolni akvatorij. Prozirnost mora smanjuju i jake biološke aktivnosti koje se u moru javljaju u kasnom proljeću. Rezultat svih ovih utjecaja je da se najveća prozirnost mora javlja u sušnim razdobljima (naročito ljeti), dok je ona znatno manja u kišnim razdobljima.

Općenito, prozirnost u Jadranu raste od njegovog sjevernog dijela prema otvorenim vodama juga gdje je zabilježena prozirnost i preko 55 metara, manja je u kanalnim i u priobalnim vodama, a posebno blizu riječnih ušća i većih naselja gdje ponekad pada do samo nekoliko metara.



2.4 Prostorna i vremenska raspodjela temperature i saliniteta

Klimatske promjene

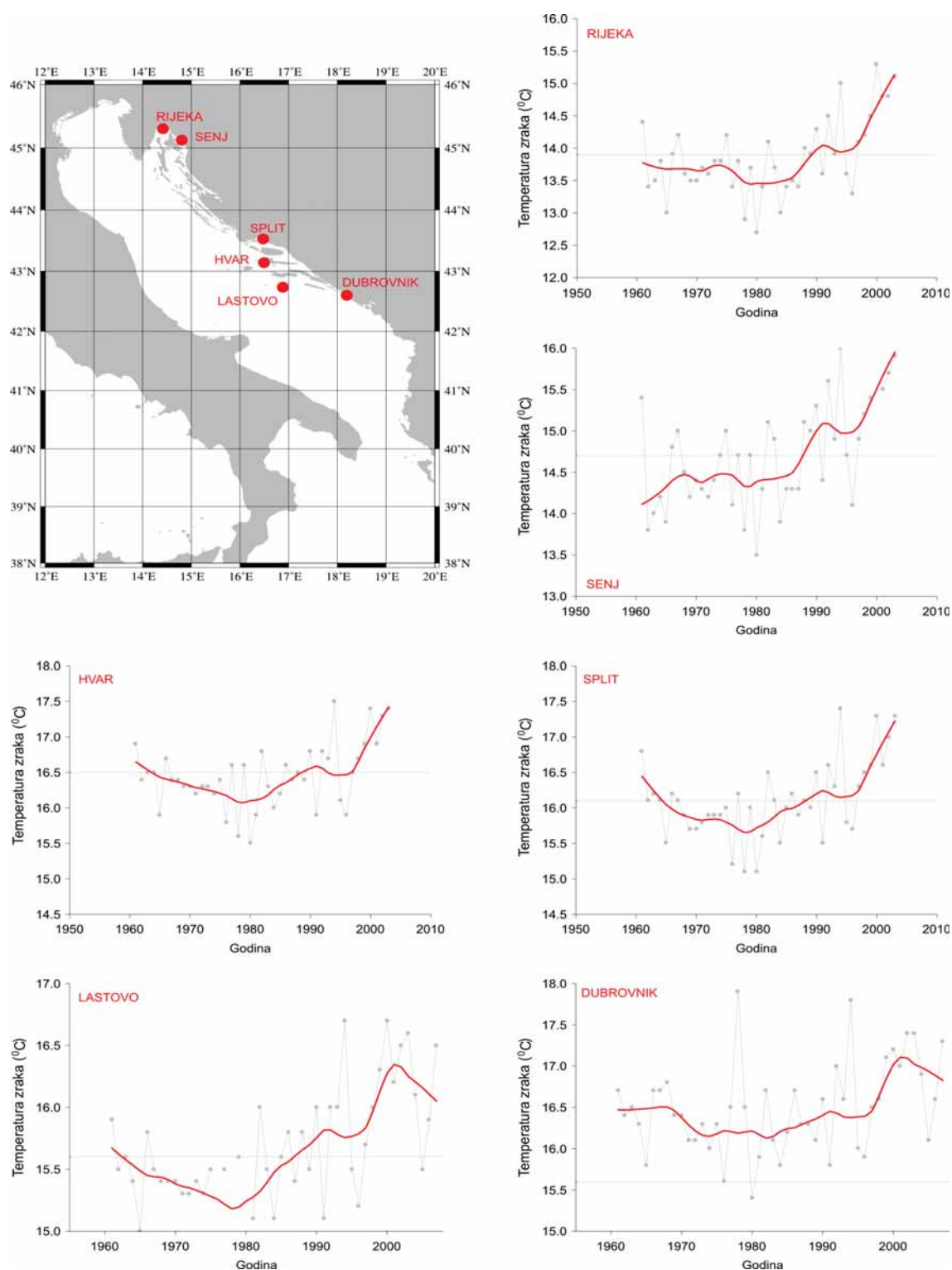
U atmosferu se ispušta preko 8 milijardi tona CO₂ godišnje. Jedan dio CO₂ apsorbiraju šume i oceani, koji tako postaju kiseliji, a ostatak se gomila u atmosferi, pojačavajući efekt staklenika kojemu značajno doprinose metan i dušik-oksidi, drugi po važnosti staklenički plinovi. Ti plinovi dugo ostaju u stratosferi gdje njihovo prisustvo ima negativan učinak na sadržaj i akumuliranje topline u atmosferi. Od početka industrijske revolucije, količina CO₂ u atmosferi povećala se 35%, a metana 148%, te je u današnjoj atmosferi razina CO₂ i metana, barem u posljednjih 650 000 godina, najviša. Prisustvo CO₂ u nižim djelovima atmosfere, od pred-industrijske koncentracije od 280 ppm (parts per million) bilježi kontinuirani porast, te je primjerice 2003. godine zabilježena koncentracije od 375 ppm. U isto vrijeme se klima u mnogim djelovima svijeta, uključujući Europu, zagrijava i značajno mijenja. Prosječna globalna površinska temperatura zraka je porasla za otprilike 0.7 °C, dok u Europi taj porast iznosi 0.95 °C u posljednjih 100 godina. Prema raznim klimatskim modelima i scenarijima, procjenjuje se da će do 2100. godine globalna temperatura zraka na Zemlji porasti za 1.4-5.8 °C, u Europi za 2.0-6.3 °C, dok se predviđanja za Jadran kreću se od 2.4 do 4.9 °C. Na području Jadrana prisutan je opći trend smanjenja godišnje količine oborine čemu najviše pridonosi smanjenje jesenskih i proljetnih količina.

Zbog svog položaja Jadran je more s izraženom sezonskom i višegodišnjom varijabilnošću. Geografski je smješten u području gdje su sezonske i mezoskalne promjenjivosti glavnih atmosferskih parametara kao što su solarno zračenje, vjetar, temperatura i oborina glavni uzročnici promjenjivosti izmjene topline i vlage između atmosfere i mora. Jaka ciklonalna aktivnost, naročito u hladnom dijelu godine osigurava prisustvo različitih tipova vremena nad Jadranom, s čestim izmjenama bure i juga. Nasuprot tome, ljeti je vrijeme, kao posljedica utjecaja subtropskog sistema visokog tlaka zraka, mirno i tiho uz dobro razvijenu dnevno-noćnu cirkulaciju. Sve to uvjetuje izrazitu promjenjivost topline i sadržaja soli u površinskom sloju obalnih voda i voda otvorenog mora. Na klimatskoj vremenskoj skali, uočene globalne promjene klime odražavaju se na klimu Jadrana uzrokujući kontinuirani porast temperature zraka (slika 2.4.1.) i mora, značajnu dekadnu promjenjivost oborine (slika 2.4.2.) i saliniteta te promjenu njegove termohaline cirkulacije. Duž cijele obale Jadrana od početka 80-godina prošlog stoljeća primjetan je kontinuirani porast prizemne temperature zraka. Rezultati procjene buduće promjene klime (Branković i sur., 2009) Hrvatske dobiveni na osnovu regionalnog klimatskog modela RegCM analizirani su za sve sezone iz dva 30-godišnja razdoblja: 1961-1990, koje predstavlja sadašnju klimu, te 2041-2070, koje predstavlja projekciju buduće klime prema A2 scenariju IPCC-ja. Prema ovom modelu predviđa se u svim sezonama povećanje temperature zraka. U hladnijem dijelu godine zagrijavanje će biti nešto veće u sjevernoj Hrvatskoj, dok će u toplijem razdoblju zagrijavanje biti veće u primorskom dijelu Hrvatske. I u oborinskom režimu primjećuje se znatna promjenjivost. Duž hrvatskog dijela Jadrana izražena je znatna međugodišnja varijabilnost sa zajedničkim negativnim trendom. Smanjenje ukupne količine oborine prema rezultatima grupe za klimatska istraživanja DHMZ-a očekuje se u većem dijelu godine, prvenstveno u primorskom dijelu Hrvatske i neposrednom zaleđu. Važno je spomenuti kako globalne promjene klime, bilo kontinuirane i/ili nagle djeluju na promjene temperature i saliniteta čitavog vodenog stupca te uz promjenu cirkulacije mijenjaju strukturu i funkcioniranje ekosustava.



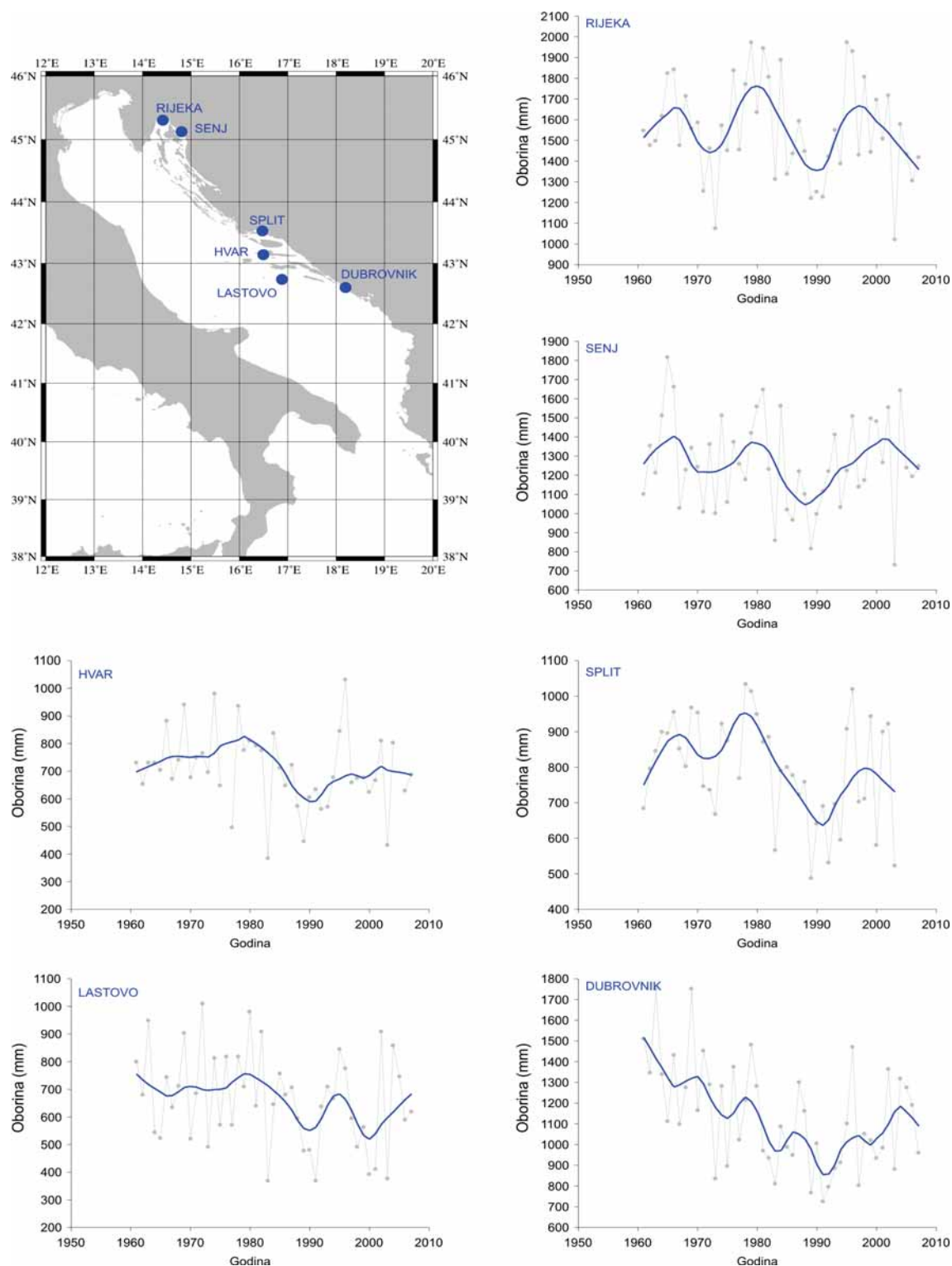
Termohaline osobine površinskog sloja mora ovise o nizu fizikalnih čimbenika koji su dijelom rezultat procesa u moru te procesa na granici s atmosferom. Te procese možemo uvjetno dijeliti na oceanografske i meteorološke. Oceanografski procesi koji uvjetuju promjenu površinske temperature mora te promjene u dubljim slojevima su advektivni prijenos topline morskim strujama, prijenosi topline molekularnim putem i turbulentna gibanja uvjetovana nestabilnošću vodenog tupca. Učinci interakcije atmosfera-more kao što je tok topline, tj. razlika topline koju more primi iz atmosfere i one topline koju njoj (atmosfera) predaje, uzrokuju znatne promjene topline površinskog sloja mora. I druge osobine mora također se mijenjaju pod djelovanjem horizontalnih i vertikalnih procesima. Sadržaj soli površinskog sloja mora, o čemu ovisi njegov salinitet, podložan je promjenama koje se događaju zbog procesa isparavanja, znači gubitka mase, odnosno povećanja sadržaja soli u moru, slatkovodnih dotoka oborinom te u obalnim područjima rijekama i vruljama – procesima koji smanjuju salinitet. Meteorološki procesi nad morem znatno utječu na granični sloj gdje se stalnom izmjenom svojstava između dvaju medija mijenjaju fizikalni, kemijski i biološki procese u moru i na njegovoj površini.





Slika 2.4.1. Višegodišnje promjene temperature zraka duž istočne obale Jadrana (prema: Grbec, 2007).

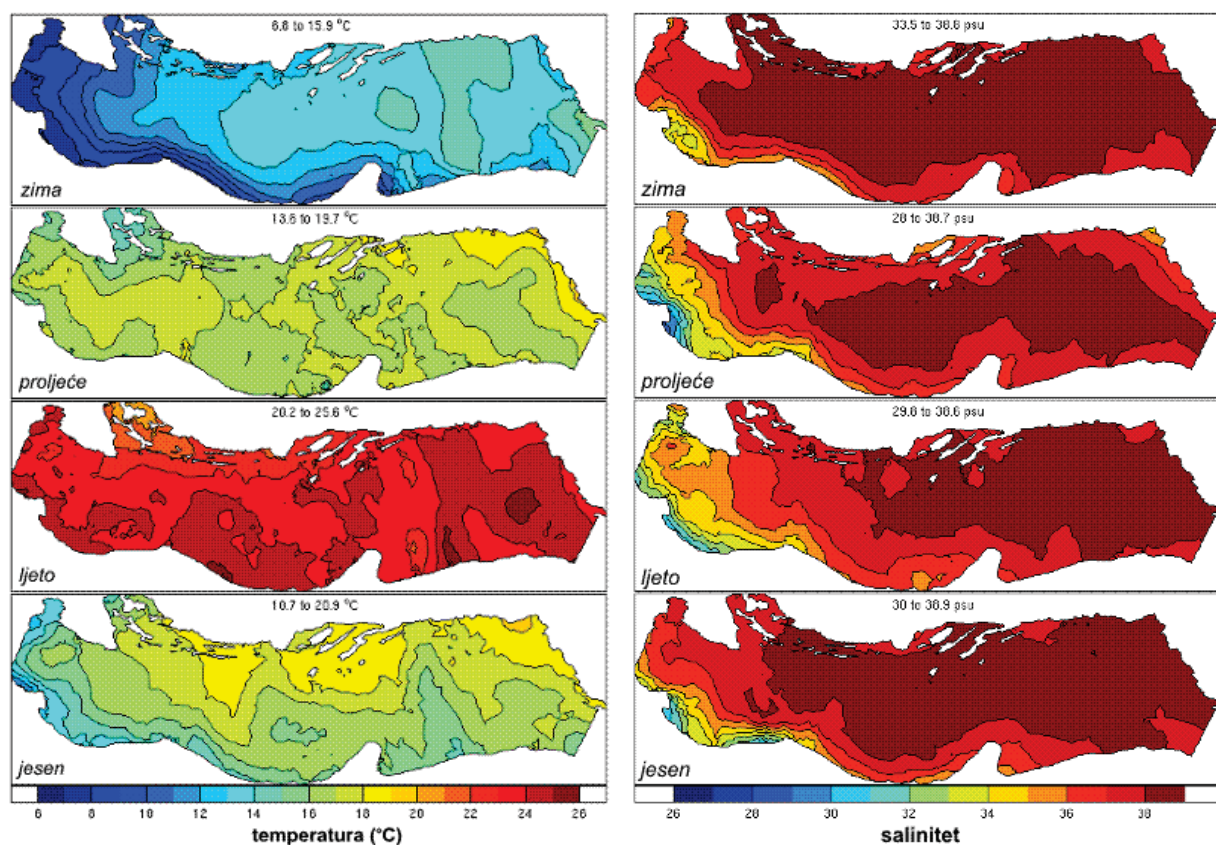




Slika 2.4.2. Višegodišnje promjene oborine duž istočne obale Jadrana (Prema: Grbec, 2007)

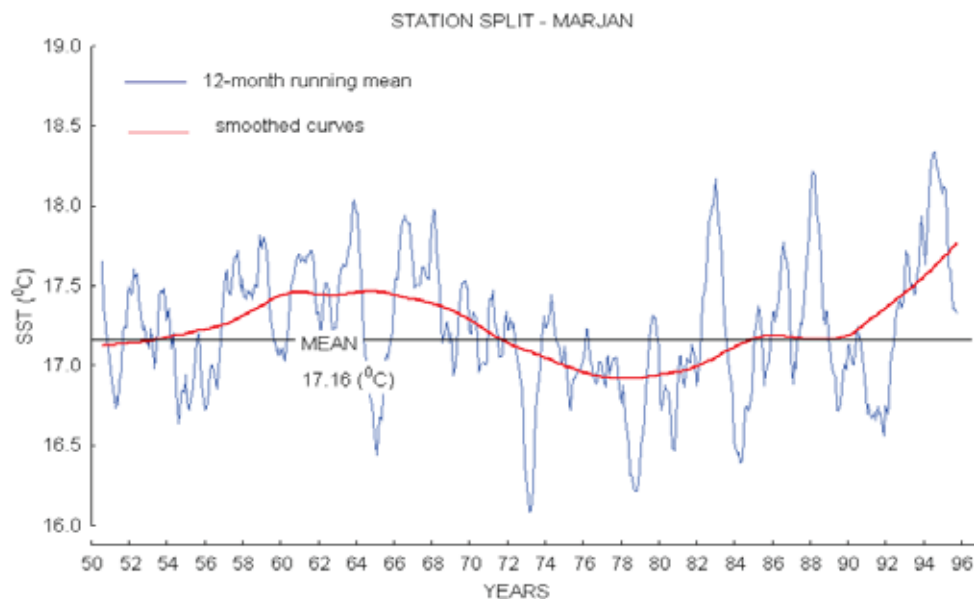


Površinska temperatura mora (slika 2.4.3.) od niskih zimskih vrijednosti u sjevernom Jadranu raspona $(6.8-15.9)^{\circ}\text{C}$ do vrlo visokih vrijednosti u području otvorenih voda južnog Jadrana varijabilna je na dekadnoj i klimatskoj vremenskoj skali, s izraženim pozitivnim linearnim trendom od početka 80. godina prošlog stoljeća (slika 2.4.4.). Površinska temperatura mora je najviša tijekom zimskih mjeseci u južnom Jadranu ($13-14^{\circ}\text{C}$) te opada prema sjevernom Jadranu ($7-10^{\circ}\text{C}$), gdje je gubitak toplinske energije u to vrijeme najveći. Za ljetnih mjeseci temperatura nema bitnu prostornu promjenjivost ($22-26^{\circ}\text{C}$), dok hladnije vode rijeke Po uzrokuju pojavu nižih temperatura uz talijansku obalu u jesenskim mjesecima. Istovremeno, zbog opće ciklonalne cirkulacije Jadrana, temperature su više uz hrvatsku obalu Jadrana. Površinski se salinitet smanjuje od južnog prema sjevernom Jadranu. Slatke vode rijeke Po i drugih rijeka smanjuju salinitet u sjevernom Jadranu te u uskom pojasu uz talijansku obalu (salinitet 33-37) dok se uz hrvatsku obalu salinitet povećava advekcijom slane vode iz Jonskog i Sredozemnog mora (salinitet 38-39).



Slika 2.4.3. Sezonska promjenjivost površinske temperature i saliniteta Jadranskog mora (Prema Artegiani et al.,1997; preuzeto s <http://skola.gfz.hr>)





Slika 2.4.4. Višegodišnje promjene površinske temperature mora. Obalna postaja “Punta Jurana” Razdoblje 1950-1996.

Sezonske promjene temperature i saliniteta

Termohaline osobine istočne obale Jadrana pod znatnim su utjecajem slatkovodnih dotoka s kopna, a zbog manjih dubina i pod značajnim utjecajem atmosfere. U takvom akvatoriju dobivanje srednjih klimatoloških polja temperature i saliniteta zahtjeva dobru prostornu pokrivenost podacima iz dužeg vremenskog razdoblja. Kako bi se zadovoljili uvjeti koje zahtjeva klimatološka analiza koja uključuje tehnike objektivne analize za prikaz polja temperature i saliniteta odabrane su karakteristične situacije i područja s dovoljnim brojem prostorno-vremenskih podataka (tablica 2.4.1.). Uz to je na odabranim postajama prikazan srednji godišnji hod temperature mora i saliniteta. Posebno je obrađen profil Split-Gargano (postaje OC5, OC5b, OC5a, OC5c, OC5d i OC5e) na čijem je pragu moguće praćenjem promjenjivosti temperature i saliniteta sagledati složenu dinamiku Jadrana.

Za razliku od otvorenih voda, u obalnim vodama istočne obale Jadrana temperatura i salinitet su varijabilniji. Obrađena su dva područja, jedno u sjevernom, a drugo u srednjem Jadranu.

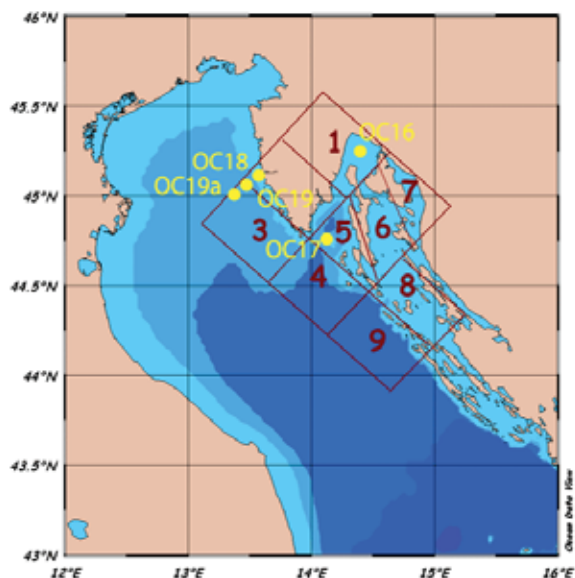
Tablica 2.4.1. Podaci mjerenja temperature i saliniteta korišteni u analzi termohaline promjenjivosti obalnih i otvorenih voda Jadrana

Područje/postaja		Razdoblje mjerjenja	Izvor podataka
Sjeverni Jadran	Kvarner, Kvarnerić i Riječki zaljev, Zapadna obala istre	1950-1999	Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split; Centar za istraživanje mora, Rovinj
	Postaje OC16, OC17, OC18, OC19, OC19a	1994-2010	
Srednji Jadran	Otvorene vode		Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split
	Split-Gargano – OC5, OC5b, OC5a, OC5c, OC5d i OC5e Stončica OC5a	1961-1990 1998-2010	
	Obalne vode		
	OC3 Ploče	1998-2010	
	OC4 ušće Cetine		
	OC5 Pelegrin		
	OC6 Kaštelanski zaljev		
	OC7 Vranjic		
	OC9 Šibenik		
	OC12 Zadar		
	Poligon Drvenik-Pelješac-Vis	2002-2003	

Sjeverni Jadran

Složene termohaline osobine područja istočne obale sjevernog Jadrana (slika 2.4.5.) posljedica su izmjene topline na granici atmosfera-more, utjecaja slatkovodnih dotoka rijekama, vruljama i oborinama, te cirkulacijom i izmjenom vode s drugim dijelovima Jadrana. Sezonske promjene termohalinih svojstava unutar Riječkog zaljeva, Kvarnera i Kvarnerića, te dijela otvorenih voda sjevernog Jadrana obrađene su po pojedinim manjim područjima kako bi se naglasio različiti utjecaj dominantnih procesa u pojedinom području. U odnosu na pokrivenost područja mjerenjima (podaci CIM-a Rovinj, HHI-a Split i IOR-a Split, MEDAS baza IOR-a) istraživani akvatorij podjeljen je na nekoliko pod-područja za koja je analiza provedena pojedinačno za otvorene vode te za međuotočna područja Riječkog zaljeva, Kvarnera i Kvarnerića. Posebno su obrađeni podaci temperature i saliniteta s nekoliko postaja (OC16, OC17, OC18, OC19 i OC19a) novijeg razdoblja (1994-2010).



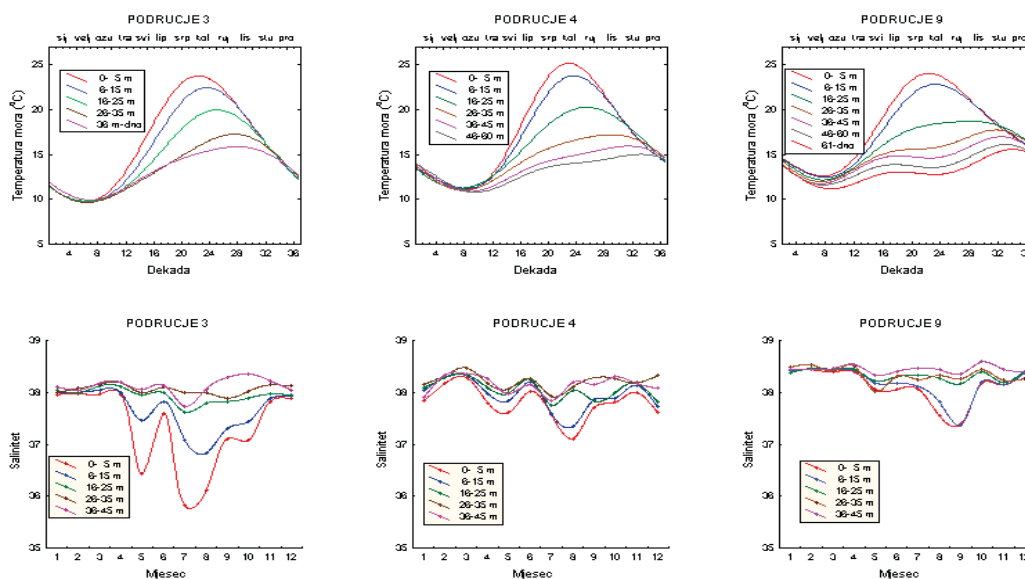


Slika 2.4.5. Prostorni prikaz područja otvorenog (3, 4, 9) i obalnog (1, 5, 6, 7, 8) mora u sjevernom Jadranu i položaj postaja OC16, OC17, OC18, OC19 i OC19a.

Zbog relativne blizine talijanske obale, te povremenih strujanja poprečnih na uzdužnu os Jadrana, vanjski dio ovog akvatorija je ponekad pod utjecajem slatkovodnih dotoka najveće jadranske rijeke Po. Dotok rijeke Po iznosi oko 60% ukupnog dotoka svih slatkovodnih izvora u sjevernom Jadranu sjevernije od linije Pula-Rimini. Utjecaj rijeke Po različit je iz godine u godinu ovisno o karakterističnim zimskim situacijama u sjevernom Jadranu. U području sjevernog Jadrana stvara se za vrijeme izraženih prodora hladnoga zraka sjevernojadranska voda visoke gustoće. Ovisno o termohalnim uvjetima koja su prethodila njenom javljanju te intenzitetu ohlađivanja u ovome se području razlikuju dvije situacije: 1) situacija s jačim dotokom rijeke Po za vrijeme blagih zima pri čemu se stvara voda manje gustoće. Granica između obalnih voda i voda otvorenog mora pomaknuta je u ovom slučaju južnije od linije Pula-Rimini te može dijelom utjecati na termohaline karakteristike područje; 2) druga situacija javlja se za vrijeme izrazitih učestalih prodora hladnoga zraka sa smanjenim dotocima sjevernojadranskih rijeka. Stvara se hladna i relativno slana voda visoke gustoće. Granica obalnih voda i voda otvorenog mora ograničena je na područje sjevernije od linije Pula-Rimini. Pod utjecajem gradijenata gustoće između ova dva područja, stvara se na šelfu ciklonalna ćelija koja više ili manje utječe na termohaline osobine ovoga područja. Vrlo važnu ulogu na opću sliku cirkulacije u ovome području ima vjetar, naročito bura. Taj suh i mahovit te prostorno nehomogen vjetar direktno, putem napetosti vjetra, ili indirektno preko gradijenskog strujanja nastalog zbog gubitka latentne topline isparavanjem utječe na strujanja u moru i formiranja bipolarne ciklonalno-anticiklonalne strukture. Sjevernojadranska voda svojom glavinom slijedi talijansku obalu te nakon mjesec dana stiže u Jabučku kotlinu. Osim ove glavne struje, postoji i manja sekundarna (Vilibić, 2003). Naime, plićina smještena oko 60 km južnije od Rovinja vjerojatno uzrokuje bifurkaciju sjevernojadranske vode, nakon čega njezin manji dio odlazi prema Kvarneru ulazeći između sjevernojadranskih otoka stoga što je to područje dublje (60-70 m) od područja otvorenog mora (oko 50 m). Postoje i naznake da se jedan dio te vode miješa s vodama dubljih slojeva ispred Dugog otoka (Vilibić i Orlić, 2002) nakon čega u područje Jabučke kotline dolaze s njene istočne strane. Osim ovoga složenog djelovanja tijekom zimsko-proljetnog razdoblja važan je i utjecaj širenja ugrijane i slatke površinske vode iz sjevernog Jadrana prema vodama Kvarnera u uvjetima stratificiranosti vodenog stupca. Postoji fronta koja ljeti odjeljuje površinsku sjevernojadransku vodu od voda koje u području Kvarner-otvoreno more dolaze



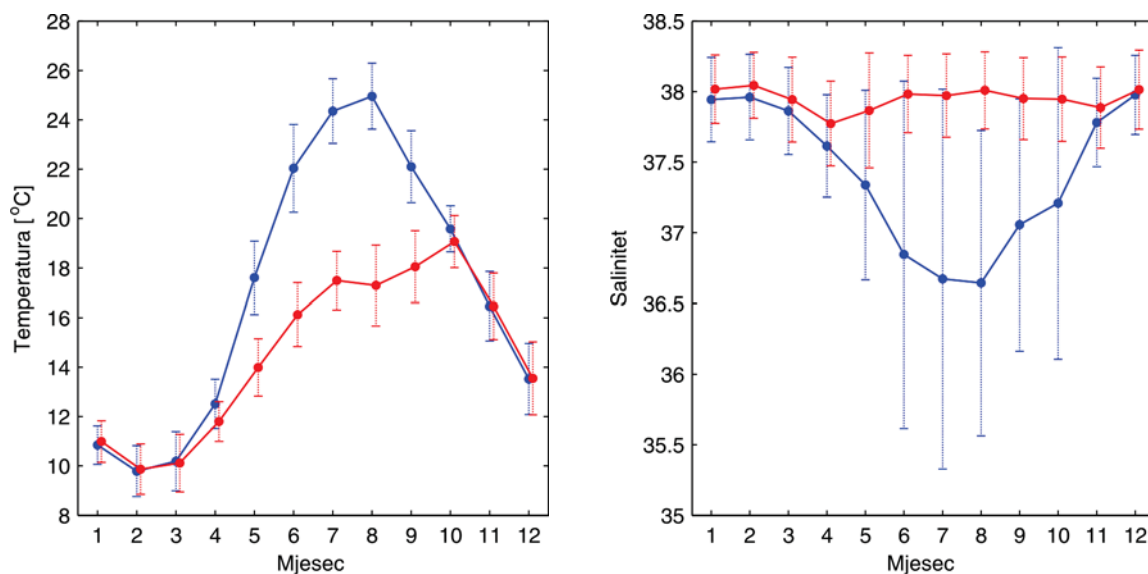
istjecanjem iz međuotočnog akvatorija i/ili s juga, a najintenzivnija je u razdoblju srpanj-kolovoz. Godišnji hodovi temperature i saliniteta (slika 2.4.6.) pokazuju da vertikalno homogeni sloj formiran u studenom traje sve do polovine ožujka kada zbog zagrijavanja atmosfere započinje zagrijavanje površinskih slojeva mora.



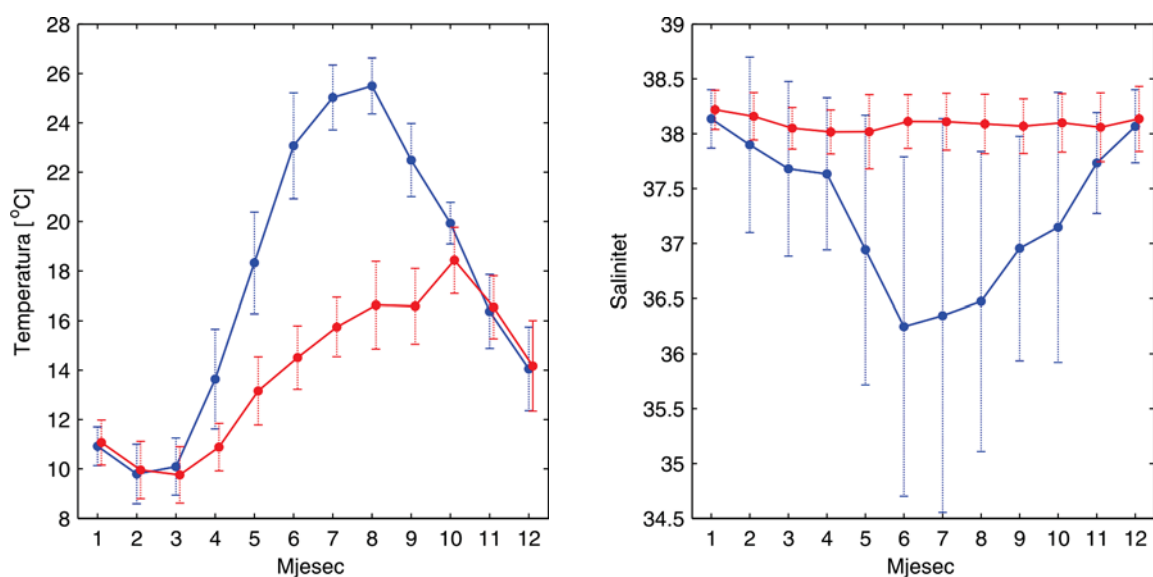
Slika 2.4.6. Srednje sezonski hod temperature mora i saliniteta za definirane slojeve i područja za razdoblje 1950-1999. Podacima srednjih dekadnih vrijednosti temperature mora prilagođena je funkcija s 2 harmonika, a mjesečnim podacima saliniteta „spline“-funkcija.

Zbog vertikalnog miješanja uzrokovanog vjetrom i još uvijek nedovoljno zagrijane atmosfere vertikalni je stupac vode početkom razdoblja zagrijavanja temperaturno homogen, no u polju saliniteta homogenost nije toliko očita zbog utjecaja slatkovodnih dotoka. U području 3 u površinskom sloju saliniteta prvi minimum uočava se u proljeće, a sekundarni ljeti. Ovakva termohalina struktura uočava se i na postajama OC18, OC19 i OC19a (slike 2.4.7.-2.4.9.). U području 4 sekundarni minimum saliniteta javlja se mjesec dana kasnije, dok je područje 9 karakterizirano više istjecajem slatkovodnih voda istočne obale Jadrana uz manje izražen minimum u površinskom sloju. Zimske su temperature u vertikalno homogenom stupcu vode najniže u najsjevernijem području kao posljedica utjecaja sekundarne cirkulacije koja zimi u to područje donosi tešku i hladnu sjeverno-jadransku vodu. Osim toga primjetan je utjecaj obalnih voda na temperaturu mora površinskog sloja tijekom ljeta u središnjem području. U tom je području (područje 4) u vrijeme izrazito razvijene termokline sredinom ljetnog razdoblja površinski sloj mora u prosjeku topliji i do 1°C .



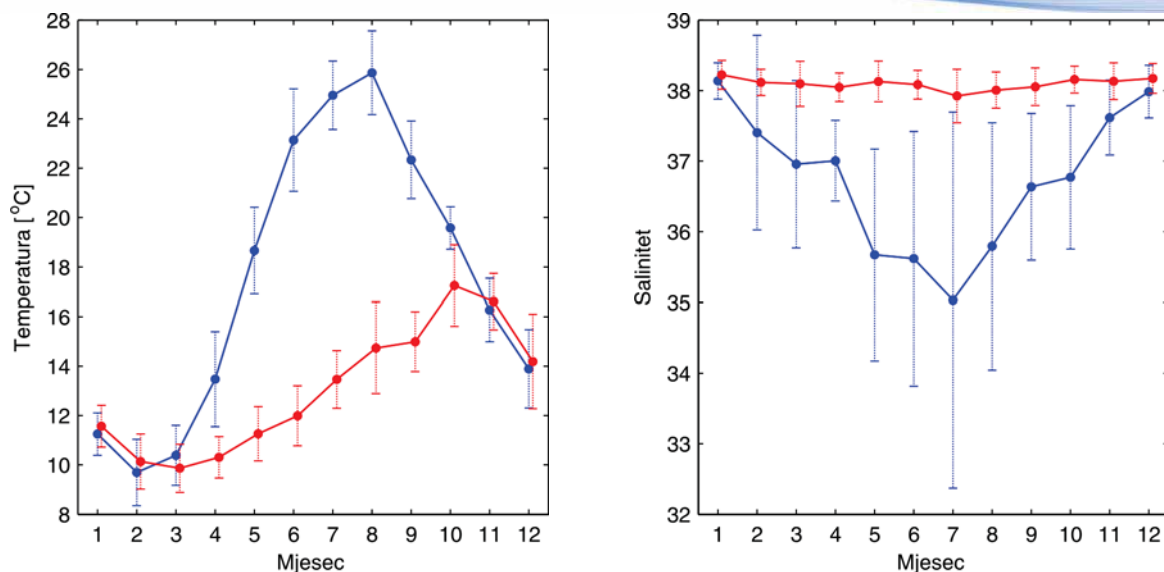


Slika 2.4.7. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta u površinskom (-) i pridnenom (-) sloju, postaja OC18. Razdoblje mjerenja 1997-2010.



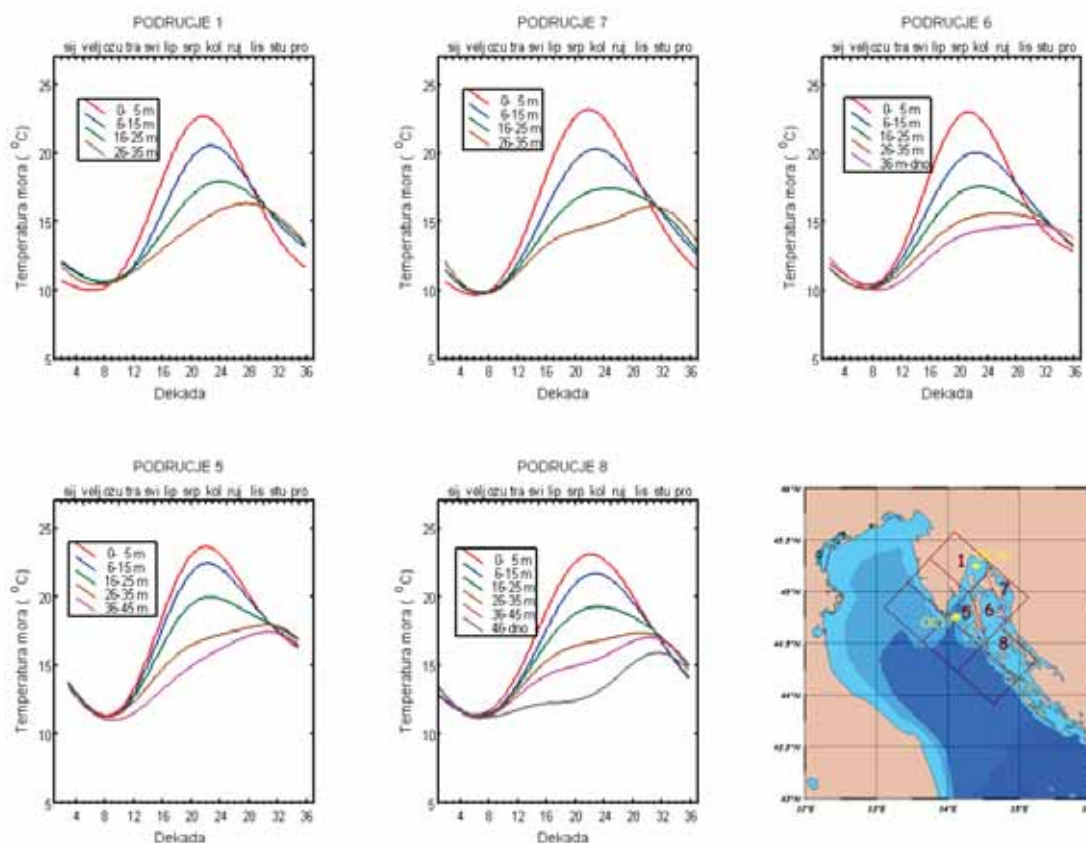
Slika 2.4.8. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta u površinskom (-) i pridnenom (-) sloju, postaja OC19. Razdoblje mjerenja 1996-2010.





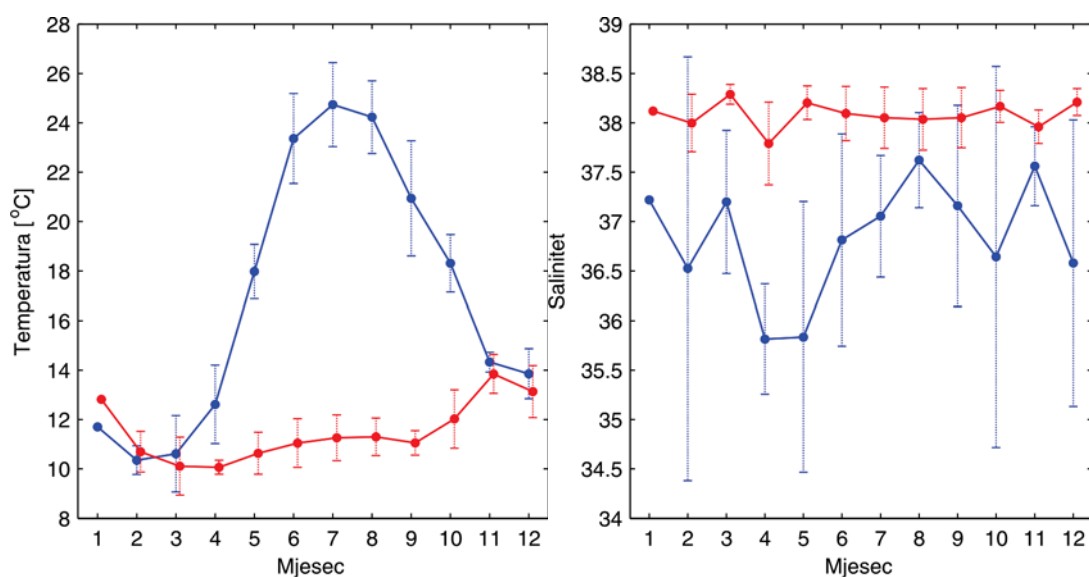
Slika 2.4.9. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta u površinskom (-) i pridnenom (-) sloju, postaja OC19a. Razdoblje mjerenja 1994-2010.

Prostorno nehomogena oborina znatno doprinosi prostorno nehomogenoj promjeni temperature mora i saliniteta ovoga područja posebno u područjima uz obalu. Zbog stalnih dotoka slatke vode u površinskom sloju vertikalna i horizontalna razdioba termohalinih svojstava ovoga obalnog područja vrlo je kompleksna. Područja bliža obali (1,7 i 6) tijekom zime su hladija, a ljeti toplija od područja koja graniče s otvorenim vodama. Primjećuje se neujednačenost u godišnjoj promjenjivosti površinskog saliniteta i to više što je područje bliže obali. Unutar pojedinog područja prostorna razdioba saliniteta pod djelovanjem je slatkovodnih obalnih dotoka koji su vremenski dosta varijabilni, te razdioba saliniteta prostorno i vremenski nije homogena, a i znatno je sinoptički uvjetovana.

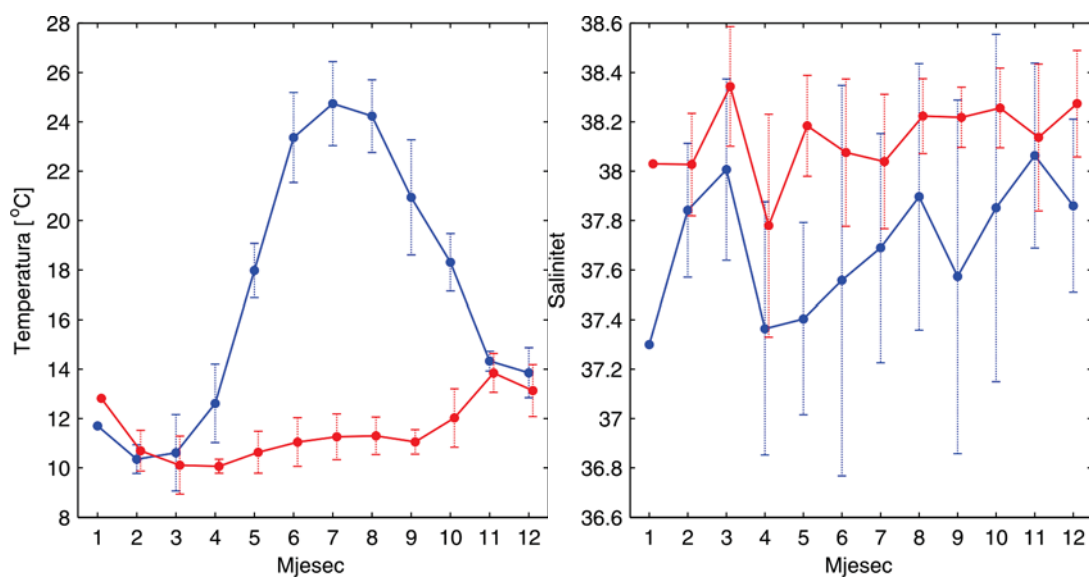


Slika 2.4.10. Srednji sezonski hod temperature mora za definirane slojeve i područja za razdoblje 1950-1999. Podacima srednjih dekadnih vrijednosti temperature mora prilagođena je funkcija s 2 harmonika.

U Riječkom je zaljevu (područje 1, postaja OC16) i u podvelebitskom području (područje 7) (nije prikazano) minimum površinskog saliniteta koji se javlja u proljeće povezan s proljetnim maksimumom oborine. Drugi minimum koji se javlja u studenom u vezi je s jesenskim maksimumom oborine. Površinski salinitet u ovom je području povezan s godišnjim hodom oborine s dva para ekstrema koji je karakterističan za područje Rijeke, Crikvenice i otoka Krka. Kod pojave minimuma saliniteta u svibnju, vođeni stupac je već raslojen, pa salinitet površinskog sloja ne utječe na dublje slojeve. Međutim, minimum u studenome, te nešto slabije izraženi minimum u veljači pada u razdoblje kada je stupac mora izmiješan pa se istovremeno pojavljuje i minimum u dubljim slojevima. Minimum je u veljači povezan sa jačom oborinom karakterističnom za ovaj mjesec. Područje 6 je izolirano od Riječkog zaljeva, a i podvelebitski dotoci imaju manji utjecaj zbog čega njegov površinski sloj ima općenito veće vrijednosti saliniteta. Područja 5 (postaja OC17) i 8 obzirom da su granična područja s otvorenim morem manje su pod utjecajem obale i obalnih dotoka. Uspoređujući njihove sezonske hodove možemo pretpostaviti da je u ovome području utjecaj sjevernojadranskih rijeka manje izražen. Dublji slojevi imaju manje raspone saliniteta tijekom godine u oba analizirana područja. Salinitet u području 8 ima minimum u površinskom sloju u svibnju i listopadu, dijelom zbog utjecaja rijeke Zrmanje, a dijelom zbog oborine. Drugi minimum povezuje se s jesenskim maksimum oborine.



Slika 2.4.11. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta u površinskom (-) i pridnom (-) sloju, postaja OC16. Razdoblje mjerenja 1997-2010.



Slika 2.4.12. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta u površinskom (-) i pridnom (-) sloju, postaja OC17. Razdoblje mjerenja 1997-2010.

Srednji Jadran

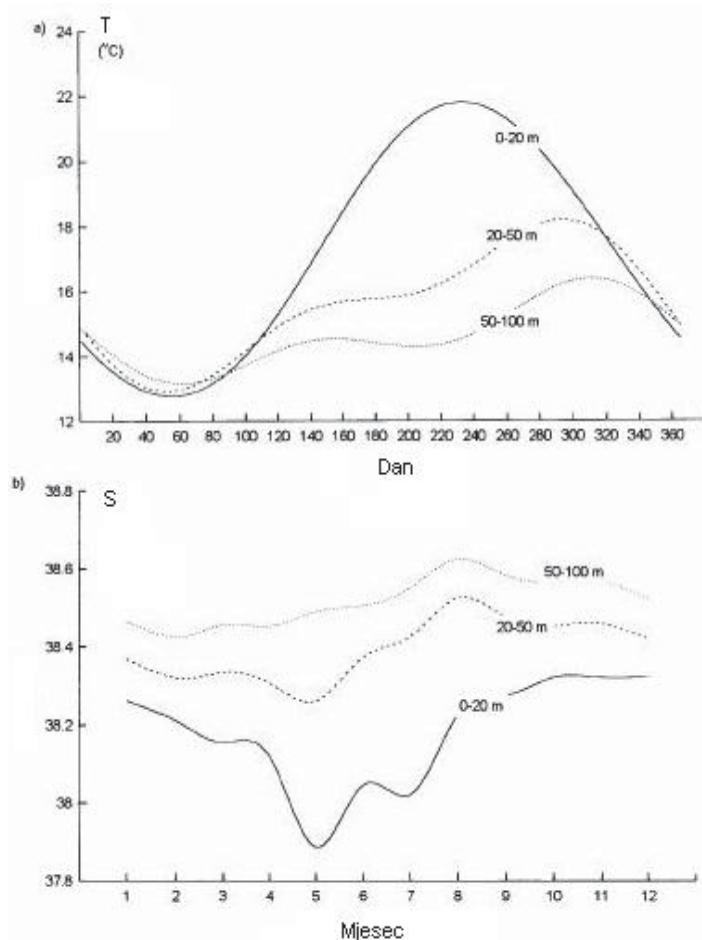
Profil Split- Gargano

Jadran je specifičan bazen. U njegovom sjevernom dijelu u zimama intenzivnog ohlađivanja i učestalih epozida bure formira se sjevernojadranska voda koja je odgovorna za opću cirkulaciju Jadrana. Za vrijeme ekstremnih vremenskih situacija, npr. za vrijeme



jakih epizoda bure gubitak topline s površine mora (ohlađivanje) izrazito je velik. Ovaj proces u graničnom sloju uzrokuje dvije, za termohalinu cirkulaciju (THC) vrlo bitne stvari: 1) hlađenje površinskog sloja mora jer se procesom isparavanja gubi topline; 2) postupni porast saliniteta površinskog sloja mora jer procesom isparavanja površinski sloj mora gubi masu. Ovo su preduvjeti stvaranja guste vode, čije je formiranje u Jadranu povezano s njegovom mezoskalnom dinamikom na vremenskim skalama od sinoptičke, sezone, interdekadne i klimatske.

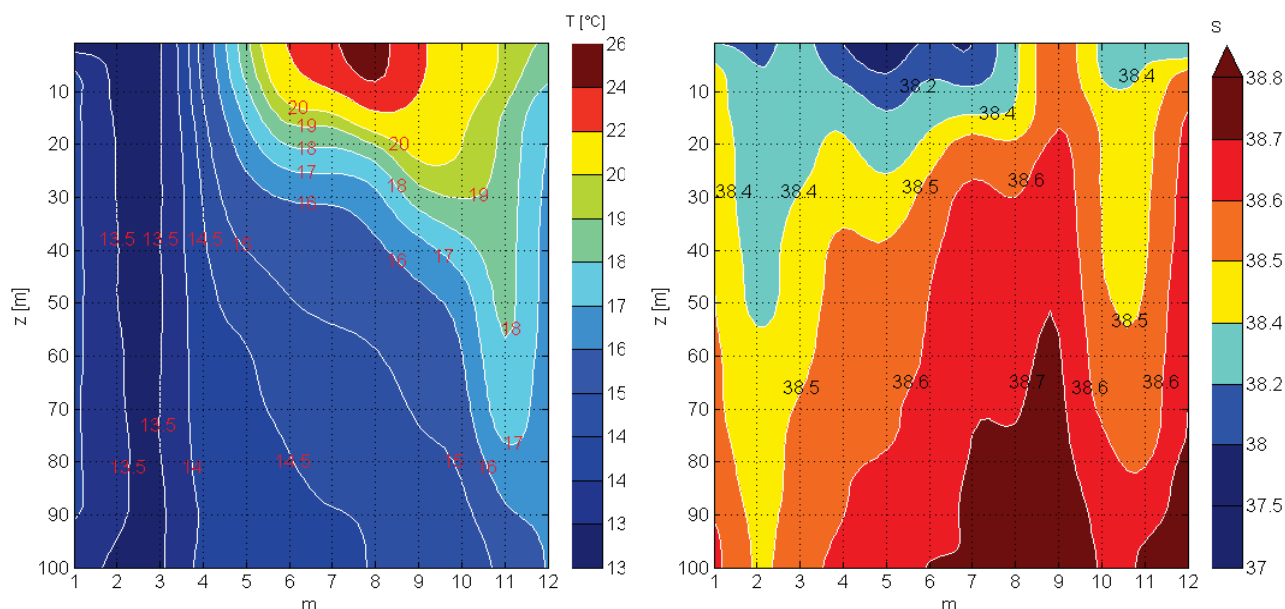
Pod djelovanjem procesa na granici atmosfera-more termohalina se promjenjivost različito mijenja u ovisnosti o dubini. Procesi na površini, odnosno izmjena topline i mase značajno doprinose promijenjivosti temperature i saliniteta. Kako su u Jadranu sezone vrlo izražene, to je sezonska promijenjivost temperature i saliniteta također značajna za Jadran. To se dobro vidi na sezonskom hodu temperature i saliniteta na profilu Split-Gargano (slika 2.4.13.).



Slika 2.4.13. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta na profilu Split-Gargano (postaje OC5, OC5b, OC5a, OC5c, OC5d i OC5e). Razdoblje 1961-1980. (Prema Grbec i Morović, 1997)

U prvih 20 m dubine promjene topline uzrokovane vertikalnim procesima, tj direktnim djelovanjem atmosfere značajne su gotovo čitave godine. Horizontalni procesi postaju značajni uspostavom i trajanjem termokline, u toplom dijelu godine. Ti procesi advekcijom donose topliju vodu i na taj način doprinose povećanju topline. U jesen, nakon produbljenja termokline i njenog nestajanja vertikalni procesi prevladavaju i postaju glavni

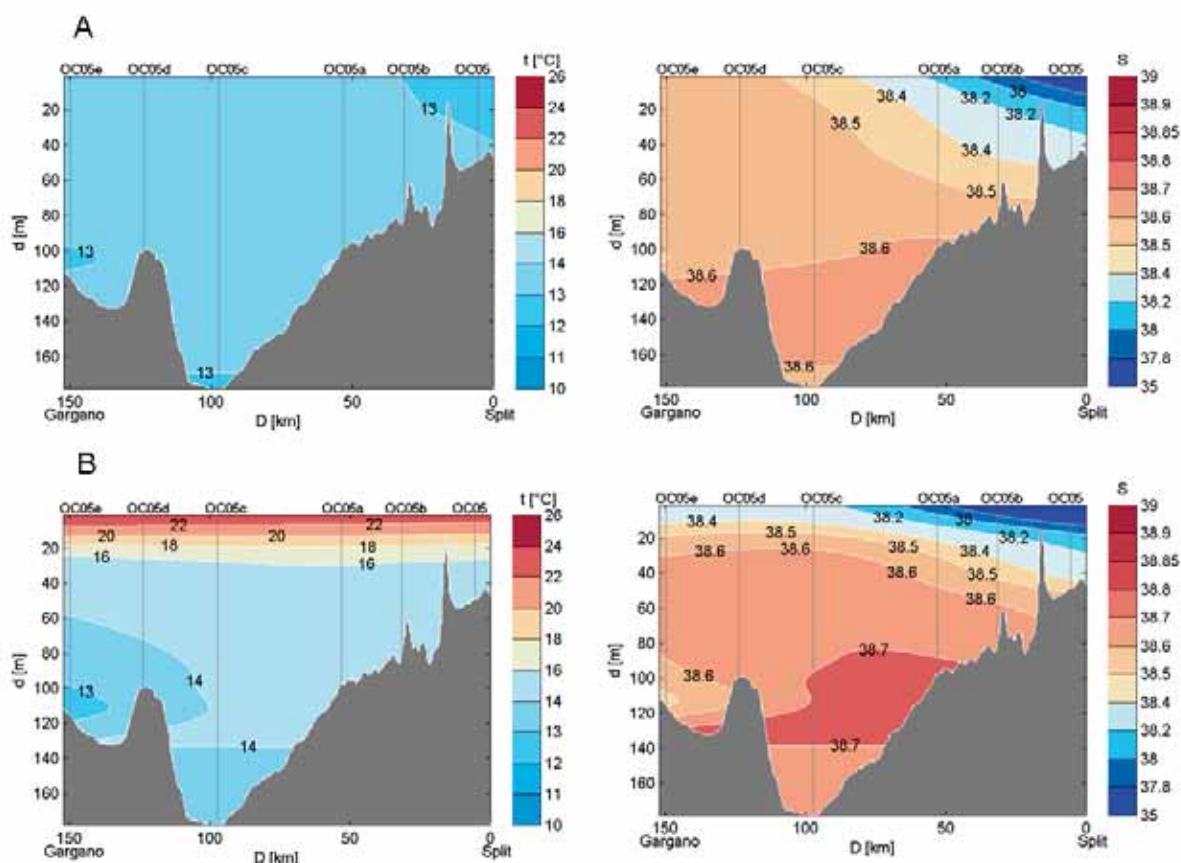
čimbenik promjenjivosti topline. U dubljim slojevima Jadrana temperature se u prosjeku kreću od 11°C u području sjevernog Jadrana i Jabučke kotline, do 14°C u Južnojadranskoj kotlini i Otrantskim vratima. Salinitet također raste od sjevernog Jadrana (37.5-38.5) prema jugoistoku (38.5-39.0). Sezonski hod je slabo izražen, dok je međugodišnja promjenjivost uvjetovana stvaranjem i advekcijom dubokih vodenih masa. Termoklina u toplom dijelu godine odvaja površinski od dubljih slojeva. Na godišnjem se hodu temperature i saliniteta uočava izotermija tijekom jeseni i zime, te mala promjena temperature na dubini od približno 100 m gdje temperatura ne pada ispod 12 °C. Osim toga varijacije temperature unutar pojedinog mjeseca imaju maksimalne vrijednosti na površini, idući dublje varijabilnost se smanjuje. Na dubini od 10 m maksimum temperature kasni u prosjeku 9 dana u odnosu na površinski sloj. Na dubini od 20 m to kašnjenje je 48 dana, dok sloj 75-100 m kasni 93 dana u odnosu na površinu. Minimalna temperatura bilježi se tijekom veljače, a na dubini od 75-100 m početkom ožujka. Salinitet također ima sezonski hod. U površinskom sloju do dubine 10 m postoje dva minimuma, u svibnju i srpnju. Na dubini od 20m značajan postaje maksimum u kolovozu kao rezultat kasnijeg odziva uvjetima na površini. Temperatura i salinitet vodenog stupca određuje njegovu stabilnost. Općenito se može reći da je stabilnost veća što je veći vertikalni gradijent gustoće mora. Stoga je stabilnost najveća u ljetnom razdoblju, kada je u vodenom stupcu prisutna dobro izražena termoklina, te je utjecaj temperature na vertikalnu razdiobu gustoće značajniji od utjecaja saliniteta. Tijekom zime, odnosno u hladnom dijelu godine, termoklina nije prisutna zbog intenzivnih procesa vertikalnog miješanja, te advekcije, pa je vertikalni gradijent gustoće malen, te u plitkom moru dominantno ovisi o vertikalnom gradijentu saliniteta, posebno u područjima koja su pod utjecajem dotoka slatke vode s konpa. Početkom jeseni zbog smanjenog dotoka Sunčevog zračenja i pojačanog miješanja uzrokovanog jačim vjetrom termoklina slabi i produbljuje se. Počinje homogenizacija vodeng stupca. U zimskim mjesecima (siječanj-veljača) termoklina gotovo potpuno nestaje (slika 2.4.14).



Slika 2.4.14. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta. Postaja Stončica-OC5a, razdoblje 1998-2010.



Prosecima vertikalne konvekcije i miješanja vodeni stupac je potpuno homogen. Izražena termohalina promjenjivost Jadrana rezultat je ne samo sezonski i klimatski promjenjivih procesa na granici (izmjena topline i mase) i topografije već je uvjetovana i izmjenom vode sa Sredozemljem preko Otrantskih vratiju. Zimska i ljetna situacija u Jadranu se znatno razlikuju. Klimatološki profili temperature i saliniteta (Split-Gargano; 1998-2010) jasno ističu tu razliku. Zimi je temperaturno homogen vodeni stupac prisutan na cijelom profilu (slika 2.4.15.), u polju saliniteta uz obalu je prisutna voda nižeg saliniteta koji raste udaljavanjem od obale te povećanjem dubine. Ljeti je vodeni stupac stratificiran, jasno se odvajaju površinski od intermedijalnog i pridonog.



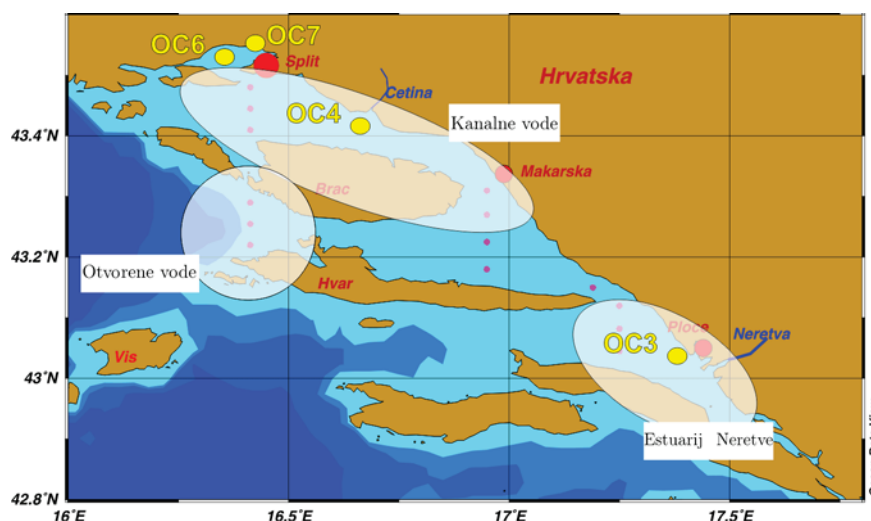
Slika 2.4.15. Srednje vrijednosti temperature i saliniteta za zimu (A) i ljetu (B) na profilu Split-Gargano. Razdoblje 1998-2010. Podaci CTD mjerenja Instituta za oceanografiju i ribarstvo, Split.

Obalno područje srednjeg Jadrana

Promjenjivost termohalinih osobina u obalnim područjima kompleksnija je od onih u otvorenim vodama zbog utjecaja s kopna i relativno brzog odgovora mora na sinoptičke poremećaje. U obalnom području posebno se ističu estuariji, područja miješanja voda obalnog mora i slatkovodnih dotoka (rijeke i podzemne vode). U području srednjeg Jadrana opisano je područje poligona Drvenik-Pelješac-Vis (slika 2.4.16). Tijekom istraživanja u području istočne obale Jadranskog mora (projekt ADRICOSM) obavljena su



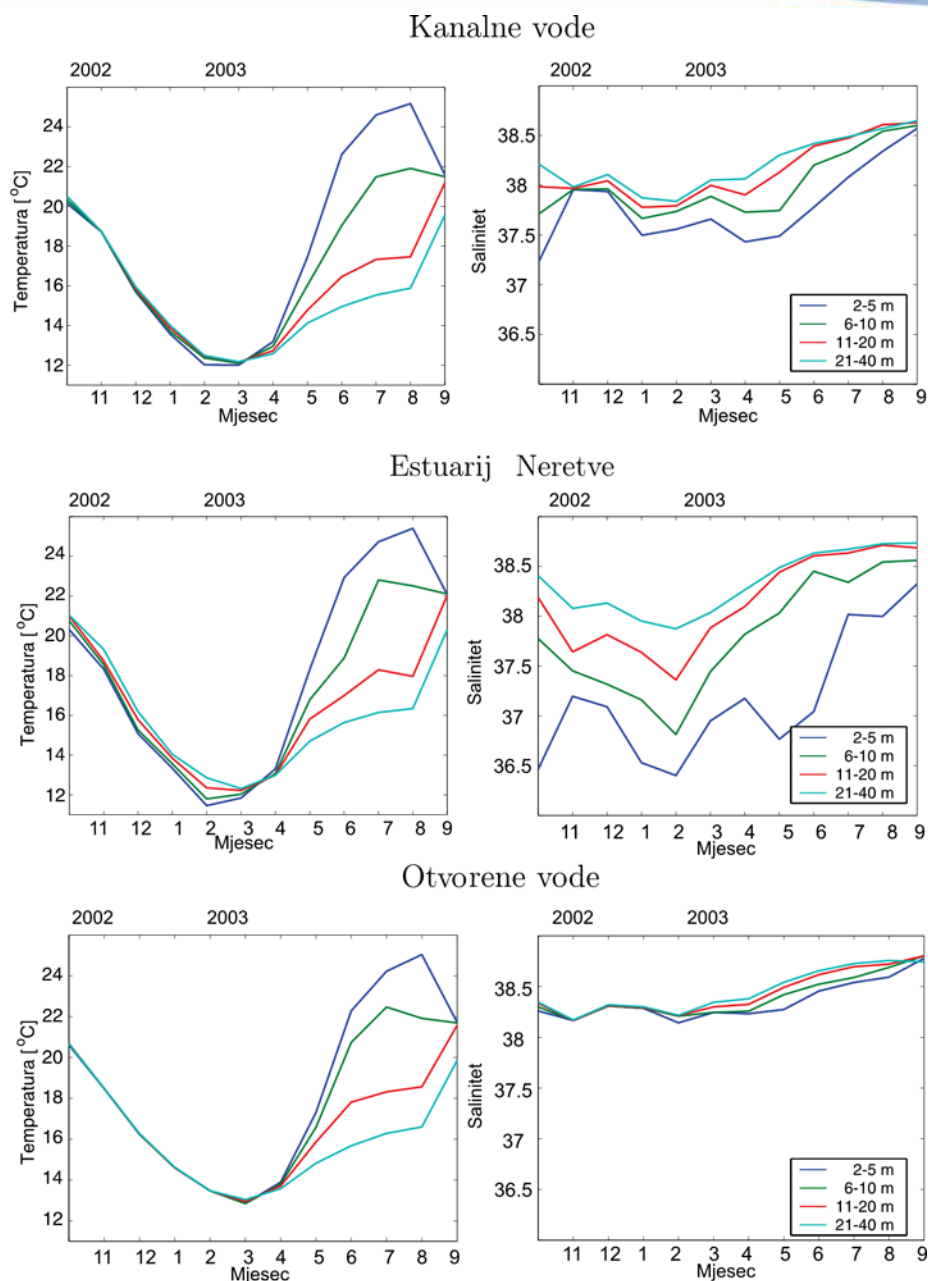
vrlo intenzivna mjerenja termohalinih osobina vodenog stupca na 14 postaja. Tijekom zimskog razdoblja mjerilo se jednom u dva tjedna, a kasnije jednom tjedno. Prostorno i vremenski dobro pokrivena mjerenja temperature i saliniteta poslužila su kako bi se u ovome području obalne vode po termohalinih osobinama podijele na 3 odvojena lokaliteta: 1) kanalne vode, 2) estuarij rijeke Neretve i 3) vode slične vodama otvorenog mora. Formiranje i trajanje termalne i haline stratifikacije u ovim je područjima različito. Osobina je kanalnih voda ovoga područja niski salinitet površinskog sloja kao posljedica utjecaja triju glavnih rijeka; Neretve, Žrnovnice i Cetine. Primjerice, estuarij rijeke Neretve područje je koje je permanentno niskog saliniteta te su i promjene temperature znatne.



Slika 2.4.16. Područje poligona Drvenik-Pelješac-Vis i položaj 14 postaja na kojima su tijekom 2002-2003 mjereni temperatura i salinitet

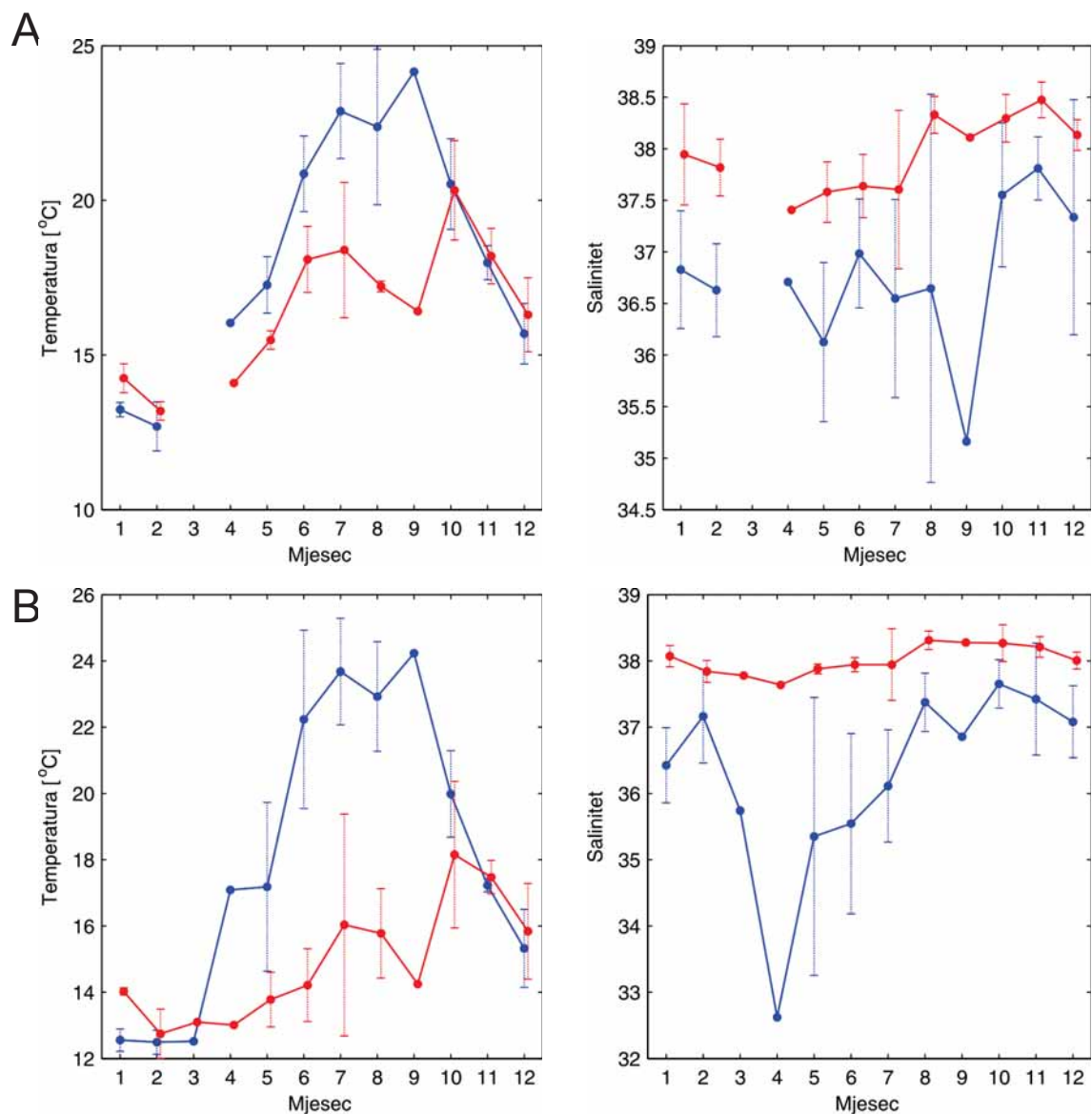
Područje je pod dinamičkim utjecajem lokalnog polja vjetra i prevladavajućih meteoroloških situacija, a posebno je tijekom ljeta pod utjecajem obalne cirkulacije. Vode slične otvorenim vodama bez znatnijeg su utjecaja rijeka i vertikalno dobro izmiješano tijekom hladnog dijela godine. Općenito, približavanjem obali promjenjivost temperature i saliniteta, a time i gustoće mora izraženija je i o lokalitetu znatno ovisnija. Stoga je za očekivati znatnu termohalinu promjenjivost.





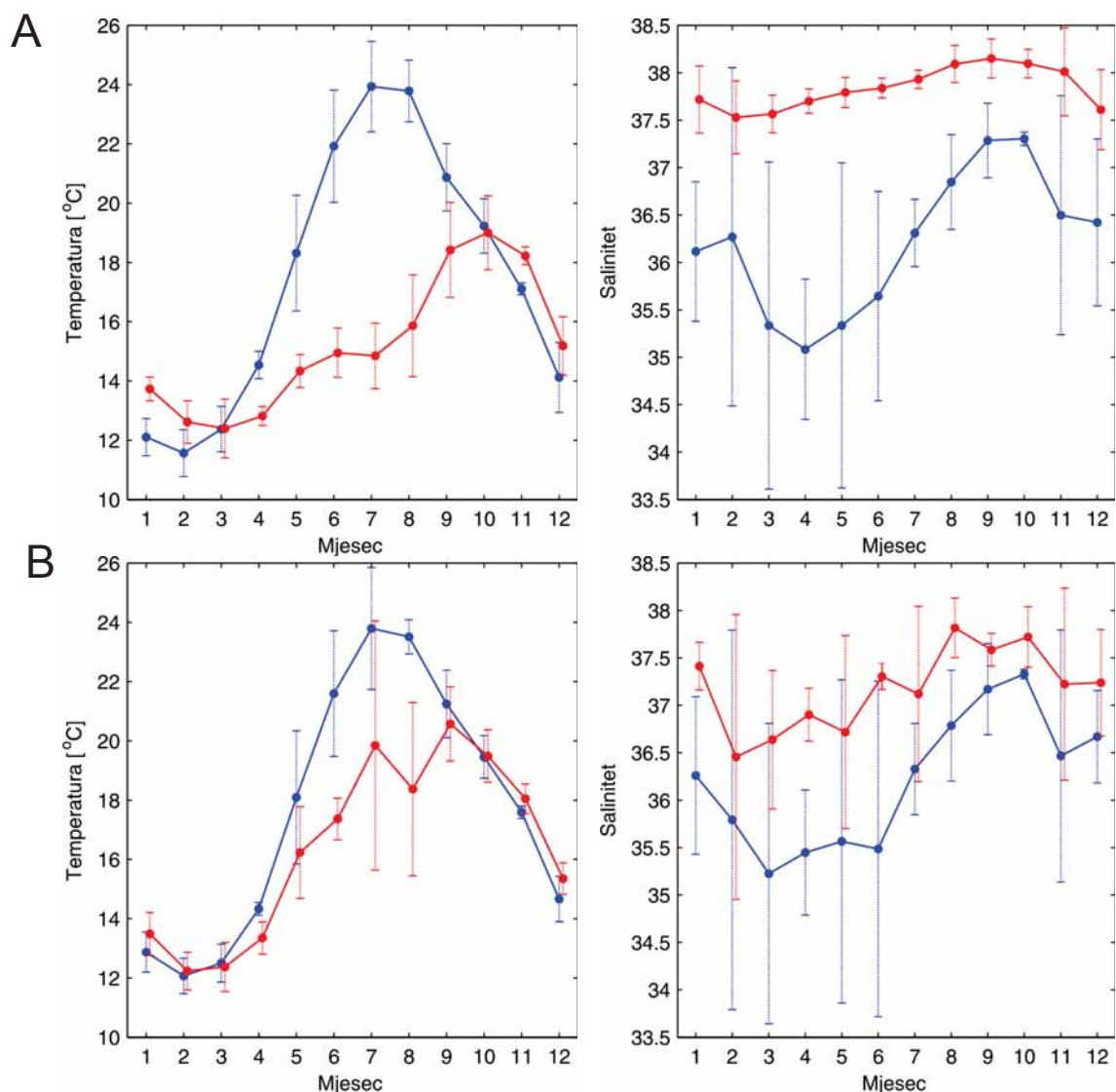
Slika 2.4.17. Promjene temperature i saliniteta u vodama srednjeg Jadrana.

Područja estuarija koja su pod stalnim utjecajem rijeka vrlo su osjetljiva na promjene sadržaja topline zbog varijabilnog sadržaja soli. Analizirajući promjenjivost temperature i saliniteta na nekoliko obalnih postaja od Ploča do Zadra (slike 2.4.18. – 2.4.20.) uočava se velika varijabilnost koja je najizraženija u površinskom sloju, gdje su iznosi standardnih devijacija znatni kao primjerice u akvatoriju luke Ploče (slika 2.4.18.).



Slika 2.4.18. Promjene temperature i saliniteta u području luke Ploče, OC3 (A) i ušća rijeke Cetine, OC4 (B) u površinskom (-) i pridnom sloju (-). Razdoblje 1998-2010.

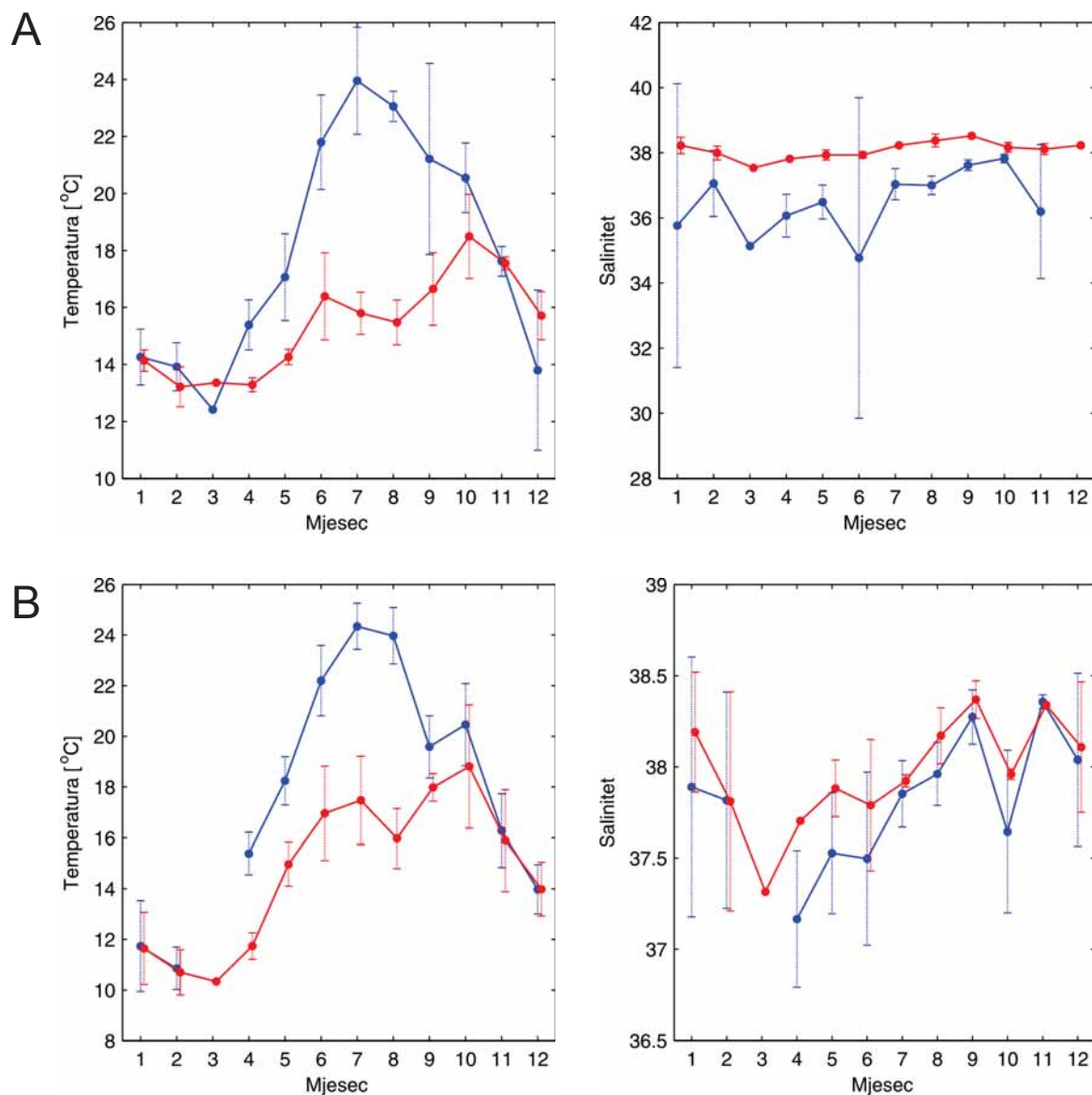
U središnjem dijelu Kaštelanskog zaljeva temperatura mora ima izražen sezonski hod karakterističan za obalne postaje srednjeg Jadrana. Salinitet površinskog sloja s jednim minimumom u proljeće, te maksimumom u jesen rezultat je specifične dinamike bazena. Zbog utjecaja rijeke Jadro akvatorij Vranjičkog bazena je vertikalno stratificiran i zimi. Zbog relativno male dubine, te intenzivne dinamike povezane su s jakim i olujnim vjetrom srednji godišnji hod na površini i u pridnom sloju uglavnom je paralelan.



Slika 2.4.19. Promjene temperature i saliniteta u području Kaštelanskog zaljeva. Postaja OC6 (A) i OC7 (B) u površinskom (-) i pridonemom sloju (-). Razdoblje 1998-2010.

Termohaline osobine estuarija rijeke Krke pod znatnim su utjecajem atmosfere i tijekom godine halina i termička raslojenost prisutna je gotovo u čitavom akvatoriju. Dubina halo i termokline promjenjiva je u ovisnosti o dobu godine te vjetrovima koji mogu znatno izmiješati vodeni stupac. Temperaturne razlike također su znatne, tako se npr. temperature u Skradinskom buku kreću od minimalnih dnevnih koje mogu biti ispod 3°C do maksimalnih 24°C. U estuariju se tijekom ljeta javlja podpovršinski maksimum temperature vrlo visokih vrijednosti. U ovisnosti o utjecaju morske vode salinitet ovoga područja znatno varira.





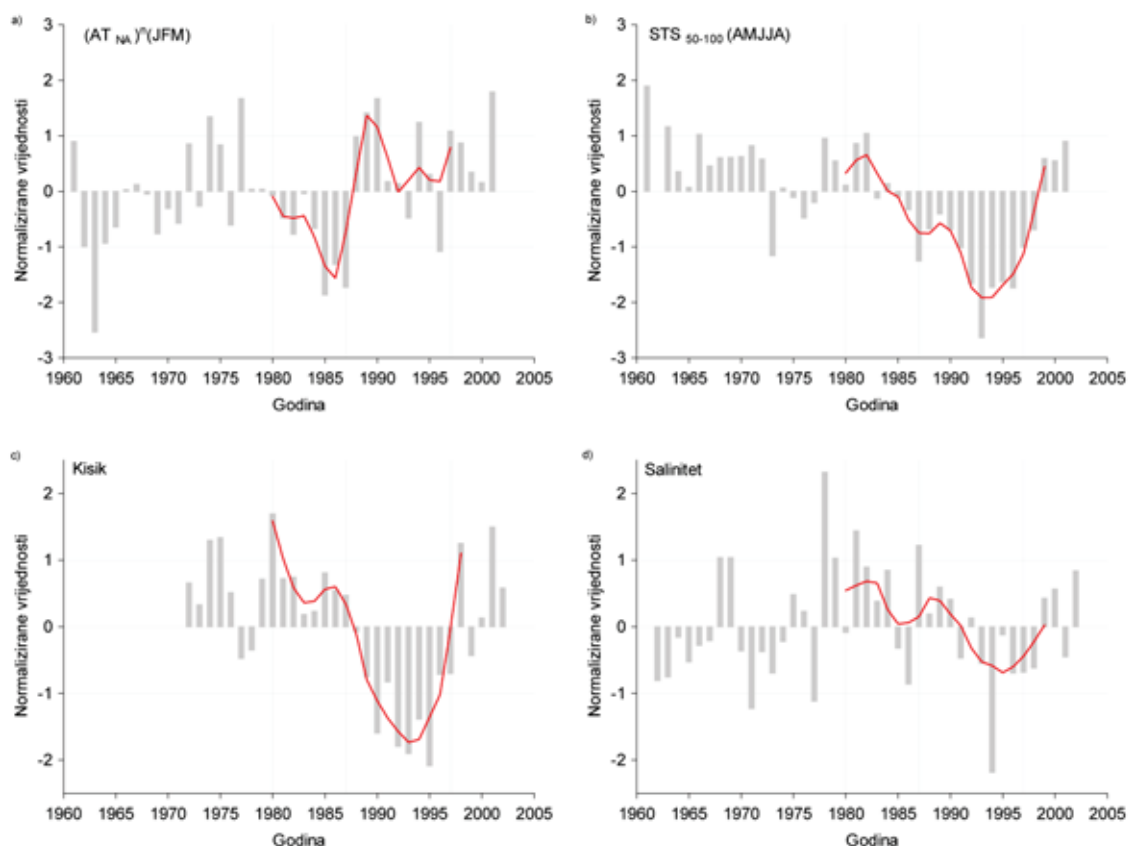
Slika 2.4.20. Promjene temperature i saliniteta u području estuarija rijeke Krke, postaja OC9 (A) i u području Zadra, postaja OC12 (B) u površinskom (-) i pridnom sloju (-). Razdoblje 1998-2010.

Višegodišnje promjene temperature i saliniteta

Još jedna vrlo važna osobina Jadrana je njegova izrazita višegodišnja promjenjivost. Termohaline se osobine u moru mijenjaju kombiniranim djelovanjem izmjene topline i soli horizontalnim i vertikalnim procesima, i povezane su s regionalnim i hemisfernim atmosferskim procesima. Promjene tih svojstava mora ukazuju na djelovanje klimatskih promjena i skokova koje mijenjanjem preduvjeta za stvaranje NAdDW, LIW te drugih vodenih masa značajnih za Jadran mijenjaju cirkulaciju u moru, i lokalne termohaline osobine. Promatrajući promjene u dekadi 1998-2007. koja se obzirom na temperaturu zraka i oborinu svrstava u izrazito toplo i sušno razdoblje nad Jadranom, moguće je uočiti kako kontinuirane tako i ekstremne promjene temperature mora i saliniteta. Promatrajući srednje godišnje promjene topline i soli u moru u otvorenim vodama srednjeg Jadrana ova se dekada može označiti relativno toplijom u odnosu na predhodno razdoblje, no treba razlučiti sezonsku promjenjivost. U dubljim slojevima na postaji Stončica-OC5a uočava se kako se nakon promjene režima strujanja kao posljedice promjene sistema vjetrova nad



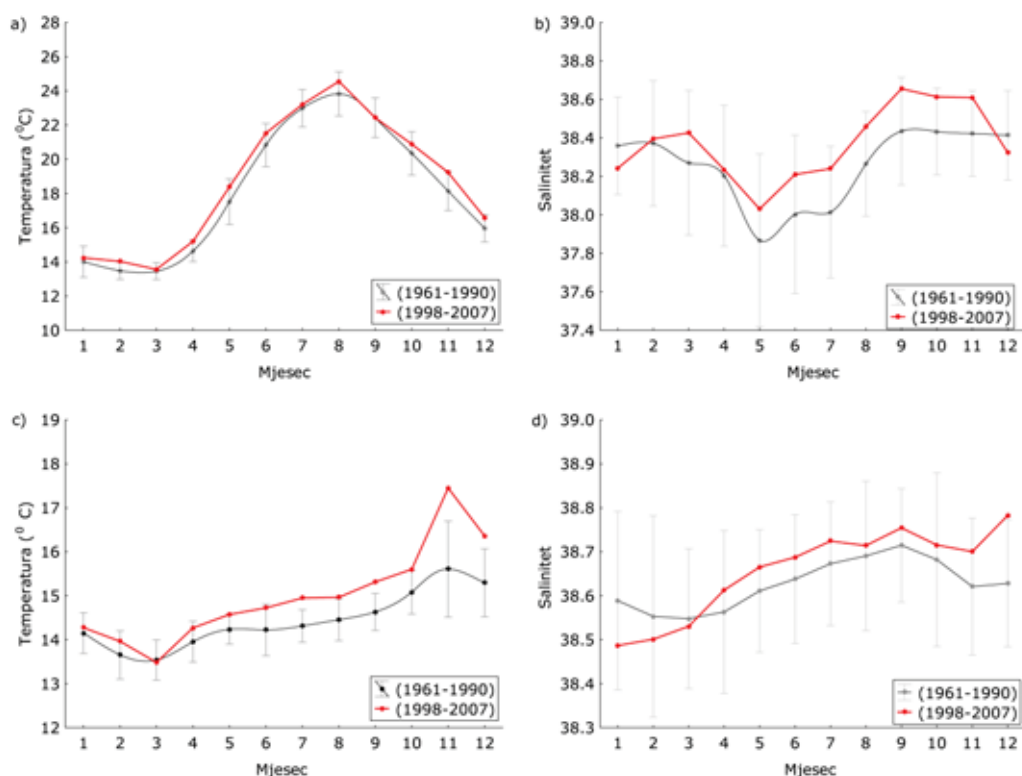
Mediterranom i sjevernom hemisferom (1980-1997) te pod djelovanjem nekoliko vrlo hladnih zima, Jadran vratio u stanje prije 1980. To je posebno uočljivo u dubljim slojevima (75-100 m) u toplom dijelu godine koje je inače posljedica uvjeta prethodne zime, znači nekoliko mjeseci ranije. Temperatura i salinitet ovoga sloja tijekom 1998.-2007. osciliraju oko nešto većeg srednjaka, no s izrazitim ekstremnim godinama, posebno 2003. koja se smatra godinom s izrazito hladnim zimama i vrućim ljetom. Suprotno tome, godina 2007. bila je sve do polovine godine izrazito topla, s relativno uobičajenim vrijednostima oborine, te je na termohalinoj slici uočljivo pozitivno odstupanje zimske temperature kao i istovremeno niže vrijednosti (zbog blage zime) u toplom dijelu godine u dubljim slojevima. Važno je istaći kako povezanost s atmosferom i klimatskim promjenama/skokovima možemo pratiti na promjenama topline i sadržaja soli u površinskom sloju zimi u sjevernom Jadranu te u dubljim slojevima na Palagruškom pragu tijekom toplog dijela godine. Izdvajajući tu promjenjivost u Jadranu je moguće uočiti povezanost lokalnih termohalinih osobina s regionalnim i hemisfernim atmosferskim procesima (slika 2.4.21.) (Grbec, et al., 2009). Superponirani efekti hladnih zima i EMT (Eastern Mediterranean Transient) (Klein, et al., 1999) koja je spriječila ulaz LIW u Jadran razlogom su znatnog pada temperature mora u analiziranom u periodu 1987-1997. Godine 1998. započinje u Jadranu novi režim. Temperatura i salinitet u tom razdoblju signifikantno su veći u cijelom vodenom stupcu u odnosu na razdoblje 1961-1990 (slika 2.4.22.) kao posljedica kontinuirane promjene klime i naglih promjena režima strujanja u Jadranu izazvanih ekstremnim atmosferskim zimskim situacijama u njegovom sjevernom dijelu.



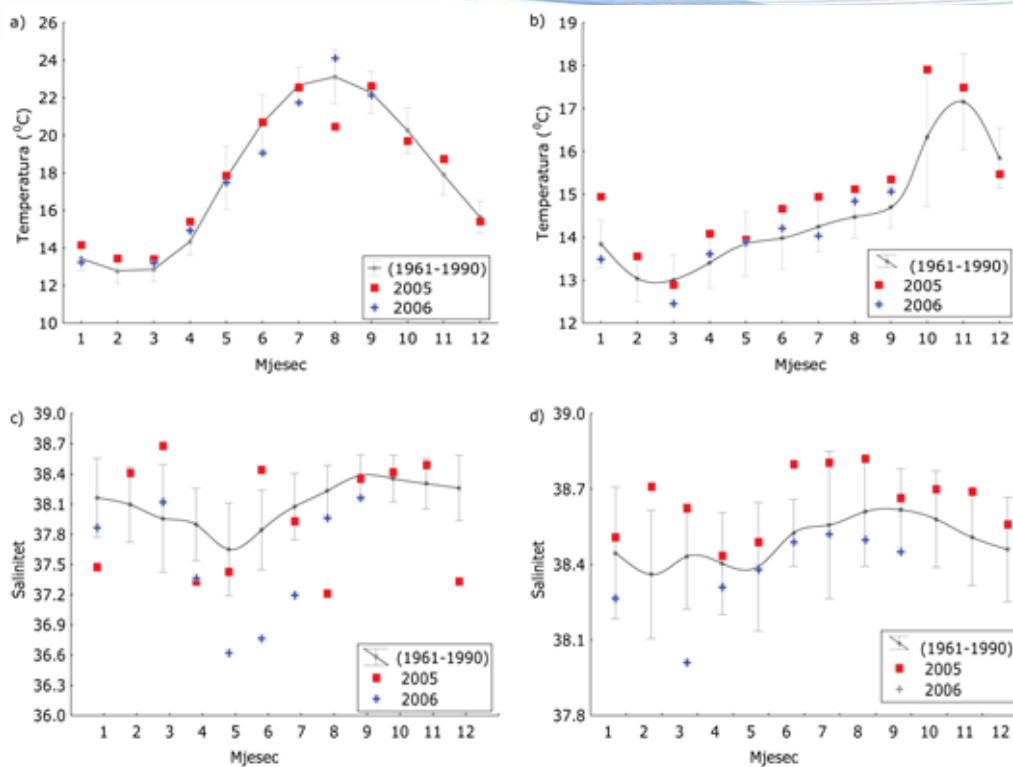
Slika 2.4.21. Promjene temperature zraka zimi u sjevernom Jadranu (a) i promjene temperature (b), kisika (c) i saliniteta (d) u sloju (50-100m) srednjeg Jadrana (postaja OC5a) u toplom dijelu godine (travanj-kolovoz) (prema: Grbec et al., 2009).



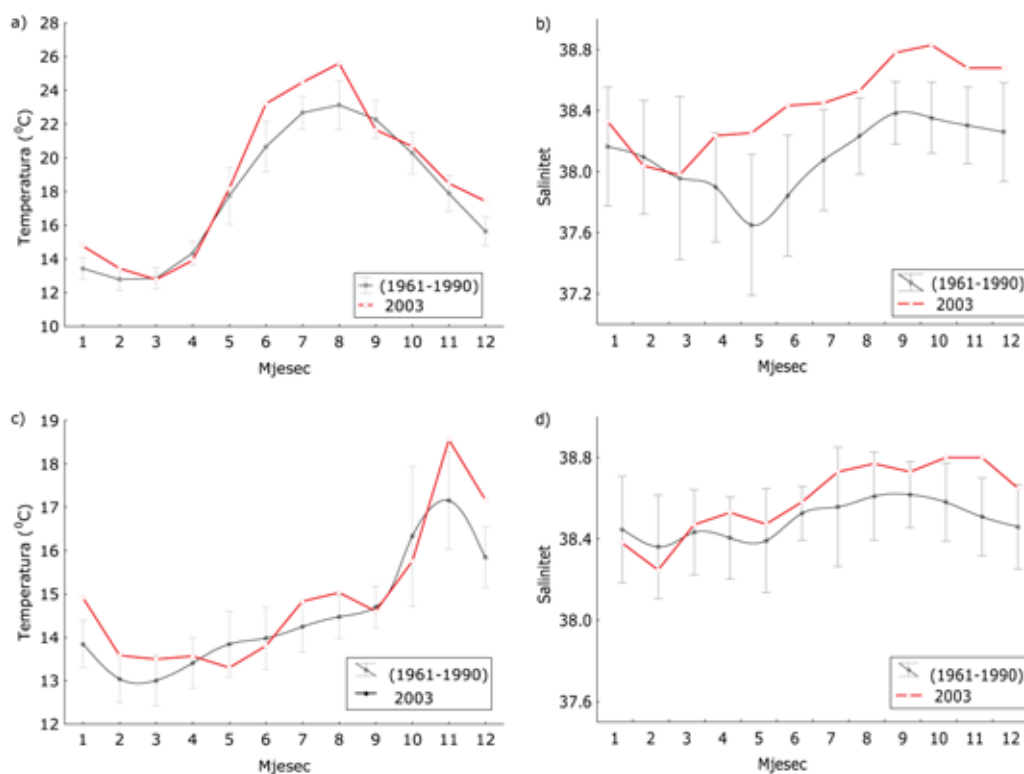
U periodu 1998-2007 izdvojene su godine, 2003, 2006 i 2007. koje meteorološki te u odnosu na termohalinu cirkulaciju prikazuju različite ekstremne situacije u Jadranu. Već dobro dokumentirana ekstremna zimska i ljetna situacija 2003. godine (Dorman, et. al, 2007; Orlić, et al., 2007; Grbec, et al., 2007) opisuje ona stanja u Jadranu koja se mogu povezati sa izrazito hladnim i suhim zimama, te ekstremno toplim i suhim ljetom. Nasuprot tome je primjerice ekstremna 2006. koja je bila ekstremna u količini oborine, što se jasno odrazilo na vrijednosti površinskog saliniteta. Na srednjem godišnjem godišnjem hodu temperature mora i saliniteta površinskog i pridnenog sloja (1961-1990) na postaji OC5 (Splitska vrata) moguće je uočiti razlike za pojedine godine.



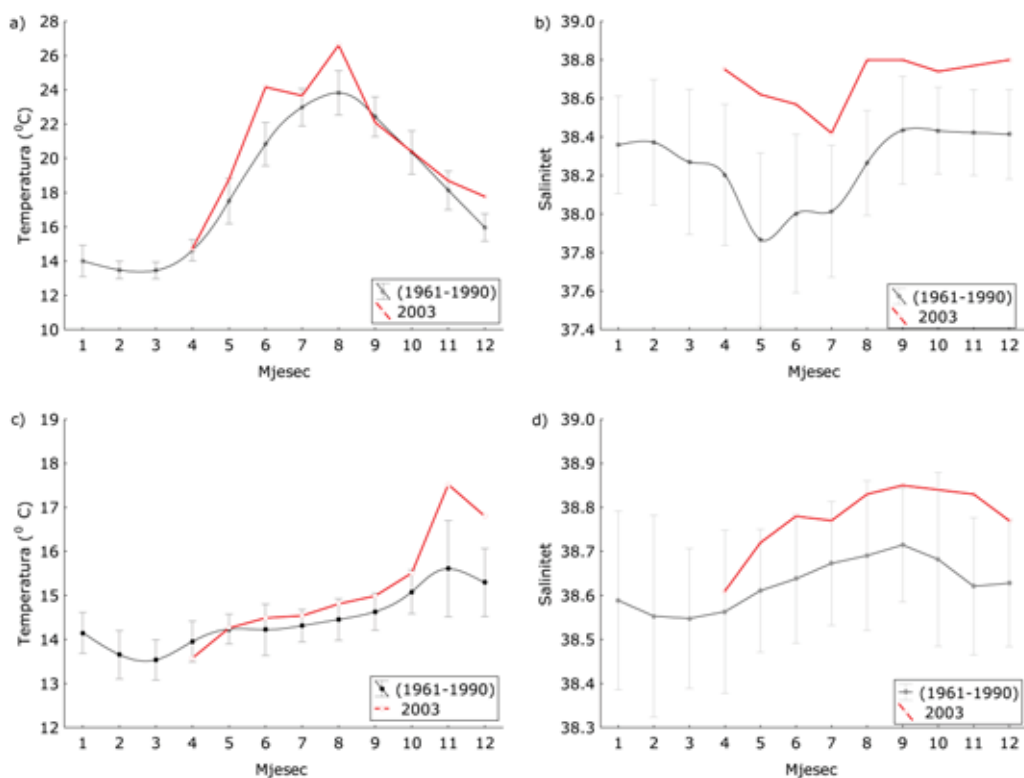
Slika 2.4.22. Sezonski hod temperature i saliniteta u površinskom (0-10m) sloju (a i b) i pridnenom (50-100m) sloju (c i d) na postaji Stončica-OC5a za razdoblje 1961-1990 i 1998-2007.



Slika 2.4.23. Sezonski hod temperature i saliniteta u površinskom (a i c) i pridnenom (b i d) sloju na postaji OC5 (Splitska vrata) za razdoblje 1961-1990 i godine 2005. i 2006. godinu.

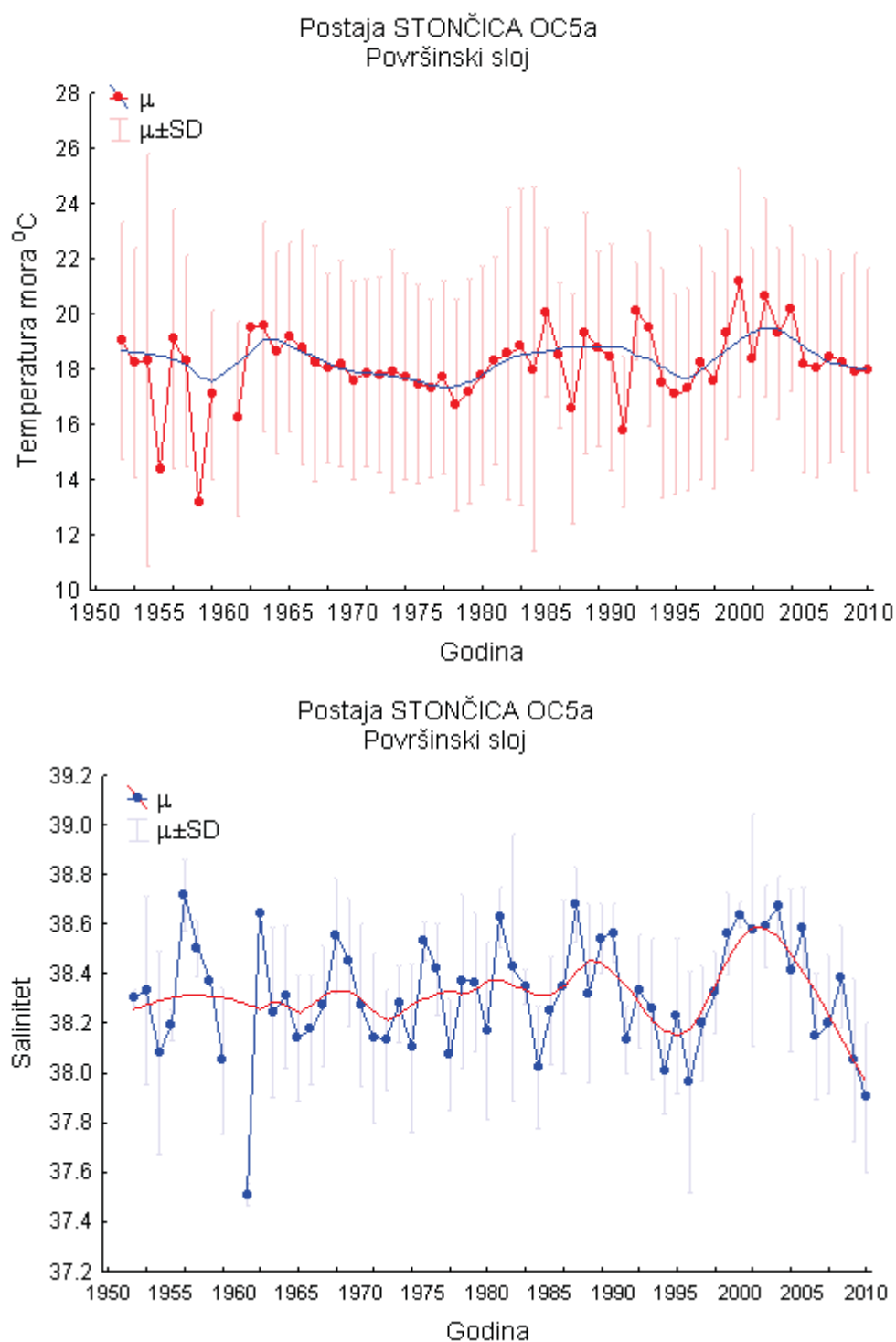


Slika 2.4.24. Odstupanje temperature i saliniteta u površinskom (a i b) i pridnenom (c i d) sloju tijekom ekstremne 2003. godine od višegodišnjeg prosjeka za postaju Pelegrin-OC5b.



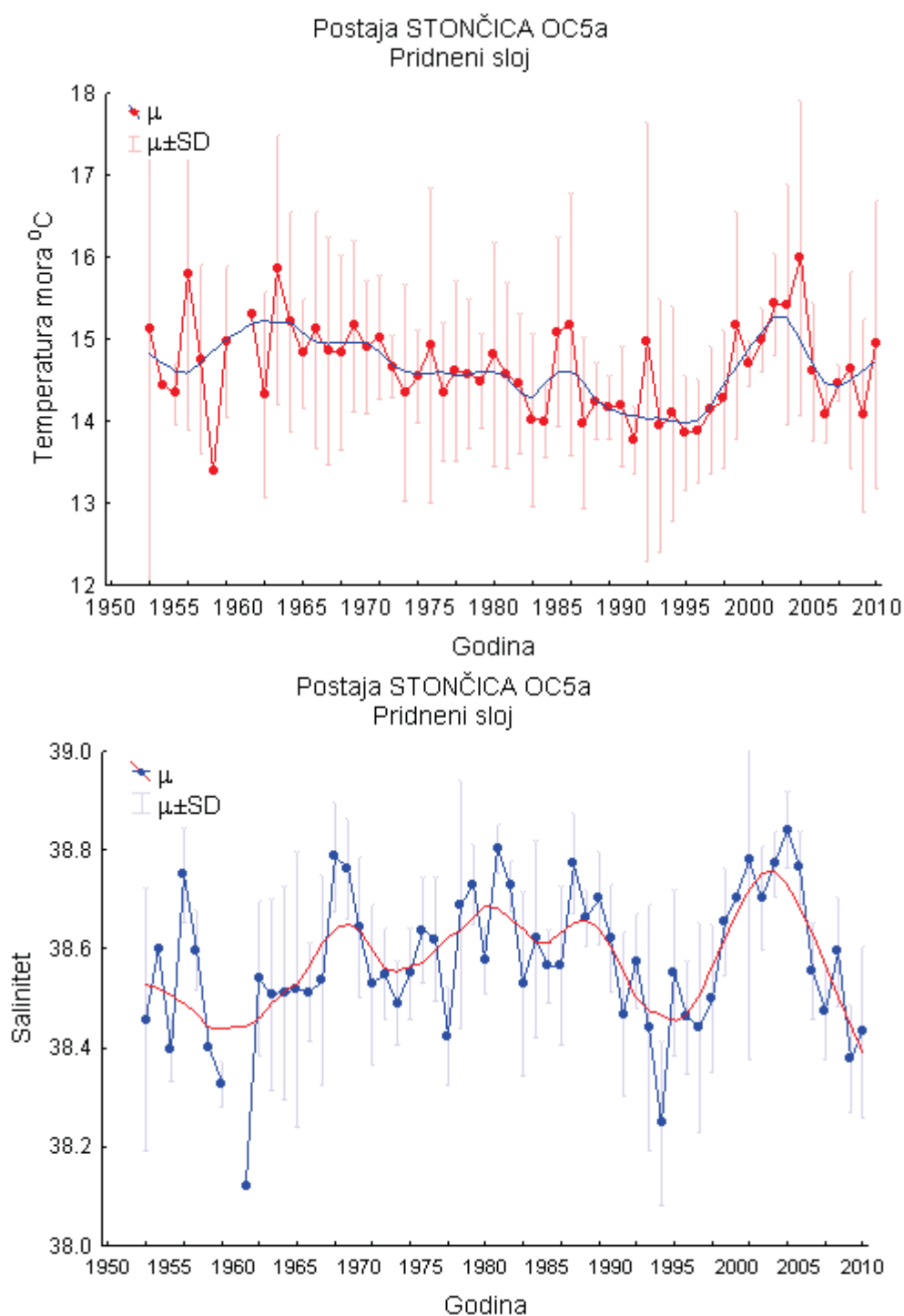
Slika 2.4.25. Odstupanje temperature i saliniteta u površinskom (a i b) i pridnenom (c i d) sloju tijekom ekstremne 2003. godine od višegodišnjeg prosjeka za postaju Stončica-OC5a

Trend temperature mora i saliniteta površinskog (slika 2.4.26.) i pridnenog sloja (slika 2.4.27.) nije linearan već su za Jadran karakteristične nelinearne oscilacije, atmosferski uzrokovane, koje mogu trajati nekoliko godina, pa čak i desetljeća.



Slika 2.4.26. Višegodišnje promjene temperature mora i saliniteta površinskog sloja (postaja Stončica-OC5a)





Slika 2.4.27. Višegodišnje promjene temperature mora i saliniteta pridnenog sloja (postaja Stončica-OC5a)



Zaključak

Jadran je specifičan bazen. U njegovom sjevernom dijelu u zimama intenzivnog ohlađivanja i učestalih epizoda bure formira se sjevernojadranska voda koja je odgovorna za opću cirkulaciju Jadrana. Za vrijeme ekstremnih vremenskih situacija, npr. za vrijeme jakih epizoda bure gubitak topline s površine mora je izrazit. Ovaj proces u graničnom sloju uzrokuje dvije, za termohalinu cirkulaciju (THC) vrlo bitne stvari: 1) hlađenje površinskog sloja mora jer se procesom isparavanja gubi toplina; 2) postupni porast saliniteta površinskog sloja mora jer procesom isparavanja površinski sloj mora gubi vlagu. Ovo su preduvjeti stvaranja guste vode, čije je formiranje u Jadranu povezano s njegovom mezoskalnom dinamikom na vremenskim skalama od sinoptičke, sezonske, interdekadne i klimatske. U ovisnosti o zimskim uvjetima nad Jadranom njegova termohalina cirkulacija može biti dvojaka: u godinama toplijih zima izmjena vode sa Sredozemljem je slabija (neingresione godine), dok je u razdobljima hladnih zima izmjena intenzivnija čime se povećava temperatura i salinitet intermedijalnih voda srednjeg Jadrana (ingresione godine). Međugodišnja varijabilnost temperature i saliniteta atmosferski je kontrolirana prisustvom veće ili manje količine Levantinske vode. Promjene u polju tlaka zraka nad Sjevernim Atlantikom, Europom i Mediteranom određuje mezoskalnu aktivnost te utječe na količinu intermedijalne vode u tom području. Ovo dovodi do različitog stupnja izmjene između Jadrana i istočnog Mediterana. Jadran je toplo more s izraženim godišnjim hodom površinske temperature mora. Prosječna godišnja temperatura iznosi 11°C. Zimi se temperature kreću od 7°C na sjeveru do 16°C na jugu (Otrantska vrata). U proljeće more postaje sve toplije, pa površinska temperatura raste do 18°C. Ljeti temperature mora dosežu visoke iznose, čak 22-25°C, a u godinama izrazito zagrijane atmosfere i do 27°C. Krajem ljeta i početkom jeseni počinje hlađenje površinskog sloja mora, temperature se kreću od 10 do 21°C. U obalnim, dobro razvedenim vodama istočnog Jadrana termohaline osobine mora pod znatnim su utjecajem slatkovodnih dotoka s kopna, malih su dubina te stoga pod značajnim utjecajem atmosfere. Općenito vrijednosti temperature i saliniteta u obalnim vodama znatno su varijabilnije nego u vodama otvorenog mora. U estuarijima, područjima permanentne halokline površinski sloj mora posebno se izdvaja kao sloj izrazite promjenjivosti temperature mora i saliniteta.



2.5. Prostorna i vremenska raspodjela pH vrijednosti, otopljenog kisika, hranjivih tvari i organske tvari u vodenom stupcu

2.5.1. pH vrijednost morske vode

pH vrijednost morske vode je u blago lužnatom području zbog suviška otopljenih aniona, kojeg čine uglavnom bikarbonatni i karbonatni ioni. Najveći utjecaj na pH u moru imaju procesi proizvodnje i razgradnje organske tvari prilikom kojih se u morskom ekosustavu CO₂ uklanja (fotosinteza) ili proizvodi (respiracija). Uobičajena pH vrijednost za istočnu obalu Jadrana iznosi $8,2 \pm 0,1$, dok utjecaj fotosinteze na pomak pH vrijednosti morske vode iznosi do 0,2 pH jedinica prema lužnatom području, a intenzivna razgradnja organske tvari pH pridnenog sloja može smanjiti i ispod vrijednosti od pH = 8. Osim navedenih prirodnih procesa na pH mogu utjecati i dotoci otpadnih i industrijskih voda, kao i slatkovodni dotoci, ali im je djelovanje zbog puferskog karbonatnog sustava morske vode ipak lokalno ograničeno.

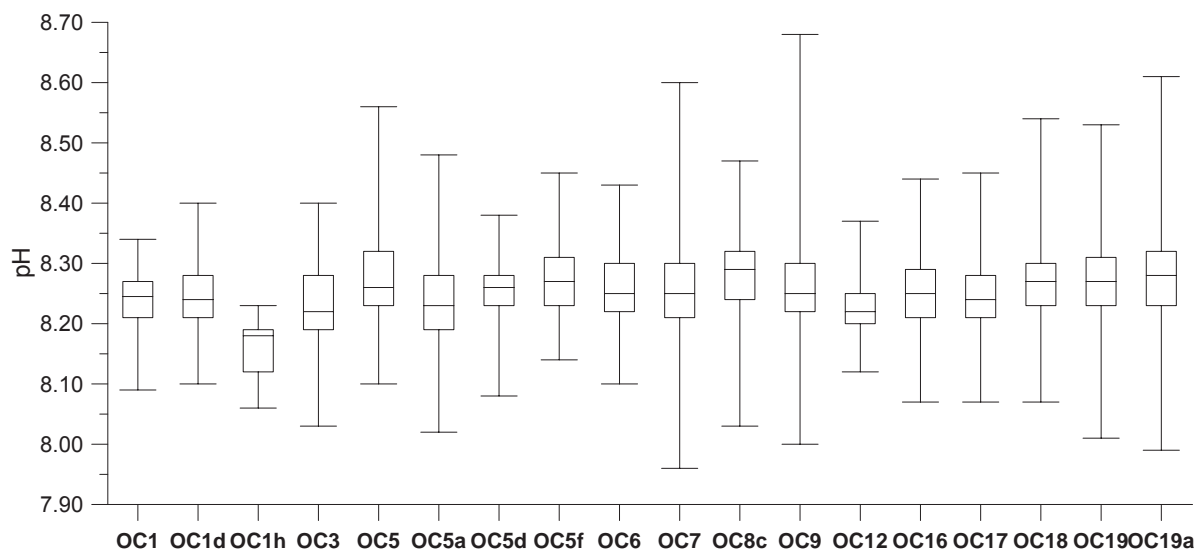
Prostorna i vremenska raspodjela pH vrijednosti morske vode, kao i ostalih parametara mjerenih u vodenom stupcu, će biti prikazana za istraživane postaje OC1 - OC19a smještene duž obale Hrvatske i u području otvorenog mora južnog, srednjeg i sjevernog Jadrana za razdoblje od 1994. do 2010. godine (Tablica 2.5.1.1).

Tablica 2.5.1.1. Popis istraživanih postaja sa lokacijama, dubinama i područjem (Sl. 1.1. i 1.2.)

POSTAJA	LOKACIJA	DUBINA (m)	PODRUČJE
OC1	Dubrovnik	100	Priobalno otvoreno more južnog Jadrana
OC1d	Slano	40	Priobalno more južnog Jadrana
OC1h	Južno-jadranska kotlina	1180	Otvoreno more južnog Jadrana
OC3	Luka Ploče	35	Priobalno more južnog Jadrana
OC5	Splitska vrata	50	Priobalno more srednjeg Jadrana
OC5a	Stončica, otok Vis	100	Otvoreno more srednjeg Jadrana
OC5d	Otok Palagruže	170	Otvoreno more srednjeg Jadrana
OC5f	Monte Gargano	110	Otvoreno more srednjeg Jadrana
OC6	Kaštelanski zaljev	37	Priobalno more srednjeg Jadrana
OC7	Vranjic-Kaštelanski zaljev	18	Priobalno more srednjeg Jadrana
OC8c	Jabučka kotlina	260	Otvoreno more srednjeg Jadrana
OC9	Šibenska luka	35	Priobalno more srednjeg Jadrana
OC12	Zadar	30	Priobalno more srednjeg Jadrana
OC16	Rijeka	65	Priobalno more sjevernog Jadrana
OC17	Istočna obala Istre	50	Priobalno more sjevernog Jadrana
OC18	Zapadna obala Istre	30	Priobalno more sjevernog Jadrana
OC19	Sjeverni Jadran	32	Otvoreno more sjevernog Jadrana
OC19a	Sjeverni Jadran	37	Otvoreno more sjevernog Jadrana



Na slici 2.5.1.1.su box-whisker prikazi pH vrijednosti u vodenom stupcu istraživanih postaja u razdoblju dugogodišnjih mjerenja od 1994. do 2010. godine.



Slika 2.5.1.1. Box-whisker prikazi pH vrijednosti u vodenom stupcu istraženih postaja za razdoblje 1994-2010 godine (donja crta - minimalna vrijednost, pravokutnik – područje 25-tog do 75-tog percentila, gornja crta - maksimalna vrijednost, središnja crta - medijan).

Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Medijani pH vrijednosti nalaze se u rasponu od 8,18 (postaja OC1h u Južno-jadranskoj kotlini) do 8,29 (postaja OC5 u Splitskim vratima). Raspršenje 50% svih podataka je ujednačeno za većinu postaja, (osim za postaju OC1h duboku 1180m) gdje je većina pH vrijednosti niža od medijana). Apsolutni raspon pH vrijednosti u vodenom stupcu svih postaja bio je od 7,96 do 8,65, izmjerenih na postajama OC7 i OC9 u obalnom području pod antropogenim utjecajem (Vranjic i Šibenska luka). Osim na ovim postajama, relativno veliki raspon ustanovljen je i na postaji OC19a u području otvorenog mora sjevernog Jadrana.

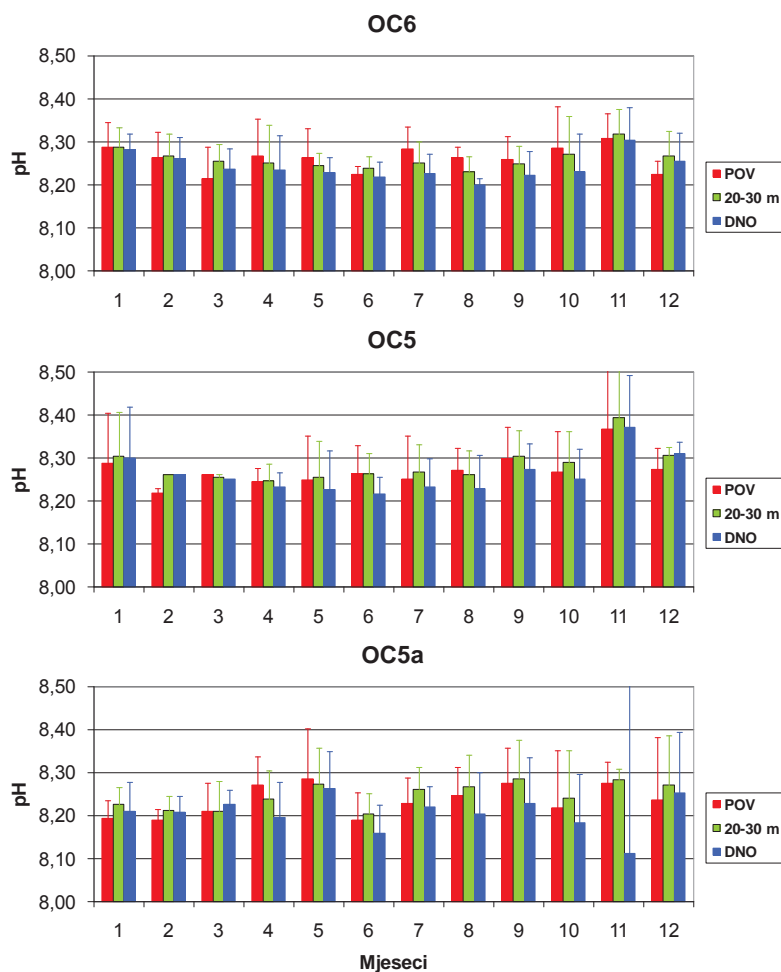
U svrhu bolje interpretacije mjesečnih promjena pH vrijednosti u vodenom stupcu Jadrana odabrano je šest postaja (Slika 2.5.1.2.). Tri su postaje u priobalnom, kanalskom i području otvorenog mora srednjeg Jadrana (postaja OC6 u Kaštelanskom zaljevu, postaja OC5 u području Splitskih vrata te postaja OC5a kod otoka Visa), i tri postaje u sjevernom Jadranu na profilu Rovinj – Delta rijeke Po (OC18 postaja ispred Rovinja, OC19 postaja 5 NM ispred Rovinja i OC19a smještena u području otvorenog mora sjevernog Jadrana).





Slika 2.5.1.2. Smještaj postaja dugogodišnjih istraživanja u području srednjeg i sjevernog Jadrana odabranih u svrhu bolje interpretacije mjesečnih promjena parametara mjerenih u vodenom stupcu

Na slikama 2.5.1.3. i 2.5.1.4. su bar-grafovima prikazane srednje mjesečne vrijednosti ± 1 standardna devijacija (vertikalne crte) za tri karakteristična sloja vodenog stupca; površinski, srednji (20-30m) i pridnjeni sloj. Za područje srednjeg Jadrana (Slika 2.5.1.3.) je uočljivo da su srednje mjesečne vrijednosti općenito više u priobalnom području (postaje OC6 i OC5 u Kaštelanskom zaljevu i Splitskim vratima) u odnosu na područje otvorenog mora (OC5a). U sjevernom se Jadranu, međutim, pH vrijednosti povećavaju od priobalja prema otvorenom moru. Razlog tome je pojava trofičkog gradijenta uslijed unosa hranjivih soli rijekom Po (Izviješća projekta Jadran, 1998-2005) za razliku od srednjeg Jadrana gdje se gradijent javlja od otvorenog mora prema priobalju (Krstulović i sur., 1997; Marasović i sur., 2005).

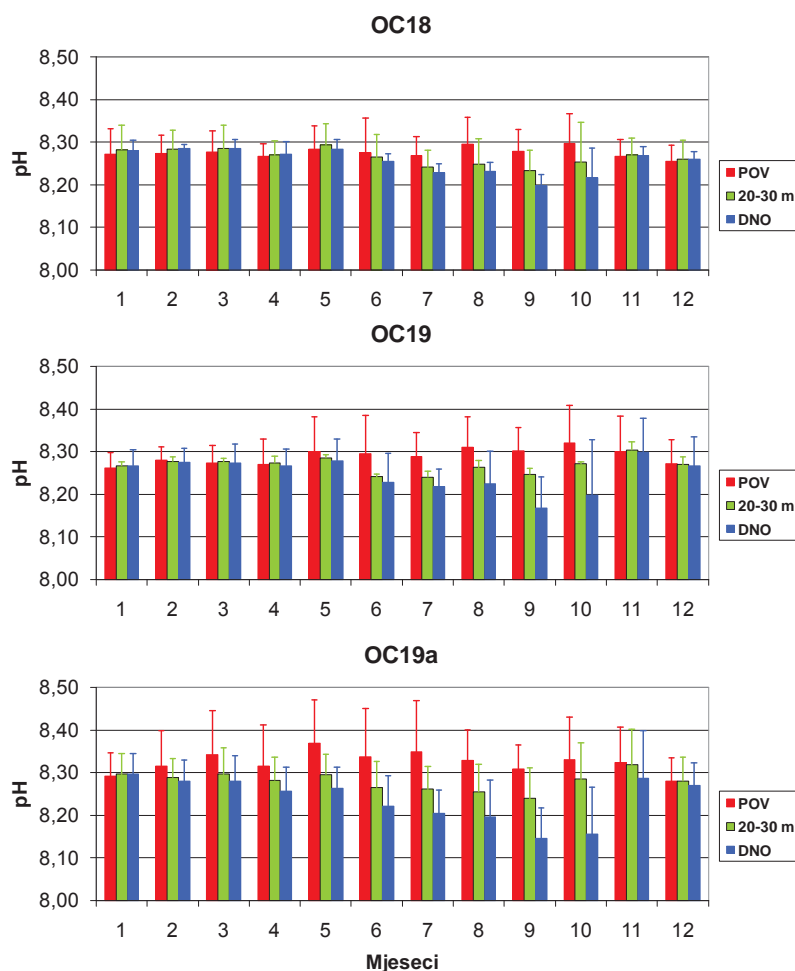


Slika 2.5.1.3. Srednje mjesečne pH vrijednosti (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20-30m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC6, OC5 i OC5a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine.

Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Vertikalna je raspodjela pH vrijednosti u vodenom stupcu na svim istraženim postajama tijekom toplog dijela godine (kad su procesi heterotrofne razgradnje sedimentirane organske tvari najintenzivnije) obilježena pojavom negativnog gradijenta prema morskom dnu dok su razlike u ostalom dijelu godine manje izražene.



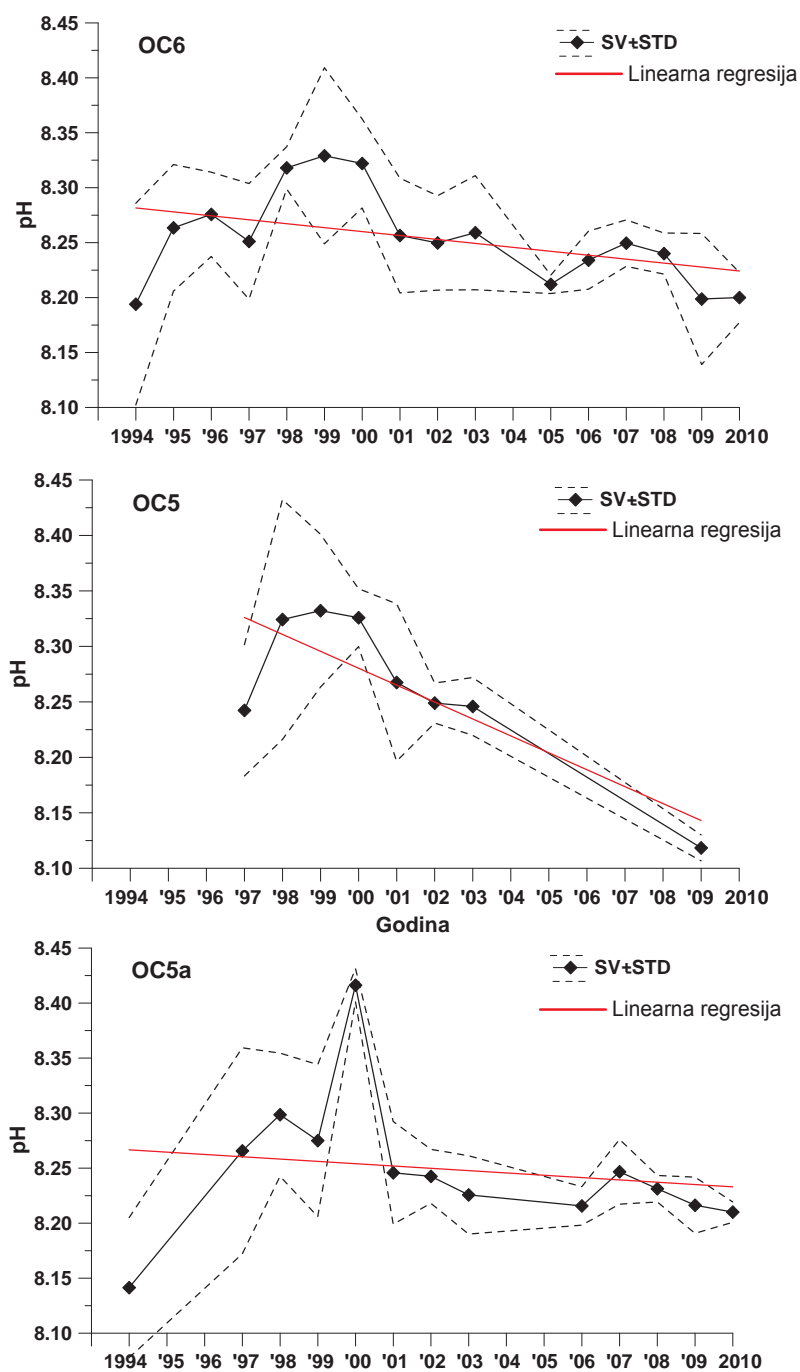


Slika 2.5.1.4. Srednje mjesečne pH vrijednosti (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC18, OC19 i OC19a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine.

Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

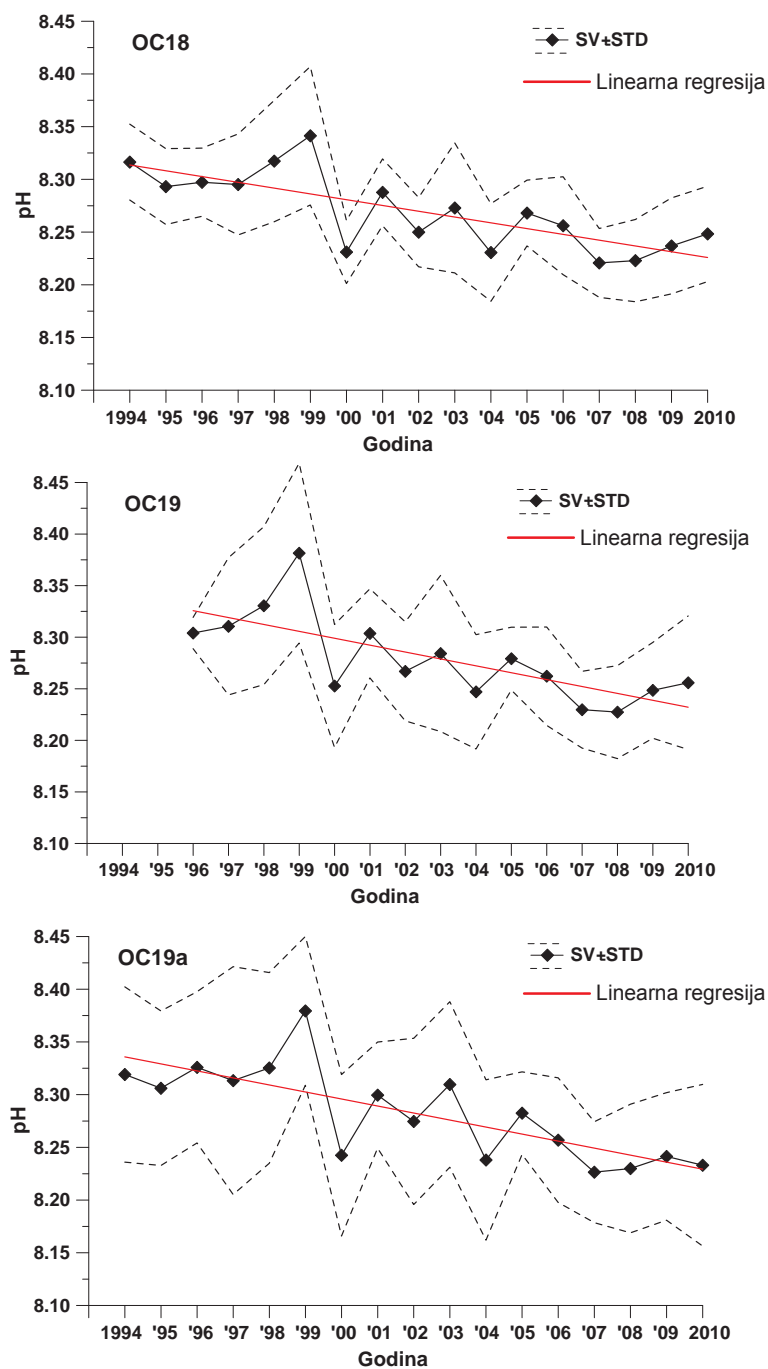
Analiza višegodišnjih srednjih vrijednosti (linearna regresija) pokazuje kod svih istraženih postaja za razdoblje od 1994. do 2010. godine (Slike 2.5.1.5. i 2.5.1.6.) trend smanjenja pH vrijednosti, ali i dva različita režima tijekom promatranog razdoblja; porast pH vrijednosti do 1999. godine za područje sjevernog Jadrana, odnosno do 2000. godine za područje srednjeg Jadrana kao i naglo smanjenje od 2000. odnosno 2001. godine. Za područje srednjeg Jadrana ovaj fenomen je prema Grbec i sur. (2009) rezultat promjena u primarnoj proizvodnji koje su povezane sa regionalnim klimatskim varijacijama kao okidačem promjena u ekosustavu.





Slika 2.5.1.5. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($SV \pm STD$) pH morske vode u čitavom vodenom stupcu postaja OC6, OC5 i OC5a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj





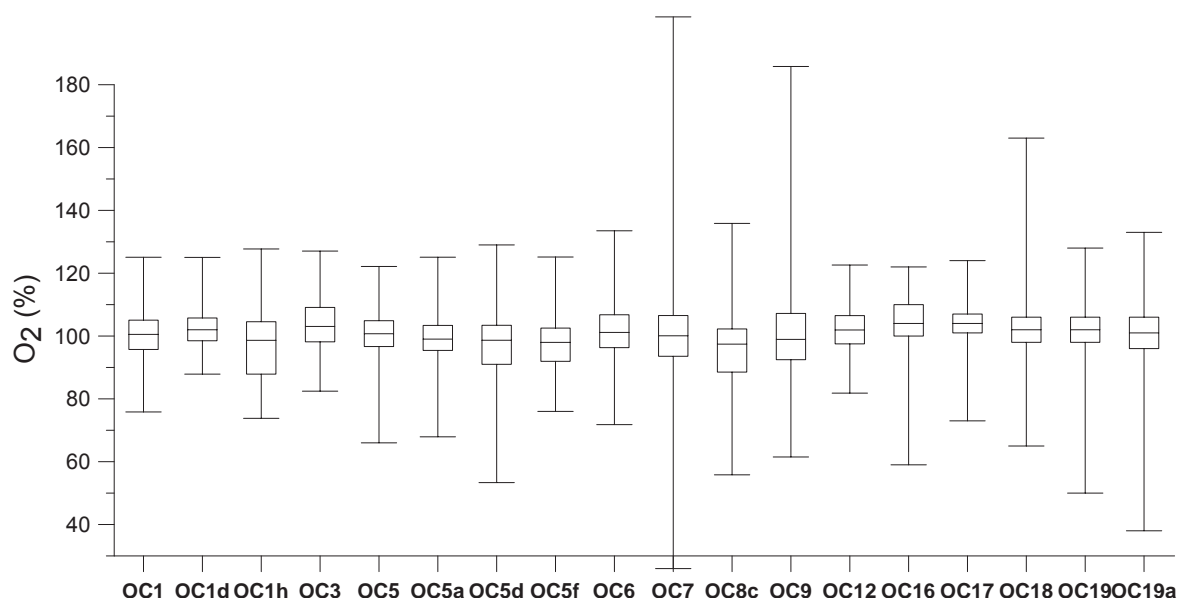
Slika 2.5.1.6. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($SV \pm STD$) pH morske vode u čitavom vodenom stupcu postaja OC18, OC19 i OC19a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj



2.5.2. Sadržaj otopljenog kisika u vodenom stupcu

Kisik se poput ostalih atmosferskih plinova otapa u prirodnim vodama prema Henry-evom zakonu, a u stanju ravnoteže njegova koncentracija je proporcionalna parcijalnom tlaku u atmosferi. Topljivost kisika je osim o tlaku ovisna i o temperaturi (T), i salinitetu (S), pa se, uključujući ovisnost o tim parametrima, može izraziti kao postotak zasićenja ($O_2\%$) pri čemu ravnotežnom stanju odgovara zasićenje od 100% (Grasshoff, 1976). Kako se u moru odvijaju različiti kemijski i biološki procesi koji neprestano narušavaju ravnotežno stanje kisika, uobičajena je pojava prezasićenja ($>100\%$) ili podzasićenja ($<100\%$). Glavni procesi koji narušavaju uspostavu ravnotežnog stanja kisika su primarna proizvodnja organske tvari (proces fotosinteze) pri čemu se sadržaj kisika povećava te respiracija kao i heterotrofna razgradnja (oksidacija) odumrle organske tvari pri kojima dolazi do smanjenja sadržaja kisika. Kisik je stoga najosjetljiviji pokazatelj intenziteta bio-kemijskih procesa i, uz T i S, najčešće određivan kemijski parametar.

Na slici 2.5.2.1. su box-whisker prikazi zasićenja kisikom u vodenom stupcu istraživanih postaja OC1-OC19a za razdoblje od 1994. do 2010. godine.



Slika 2.5.2.1. Box-whisker prikazi zasićenja kisikom u vodenom stupcu istraženih postaja za razdoblje 1994-2010 godine (donja crta - minimalna vrijednost, područje pravokutnika - 25-ti do 75-ti percentil, gornja crta - maksimalna vrijednost, središnja crta - medijan).
Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

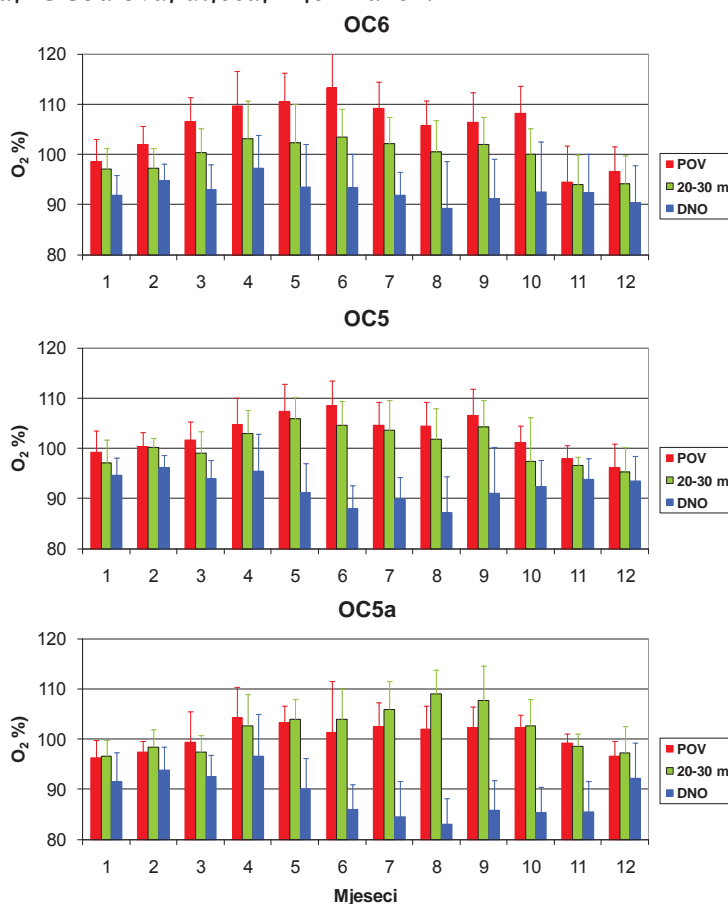
Prema statističkim parametrima prikazanim na slici 2.5.2.1. medijani su bili u rasponu od 97,4 do 104%, pri čemu su medijani viši od ravnotežnog zasićenja ($>100\%$) ustanovljeni na postajama u obalnom području južnog i srednjeg Jadrana (OC1, OC1d, OC3, OC5, OC6, OC7, OC12) te na svim postajama sjevernog Jadrana (OC16-19a), što ukazuje na prevladavajući utjecaj procesa fotosinteze na bilancu kisika u vodenom stupcu navedenih postaja. Medijani zasićenja kisikom $<100\%$ (prevladavajuća respiracija) su ustanovljeni uglavnom u vodenom stupcu postaja otvorenog mora (OC1h, OC5a, OC5d, OC5f i OC8c), na kojima je zbog veće dubine otežana nadoknada kisika, ali i na relativno plitkoj priobalnoj postaji OC9 u Šibenskom zaljevu ($z = 38$ m) gdje prevladavaju procesi razgradnje organske tvari nad procesom fotosinteze. Raspršenje između 25. i 75. percentila (50%) svih podataka o zasićenju vodenog stupca kisikom je bilo ujednačeno za većinu postaja, osim za najdublje postaje otvorenog mora (postaja OC1h u južno-jadranskoj kotlini



i postaja OC8c u Jabučkoj kotlini), gdje je ovakva raspodjela zbog otežanog prozračivanja dubljih slojeva bila očekivana. Manja odstupanja u raspršenju podataka oko medijana su vidljiva i na priobalnoj postaji OC9 u Šibenskom zaljevu. Ustanovljena je raspodjela podataka očekivana jer na ovaj statistički element znatan utjecaj ima dubina postaja (pliće postaje imaju relativno ujednačene vrijednosti zasićenja), i slatkovodni dotoci hranjivih soli (povećavaju primarnu proizvodnju i razinu otopljenog kisika).

Apsolutni raspon zasićenja morske vode kisikom u istraživanom razdoblju bio je od 25,9 do 201,6%, a ustanovljen je u vodenom stupcu postaje OC7 u Vranjičkom bazenu tijekom kolovoza 1997. godine. Na ovoj su postaji tijekom 1980-ih i 1990-ih godina kao posljedica unosa komunalnih i industrijskih otpadnih voda, male dubine i slabe cirkulacije vode bile učestale pojave crvenih cvatnji fitoplanktona „red tides“ (Marasović, 1989; Marasović et al. 1991) praćene hipoksičnim i anoksičnim uvjetima u pridnenom sloju te pomorom riba i sesilnih bentoskih organizama. Ekološko se stanje na ovoj postaji poboljšalo tek provedbom projekta „EKO-Kaštelanski zaljev“ kojim su otpadne vode preusmjerene u područje Bračkog kanala (Krstulović i sur., 2011). Relativno veliki raspon zasićenja uočljiv je i na postaji OC9 u Šibenskom zaljevu u kojem se zbog poluzatvorenog položaja i dotoka značajnih količina nitrata i ortosilikata rijekom Krkom te ortofosfata otpadnim i oborinskim voda sa područja grada Šibenika često manifestiraju pojave eutrofikacije (<http://jadrان.izor.hr/azo/pokazatelj.html?4K03>).

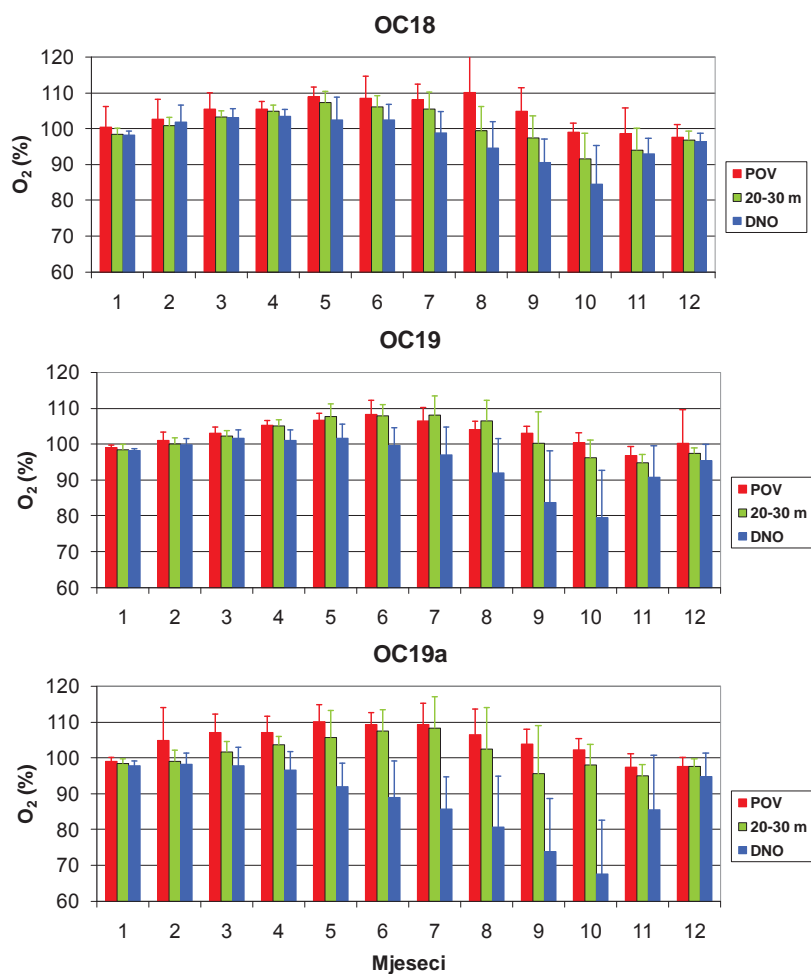
Iz prikaza srednjih mjesečnih vrijednosti zasićenja površinskog, srednjeg i pridnenog sloja kisikom (Slike 2.5.2.2. i 2.5.2.3.) uočljivo je da se na svim postajama maksimalno zasićenje javlja u površinskom sloju, osim na postaji OC5a u području otvorenog mora srednjeg Jadrana na kojoj se maksimum javlja na dubini od 20 do 30m. Razlog nešto intenzivnijem procesu fotosinteze u površinskom sloju većine postaja je u slatkovodnom dotoku hranjivih soli rijekama Jadro (OC6), Cetina (OC5) i Po (OC18, 19 i 19a), dok na postaji OC5a ovaj utjecaj nije izražen.



Slika 2.5.2.2. Srednje mjesečne vrijednosti zasićenja kisikom (bar-grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20-30m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC6, OC5 i OC5a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj



Prezasićenje površinskog i srednjeg sloja kisikom zabilježeno je u pravilu tijekom razdoblja od travnja do rujna dok je zasićenost tijekom ostalog dijela godine unutar ili ispod ravnotežne vrijednosti od 100%. Odstupanja od ovakve mjesečne raspodjele uočljiva su na postajama OC6 i OC19a gdje je površinski sloj zbog jačeg utjecaja slatkovodnih dotoka prezasićen već od veljače. Pridneni je sloj na svim postajama srednjeg Jadrana tijekom cijele godine okarakteriziran nedostatkom kisika, a apsolutni se minimum javlja u kolovozu. Slično stanje zabilježeno je i na postaji OC19a u sjevernom Jadranu dok je na postajama OC18 i OC19 (Slika 2.5.2.3.) pridneni sloj u razdoblju od veljače do lipnja prezasićen, odnosno blizu teoretskog zasićenja od 100%. Razlog dobre zasićenosti pridnenog sloja ovih postaja su relativno male dubine (29 i 32 m), na kojima je miješanjem omogućena učinkovita nadoknada potrošenog kisika.



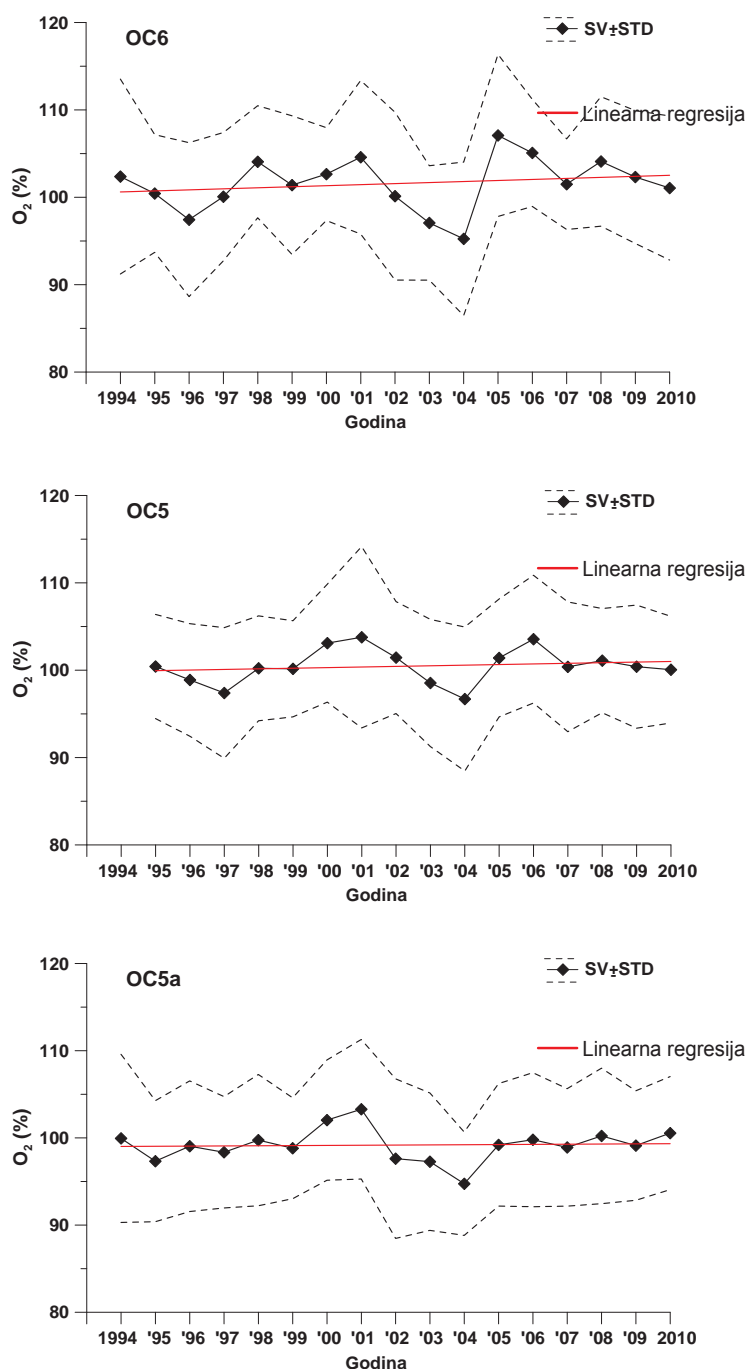
Slika 2.5.2.3. Srednje mjesečne vrijednosti zasićenja kisikom (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC18, OC19 i OC19a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Kako je niska koncentracija kisika u pridnenom sloju vodenog stupca indikator negativnih promjena nastalih zbog prekomjerne proizvodnje i/ili unosa organske tvari, učestalosti niskih koncentracija su uzete kao pokazatelj stanja morskog okoliša Jadrana (<http://jadran.izor.hr/azo/pokazatelj.html?4K06>). Prema podacima o niskim koncentracijama kisika (izražene kao ml l^{-1}) u razdoblju od 1998. do 2010. godine srednje



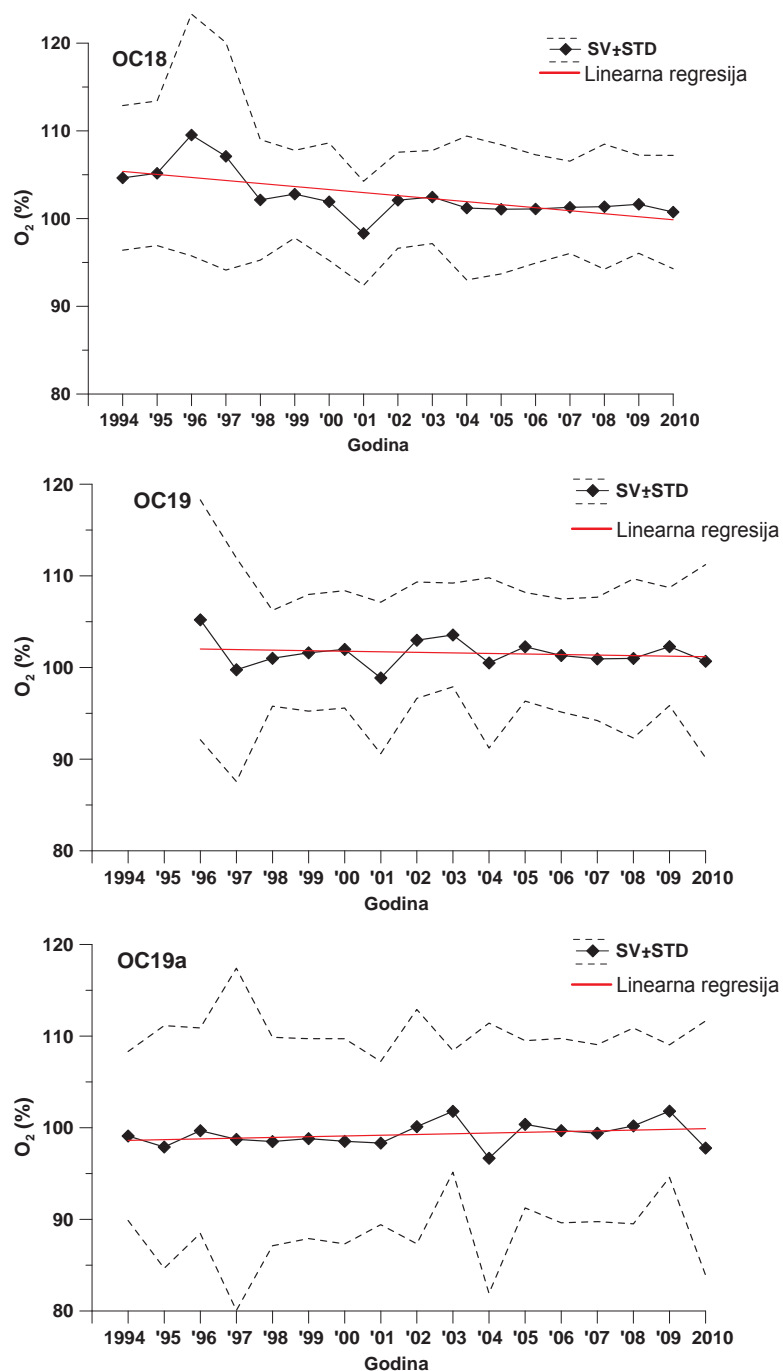
vrijednosti su bile u rasponu od 4,1 ml l⁻¹ (OC19b, postaja smještena ispred Rovinja tijekom 2010. godine) do 8,2 ml l⁻¹ (OC15, Bakarski zaljev tijekom 2009. godine) i nisu ustanovljene kritično niske vrijednosti (2-3 mg l⁻¹) koje bi mogle imati negativan utjecaj na život organizama u morskoj sredini.

Iz višegodišnjih srednjih vrijednosti zasićenja kisika (Slike 2.5.2.4. i 2.5.2.5.) uočljivo je da su u oba područja najmanje fluktuacije kisika zabilježene na postajama otvorenog mora (OC5a i OC19a) dok su promjene najizraženije u vodenom stupcu Kaštelanskog zaljeva (OC6).



Slika 2.5.2.4. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije (SV±STD) zasićenja kisikom u čitavom vodenom stupcu postaja OC6, OC5 i OC5a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj





Slika 2.5.2.5. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($SV \pm STD$) zasićenja kisikom u čitavom vodenom stupcu postaja OC18, OC19 i OC19a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Analiza višegodišnjih trendova (linearna regresija) pokazuje blagi porast zasićenja na postajama OC6 i OC5 u Kaštelanskom zaljevu i Splitskim vratima, nepromijenjeno stanje na postajama OC5a i OC19a u područjima otvorenog mora srednjeg i sjevernog Jadrana te smanjenje zasićenosti na postajama OC18 i OC19 ispred zapadne obale Istre.



2.5.3. Koncentracije hranjivih tvari u vodenom stupcu

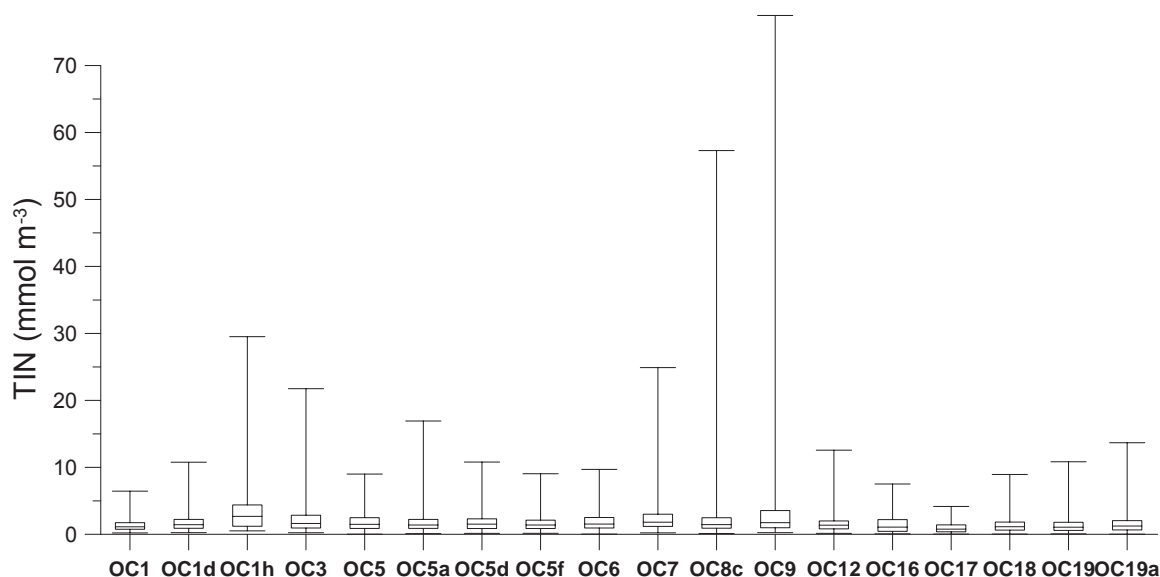
Otopljene soli dušika i fosfora (hranjive soli) predstavljaju uz sunčevu svjetlost, elemente u tragovima i ugljični dioksid nužan preduvjet za odvijanje procesa fotosinteze u morskom okolišu. Tim se procesom navedeni elementi pretvaraju u aminokiseline, bjelančevine i nukleinske kiseline, koji se nakon uginuća organizama, sedimentacije i heterotrofne razgradnje remineraliziraju i kao otopljene anorganske soli (nitrati, nitriti, amonijeve soli i ortofosfati) vraćaju u vodeni stupac. Neki fitoplanktonski organizmi (dijatomeje, silikoflagelati), pored dušika i fosfora koriste i otopljeni silicij kao građevni element svojih ljušturica, a regeneracija ovog elementa odvija se putem kemijskog otapanja istaloženog biogenog opala. Opisani procesi ne predstavljaju čitave biogeokemijske cikluse ovih elemenata; naime jedan se dio elemenata trajno gubi iz ciklusa (zatrpavanjem u sedimentu, adsorpcijom na mineralnu fazu, pretvaranjem u plinovito stanje), ali se i nadoknađuje dotokom rijekama, podzemnim vodama ili atmosferskim donosom što konačno uravnotežuje morske ekosustave.

Koncentracija otopljenog anorganskog dušika u vodenom stupcu

Otopljene soli anorganskog dušika u prirodnim vodama se javljaju u oksidiranom (nitrat, nitrit), kao i u reduciranom obliku (amonijeve soli). Zbog relativno brzih procesa oksidacije i redukcije ovih spojeva, ovdje je predstavljen njihov zbroj tj. otopljeni anorganski dušik TIN.

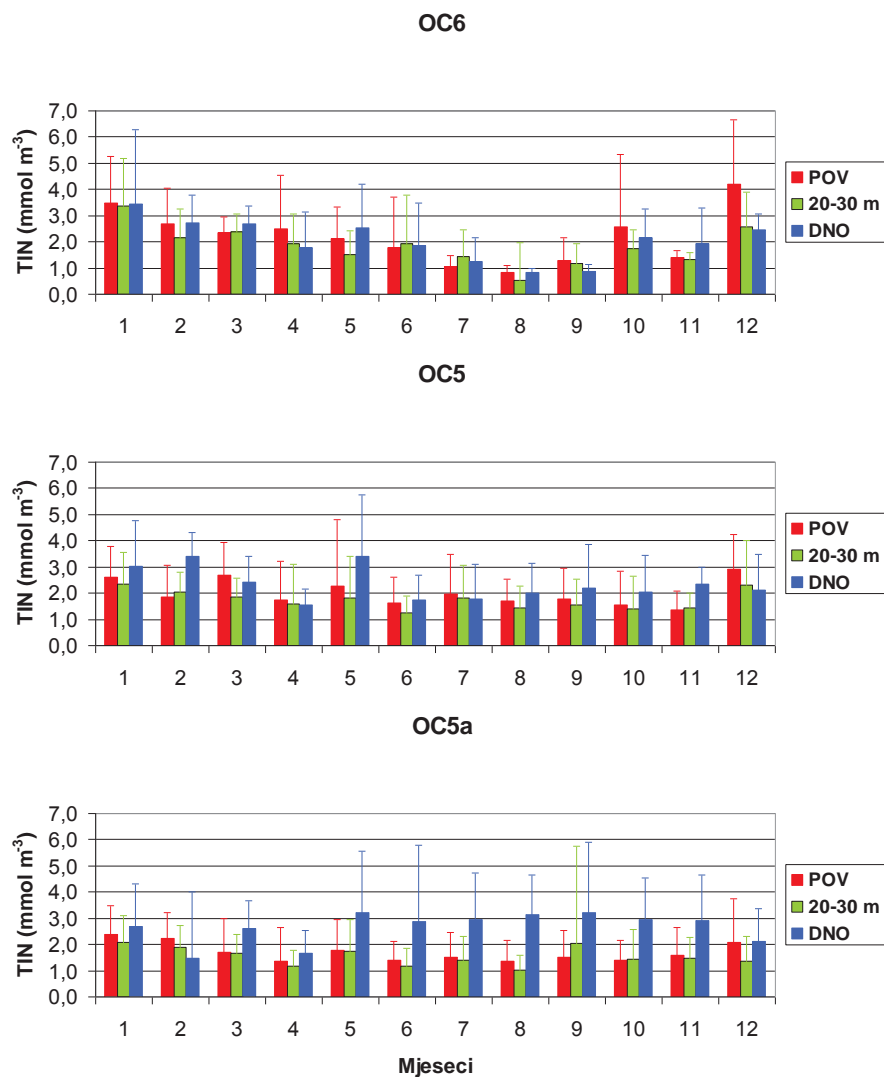
Medijani koncentracija TIN-a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine (Slika 2.5.3.1) su u rasponu od 0,77 (postaje OC17 u Kvarneru) do 2,68 mmol m⁻³ (postaja OC1h u južnom Jadranu). Raspršenje 50% podataka (od 25. do 75. percentila) je za većinu postaja relativno ujednačeno (od 0,8 do 2,4 mmol m⁻³) uz izuzetke na najdubljoj postaji otvorenog mora (OC1h) i postaji OC9 u Šibenskoj luci (veće područje raspršenja) te na postajama OC17, OC18 i OC19 u sjevernom Jadranu (manje područje raspršenja podataka). Apsolutni raspon koncentracija otopljenog anorganskog dušika je od 0,02 do 77,48 mmol m⁻³ sa minimumom ustanovljenim na postaji OC19a u području otvorenog mora sjevernog Jadrana i maksimalnom vrijednosti na postaji OC9 u Šibenskom zaljevu. Relativno veliki rasponi su, slično zasićenju kisika, ustanovljeni na dubokim postajama OC1h, OC5a i OC8c, te na postajama u estuarijima rijeke Krke i Neretve (postaje OC09 i OC3), kao i u Vranjičkom bazenu na postaji OC7.



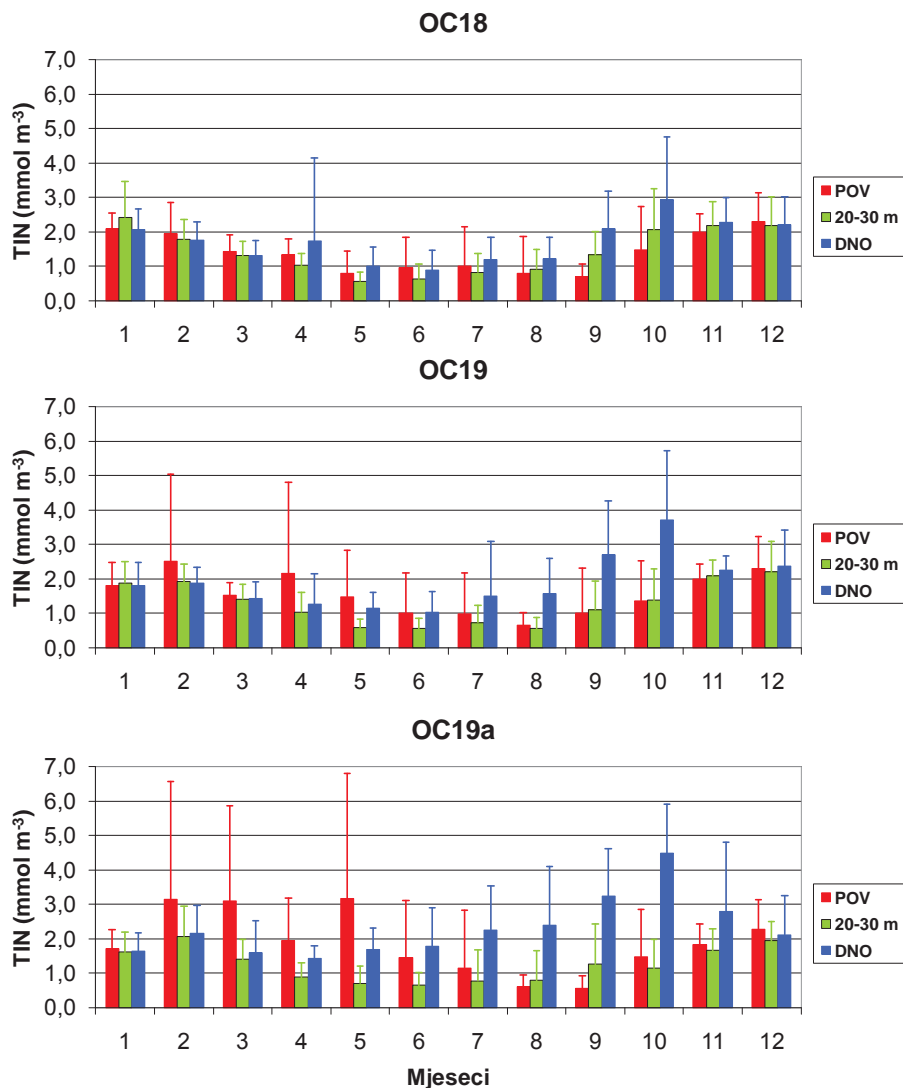


Slika 2.5.3.1. Box-whisker prikazi koncentracije ukupnog anorganskog dušika u vodenom stupcu istraženih postaja za razdoblje 1994-2010 godine (donja crta - minimalna vrijednost, područje pravokutnika - 25-ti do 75-ti percentil, gornja crta - maksimalna vrijednost, središnja crta - medijan). *Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj*

Prosječna mjesečna raspodjela koncentracija anorganskog dušika u karakterističnim slojevima vodenog stupca (Slike 2.5.3.2. i 2.5.3.3.) pokazuje da se koncentracije u površinskom i srednjem sloju znatno niže tijekom toplijeg dijela godine, (zbog biološke ugradnje dušika u organsku tvar), sa najnižim koncentracijama zabilježenim u kolovozu ili rujnu. U hladnijem su dijelu godine koncentracije TIN-a u ova dva sloja povišene zbog donosa slatkovodnim dotocima kao i vjetrom iniciranim miješanjem vodenog stupca. Za razliku od površinskog i srednjeg dijela vodenog stupca, promjene koncentracija u pridnenom sloju uglavnom ovise o intenzitetu procesa remineralizacije i advektivnog dotoka vodenih masa iz područja istočnog Mediterana što rezultira specifičnostima istraženih postaja. Ipak se kao zajednička karakteristika, (osim za postaju OC6 u Kaštelanskom zaljevu), mogu izdvojiti povišene koncentracije TIN-a u pridnenom sloju tijekom toplog dijela godine kao posljedica intenzivnijeg procesa protoka anorganskog dušika iz sedimenta u vodeni stupac (Kušpilić, 2001).



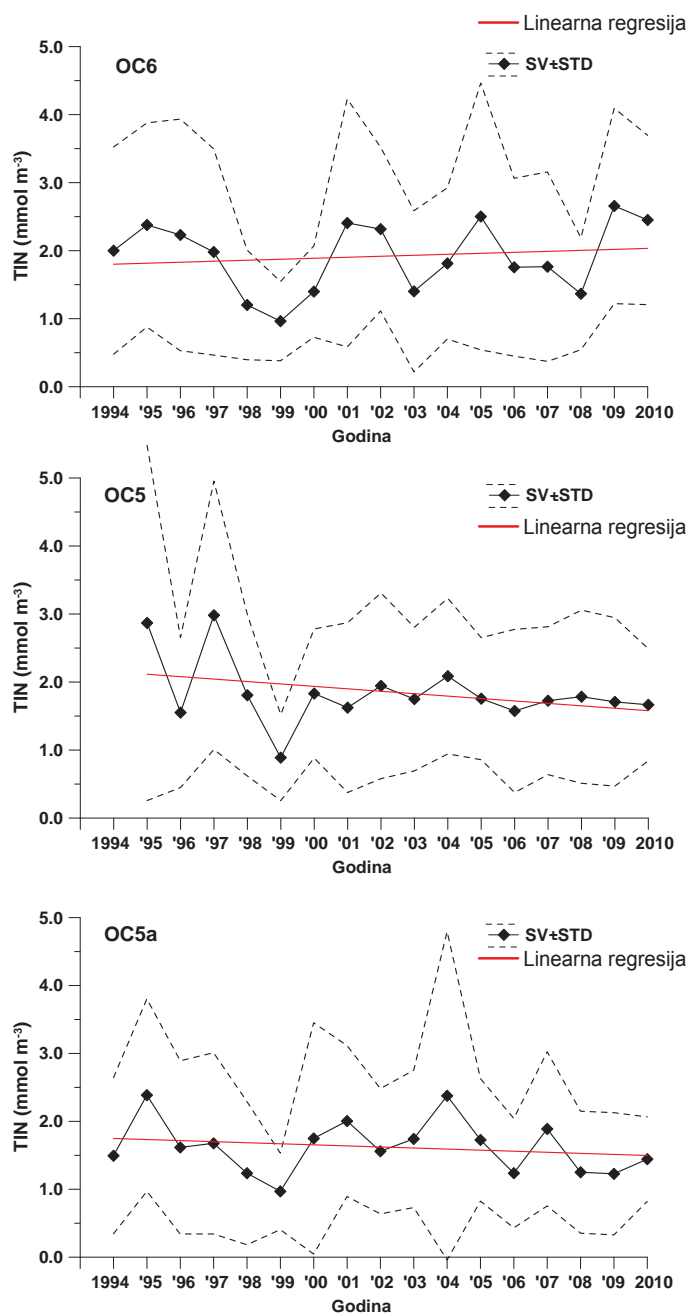
Slika 2.5.3.2. Srednje mjesečne vrijednosti koncentracija otopljenog anorganskog dušika (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20-30m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC6, OC5 i OC5a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj



Slika 2.5.3.3. Srednje mjesečne vrijednosti koncentracija otopljenog anorganskog dušika (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC6, OC5 i OC5a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

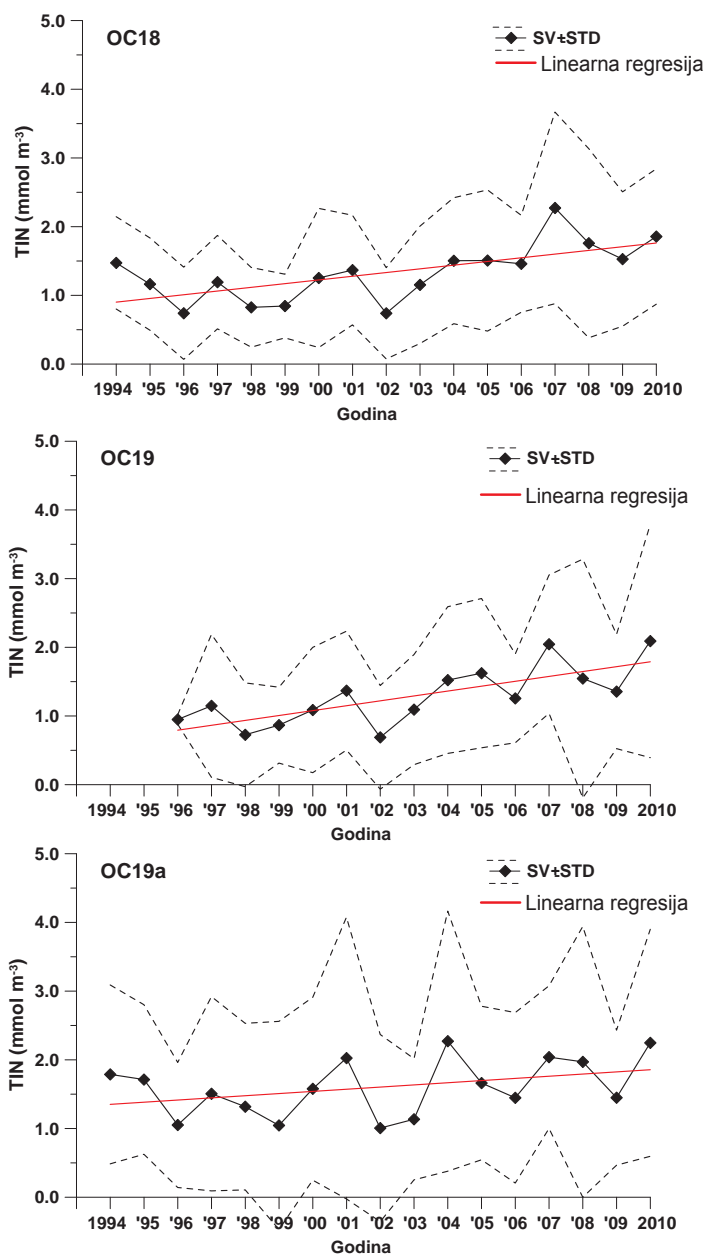
Analiza višegodišnjih srednjih koncentracija anorganskog dušika (Slike 2.5.3.4. i 2.5.3.5.) pokazuje za sve postaje značajnu višegodišnju promjenjivost koncentracija, kao i pojave pozitivnog ili negativnog trenda koje su u funkciji godišnje precipitacije i/ili izmjene vodenih masa s Mediteranom. U području srednjeg Jadrana negativni su trendovi koncentracija zabilježeni na postajama OC5 i OC5a (priobalne i otvorene vode), dok je u Kaštelanskom zaljevu ustanovljen pozitivan trend. Na postajama OC18, OC19 i OC19a u području sjevernog Jadrana uočljiv je pozitivan trend koncentracija anorganskog dušika (Precali i Djakovac, 2009; Djakovac i sur, 2011).





Slika 2.5.3.4. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($\text{SV} \pm \text{STD}$) koncentracije ukupnog anorganskog dušika u čitavom vodenom stupcu postaja OC6, OC5 i OC5a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj



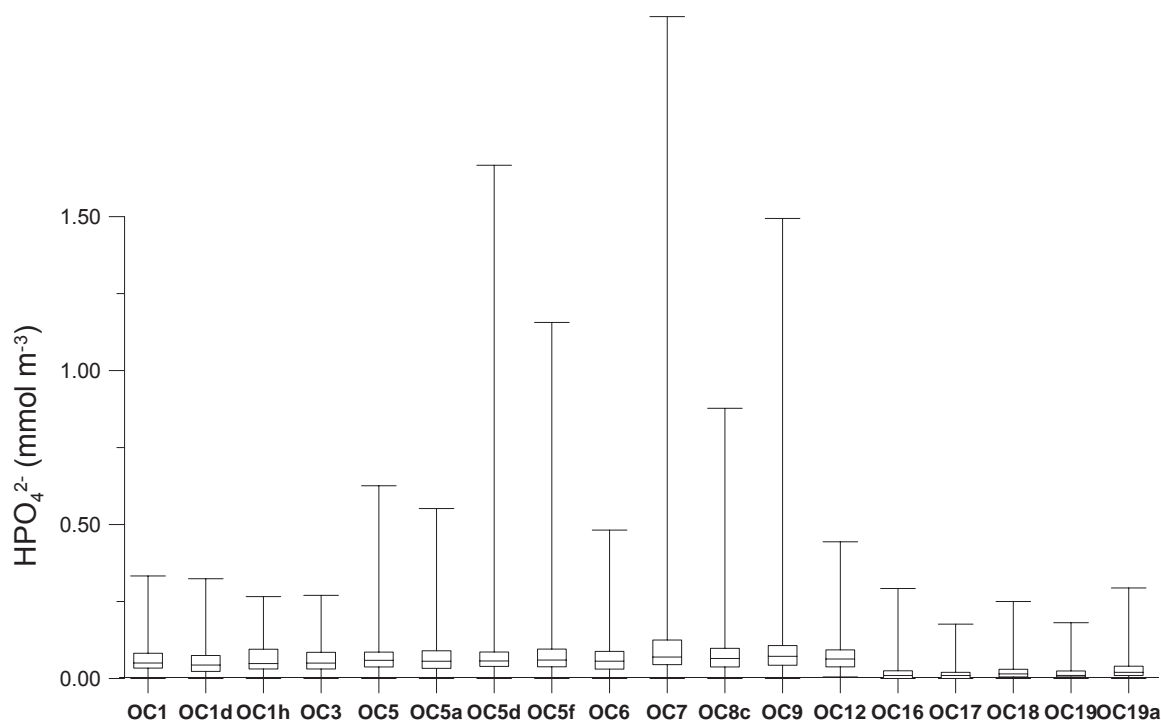


Slika 2.5.3.5. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($SV \pm STD$) koncentracije ukupnog anorganskog dušika u čitavom vodenom stupcu postaja OC18, OC19 i OC19a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Koncentracije ortofosfata u vodenom stupcu

Medijani koncentracija ortofosfata (HPO_4^{2-}) na istraživanom području su bili u rasponu od 0,010 (postaje OC16, OC17 i OC19 u sjevernom Jadranu) do 0,072 mmol m^{-3} (postaja OC9 u Šibenskoj luci) (Slika 2.5.3.6.).



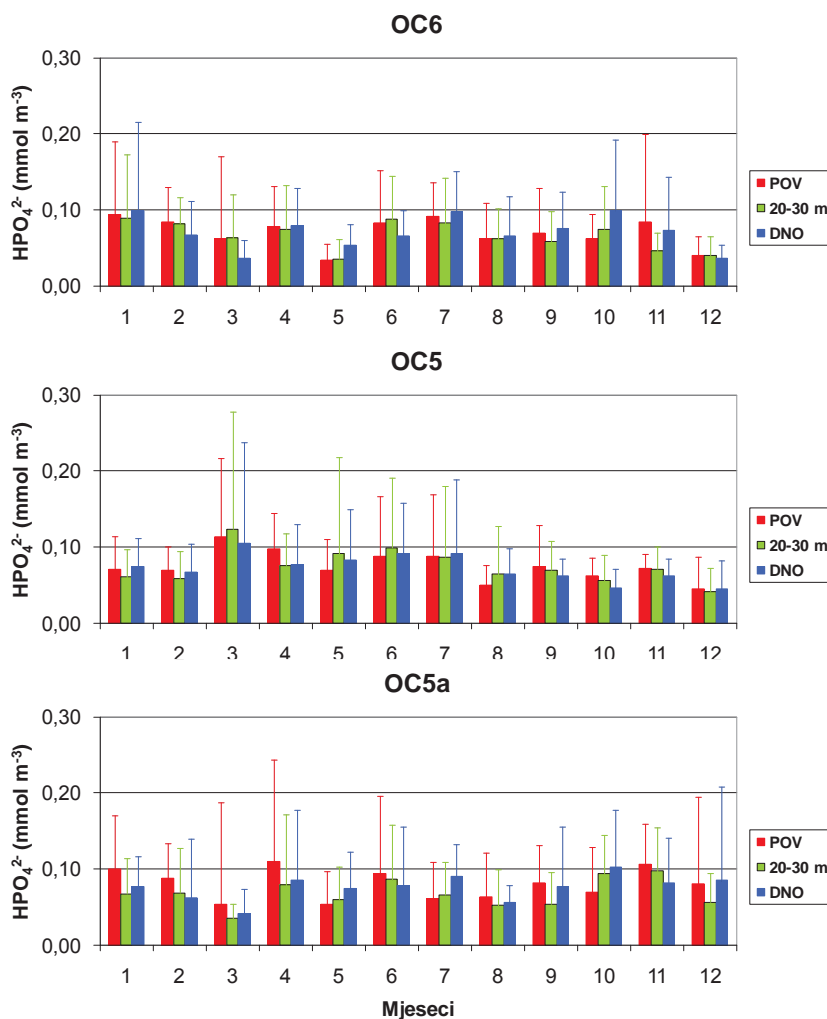


Slika 2.5.3.6. Box-whisker prikazi koncentracije ortofosfata u vodenom stupcu istraženih postaja za razdoblje 1994-2010 godine (donja crta - minimalna vrijednost, područje pravokutnika - 25-ti do 75-ti percentil, gornja crta - maksimalna vrijednost, središnja crta - medijan). Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Raspršenje 50% svih podataka na postajama južnog i srednjeg Jadrana bilo je relativno ujednačeno od 0,03 do 0,09 mmol m⁻³, a značajnija su odstupanja zabilježena na postajama OC7 i OC9 u Vranjičkom bazenu odnosno Šibenskoj luci kao posljedica antropogenog unosa ortofosfata. Za razliku od područja južnog i srednjeg Jadrana, u sjevernom je Jadranu koncentracijski raspon od 25. do 75. percentila bio nešto uži (od 0,005 do 0,03 mmol m⁻³). Iz navedenih je podataka uočljivo da su koncentracije ortofosfata u sjevernom Jadranu niže u odnosu na srednji i južni dio i da su na granici detekcije. Kako su u ovom izvješću opisani kemijski parametri uzorkovani i analizirani u laboratorijima dva Instituta (IOR-Split i CIM-Rovinj), bitno je napomenuti da su oba tijekom 2010. godine jednako uspješno sudjelovali u međunarodnoj interkalibraciji određivanja koncentracija hranjivih soli.

Apsolutni raspon koncentracija ortofosfata tijekom istraženog razdoblja bio je od 0 (zabilježenoj na više postaja) do 2,15 mmol m⁻³ (postaja OC7). Visoki rasponi koncentracija na pojedinim postajama ustanovljeni su, osim na postaji OC7 u Vranjičkom bazenu, i u skupini dubokih postaja otvorenog mora na Palagruškom pragu i u Jabučkoj kotlini (OC5d, OC5f i OC8c), te na postaji OC9 u Šibenskom zaljevu.

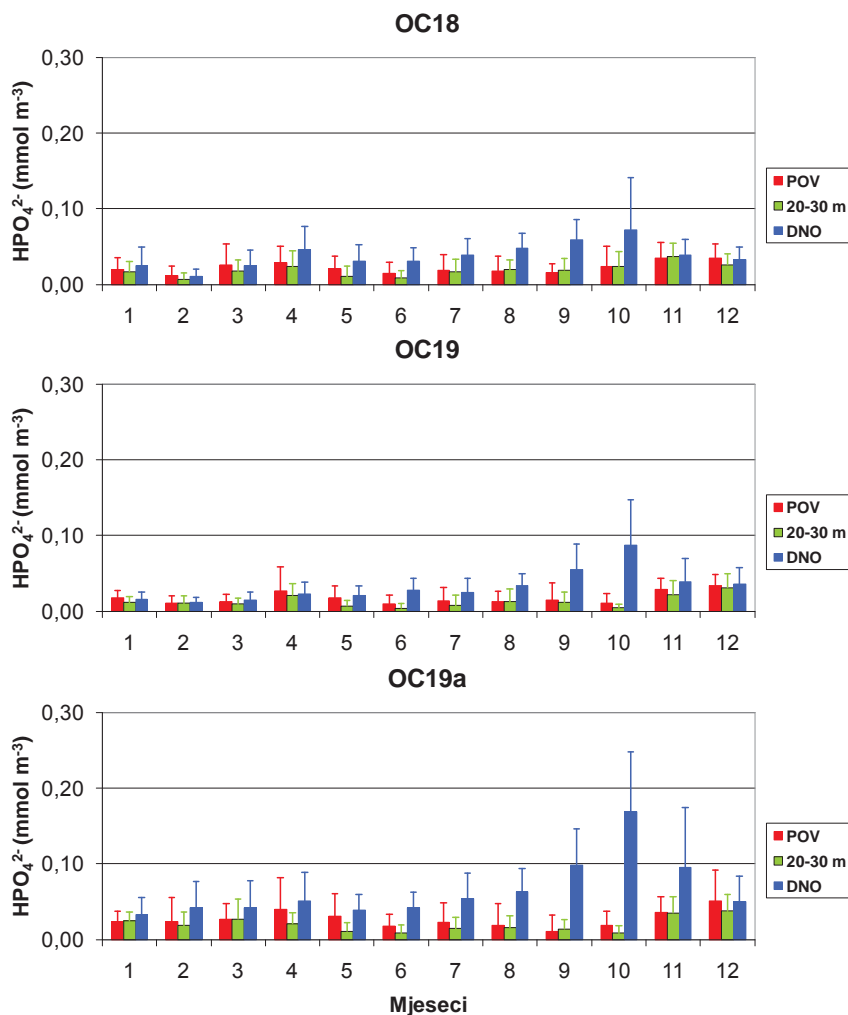




Slika 2.5.3.7. Srednje mjesečne vrijednosti koncentracija ortofosfata (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20-30m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC6, OC5 i OC5a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Iz srednjih je mjesečnih vrijednosti koncentracija ortofosfata na istraženim postajama (Slika 2.5.3.7. i 2.5.3.8.), u odnosu na anorganski dušik, uočljivo nepostojanje pozitivnog ili negativnog gradijenta koncentracija od priobalja prema otvorenom moru, a jasan vertikalni gradijent vidljiv je samo za područje sjevernog Jadrana tijekom ljetnog razdoblja. Mjesečna promjenjivost koncentracija ortofosfata također je slabije izražena pa su koncentracije tijekom cijele godine niske (srednji Jadran) ili vrlo niske (sjeverni Jadran), dok je obogaćivanje zabilježeno samo u pridnenom sloju sjevernog Jadrana. Iako sezonske oscilacije nisu osobito izražene, promjene koncentracija ipak prate intenzitet primarne proizvodnje što je vidljivo na primjeru postaje OC6 u Kaštelanskom zaljevu, gdje su najniže koncentracije u cijelom vodenom stupcu u svibnju i prosincu u skladu sa razdobljima intenzivne primarne proizvodnje (Marasović i sur. 1991).

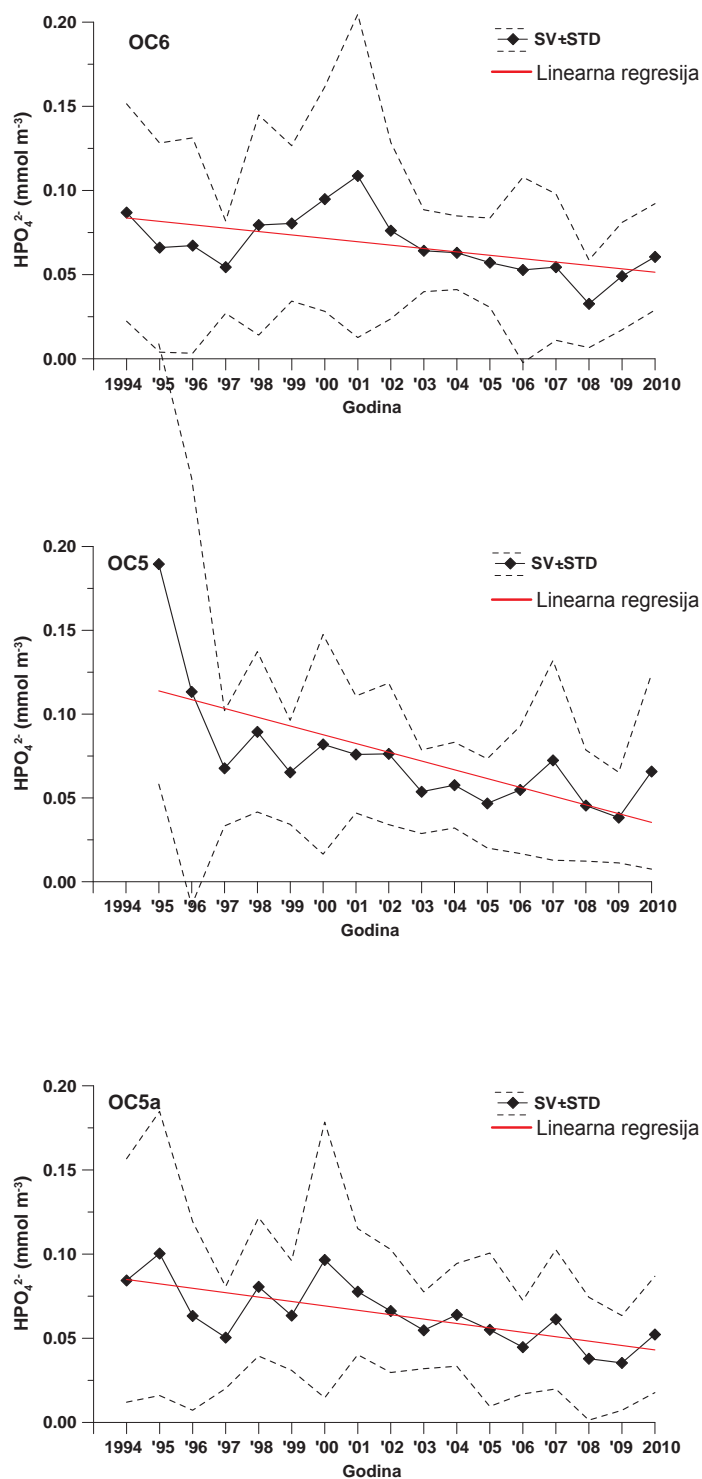




Slika 2.5.3.8. Srednje mjesečne vrijednosti koncentracija ortofosfata (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC18, OC19 i OC19a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

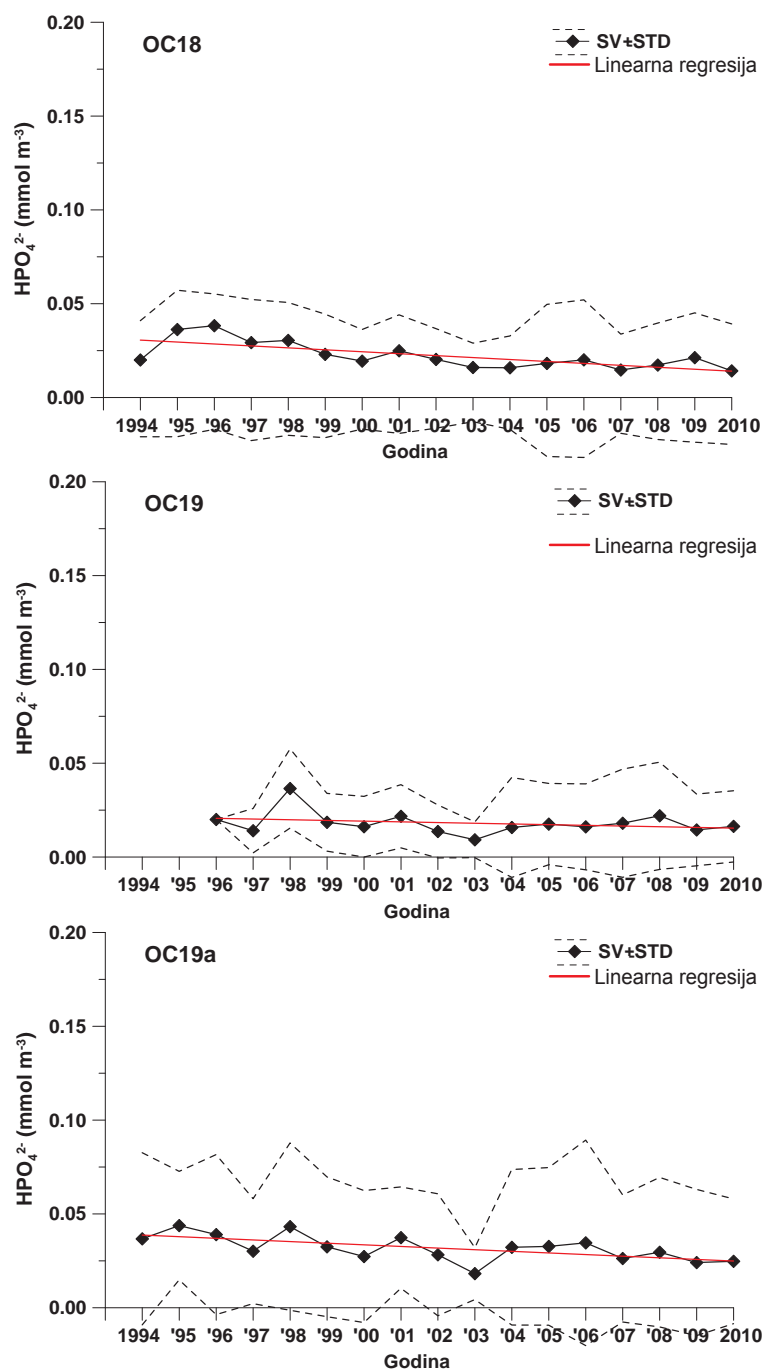
Iako je iz iznijetih podataka jasno vidljivo da su koncentracije ortofosfata znatno niže u odnosu na koncentracije anorganskog dušika, zanimljivo je da srednja vrijednost njihovog omjera za razdoblje od 1994. do 2010. iznosi $c(\text{TIN})/c(\text{HPO}_4^{2-}) = 40/1$, što je značajno više od teoretskog Redfieldovog omjera (Redfield i sur., 1963) ($c(\text{TIN})/c(\text{HPO}_4^{2-}) = 16/1$) i time ortofosfat klasificira kao limitirajuću hranjivu sol za područje istočnog Jadrana. S ovog aspekta, čine se značajnim rezultati analiza višegodišnjih podataka o koncentracijama ortofosfata (Slike 2.5.3.9. i 2.5.3.10.), na kojima je jasno uočljiv trend daljnjeg smanjenja koncentracija u sjevernom i srednjem Jadranu.





Slika 2.5.3.9. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($\text{SV} \pm \text{STD}$) koncentracije ortofosfata u čitavom vodenom stupcu postaja OC6, OC5 i OC5a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj



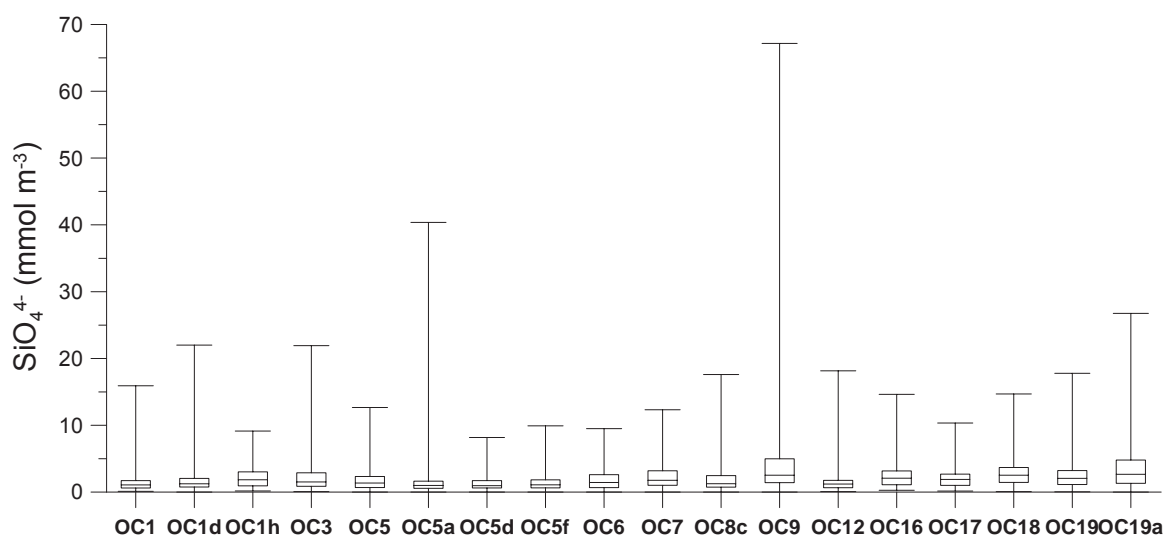


Slika 2.5.3.10. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($\text{SV} \pm \text{STD}$) koncentracije ortofosfata u čitavom vodenom stupcu postaja OC18, OC19 i OC19a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj



Koncentracije ortosilikata u vodenom stupcu

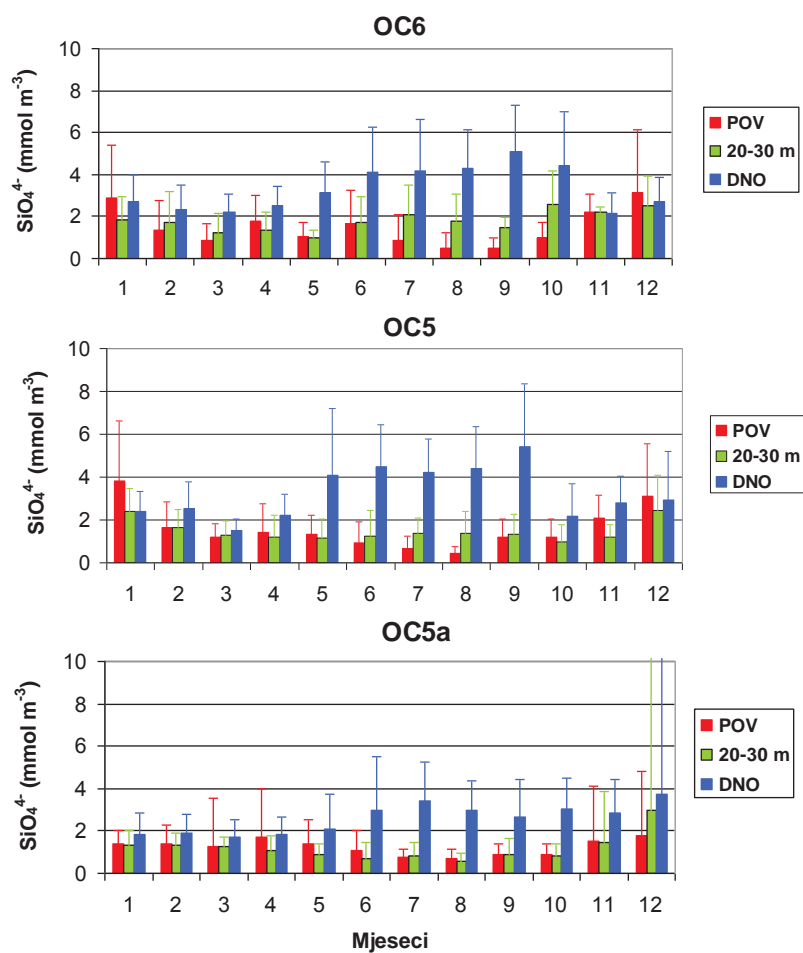
Kako slatkovodni dotoci u more te protoci ortosilikata iz sedimenta predstavljaju glavne putove njihovog ulaska u morski okoliš, medijani, ali i rasponi koncentracija unutar kojih se javlja 50% svih vrijednosti predstavljaju dobar prikaz za ocjenu utjecaja ovih procesa na pojedine postaje. Ustanovljeni medijani koncentracija ortosilikata tijekom razdoblja 1994. do 2010. su bili u rasponu od 0,96 (postaja OC5d kod Palagruže) do 2,66 mmol m⁻³ (postaja OC19a u otvorenom moru sjevernog Jadrana) (Slika 2.5.3.11.), što jasno ukazuje na sasvim suprotni utjecaj dotoka ili protoka na područje otvorenog mora srednjeg Jadrana u odnosu na sjeverni dio. Raspodjela 50% svih podataka bila je za većinu postaja u području južnog i srednjeg Jadrana relativno ujednačena osim za postaje u ušćima rijeka Neretve, Krke i Jadra (OC3, OC9 i OC7) gdje je zbog povišenih koncentracija u površinskom sloju većina podataka iznad medijana. Na postajama sjevernog Jadrana izdvaja se postaja OC19a sa povišenim koncentracijskim rasponom između 25. i 75. percentila te neujednačenom raspodjelom oko medijana. Razlog tome nije kao u slučaju srednjeg Jadrana slatkovodni dotok ortosilikata, već izražen protok iz sedimenta (Slika 2.5.3.13.). Apsolutni raspon koncentracija bio je od 0 (postaja OC1d kod Slanog u južnom Jadranu te postaja OC19a u otvorenom moru sjevernog Jadrana) do 67,18 mmol m⁻³ (postaja OC9 u Šibenskoj luci). Relativno visoki raspon, osim na postaji OC9 ustanovljen je i na OC5a (Stončica, otvoreno more srednjeg Jadrana) uslijed remineralizacije ortosilikata u sedimentu.



Slika 2.5.3.11. Box-whisker prikazi koncentracije ortosilikata u vodenom stupcu istraženih postaja za razdoblje 1994-2010 godine (donja crta - minimalna vrijednost, područje pravokutnika - 25-ti do 75-ti percentil, gornja crta - maksimalna vrijednost, središnja crta - medijan). Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

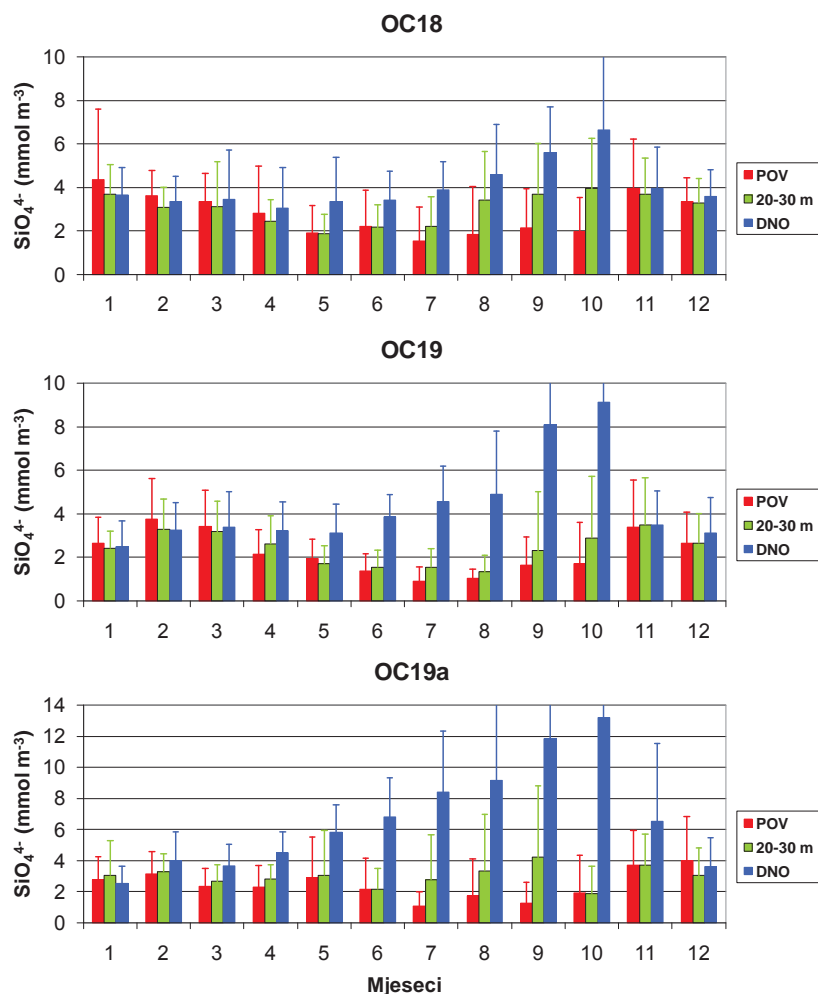
Mjesečne promjene koncentracije ortosilikata u vodenom stupcu postaja (Slike 2.5.3.12. i 2.5.3.13.) obilježene su ljetnim minimumom koncentracija u površinskom i srednjem sloju uz istovremeni porast koncentracija u pridnenom sloju. Prema ovim sezonskim promjenama stanje ortosilikata je u skladu s promjenama otopljenog anorganskog dušika (Slike 2.5.3.2. i 2.5.3.3.).





Slika 2.5.3.12. Srednje mjesečne vrijednosti koncentracija ortosilikata (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20-30m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC6, OC5 i OC5a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

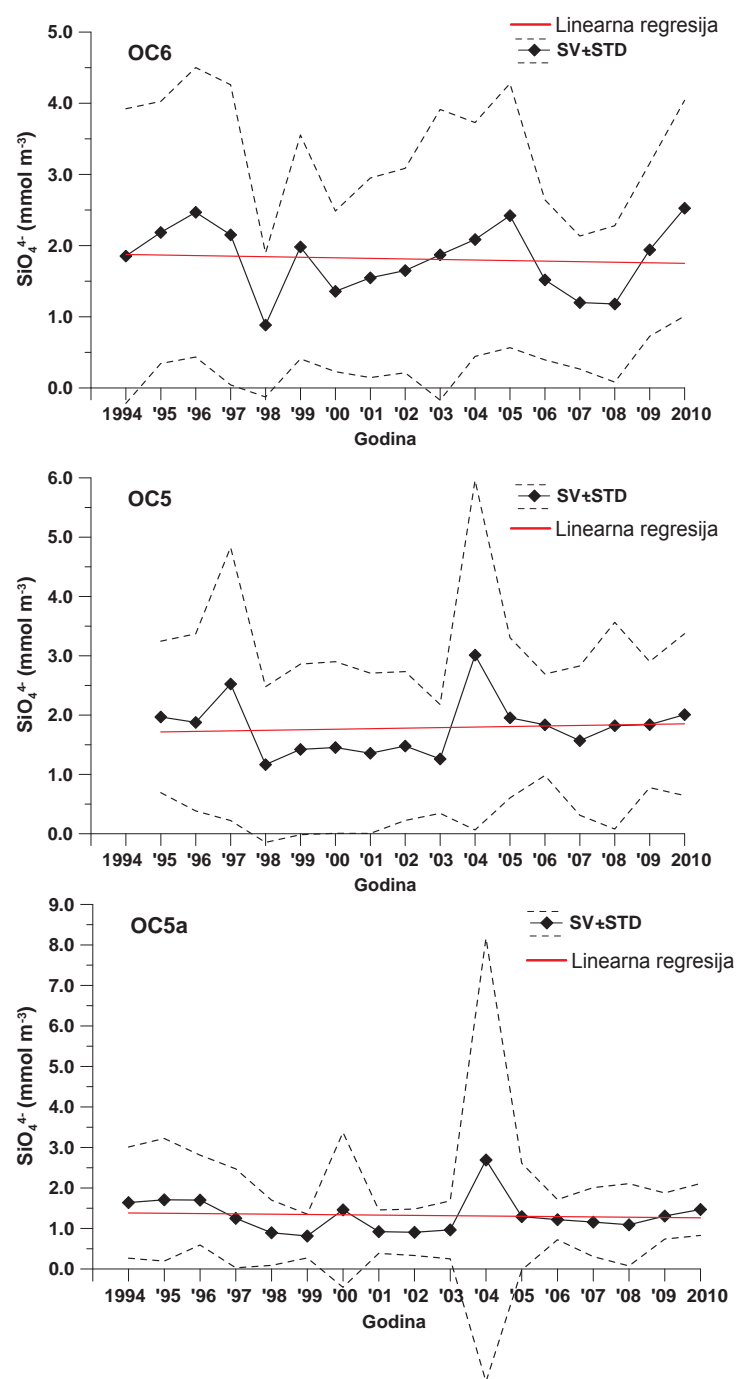




Slika 2.5.3.13. Srednje mjesečne vrijednosti koncentracija ortosilikata (bar - grafovi) sa standardnim devijacijama (vertikalne crte) za površinski, srednji (20m) i pridneni sloj vodenog stupca postaja OC18, OC19 i OC19a za razdoblje istraživanja od 1994. do 2010. godine. *Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj*

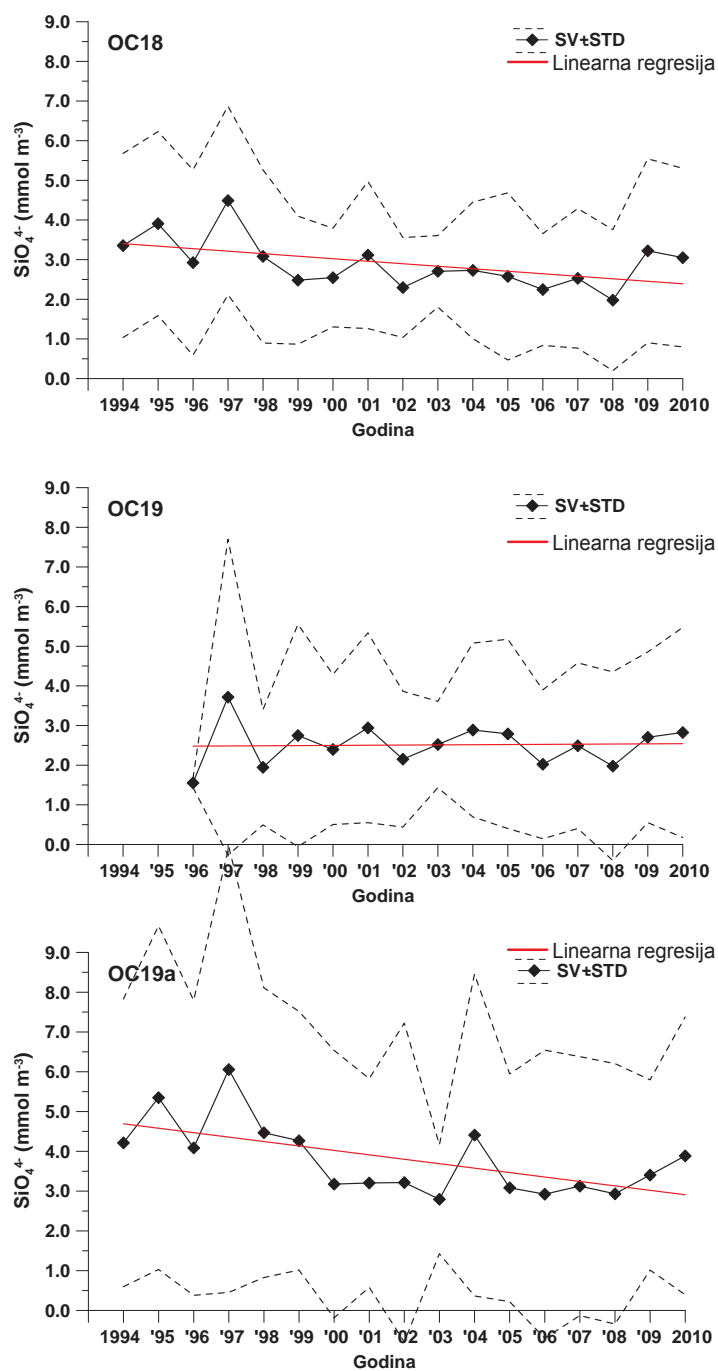
Iz analize godišnjih srednjih koncentracija ortosilikata u čitavom vodenom stupcu za postaje u srednjem Jadranu (Slika 2.5.3.14.) uočljivi su blagi trendovi smanjenja koncentracija na postajama OC6 i OC5a u Kaštelanskom zaljevu i u području otvorenog mora, dok je stanje na postaji u Bračkom kanalu (OC5) nepromijenjeno. Na istraženim postajama sjevernog Jadrana (Slika 2.5.3.15.) značajniji trend smanjenja ustanovljen je na postajama OC18 (ispred Rovinja) i OC19a (područje otvorenog mora), dok je stanje na postaji OC19 relativno ujednačeno. Dugogodišnje promjene koncentracija ortosilikata na navedenim postajama su najvjerojatnije izazvane količinom precipitacije u određenim godinama, odnosno promjenama slatkovodnog dotoka sa istočne obale Jadrana kao i rijekom Po (Izviješća Projekta Jadran, 1998-2005).





Slika 2.5.3.14. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije (SV±STD) koncentracije ortosilikata u čitavom vodenom stupcu postaja OC6, OC5 i OC5a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj





Slika 2.5.3.15. Srednje godišnje vrijednosti i standardne devijacije ($\text{SV} \pm \text{STD}$) koncentracije ortosilikata u čitavom vodenom stupcu postaja OC18, OC19 i OC19a tijekom razdoblja 1994. – 2010. Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj



Zaključci

Na osnovi podataka za razdoblje od 1994. do 2010. godine izvršena je analiza prostorne i vremenske raspodjele pH vrijednosti, otopljenog kisika i hranjivih soli u vodenom stupcu priobalja i otvorenog mora južnog, srednjeg i sjevernog Jadrana. Rezultati analize pokazuju da je:

- kod pH vrijednosti na većini postaja ustanovljena uobičajena raspodjela, a značajnija su odstupanja s većim rasponima vrijednosti ustanovljena na priobalnim postajama OC7 i OC9 (Vranjic i Šibenska luka) u srednjem Jadranu te na postaji OC19a u području otvorenog mora sjevernog Jadrana. Analiza dugogodišnjih podataka za ovaj parametar upućuje na trend smanjivanja pH vrijednosti na istraženim postajama;
- kod otopljenog kisika utvrđena nešto viša zasićenost priobalnih voda srednjeg Jadrana u odnosu na područje otvorenog mora dok su u sjevernom Jadranu ove razlike slabije izražene. Najveći rasponi zasićenja ustanovljeni su na postajama u Vranjičkom bazenu i Šibenskoj luci. Analiza koncentracije kisika u pridnom sloju priobalnih i otvorenih područja Jadrana pokazala je da se stanje u oba područja može ocijeniti vrlo dobrim jer nisu ustanovljene kritično niske vrijednosti ($2-3 \text{ mg l}^{-1}$) koje bi mogle imati negativan utjecaj na život organizama u morskoj sredini. Obradom podataka također je ustanovljeno da na većini postaja nije prisutan značajniji trend zasićenja osim na postajama OC6 u Kaštelanskom zaljevu i OC18 ispred Rovinja gdje ustanovljen pozitivan, odnosno negativan trend zasićenja;
- kod hranjivih soli (ukupno otopljeni anorganski dušik i ortosilikat), ustanovljena je izražena sezonska promjenjivost koncentracija, dok su promjene kod ortofosfata bile nešto slabije izražene. Najviše su koncentracije hranjivih soli ustanovljene, slično pH vrijednostima i otopljenom kisiku, na postajama pod neposrednim antropogenim utjecajem (Vranjički bazen i Šibenska luka), ali i na dubljim postajama otvorenog mora južnog i srednjeg Jadrana na kojima koncentracije u pridnom sloju (zbog prirodnog procesa razgradnje sedimentirane organske tvari) mogu značajno porasti. Povišene koncentracije hranjivih soli zabilježene su također u području otvorenog mora sjevernog Jadrana (OC19a), gdje je uz procese remineralizacije u sedimentu ključan utjecaj rijeke Po na ovo područje. Prema izračunatim N/P omjerima može se utvrditi da je ortofosfat u čitavom priobalju Republike Hrvatske kao i u otvorenim vodama kritična hranjiva sol za primarnu proizvodnju organske tvari. Analiza višegodišnjih promjena koncentracija hranjivih soli pokazala je različite trendove na pojedinim postajama za anorganski dušik i ortosilikat dok je kod ortofosfata ustanovljen trend smanjenja koncentracija.



2.5.4. Organska tvar u Jadranu, pokazatelj stanja i promjena ekosustava

Organska tvar u moru predstavlja jedan je od najvećih bio-aktivnih spremnika ugljika na Zemlji (662 Pg C), izvor je hrane i energetski temelj za mikro i makro organizme, važna je komponenta biogeokemijskog sustava i barometar je promjene klime. Organske tvari u more dospijevaju iz različitih izvora uključujući izlučevine biljaka i životinja, bakterijsku razgradnju, autolizu mrtvih organizama, unos rijekama, otpadnim vodama i iz atmosfere. Organsku tvar čini skup različitih molekula koje reagiraju međusobno, s tragovima metala te sa živim organizmima i neživim dispergiranim česticama u širokom prostornom i vremenskom kontinuumu i danas se ispituje kao dinamička komponenta globalnog ciklusa ugljika.

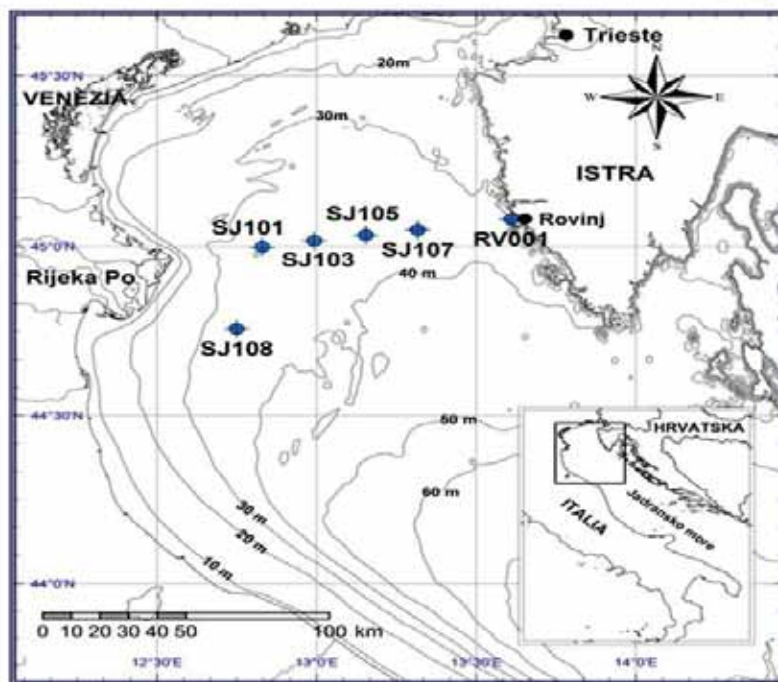
Otopljena organska tvar (DOC) koja čini oko 90% ukupne organske tvari u moru ekstremno je kompleksna i razrijeđena smjesa spojeva od kojih je samo oko 20 % do sad dobro definirano. Udio partikularne organske tvari (POC) u ukupno prisutnoj organskoj tvari (TOC=DOC+POC) uglavnom je manji od 10 %. Sastoji se od živog i neživog fito- i zooplanktona, bakterija, njihovih izlučevina i razgradnih produkata kao i od makroskopskih agregata. U novije vrijeme intenzivirana su istraživanja vertikalnog protoka POC koji značajno utječe na sastav sedimenta i sloja mora iznad sedimenta, glavni je izvor hrane za bentičke organizme kao i prekursor u procesu stvaranja fosilnih goriva. Najveći dio organske (>70%) tvari ima svojstvo površinske aktivnosti (površinski aktivne tvari: PAT), koncentrira se adsorpcijskim procesima na prirodnim granicama faza mora s atmosferom, sedimentom i živom i neživom dispergiranom tvari gdje sudjeluje u procesima prijenosa mase i energije (Ćosović i Vojvodić, 1998).

Jedna od najvažnijih informacija o organskoj tvari u moru dobiva se ispitivanjem ukupnog sadržaja ugljika u smjesi organskih spojeva (TOC) raspodijeljenih u otopljenoj (DOC) i partikularnoj (POC) frakciji. Ispitivanje reaktivne komponente organske tvari, ukupne površinski aktivne organske tvari (PAT NF) kao i otopljene (PAT F) omogućava određivanja reprezentativnih karakteristika i dodatno i bolje razumijevanje ciklusa organske tvari u moru.

Organska tvar u sjevernom Jadranu

Prikazani su rezultati dugogodišnjih ispitivanja organske tvari (DOC, PAT NF i PAT F) u sjevernom Jadranu u razdoblju od 1998.-2010. Uz mjesečnu dinamiku, uzorci mora skupljani su na postajama profila Rovinj-ušće rijeke Po (postaje RV001, SJ107, SJ105, SJ103, SJ101 i SJ108.) (slika 2.5.4.1.) (Giani i sur., 2005a; Vojvodić i sur., 2011-u pripremi).





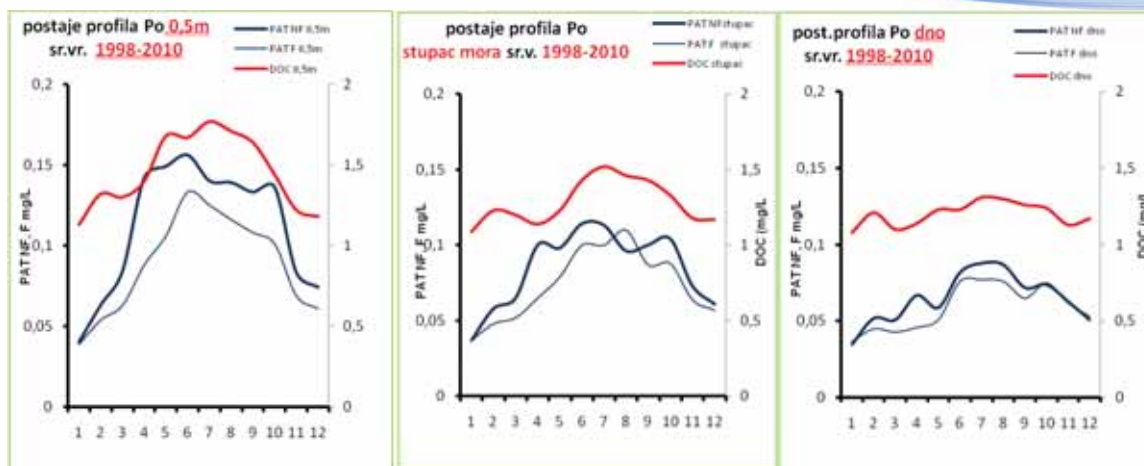
Slika 2.5.4.1. Raspored postaja u sjevernom Jadranu

Ovo područje obilježeno je pojavom izrazitih sezonskih i dugoročnih kolebanja oceanografskih i bioloških uvjeta, uglavnom zbog utjecaja eutrofne slatke vode rijeke Po, uz sezonske i godišnje varijacije uzrokovane meteorološkim faktorima, advekcijom oligotrofne morske vode iz središnjeg dijela Jadrana duž istočne obale i vrlo varijabilnom i složenom cirkulacijom. Ta kolebanja utječu i na sadržaj, raspodjelu i svojstva organske tvari u ispitivanom području.

U prošla dva desetljeća u području sjevernog Jadrana pojave prekomjernog cvjetanja mora uz stvaranje velikih sluzavih nakupina posebno su učestale. Te pojave različitih intenziteta obilježili su 1988., 1989., 1991., 1997. godinu te razdoblje od 2000. do 2004., dok od 2005. do 2010. nije bilo pojava prekomjernog cvjetanja mora (Giani i sur., 2005b). Mnoge hipoteze o pojavama prekomjernog cvjetanja mora objašnjavaju akumulacijom organske tvari prvenstveno duž zona s različitim salinitetom u razdoblju stratifikacije.

Sezonska i prostorna kolebanja organske tvari

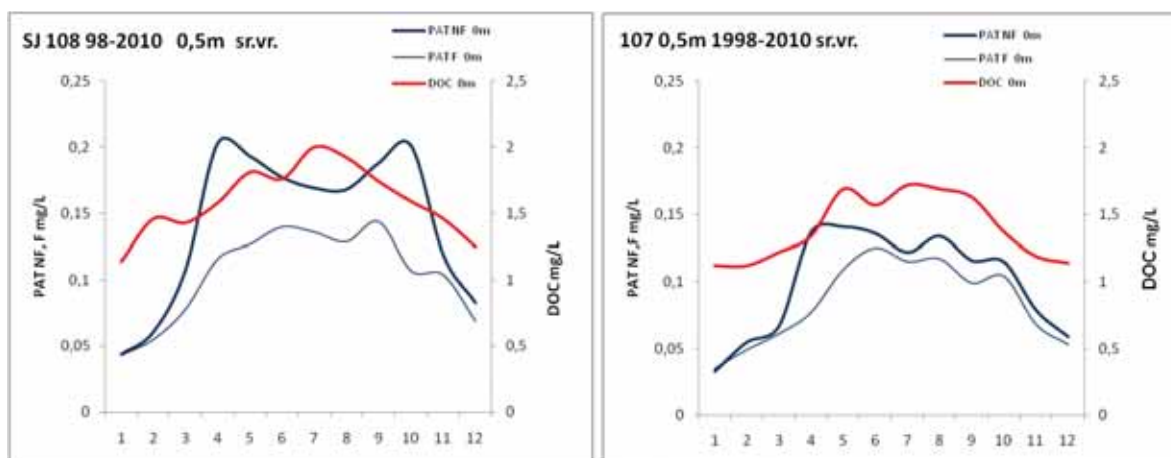
Sezonska i prostorna kolebanja prosječnih mjesečnih vrijednosti koncentracija DOC, PAT NF i PAT F u razdoblju od 13 godina (1998.- 2010.) karakteristična su za područje sjevernog Jadrana (slika 2.5.4.2.). U proljetnim mjesecima organska tvar u moru se akumulira, zadržavaju se visoke vrijednosti tijekom ljeta i rane jeseni, a od kasne jeseni do zime, u razdoblju opadanja stabilnosti ekosustava, stratificiranosti i temperature dolazi do iscrpljivanja organske tvari. Kolebanja su najizraženija u površinskom, osvijetljenom sloju mora, a slabije su izražena u stupcu mora i pridnenom sloju mora.



Slika 2.5.4.2. Prosječne mjesečne vrijednosti DOC, PAT NF i PAT F u površinskom sloju, stupcu mora i pridnenom sloju na postajama profila Rovinj-ušće rijeke Po u razdoblju od 1998. do 2010.

Horizontalni gradijent, odnosno smanjivanje koncentracija organske tvari od zapadnog dijela profila, pod utjecajem eutrofne slatke vode rijeke Po (SJ108), prema istočnom dijelu (SJ107) ispitivanog profila također je najuočljiviji u površinskom sloju mora (do 5m) dok u dubljim slojevima gradijenti koncentracija slabe. U površinskom sloju mora u razdoblju 1998.-2010. na postaji SJ108 u odnosu na istočnu postaju SJ107 veće su mjesečne prosječne koncentracije: DOC (11%), PAT NF (29 %) i PAT F (18 %) (slika 2.5.4.3).

Za razliku od sezonske raspodjele koncentracija DOC, na postaji SJ108 vidljiva su dva godišnja maksimuma koncentracija reaktivne organske tvari (PAT NF), proljetni i jesenski, koji su povezani s dinamikom planktona, posebno nakon dugotrajnih jesenskih unosa slatke vode rijekom Po. Međutim, taj jesenski porast koncentracije reaktivne površinski aktivne tvari (PAT NF) na zapadnom dijelu profila ipak ne osigurava novu akumulaciju organske tvari (DOC) u jesensko-zimskoj sezoni.

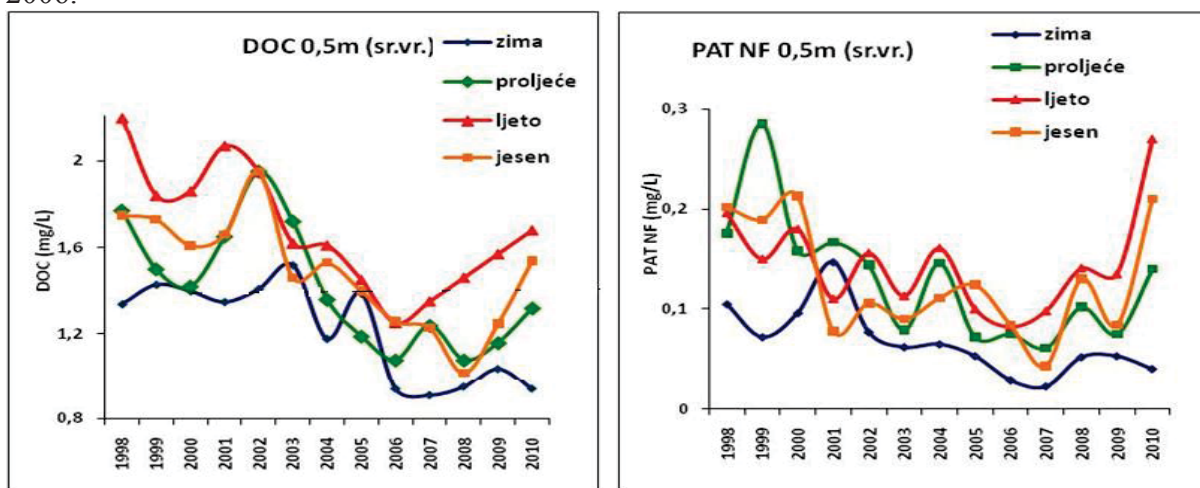


Slika 2.5.4.3. Prosječne mjesečne koncentracije DOC, PAT NF i PAT F u površinskom sloju mora u razdoblju 1998.-2010. na zapadnom dijelu profila na postaji 108 izloženoj utjecaju slatke vode rijeke Po i na istočnom dijelu profila na postaji SJ107.



Dugoročna kolebanja organske tvari u sjevernom Jadranu

Analiza kolebanja prosječnih koncentracija DOC, PAT NF na dugoj vremenskoj skali (1998.-2010.) pokazala je da su intenziteti kolebanja u pojedinim godinama vrlo različiti te mogu biti pokazatelj globalnih promjena u ekosustavu sjevernog Jadrana (Vojvodić i sur., 2011-u pripremi). Sezonska kolebanja DOC i PAT NF u cijelom razdoblju ispitivanja jasno pokazuju da se u godinama koje karakteriziraju pojave prekomjernog cvjetanja mora javlja značajna akumulacija organske tvari (DOC i PAT NF) praćena s pojavama sluzavih agregata. Maksimalne vrijednosti ustanovljene su tijekom 1998., dok je u narednim godinama zabilježen trend opadanja sadržaja organske tvari (slika 2.5.4.4.) s najnižim vrijednostima u 2006.



Slika 2.5.4.4. Sezonske prosječne godišnje koncentracije DOC, PAT NF u površinskom sloju mora u razdoblju 1998.-2010. na postajama profila Rovinj-ušće rijeke Po u razdoblju od 1998. do 2010.

Usprkos vidljivog trenda opadanja sadržaja DOC i PAT NF poslije 1998., štetne pojave prekomjernog cvjetanja mora uz nastajanje voluminoznih sluzavih nakupina različitog intenziteta događale su se sve do 2004. godine.

Razlike prosječnih vrijednosti DOC između 1998. i 2006. bile su u rasponu vrijednosti 28 % do 43 %, a PAT NF u rasponu vrijednosti 21% do 72 %. Reducirani sadržaj reaktivni površinski aktivnih tvari (PAT NF) kao i odsustvo značajnije akumulacije organske tvari poslije 2004., vjerojatno je odigralo značajnu ulogu u izostanku pojave prekomjernog cvjetanja mora doprinoseći tako poboljšanju ekosustava sjevernog Jadrana (proces oligotrofikacije).

Istovremeno, u zadnjem desetljeću u sjevernom Jadranu dogodile su se i druge promjene koje podupiru zaključke o mogućem procesu oligotrofikacije kao što su smanjenje protoka rijeke Po i promjene režima saliniteta (Zanchettin i sur. 2008); značajna redukcija hranjivih soli (Solidario, 2008); smanjenje sadržaja Chl *a* i fitoplanktonske biomase (Mozetić i sur., 2010); pomak prema manjim klasama planktonskih specija, također i unutar mikrop planktonske zajednice (Mozetić i sur., 2010).

Učestalost pojavljivanja raspona koncentracija DOC i PAT NF u dva karakteristična odabrana razdoblja od 7 i 6 godina (1998.-2004. s pojavama prekomjernog cvjetanja mora i sluzavih agregata i 2005.-2010. bez te pojave) prikazana je u tablici 2.5.4.1. Predominantna učestalost koncentracija DOC veća od 1,4 mg/L može se uzeti kao „geokemijski tracer“ akumulacije organske tvari u moru s mogućnošću, uz postojanje



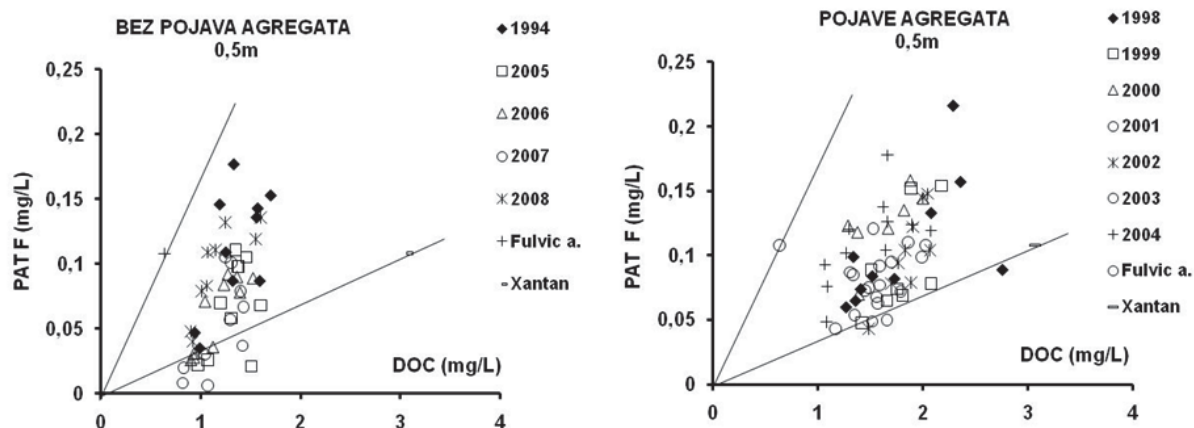
drugih uvjeta, pojave prekomjernog cvjetanja mora. Niže vrijednosti DOC u dužem periodu ukazuju na oligotrofne uvjete u moru. Međutim, moguće je također da porast sadržaja DOC i posebno reaktivne komponente organske tvari PAT NF detektiran u razdoblju od 2007. do 2010. u svim sezonama (slika 2.5.4.4.) ukazuje na novi ciklus akumulacije organske tvari koji uz ostale povoljne uvjete mogu dovesti do istih oceanografskih procesa kao i u razdoblju 1998.-2004.

Reaktivne površinski aktivne tvari karakterizirane su u dva razdoblja (s pojavama prekomjernog cvjetanja mora i bez tih pojava) pomoći normalizirane površinske aktivnosti ($NPA = PAT\ F / DOC$) te su uspoređene s modelnim površinski aktivnim tvarima reprezentativnim za organske tvari prirodno prisutne u moru (fulvična kiselina i polisaharid Xantan) (slika 2.5.4.5.). U razdoblju bez pojava agregata s nižim vrijednostima PAT F i DOC, vrijednosti su grupirane oko linije niže molekularne fulvične kiseline. Međutim, u razdoblju s učestalim pojavama prekomjernog cvjetanja mora s povišenim koncentracijama PAT F i DOC, vrijednosti su grupirane uz liniju dobivenu za Xantan, odnosno organska tvar s visokim sadržajem ugljika pokazuje sličnu reaktivnost kao visokomolekularni polisaharid Xantan. Taj tip organskog materijala s visokim sadržajem organskog ugljika vjerojatno ima dominantnu ulogu stvaranju masivnih sluzavih agregata u sjevernom jadrano.

Tablica 2.5.4.1. Učestalost pojavljivanja raspona koncentracija DOC i PAT NF u površinskom sloju mora od 1998. do 2010. te u odabranim razdobljima s pojavama i bez pojava prekomjernog cvjetanja mora uz pojave sluzavih agregata na postajama profila Rovinj-ušće rijeke I

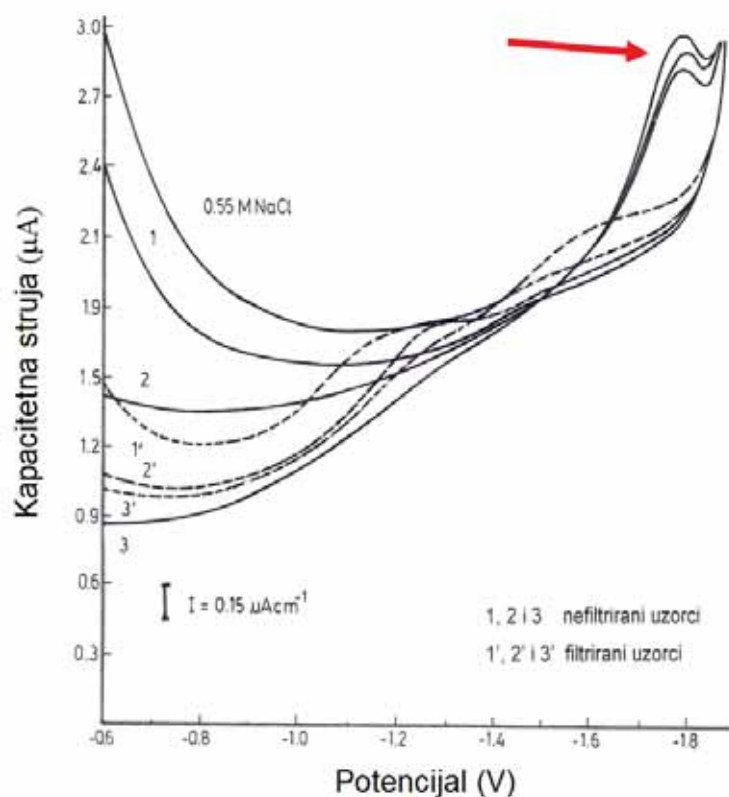
DOC 0,5m (mg/L)	1998-2010	pojave prekomjernog cvjetanja mora 1998-2004	bez pojava prekomjernog cvjetanja mora 2005-2010
≤1	10,9	0,4	24,2
1-1,4	34,8	27,3	44,3
1,4-1,8	33,6	39,2	26,5
>1,8	20,7	33,1	4,9
PAT NF 0,5m (mg/L)			
≤ 0,08	31,8	20,8	45,5
0,08-0,16	46,9	50,6	42,1
> 1,6	21,3	28,6	12,3





Slika 2.5.4.5. Korelacija između vrijednosti PAT F i DOC u području sjevernog Jadrana u dva razdoblja (s pojavama prekomjernog cvjetanja mora i bez tih pojava) u uzorcima skupljenim u površinskom sloju mora na području profila Rovinj-ušće rijeke Po.

Uz ispitivanje reaktivnosti, vremenske i prostorne raspodjele PAT, iz oblika mjerenih signala moguća je dodatna karakterizacija organske tvari u moru. Tako je u razdobljima prekomjernog cvjetanja mora dobiven karakteristični mjerni signal koji se direktno može povezati s prisutnošću specifične organske tvari koja sudjeluje u stvaranju sluzavih nakupina (slika 2.5.4.6.).



Slika 2.5.4.6. Karakteristični mjerni signal PAT NF za vrijeme pojave sluzavih nakupina

Signali se razlikuju po intenzitetu, od slabih u zimskim mjesecima (obično u veljači) do vrlo izraženih u ljetnim mjesecima za vrijeme masovnih pojava sluzavih nakupina. U kombinaciji s rezultatima ispitivanja drugih parametara kao što su DOC i POC, šećeri, TEP-ovi i drugi, ispitivanje površinski aktivnih tvari i kao i karakteristični električni signali mogu poslužiti kao jednostavni sustav rane najave pojave prekomjernog cvjetanja mora i sluzavih nakupina.

Zaključci

Analiza prikupljenih podataka o koncentracijama organske tvari u sjevernom Jadranu tijekom razdoblja 1998.-2010 pokazuje:

- da su izražena sezonska i prostorna kolebanja DOC i PAT NF različitog intenziteta karakteristična za područje sjevernog Jadrana te su najizraženija u produktivnoj eufotičkoj zoni;
- da je dugogodišnjim ispitivanjima DOC i PAT detektiran vidljivi trend promjena sadržaja, svojstava i kolebanja organske tvari. Značajno smanjenje sadržaja DOC i PAT od 1998. do 2006, upućuje na važan proces oligotrofikacije u sjevernom Jadranu, a koji potvrđuju i druga komparativna istraživanja u istom ekosustavu. Porast sadržaja DOC i PAT od 2007. do 2010. vjerojatno je posljedica novog ciklusa akumulacije organske tvari, koja, uz druge povoljne uvjete, može dovesti do ponavljanja štetnih pojava iz razdoblja 1998-2004;
- da su rezultati ispitivanja reaktivnosti PAT (NPA) omogućili su procjenu prisutnosti specifičnog tipa organskog materijala koji vrlo vjerojatno ima dominantnu ulogu u stvaranju sluzavih nakupina organske tvari i zajedno s karakterističnim mjernim signalima dobivanim ispitivanjima PAT, a koji direktno ukazuje na mogući razvoj sluzavih nakupina mogu se primijeniti i za ranu najavu štetnih pojava kao što je prekomjerno cvjetanje mora s pojavama sluzavih nakupina;
- da će buduća ispitivanje i sustavno praćenje dinamike promjena organske tvari u otopljenom (DOC) i partikularnom obliku (POC) kao i PAT omogućiti će bolje razumijevanje prirodnih promjena u ekosustavu mora kao i onih uzrokovanih antropogenim djelovanjem, a u kombinaciji s rezultatima komplementarnih istraživanja poslužiti će kao temelj za održivo korištenje, upravljanje i razvoj ovog prostora.



3. STANIŠNI TIPOVI

Prema hrvatskom Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine, 70/05, 139/08, 57/11), stanište je jedinstvena funkcionalna jedinica ekološkog sustava, određena zemljopisnim, biotičkim i abiotičkim svojstvima, a sva staništa iste vrste čine jedan stanišni tip. Biotička i abiotička svojstva pojedinih staništa morskog dna u Jadranskom moru navedena su u mnogim radovima znanstvene i stručne literature (za sažetak vidjeti Bakran-Petricioli, 2007; 2011 i izvore sadržane u tim publikacijama). Različiti hrvatski i međunarodni zakonski propisi klasificiraju staništa u kategorije prema različitoj metodologiji. Europska klasifikacija stanišnih tipova počinje se razvijati usvajanjem Direktive o staništima 1991. godine u okviru projekta CORINE-Biotopes, a Europska agencija za okoliš (EEA) zatim je razvila klasifikaciju staništa EUNIS (European Nature Information System) koja se posljednjih godina redovno upotrebljava za izvješćavanje o stanju okoliša. Način klasifikacije prevladavajućih stanišnih tipova u moru prema EUNIS klasifikaciji prikazan je na Slici 3.1., a sve informacije dostupne su na mrežnim stranicama (<http://eunis.eea.europa.eu/habitats>).

EUNIS habitat type hierarchical view

- ▣ A : Marine habitats
 - ▣ A1 : Littoral rock and other hard substrata
 - ▣ A2 : Littoral sediment
 - ▣ A3 : Infralittoral rock and other hard substrata
 - ▣ A3.1 : Atlantic and Mediterranean high energy infralittoral rock
 - ▣ A3.2 : Atlantic and Mediterranean moderate energy infralittoral rock
 - ▣ A3.2.1 : Kelp and red seaweeds (moderate energy infralittoral rock)
 - ▣ A3.2.2 : Kelp and seaweed communities in tide-swept sheltered conditions
 - ▣ A3.2.3 : Mediterranean and Pontic communities of infralittoral algae moderately exposed to wave action
 - ▣ A3.2.4 : Faunal communities on moderate energy infralittoral rock
 - ▣ A3.3 : Atlantic and Mediterranean low energy infralittoral rock
 - ▣ A3.4 : Baltic exposed infralittoral rock
 - ▣ A3.5 : Baltic moderately exposed infralittoral rock
 - ▣ A3.6 : Baltic sheltered infralittoral rock
 - ▣ A3.7 : Features of infralittoral rock
 - ▣ A4 : Circalittoral rock and other hard substrata
 - ▣ A5 : Sublittoral sediment
 - ▣ A6 : Deep-sea bed
 - ▣ A7 : Pelagic water column
 - ▣ A8 : Ice-associated marine habitats

Slika 3.1. Prevladavajući tipovi staništa u moru prema EUNIS klasifikaciji, primjer padajućeg izbornika vrsta staništa s mrežne stranice EUNIS-a

Europska unija obvezala se štititi biološku raznolikost i zaustaviti njezin gubitak u Europi do 2020. godine. Dva snažna europska propisa čine temelj politike EU kao odgovor na tu obvezu – Direktiva o pticama i Direktiva o staništima. Te direktive zajedno predstavljaju najambiciozniju inicijativu do danas, pokrenutu u cilju očuvanja vrijednih staništa i vrsta diljem svih zemalja članica EU-a, a rezultat je stvaranje oko 26000 zaštićenih područja koja čine „NATURA 2000” mrežu i koja prekrivaju više od 850000 km² površine EU. Hrvatska ima obvezu područja važna za ugrožene stanišne tipove uključiti u europsku ekološku mrežu „NATURA 2000”. Prema još jednom važnom sporazumu, Barcelonskoj konvenciji, zemlje potpisnice trebaju uspostaviti tzv. SPAMI (Specially Protected Areas of



Mediterranean Importance) područja prema SPA/BD protokolu (Protocol concerning specially protected areas and biological diversity in the Mediterranean), kako bi se potaknula suradnja u očuvanju i upravljanju najočuvanijih područja s ugroženim vrstama i staništima. Popis staništa prema SPA/BD protokolu može se pretvoriti u ostale klasifikacije prema posebnom ključu.

Međutim, niti jedna klasifikacija ne sadrži sve specifične kategorije staništa pojedinih zemalja pa stoga svaka zemlja pristupa izradi vlastite nacionalne klasifikacije staništa koju nastoji uskladiti s već postojećim europskim klasifikacijama. U Hrvatskoj se također došlo do zaključka da europske klasifikacije nisu dostatne za iskazivanje ukupnog bogatstva i raznolikosti stanišnih tipova Hrvatske, naročito u skupinama podzemnih i morskih staništa. Stoga je izrađena hrvatska nacionalna klasifikacija staništa (NKS, Narodne novine 119/09). Hrvatska nacionalna klasifikacija usporediva je s europskim klasifikacijama, npr. CORINE u čije se tipove može preoblikovati pomoću “ključa” izrađenog u Državnom zavodu za zaštitu prirode. Specifična hrvatska staništa (npr. staništa morem preplavljenog krša) uvrštena su u Palearktičku klasifikaciju staništa i klasifikaciju staništa Barcelonske konvencije.

Inventarizacija i kartiranje posebnih i ugroženih stanišnih tipova morskog dna

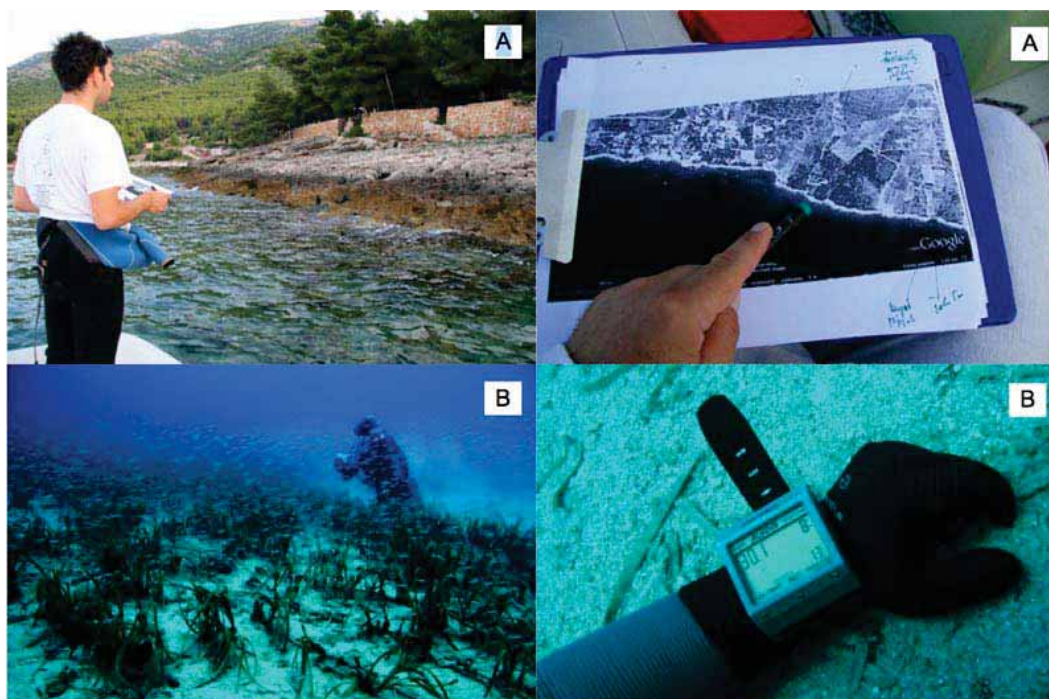
Podaci o rasprostranjenosti morskih svojti i staništa u Hrvatskoj su vrlo oskudni. Oni su do danas sakupljeni vremenski i prostorno vrlo nejednoliko, što je dijelom rezultat skupog i tehnički zahtjevnog istraživanja mora u odnosu na kopnena staništa, ali i manjka znanstvenika i stručnjaka. Zbog zanemarivanja struke i znanstvenih istraživanja mora, te nedostatnih sredstava za inventarizaciju bioraznolikosti morskih staništa, danas imamo vrlo malo sustavno prikupljenih informacija, pa čak i u zaštićenim morskim područjima (Bakran-Petricioli, 2007; Radović, 2010). Podaci su često prikupljeni različitom metodologijom, različite su kvalitete i pouzdanosti, ali najveći problem je što nisu centralizirani u jedinstvenoj bazi podataka. Karta morskih staništa, načinjena u sklopu projekta klasificiranja i kartiranja staništa Republike Hrvatske (Antonić, 2005) predstavlja teorijski prostorni model morskih staništa, tj. podlogu za daljnja detaljna kartiranja i inventarizaciju. Prema takvoj karti staništa, moguće je izdvojiti tipove staništa koji zauzimaju najmanju površinu te su zbog toga izrazito ugroženi. Supralitoralni muljevi, pijesci i šljunci zauzimaju manje od 6%, a infralitoralna područja (stanište morskih cvjetnica i fotofilnih alga) oko 8% ukupne duljine obale, što upućuje na njihovu veliku osjetljivost na utjecaj ljudskih aktivnosti (Bakran-Petricioli, 2011). Novi zamah inventarizacija bi mogla dobiti nakon izvedbe projekta “Identifikacija i uspostavljanje morskog dijela mreže NATURA 2000 u Hrvatskoj” kojim su se utvrdili potrebni koraci za dovršetak prijedloga morskih NATURA 2000 područja koja sadrže posebne i ugrožene stanišne tipove. Prijedlog NATURA 2000 područja u Hrvatskoj priređen je temeljem znanstvenih podataka i stručnih procjena o važnosti pojedinih područja, sukladno kriterijima zadanim Direktivom o pticama i Direktivom o staništima. On je rezultat višegodišnjeg rada Državnog zavoda za zaštitu prirode na pribavljanju, objedinjavanju i analizi relevantnih podataka u kojega se nastojalo uključiti što širu stručnu i znanstvenu zajednicu te nevladine udruge iz područja istraživanja i zaštite prirode. Zbog nedostatne istraženosti biološke raznolikosti Hrvatske podaci su još uvijek nepotpuni te su u tijeku intenzivna istraživanja čiji se rezultati ugrađuju u prijedlog i popunjava EU baza podataka NATURA 2000, a na temelju njih će se u budućnosti uspostaviti i obvezni monitoring. Gotovo svi prirodni i poluprirodni stanišni tipovi koji su zastupljeni u Hrvatskoj zaštićeni su europskim propisima. To ukazuje na vrijednost i bogatstvo naše biološke raznolikosti,



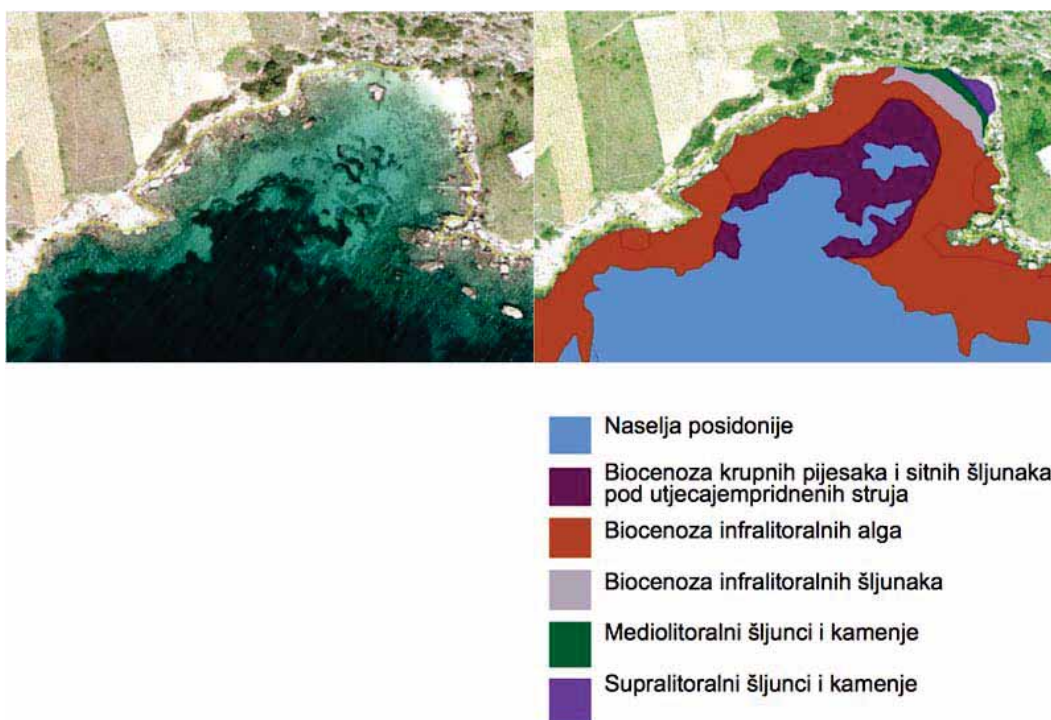
ali ujedno i na velike obveze - kako zaštite prirode, tako i svih korisnika prostora i prirodnih dobara. Neki tipovi staništa, poput mediolitoralnih muljeva i pijesaka, špilja, vrulja i kraških tvorevina te estuarija su u Hrvatskoj vrlo rijetki ili su specifični za ovu biogeografsku regiju. Međutim, takva staništa su ujedno i najslabije istražena i valorizirana te je za kvalitetnu primjenu odrednica ODMS potrebno višestruko povećati našu razinu znanja o njima jasnim poticanjem znanstvenih istraživanja u takvim područjima. Na slikama od 3.5. do 3.7. je prikazan proces kartiranja staništa na terenu i stvaranja kartografskih prikaza različitim metodama, u projektima Instituta za oceanografiju i ribarstvo (IOR).



Slika 3.5. Proces izrade karte staništa: kartiranje gornjeg ruba zajednice vrste *Posidonia oceanica* upotrebom zračnih snimaka, otok Vis, projekt COAST, 2008. godine



Slika 3.6. Terenski rad za potrebe izrade karte morskih staništa, projekti IOR-a, 2010.godine: Kartiranje obale (A); provjera dubine donjeg ruba livade posidonije (B)



Slika 3.7. Izrada GIS karata uz pomoć zračnih snimaka. Jasno prepoznatljiv gornji rub naselja posidonije i miješane biocenoze: krpasta naselja cvjetnice *Posidonia oceanica*, pjeskovito-šljunčano i stjenovito morsko dno (lijevo); realizacija karte (desno), IOR, 2010. godine

Najviši prioritet za inventarizaciju i kartiranje imaju posebni i ugroženi tipovi staništa. Ovdje navodimo popis ugroženih i rijetkih morskih stanišnih tipova koji zahtijevaju provođenje mjera očuvanja prema Pravilniku o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima NN 7/06, NN 119/09 i prema Dodatku 1 Direktive o staništima (Tablica 3.1.). Neki ugroženi i rijetki stanišni tipovi prikazani su na slikama, od 3.2. do 3.5.

Tablica 3.1. Morska Natura 2000 staništa u Hrvatskoj - odgovarajuća staništa po Nacionalnoj klasifikaciji staništa Republike Hrvatske (izvor:DZZP, priredila Tatjana Bakran-Petricioli, 2011. godine).

Morska Natura 2000 staništa prema Dodatku 1 Direktive o staništima (Interpretation Manual Eur 27, 2007)	Odgovarajuće morsko stanište prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa RH (Narodne novine 119/2009)
1. OBALNA STANIŠTA I STANIŠTA S HALOFITIMA	
11. Otvoreno more i područja pod utjecajem plime i oseke	
1110 Pješčana dna trajno prekrivena morem	** G.3.2.1. Biocenoza sitnih površinskih pijesaka ** G.3.2.2. Biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka ** G.3.3.1. Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem valova ** G.3.3.2. Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem pridonjenih struja u infralitoral ** G.3.4.1. Biocenoza infralitoralnih šljunaka ** G.4.2.4. Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem pridonjenih struja u cirkalitoral ** G.4.2.2. Biocenoza obalnih detritusnih dna
*1120 Naselje posidonije (<i>Posidonion oceanicae</i>)	** G.3.5.1. Biocenoza naselja vrste <i>Posidonia oceanica</i> (<i>Posidonion oceanicae</i>)
1130 Estuariji	** K.1. Estuariji (Kompleksna staništa) ** G.1.1.1.2. Pelagijal estuarija
1140 Muljevita i pješčana dna izložena zraku za vrijeme oseke	** F.1.2.1. Biocenoza plaža sa sporusušećim nakupinama ostataka morske vegetacije ** F.2.2.1. Biocenoza supralitoralnih pijesaka ** F.3.2.1. Biocenoza sporusušećih nakupina ostataka morske vegetacije (morskih cvjetnica i alga) na šljuncima ** G.2.1.1. Biocenoza mediolitoralnih muljevitih pijesaka i muljeva ** G.2.2.1. Biocenoza mediolitoralnih pijesaka G.2.3.1. Biocenoza mediolitoralnih dna s krupnim detritusom
* 1150 Obalne lagune	** K.2. Obalne lagune (Kompleksna staništa) ** G.3.1.1. Eurihalina i euritermna biocenoza ** F.4.2.1.3. Supralitoral krških morskih jezera ** G.2.4.4. Mediolitoral krških morskih jezera ** G.3.7.1. Infralitoral krških morskih jezera ** G.4.4.1. Cirkalitoral krških morskih jezera
1160 Velike plitke uvale i zaljevi	** K.3. Velike plitke uvale i zaljevi (Kompleksna staništa) ** G.3.2.3. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala
1170 Grebeni	** F.4.2.1. Biocenoza supralitoralnih stijena ** G.2.4.1. Biocenoza gornjih stijena mediolitorala ** G.2.4.2. Biocenoza donjih stijena mediolitorala ** G.3.6.1. Biocenoza infralitoralnih alga ** G.4.3.1. Koraligenska biocenoza ** G.4.3.3. Biocenoza potpućinskih stijena (stijena na rubu kontinentske podine) ** G.4.3.4. Biocenoza vulja ponorskog tipa ** G.5.3.1. Biocenoza dubinskih koralja (batijal Jadranskoga mora)
8. STANIŠTA NA STIJENAMA I ŠPILJE	
83. Ostala staništa na stijenama	
8330 Preplavljene ili dijelom preplavljene morske špilje	** G.2.4.3. Biocenoza mediolitoralnih špilja ** G.4.3.2. Biocenoza polutamnih špilja ** G.5.3.2. Biocenoza špilja i prolaza u potpunoj tami (u batijalu, ali i u gornjim stepenicama kao enklava)

* - prioritarna staništa – ona od interesa za čitavu EU, očuvanje kojih zahtijeva određivanje posebnih područja za očuvanje (prema Direktivi o staništima EU)

** - ugroženi i rijetki stanišni tipovi koji zahtijevaju provođenje mjera očuvanja (Narodne novine 119/2009)





Slika 3.2. Mediolitoralni muljevi



Slika 3.3. Infralitoralna čvrsta dna i stijene



Slika 3.4. Naselja vrste *Posidonia oceanica*



Slika 3.5. Cirkalitoralna čvrsta dna i stijene

Prema odrednicama ODMS, za očuvanje stanišnih tipova vrlo je važno uspostavljanje mreže zaštićenih područja. U tom dijelu se odredbe ODMS preklapaju s odredbama Direktive o staništima, tj. uspostavom "NATURA 2000" mreže te uspostavljanjem drugih zaštićenih morskih područja prema međunarodnim sporazumima (npr. SPAMI područja prema Barcelonskoj konvenciji) i nacionalnom zakonodavstvu (nacionalna ekološka mreža, zaštićena morska područja: nacionalni parkovi, parkovi prirode, regionalni parkovi, strogi rezervati, posebni rezervati, spomenici prirode, značajni krajobrazi i dr.). Potrebno je uložiti dodatne napore kako bi se napravila inventarizacija posebnih i ugroženih tipova staništa u svim zaštićenim morskim područjima, što je osnova kasnijeg monitoringa za ostvarenje ciljeva bilo koje od spomenutih direktiva i sporazuma. Očuvanje staništa i čitavog ekosustava unutar svih kategorija zaštićenih područja preduvjet je za postizanje dobrog stanja prema odredbama ODMS i stoga prioritet znanstvenog i stručnog djelovanja u sljedećem razdoblju trebaju biti upravo ugrožena morska staništa i stvaranje mreže morskih zaštićenih područja.

Zaključak

Gotovo svi prirodni i poluprirodni stanišni tipovi koji su zastupljeni u Hrvatskoj zaštićeni su europskim propisima. To ukazuje na vrijednost i bogatstvo naše biološke raznolikosti, ali ujedno i na velike obveze - kako zaštite prirode, tako i svih korisnika prostora i prirodnih dobara. Neki tipovi staništa, poput mediolitoralnih muljeva i pijesaka, špilja, vrulja i kraških tvorevina te estuarija su u Hrvatskoj vrlo rijetki ili su specifični za ovu biogeografsku regiju. Međutim, takva staništa su ujedno i najslabije istražena i valorizirana te je za kvalitetnu primjenu odrednica ODMS potrebno višestruko povećati našu razinu znanja o njima jasnim poticanjem znanstvenih istraživanja u takvim područjima. Prema odrednicama ODMS, za očuvanje stanišnih tipova vrlo je važno uspostavljanje mreže zaštićenih područja. U tom dijelu se odredbe ODMS preklapaju s odredbama Direktive o staništima, tj. uspostavom Natura 2000 mreže te uspostavljanjem drugih zaštićenih morskih područja prema međunarodnim sporazumima (npr. SPAMI područja prema Barcelonskoj konvenciji) i nacionalnom mrežom zaštićenih morskih područja. Očuvanje staništa i čitavog ekosustava unutar zaštićenih područja preduvjet je za postizanje dobrog stanja prema odredbama ODMS i stoga prioritet znanstvenog i stručnog djelovanja u sljedećem razdoblju treba biti upravo istraživanje, inventarizacija i kartiranje ugroženih morskih staništa te stvaranje mreže morskih zaštićenih područja.



4. BIOLOŠKA SVOJSTVA

4.1. KRATKO-ŽIVUĆI JEDNOSTANIČNI PLANKTONSKI ORGANIZMI

Kratko-živući jednostanični planktonski organizmi najbrže reagiraju na promjene koje se događaju u morskim ekosustavima. Promjene koje se događaju u mikrobim zajednicama brzi su odgovor na promjene različitih abiotičkih (temperatura, salinitet, vertikalna dinamika vodenog stupca, horizontalna gibanja vodenih masa, meteorološke prilike, potencijalni utjecaj većih rijeka, koncentracije organskih i anorganskih hranjiva, antropogeni utjecaji) i bioloških faktora (trofički odnosi i sve druge interakcije između komponenata planktonskih hranidbenih mreža).

Promjene u planktonskim zajednicama mogu se pratiti na više razina (Slika 4.1.1.). Kvantitativne promjene podrazumijevaju promjene u vrijednostima pojedinih parametara (npr. povećanje ili smanjenje broja, biomase ili proizvodnje pojedine skupine organizama). Drugi tip promjena su kvalitativne promjene koje podrazumijevaju promjene u sastavu, veličinskoj strukturi ili brojčanim odnosima između pojedinih taksonomskih i/ili trofičkih skupina. Napokon, promjene se mogu dogoditi i na razini strukture i funkcioniranja hranidbenih mreža, mehanizama kontrole pojedinih trofičkih kategorija, sezonskih ciklusa, te niza drugih ekoloških procesa.

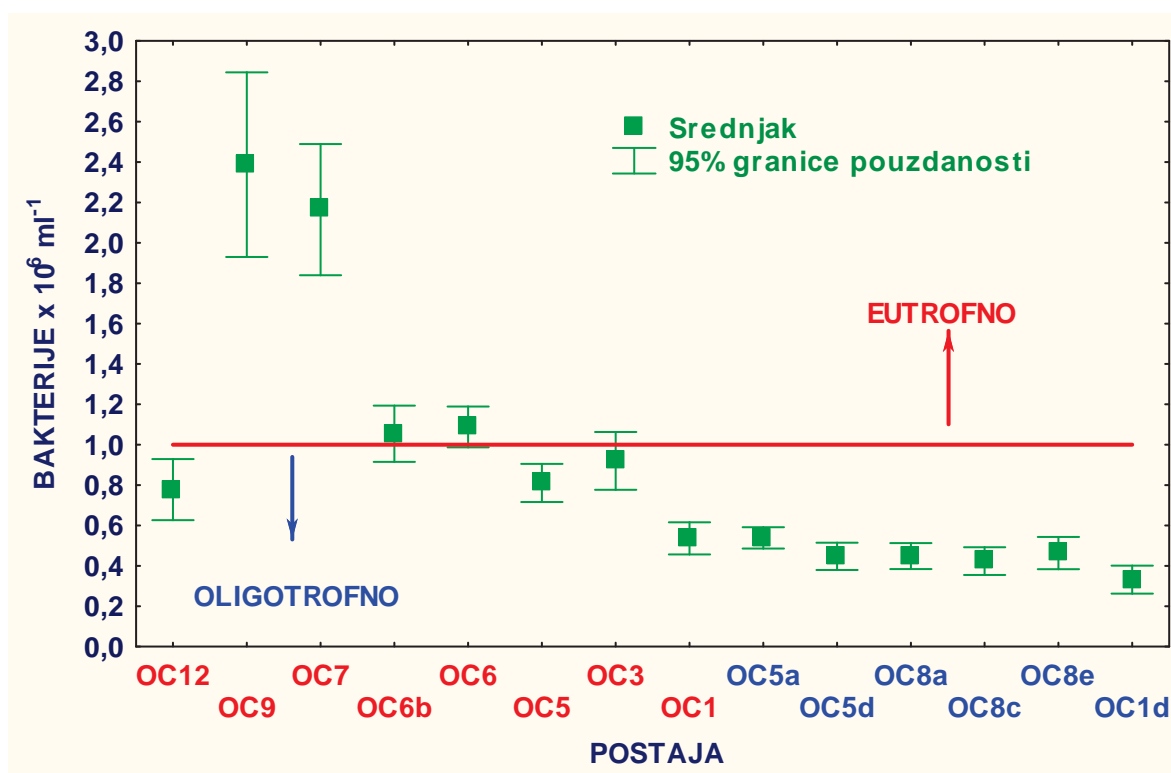


Slika 4.1.1. Pregled mogućih promjena u planktonskim zajednicama kao odgovor na promjene u okolišu.



4.1.1. Heterotrofne bakterije

Procjena stanja hrvatskog dijela Jadranskog mora, temeljena na mikrobiološkim parametrima, obuhvatila je kvantitativne, kvalitativne i funkcionalne pokazatelje. Kvantitativni pokazatelji koji su se prvenstveno temeljili na bakterijskoj brojnosti i proizvodnji analizirani su na 14 postaja koje su obuhvatile priobalne i kanalske vode od Zadra do Dubrovnika (8 postaja), otvorene vode srednjeg Jadrana (5 postaja), te otvorene vode južnog Jadrana (1 postaja) (Slika 1.1.). Analiza kvalitativnih i funkcionalnih pokazatelja unutar mikrobne hranidbene mreže napravljena je na primjeru dva trofički različita područja, Kaštelanskog zaljeva (postaje OC6 i OC7) i jedne postaje u otvorenom moru srednjeg Jadrana (Stončica, OC5a), budući je dobra pokrivenost podacima na ovim postajama omogućavala ovakvu vrstu analize.



Slika 4.1.1.1. Višegodišnje prosječne vrijednosti broja bakterija na postajama u priobalnom (crvene oznake) i otvorenom (plave oznake) moru. Crvena crta označava brojnost bakterija od $1 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$ koja se može uzeti kao granica koja dijeli siromašnija (oligotrofna) od bogatijih (eutrofna) morskih područja.

Brojnost bakterija je daleko stabilniji parametar u odnosu na većinu drugih bioloških parametara u planktonskim zajednicama. Ako isključimo izuzetno ekstremna staništa broj bakterija u svjetskim morima varira između 5×10^5 i 1×10^7 stanica ml^{-1} (Cole et al., 1988; Sanders et al., 1982). Bakterijska brojnost je u pravilu odgovor na prosječno stanje bogatstva pojedinog morskog područja (pod bogatstvom



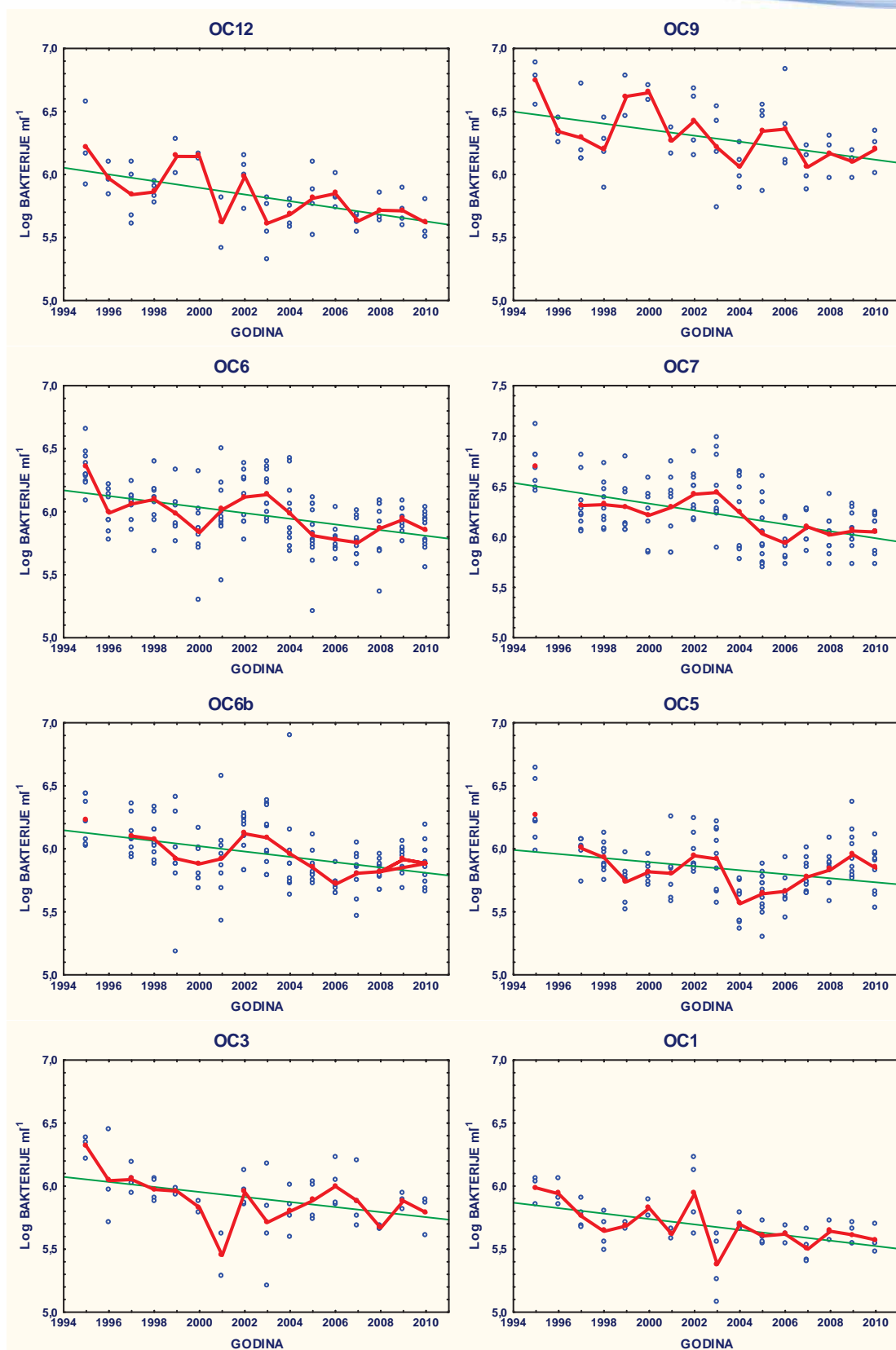
podrazumijevamo koncentracije hranidbenih resursa, dakle hranjivih soli i otopljene organske tvari), pri čemu se brojnost od 1×10^6 stanica ml^{-1} može uzeti kao granica koja dijeli siromašnija (oligotrofna) od bogatijih (eutrofnih) morskih okoliša (Cotner and Biddanda, 2002).

Brojnost bakterija na istraživanim postajama jasno pokazuje umjereni stupanj trofije u najvećem dijelu priobalnog mora (prosječne vrijednosti broja bakterija se kreću oko $1 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$), dok su otvorene vode oligotrofne (prosječne vrijednosti su uglavnom niže od $0.5 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$) (Slika 4.1.1.1.). Povišene vrijednosti bakterijske abundancije u priobalnim vodama, koje upućuju na viši trofički stupanj, utvrđene su u područjima koja su bogatija hranjivima zbog prirodnih razloga (estuarska područja) i/ili antropogenih utjecaja (Područje Šibenika, OC9 i Vranjički bazen – istočni dio Kaštelanskog zaljeva, OC7) (Slika 4.1.1.1.).

Višegodišnje fluktuacije broja bakterija na svim priobalnim postajama pokazuju blagi trend smanjenja bakterijske brojnosti u razdoblju od 1995-2010 (Slika 4.1.1.2.). S druge strane, na nekim postajama otvorenog mora opaža se blagi trend porasta brojnosti bakterija, dok na drugima nema jasnog trenda (Slika 4.1.1.3.).

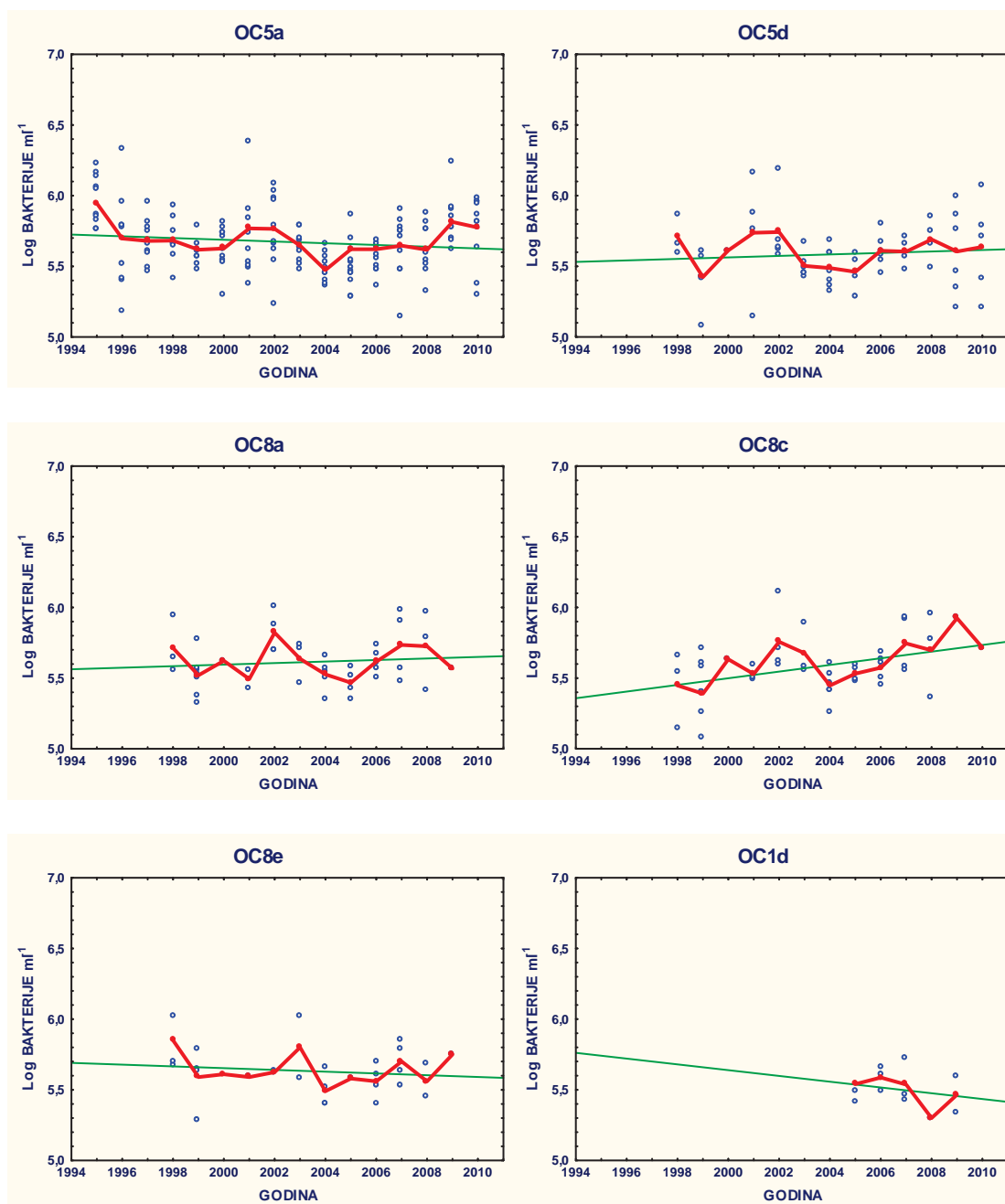
U usporedbi s bakterijskom abundancijom, bakterijska proizvodnja je varijabilniji parametar i u većoj je mjeri odgovor na inpute hranjiva nego na prosječno stanje bogatstva određenog područja. Ipak, višegodišnje prosječne vrijednosti bakterijske proizvodnje jasno ukazuju na razlike u trofičkom statusu pojedinih područja. Slika 4.1.1.4 pokazuje odgovor bakterija kroz njihovu proizvodnju na prosječno bogatstvo pojedinih područja u priobalnom i otvorenom moru, koji je u potpunosti u skladu s ranije prikazanim promjenama bakterijske brojnosti (Slika 4.1.1.1.).



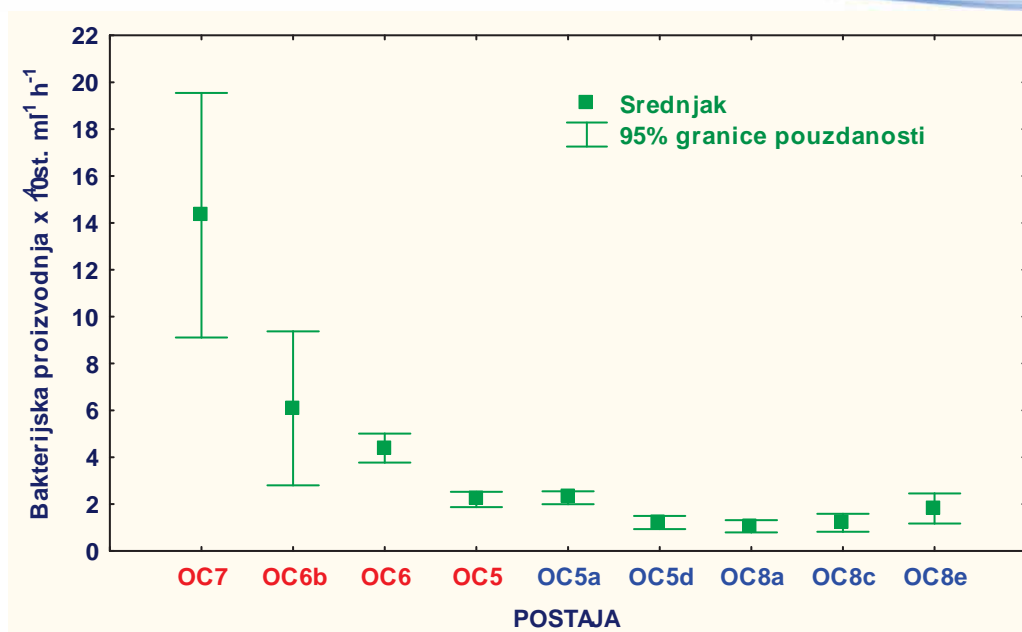


Slika 4.1.1.2. Višegodišnja analiza brojnosti bakterija u priobalnom moru (plavo – pojedinačne vrijednosti; crveno – godišnji srednjaci; zeleno – linearni trend).

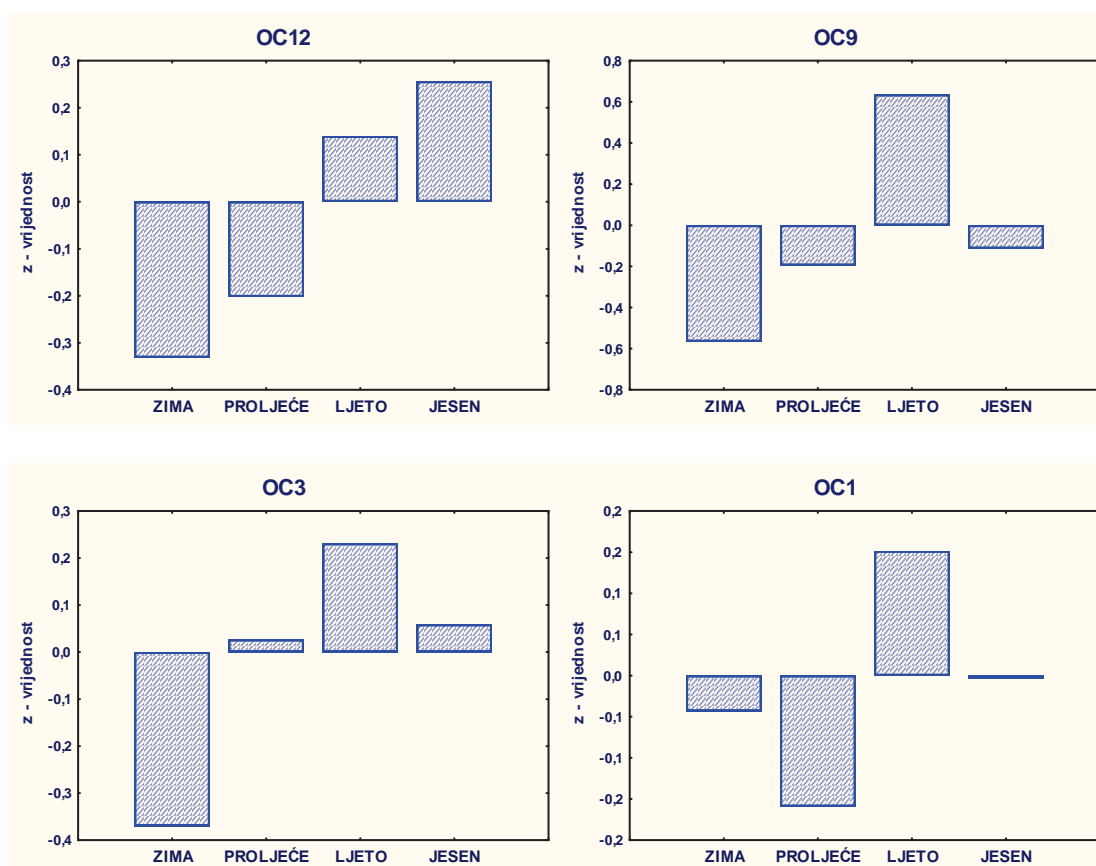




Slika 4.1.1.3. Višegodišnja analiza brojnosti bakterija u otvorenom moru (plavo – pojedinačne vrijednosti; crveno – godišnji srednjaci; zeleno – linearni trend).



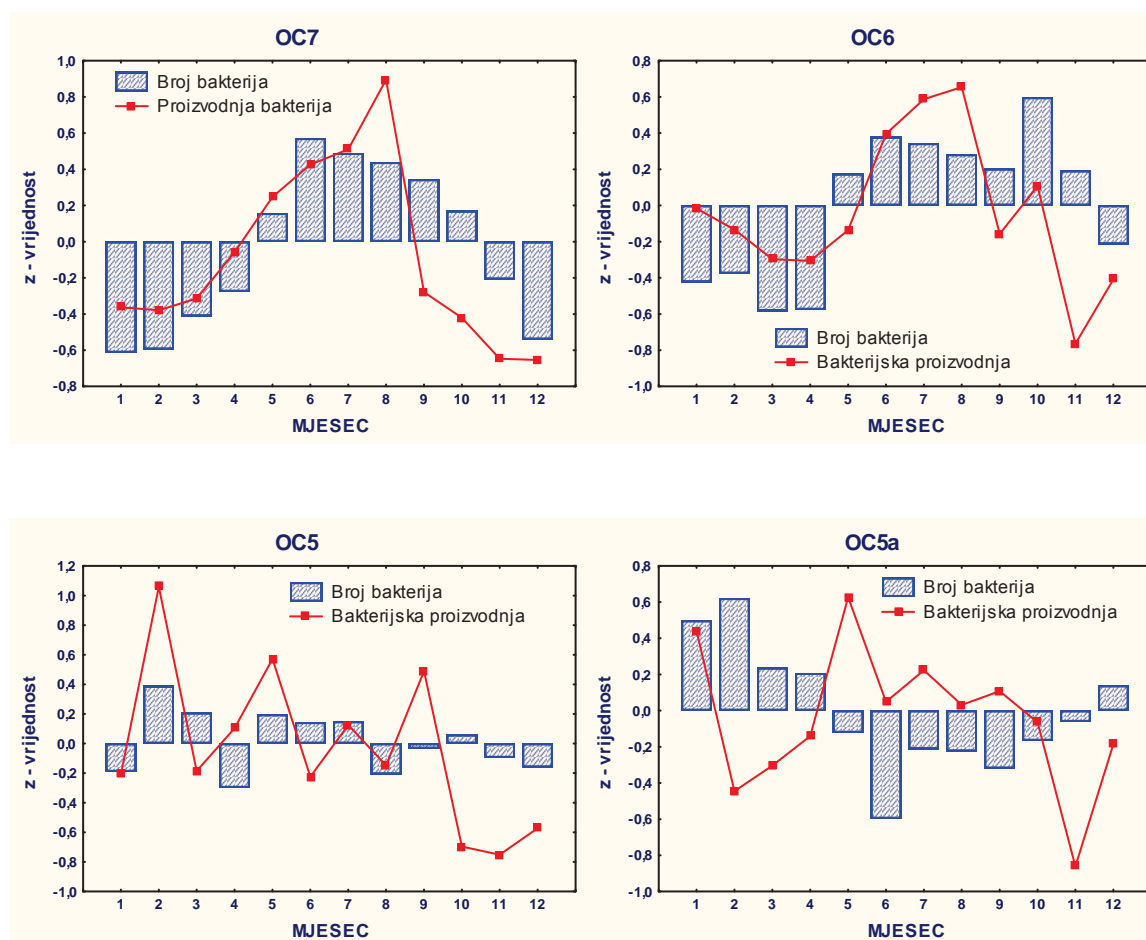
Slika 4.1.1.4. Višegodišnje prosječne vrijednosti bakterijske proizvodnje na postajama u priobalnom (crvene oznake) i otvorenom (plave oznake) moru.



Slika 4.1.1.5. Standardizirane mjesečne vrijednosti broja bakterija (višegodišnji srednjaci) u priobalnim vodama zadarskog (OC12), šibenskog (OC9), pločanskog (OC3) i dubrovačkog (OC1) područja.



Prosječne sezonske fluktuacije bakterijske brojnosti u priobalnim vodama ukazuju na porast bakterijske abundancije u toplijem dijelu godine (ljetu i jesen), te opadanje bakterijske brojnosti u hladnijem dijelu godine (zima i proljeće) (Slika 4.1.1.5.).

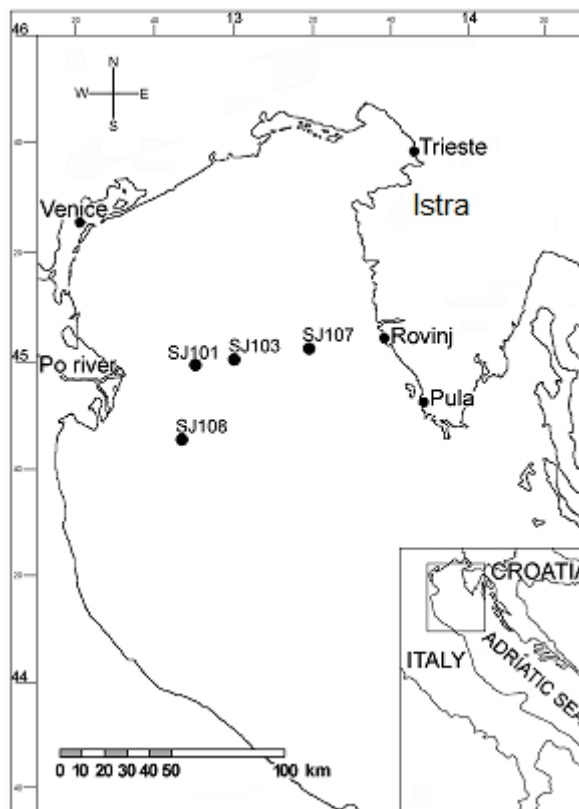


Slika 4.1.1.6. Standardizirane mjesečne vrijednosti broja bakterija i bakterijske proizvodnje (višegodišnji srednjaci) duž trofičkog gradijenta u srednjem Jadranu.

Analiza sezonske raspodjele bakterijske brojnosti na postajama u srednjem Jadranu raspoređenim od obale prema otvorenom moru ukazala je na promjene u sezonskim ciklusima bakterijske brojnosti duž trofičkog gradijenta (Slika 4.1.1.6.). Dok je na postajama u Kaštelanskom zaljevu (OC6 i OC7) sezonska raspodjela bila u skladu s ranije pokazanim priobalnim postajama (Sl. 6) s povišenim vrijednostima u toplijem dijelu godine, na postaji otvorenog mora (Stončica, OC5a) utvrđene su povišene vrijednosti bakterijske brojnosti u hladnijem dijelu godine (zima i proljeće). Postaja u kanalskim vodama (Splitska vrata, OC5) ima značajke i priobalnih i otvorenih voda, pa su uočeni maksimumi bakterijske abundancije i u toplijem i u hladnijem dijelu godine. Na Slici 4.1.1.6. su također prikazane i sezonske oscilacije bakterijske proizvodnje duž trofičkog gradijenta koje su uglavnom u skladu s oscilacijama brojnosti bakterija. Jedina značajnija razlika uočena je na postaji otvorenog mora gdje su se uz pojavu zimskog maksimuma i dalje zadržale povišene vrijednosti bakterijske proizvodnje tijekom toplijeg dijela godina. Ovo se može objasniti činjenicom da je bakterijska proizvodnja u većoj mjeri ovisna o temperaturi nego što je to bakterijska abundancija.

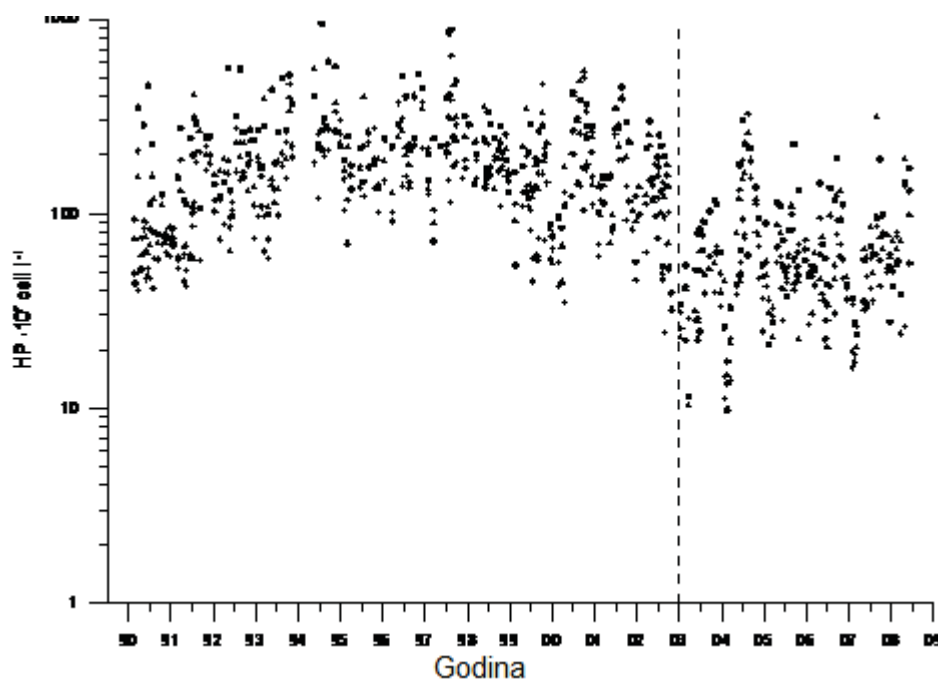


U sjevernom Jadranu se izmjenjuje utjecaj slatkih voda, prvenstveno unešenih rijekom PO, i advekcijom unešene vode iz srednjeg Jadrana (uz istočnu obalu). Te vode različitih sadržaja hranjivih soli oblikuju strukturu biološkog ciklusa u području (Karner et al., 1992; Socal et al., 2008). Kao rezultat utjecaja meteoroloških prilika, obima dotoka rijeke Po i sistema strujanja vodenih masa oblikuje se trofički status sjevernog Jadrana.



Slika 4.1.1.7. Istraživano područje u sjevernom Jadranu s naznačenim postajama.

Istraživanja provedena na području prikazanom na slici 4.1.1.7. u razdoblju 1990-2008. (u mjesečnim intervalima) ukazala su na fitoplankton kao regulator aktivnosti i biomase heterotrofnih bakterija (Fuks et al. 2005). Postaje SJ101 i SJ108, smještene bliže ušću rijeke Po, uvrštene su u eutrofne, dok se postaja SJ107 smatra mezotrofnom (povremeno oligotrofna). Tijekom zadnjeg desetljeća smanjen je protok rijeke Po (Zanchettin et al., 2008) a slijedom toga su smanjene i količine PO_4 i NO_3 u području sjevernog Jadrana (Solidario et al., 2009). Sukladno tome bilježi se pomak ka većoj brojnosti malih veličinskih frakcija fitoplanktona (Mozetič et al., 2010). Navedene promjene unutar veličinskih frakcija glavnog izvora otopljene organske tvari, utjecale su na sintezu proteina i DNA u heterotrofnih bakterija a time i na njihovu abundanciju u istraživanome području. Iako je u razdoblju 1990-2008. brojnost heterotrofnih bakterija (kretala se od 3×10^7 do 947×10^7 stanica L^{-1}) značajno varirala (prostorno, sezonski i godišnje), statistički značajan pad brojnosti heterotrofnih bakterija je opažen u razdoblju nakon 2002. godine (Slika 4.1.1.8.; Tablica 4.1.1.; Ivančić et al., 2010).



Slika 4.1.1.8. Abundancija heterotrofnih bakterija (Heterotrofnih prokariota – HP) u površinskom sloju na transektu Rovinj – Po (+ SJ107; SJ103; SJ101; • SJ108) u razdoblju 1990 - 2008. (Prema Ivančić et al.2010)

Tablica 4.1.1.1. Međuovisnost (korelacija) između brojnosti heterotrofnih bakterija (HB) i abiotičkih i biotičkih čimbenika okoline (r – standardizirani koeficijenti korelacije) u razdoblju 1990-2008. testirana multiplom regresijom ($n = 4052$, multiple $r = 0.746$, $p < 0.000$). Razlike ovisnosti heterotrofnih bakterija (HB) o navedenim čimbenicima u dva razdoblja (2003-2008 *versus* 1990-2002; SP efekt) testirana je ANCOVA. ++ odgovara vjerojatnosti na nivou $p < 0.001$, ns – nije signifikantno kod $p < 0.05$.

Parametar	r	SP efekt
Razdoblje	- 0.550	
Temperatura (t)	0.169	ns
Salinitet (S)	- 0.068	ns
Ortofosfat (PO_4)	0.080	ns
Otopljeni anorganski dušik (DIN)	0.052	ns
Klorofil a (chl a)	0.154	++
Cijanobakterije - brojnost (CB)	0.130	++
Heterotrofni flagelati – brojnost (HF)	0.107	++

Istovremeno ovisnost brojnosti bakterija o čimbenicima okoliša (temperatura, salinitet i nutrijenti) nije bila različita u dva razdoblja. Korelacija brojnosti heterotrofnih bakterija (HB) i klorofila a (izvor hrane) bila je značajna, ali ne različitog opsega glede dva

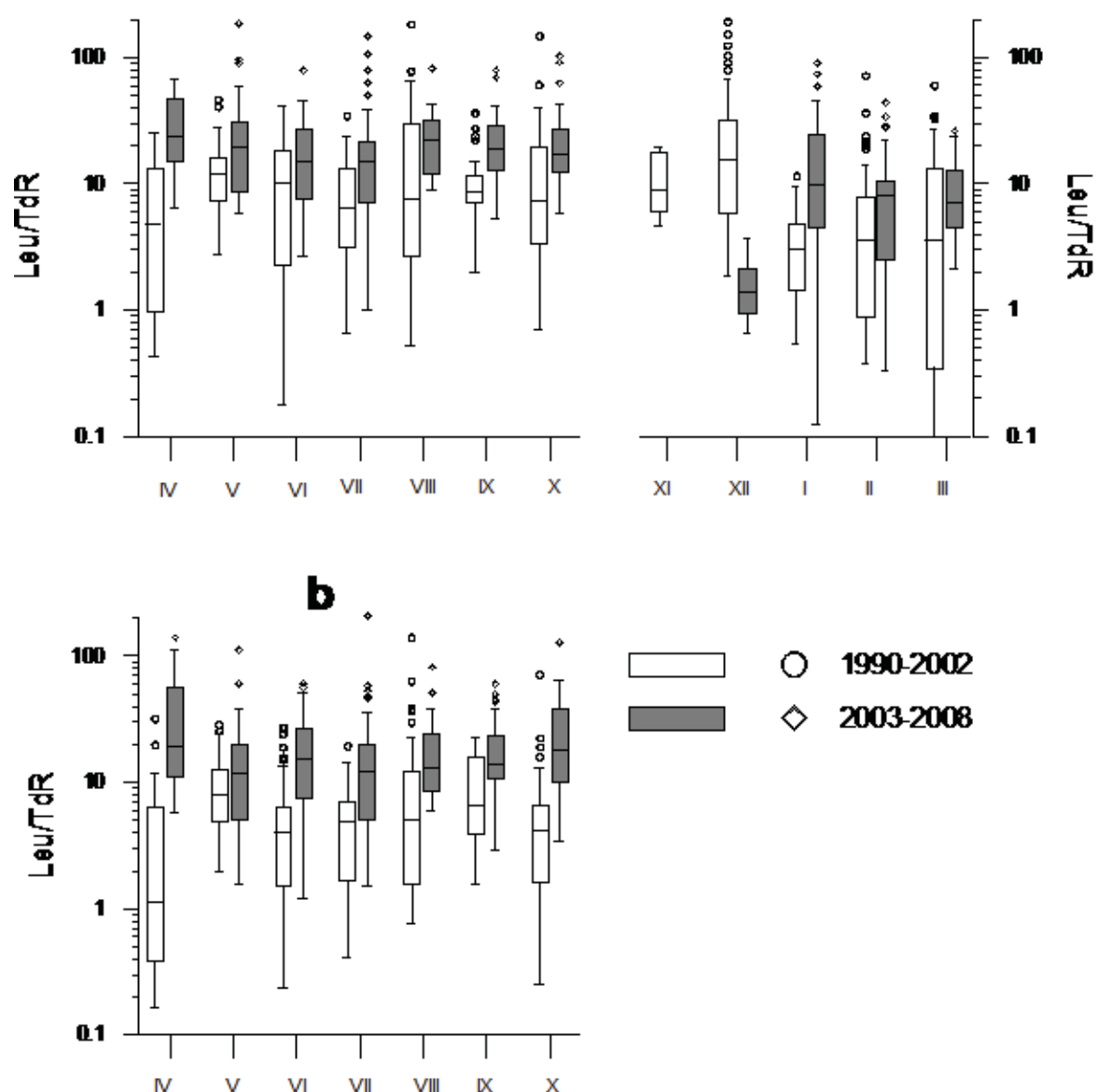
razdoblja (Tablica 4.1.1.2.), dok je korelacija HB s brojnošću cijanobakterija bila značajna i različita u dva razdoblja.

Tablica 4.1.1.2. Koeficijent korelacije (r) za (A) međuovisnost brojnosti heterotrofnih bakterija (HB) o biološkim čimbenicima i (B) brojnosti heterotrofnih nanoflagelata o brojnosti cijanobakterija u razdobljima: 1990-2002 ($n = 2731$) i 2003-2008 ($n = 1341$). ++ statistički značajno na razini $p < 0.001$, ns – nije značajno ($p > 0.05$).

Parametar	1990-2002		2003-2008	
	r	p	r	p
A)				
Klorofil a (chl a)	0.278	++	0.244	++
Cijanobakterije – brojnost (CB)	0.143	++	0.397	++
Heterotrofni nanoflagelati – brojnost (HF)	0.235	++	0.025	ns
B)				
Cijanobakterija – brojnost (CB)	0,316	++	0.240	++

Korelacija između HB i njihovih glavnih predatora - heterotrofnih flagelata - bila je značajna samo u razdoblju 1990-2002., a beznačajna, uz znatno smanjenje brojnosti predatora, u razdoblju 2003-2008 (Tablica 4.1.1.2.). To upućuje na zaključak da je top-down kontrola HB u drugom razdoblju smanjena. Pretpostavlja se da cijanobakterije u drugom razdoblju predstavljaju značajniji udio u hranjenju većih frakcija mikroorganizama nego HB. Također, u razdoblju 2003-2008. dolazi do alternacije sinteze proteina i DNA obzirom na iste aktivnosti HB u razdoblju 1990-2002 (Slika 4.1.1.9.). To upućuje na promjenjenu kvalitetu otopljene organske tvari koju proizvode primarni proizvođači tijekom dva razdoblja u sjevernom Jadranu. Smanjene koncentracije ortofosfata (limitirajući faktor u Jadranu) i promjena kvaliteta organske tvari u razdoblju 2003-2008. limitirala je ugradnju timidina (sinteza DNA) i omogućila veću ugradnju leucina (sinteza proteina) u HB.





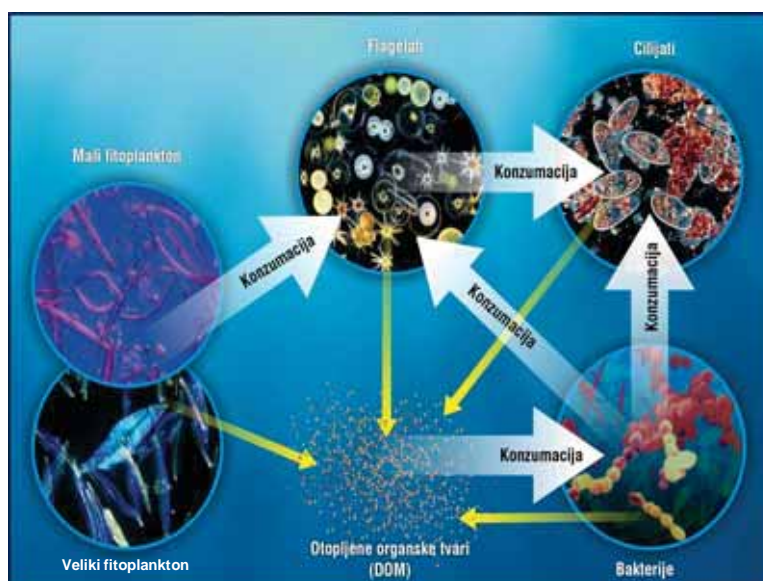
Slika 4.1.1.9. Box-whiskers plot omjera ugradnje leucina i timidina (Leu/TdR) u stanice heterotrofnih bakterija na transektu Rovinj- Po u razdobljima 1990-2002 (bijeli box) i 2003-2008 (sivi box). (a) gornji sloj i (b) dublje vode u vrijeme raslojenosti vodenog stupca, i (c) u moru tijekom izmještanosti vodenog stupca (Prema Ivančić et al.2010).

Navedeni rezultati su pokazali da se meteorološki (klimatski) i hidrografski uvjeti koji iz toga slijede u sjevernom Jadranu neposredno odražavaju kroz aktivnosti u mikrobnoj zajednici posebno heterotrofnih bakterija.

Značajke mikrobne hranidbene mreže kao pokazatelja stanja morskog okoliša

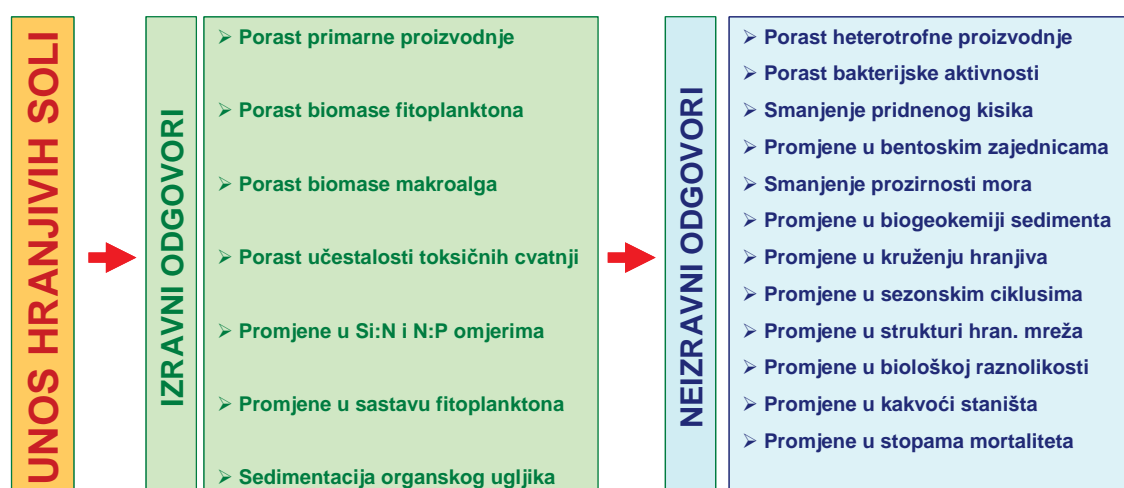
Glavne funkcije mikroorganizama u planktonskim hranidbenim mrežama su proizvodnja i razgradnja organske tvari, regeneracija anorganskih hranjiva, te konverzija mrtve organske tvari koja bi bila izgubljena za hranidbenu mrežu u živu biomasu.

U pelagičkom okolišu nalazimo dva bitno različita trofička puta: jednostavnu i kratku herbivornu hranidbenu mrežu koja uključuje veliki fitoplankton i zooplankton, te vrlo složenu mikrobnu hranidbenu mrežu koja uključuje veliki broj malih prokariotskih i eukariotskih skupina organizama (bakterije; cijanobakterije; autotrofni, heterotrofni i miksotrofni nanoflagelati, te mikrozooplankton od kojeg su najvažniji cilijati) vrlo efikasni u recikliranju organske tvari i hranjivih soli (Sl. 4.1.1.10.). Herbivorna hranidbena mreža dominira u eutrofnim uvjetima, dok je uloga mikrobne hranidbene mreže značajnija u oligotrofnim uvjetima.



Slika 4.1.1.10. Najvažnije komponente mikrobne hranidbene mreže.

Struktura mikrobne hranidbene mreže i uloga mikroorganizama u biogeokemijskim procesima u morskim ekosustavima značajno variraju u ovisnosti o trofičkom statusu morskog okoliša (Cotner and Biddanda, 2002; Berglund et al., 2007). Eutrofikacija koju pokreće povećani unos hranjivih soli izravno ili neizravno utječe na veliki broj promjena u morskim ekosustavima, pa tako i na promjene u strukturi i funkcioniranju hranidbenih mreža (Slika 4.1.1.11.).



Slika 4.1.1.11. Pregled izravnih i neizravnih odgovora morskog ekosustava na proces eutrofikacije.

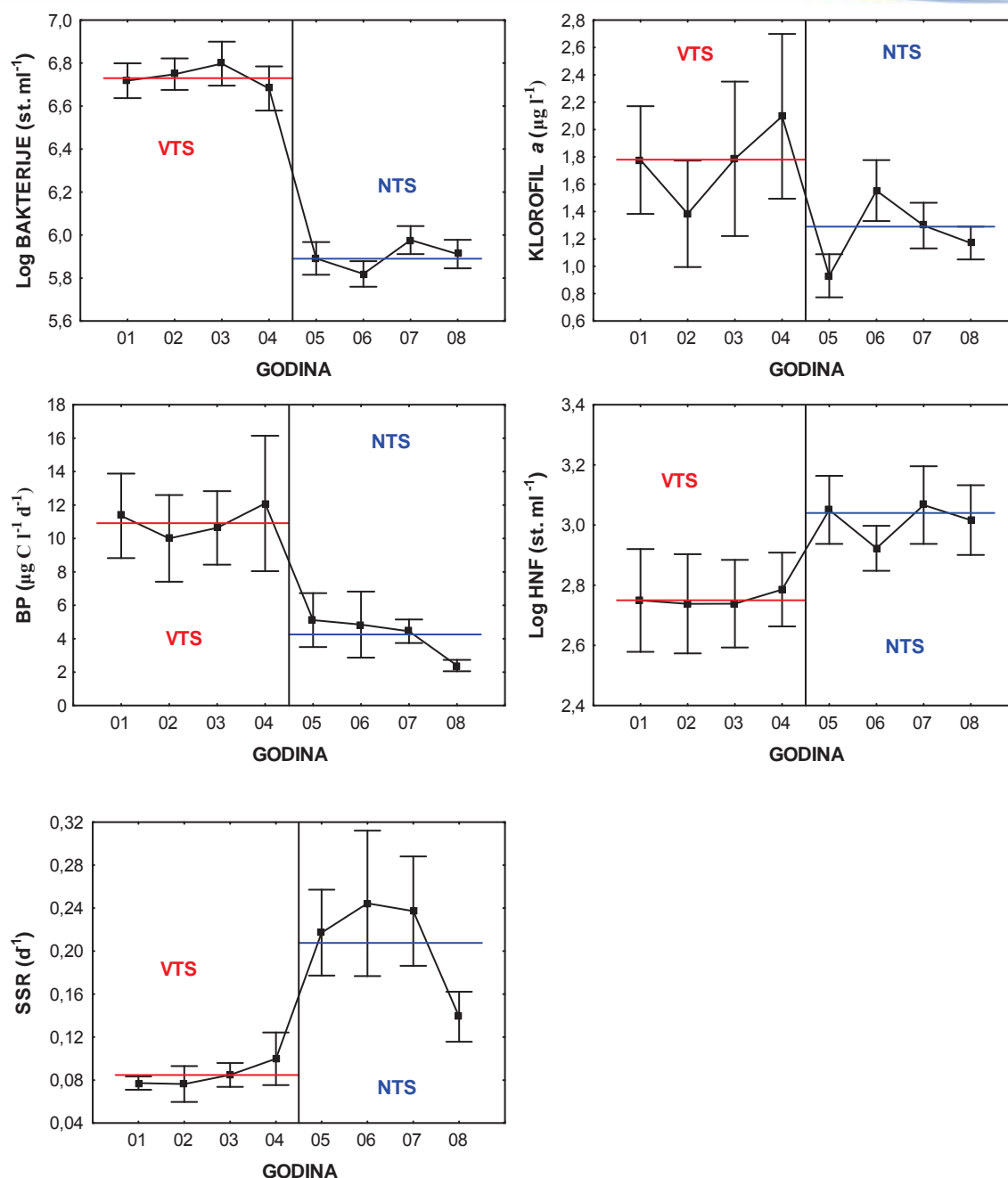
Obogaćivanje morskog okoliša hranjivima u pravilu vodi k porastu abundancije i biomase svih komponentata mikrobne hranidbene mreže, međutim odgovor svake pojedine skupine organizama na promjenjene uvjete može se značajno razlikovati (Gasol and Vaqué, 1993; Jansson et al., 1996; Šolić et al., 2010). Dakle, opskrba hranjivima može značajno utjecati na strukturu i funkcioniranje mikrobne hranidbene mreže, kao i na prirodu interakcija između njenih pojedinih komponenata.

Jedna od važnih strukturnih i funkcionalnih značajki mikrobne hranidbene mreže je mehanizam kontrole pojedinih skupina mikroorganizama. Organizmi mogu biti kontrolirani količinom raspoloživih resursa (hranom) i takvu kontrolu nazivamo kontrola resursima ili „bottom-up“ kontrola, kao i predatorima koji reduciraju njihovu abundanciju ispod resursima određene razine i takvu kontrolu nazivamo kontrola predatorima ili „top-down“ kontrola. Relativni značaj jednog ili drugog tipa kontrole također može ovisiti o trofičkom statusu morskog okoliša (Gasol et al., 2002; Šolić et al., 2009).

U nastavku su na primjeru dvaju trofički različitih područja (Kaštelanski zaljev i otvoreno more kod otoka Visa) prikazane neke strukturne i funkcionalne značajke mikrobne hranidbene mreže koje mogu poslužiti kao pokazatelj stanja morskog okoliša.

Do 2005. godine se u istočni dio Kaštelanskog zaljeva (Vranjički bazen) ulijevala 1/3 kanalizacijskih otpadnih voda grada Splita (oko 4.4 milijuna m³ otpadnih voda godišnje) koje su u Vranjički bazen donosile velike količine organske tvari i hranjivih soli čineći ovaj dio zaljeva visoko eutrofiziranim. Krajem 2004. godine proradio je kanalizacijski sustav, tako da je unos otpadnih voda preko noći prestao. Ta je okolnost dala odličnu priliku za istraživanje promjena u mikrobnoj hranidbenoj mreži koje su se dogodile zbog promjene stanja morskog okoliša iz višeg u niži stupanj trofije. Koncentracije organske tvari i svih hranjivih soli značajno su se smanjile (Šolić et al., 2010), a to se odrazilo i na kvantitativne i strukturne promjene u mikrobnoj hranidbenoj mreži (Slika 4.1.1.12.).



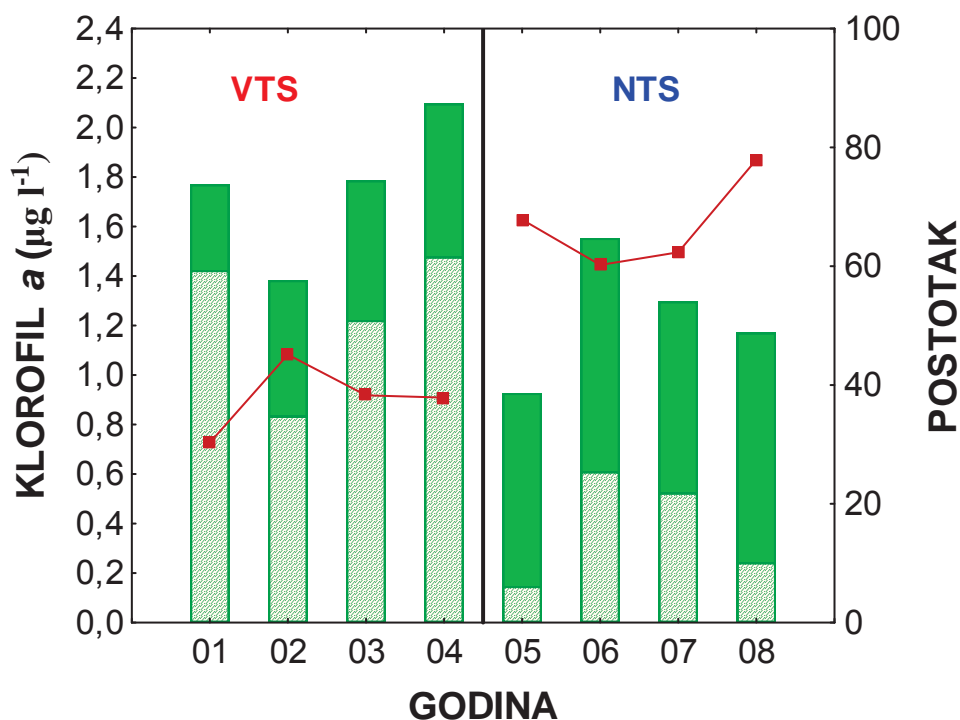


Slika 4.1.1.12. Kvantitativne promjene u mikrobnj hranidbenj mreži nakon prelaska morskog okoliša iz višeg trofičkog statusa (VTS) u niži trofički status (NTS). Na grafovima su prikazani godišnji srednjaci \pm SD, te srednje vrijednosti za dva razdoblja (crvena i plava crta). BP – bakterijska proizvodnja, SSR – bakterijska specifična stopa rasta, HNF – heterotrofni nanoflagelati (Prema Šolić et al., 2010).

Promjenom trofičkog statusa područja došlo je do značajnog smanjenja broja bakterija i bakterijske proizvodnje, kao i do smanjenja fitoplanktonske biomase (izražene preko klorofila *a*). S druge strane, utvrđen je porast specifične stope rasta bakterija (SSR), kao i blagi porast abundancije heterotrofnih nanoflagelata (HNF) (Slika 4.1.1.12.). Porast SSR-a koji se dogodio je dosta logičan budući je SSR u pravilu vezana za nosivi kapacitet okoliša i proporcionalna je razlici između nosivog kapaciteta okoliša i prisutnog broja bakterija. U



eutrofiziranim uvjetima bakterije dostižu veliku gustoću populacija koja rezultira smanjenjem prosječne individualne stope rasta. U slučaju fitoplanktonske biomase, ukupni klorofil *a* se smanjio, ali je došlo do značajne strukturne promjene u sastavu fitoplanktona na način da se u uvjetima nižeg trofičkog statusa morskog okoliša smanjio udio velikih a povećao udio malih stanica (Slika 4.1.1.13.).

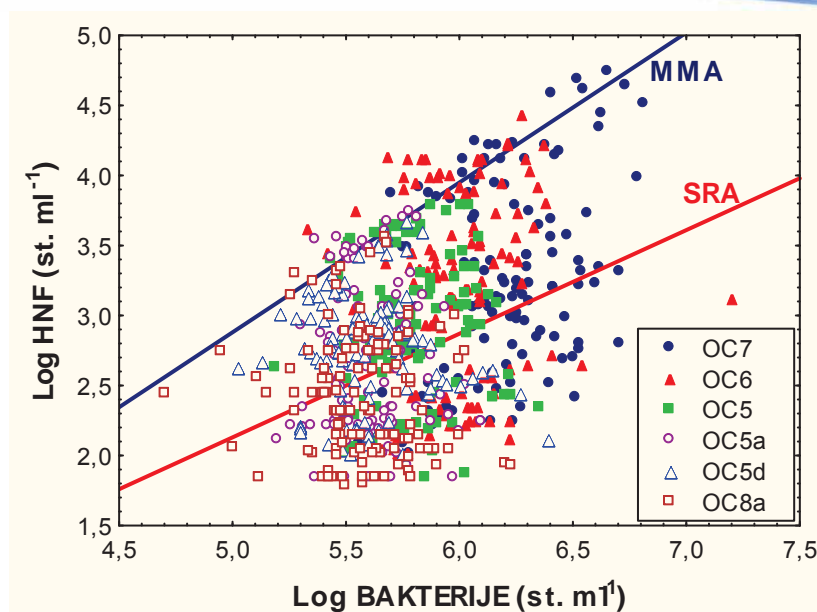


Slika 4.1.1.13. Promjene u biomasi velike (iscrtkani stupci) i male (zeleni stupci) frakcije fitoplanktona, te postotni udio male frakcije fitoplanktona u ukupnoj biomasi (crvena crta) (Prema Šolić et al., 2010).

Ovo vjerojatno objašnjava i blagi porast broja HNF koji su smanjenu koncentraciju bakterijskog plijena nadoknadili povećanom biomasom malih stanica fitoplanktona.

Priroda veze između bakterija i HNF, kao njihovih najvažnijih predatora, također predstavlja važnu funkcionalnu značajku mikrobne hranidbene mreže. Između broja bakterija i broja HNF u pravilu postoji pozitivna korelacija. Međutim, priroda te veze može upućivati na snažnu kontrolu bakterija od strane HNF, kao i izostanak te kontrole (Slika 4.1.1.14.). Točke na grafu koje padaju u blizini empirijski određene maksimalno moguće abundancije HNF (MMA) upućuju na situaciju kada su bakterije snažno kontrolirane predacijom od strane HNF. Što je točka udaljenija od MMA pravca to su bakterije slabije kontrolirane predacijom.

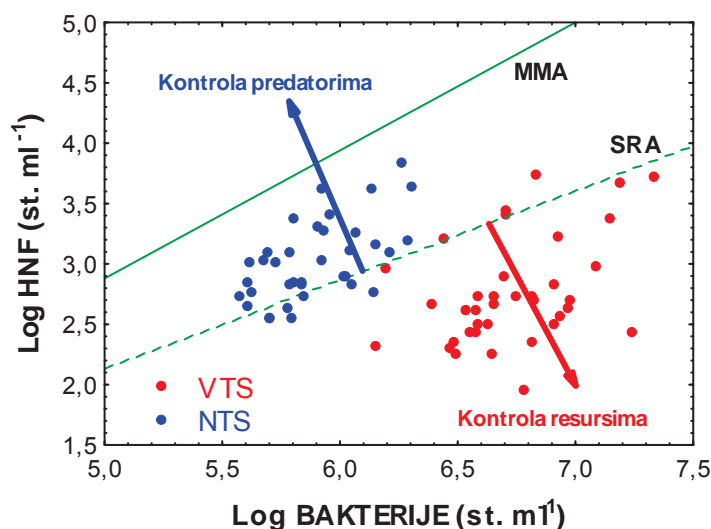




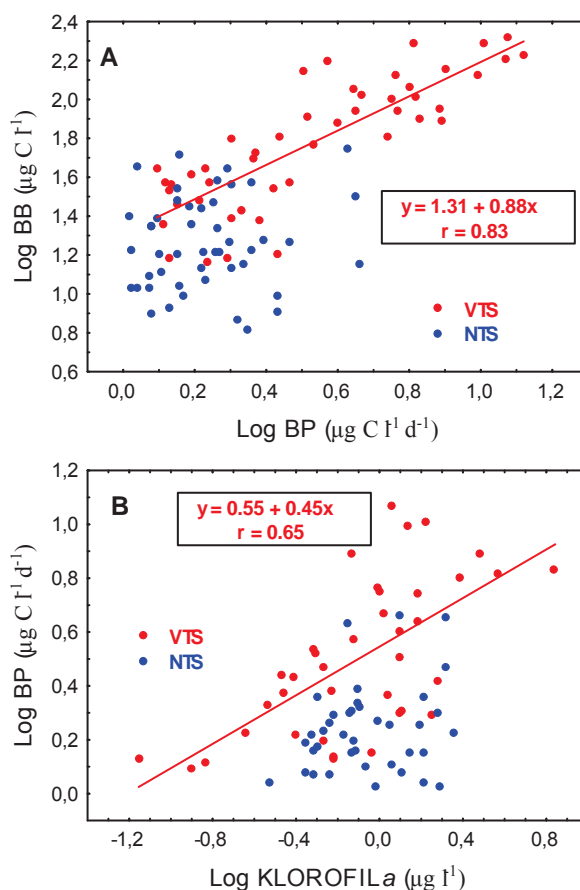
Slika 4.1.1.14. Veza između bakterija i HNF na postajama u priobalnom i otvorenom moru prikazana na grafu koji uključuje empirijski utvrđene (Gasol, 1994) maksimalno moguće abundancije (MMA) i srednje realizirane abundancije (SRA) HNF koje su pridružene svakoj pojedinoj abundanciji bakterija (Prema Šolić et al., 2009).

Ako ovaj model primjenimo na primjeru promjene trofičkog statusa morskog okoliša u Vranjičkom bazenu (Kaštelanski zaljev), opažamo da je u uvjetima višeg trofičkog statusa (VTS) dominirala kontrola bakterija putem resursa, dok je tijekom razdoblja nižeg trofičkog statusa (NTS) dominaciju u kontroli bakterija preuzela predacija od strane HNF (Slika 4.1.1.15.). Ovu funkcionalnu promjenu u mikrobnj hranidbenoj mreži potvrđuje i jaka veza između bakterijske proizvodnje i biomase tijekom razdoblja višeg trofičkog statusa (Slika 4.1.1.16A). Ova veza sugerira da se najveći dio bakterijske proizvodnje ugrađivao u bakterijsku biomasu, što upućuje na mali pritisak predatora. Pored toga, tijekom istog razdoblja utvrđena je i jaka veza između bakterijske proizvodnje i fitoplanktonske biomase, što upućuje na zaključak da je u danim uvjetima dominirala kontrola resursima koji su prvenstveno bili rezultat fitoplanktonske aktivnosti (Slika 4.1.1.16B).





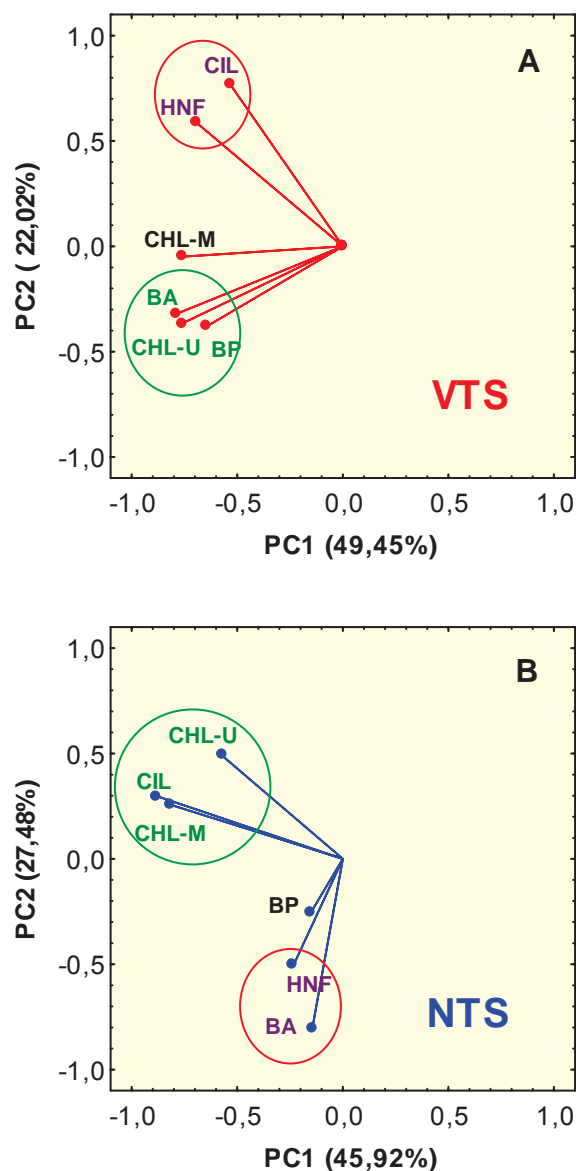
Slika 4.1.1.15. Odnos bakterija i HNF tijekom razdoblja višeg (VTS) i nižeg (NTS) trofičkog statusa morskog okoliša u Vranjičkom bazenu (postaja OC7). Podaci su ucrtani na graf koji se temelji na empirijskom modelu (Gasol, 1994). MMA – maksimalno moguća abundancija; SRA – srednja realizirana abundancija (Prema Šolić et al., 2010).



Slika 4.1.1.16. Odnos između bakterijske proizvodnje (BP) i bakterijske biomase (BB) (A), te između fitoplanktonske biomase (izražene preko klorofila *a*) i bakterijske proizvodnje (B) tijekom razdoblja višeg (VTS) i nižeg (NTS) trofičkog statusa morskog okoliša u Vranjičkom bazenu (postaja OC7) (Prema Šolić et al., 2010).



Navedene kvantitativne i funkcionalne promjene kod komponenata mikrobne hranidbene mreže odrazile su se i na promjene u njejoj strukturi. Na Slici 4.1.1.17. su prikazane promjene u dominantnim hranidbenim interakcijama do kojih je došlo nakon promjene trofičkog statusa u Vranjičkom bazenu.

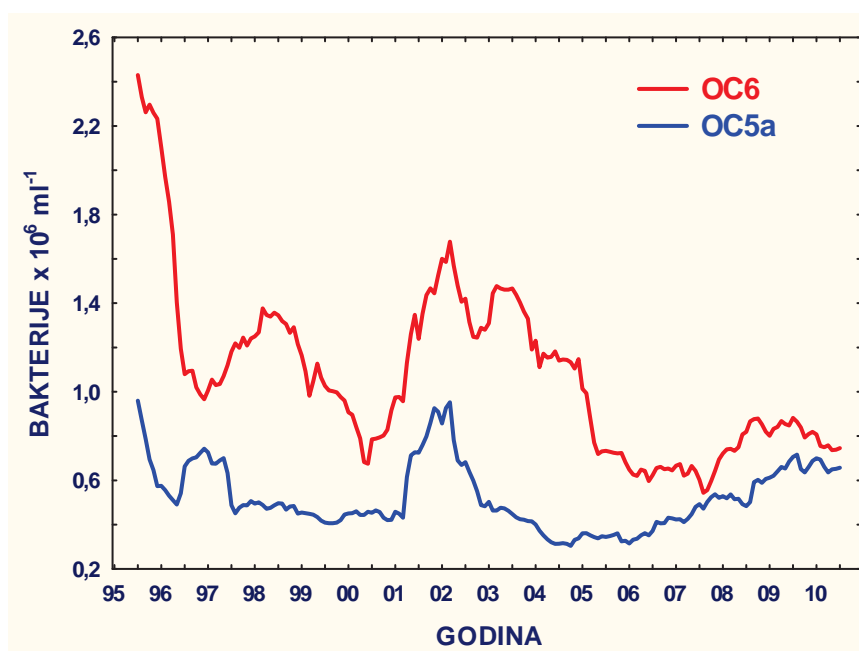


Slika 4.1.1.17. Analiza glavnih komponenata (PCA) temeljena na logaritamski transformiranim biološkim parametrima (BA – bakterijska abundancija, BP – bakterijska proizvodnja, HNF – heterotrofni nanoflagelati, CIL – cilijati, CHL-U – ukupna fitoplanktonska biomasa, CHL-M – biomasa male veličinske frakcije fitoplanktona) koja pokazuje dominantne hranidbene interakcije u mikrobnoj hranidbenoj mreži tijekom razdoblja višeg (VTS) (A) i nižeg (NTS) (B) trofičkog statusa morskog okoliša u Vranjičkom bazenu (postaja OC7) (Prema Šolić et al., 2010).



Tijekom razdoblja višeg trofičkog statusa okoliša heterotrofni nanoflagelati (HNF) su bili snažno kontrolirani predacijom od strane cilijata. Zbog toga su bakterije bile oslobođene pritiska predacije i dominantno su bile kontrolirane resursima koji su bili rezultat fitoplanktonske fotosintetske aktivnosti (Slika 4.1.1.17A). Tijekom razdoblja nižeg trofičkog statusa cilijati su se prebacili na male fitoplanktonske stanice kao dominantni plijen. Oslobođeni predacije od strane cilijata, HNF su vršili snažan predacijski pritisak na bakterije i tako postali dominantan mehanizam njihove kontrole (Slika 4.1.1.17B).

Pored razlika u strukturi i funkcioniranju mikrobne hranidbene mreže između područja s različitim trofičkim statusom, do značajnih promjena dolazi i na vremenskoj skali unutar svakog od tih područja. Ako iz višegodišnjih vremeskih serija podataka uklonimo sezonsku komponentu, dobit ćemo obrasce nesezonskih fluktuacija danih parametara u kojima se najčešće nepravilno izmjenjuju razdoblja visokih i niskih vrijedosti što se može dovesti u vezu s određenim promjenama uvjeta u okolišu. Slika 4.1.1.18. prikazuje desezonirane vremenske serije bakterijske abundancije na postaji u Kaštelanskom zaljevu (OC6) i u otvorenom moru (OC5a) srednjeg Jadrana za razdoblje 1995-2010. Može se uočiti da je pojava nekih maksimuma zajednička za obje postaje što upućuje na zaključak da njihove uzroke treba tražiti u promjenama u okolišu koje su zahvatile veće područje Jadrana.

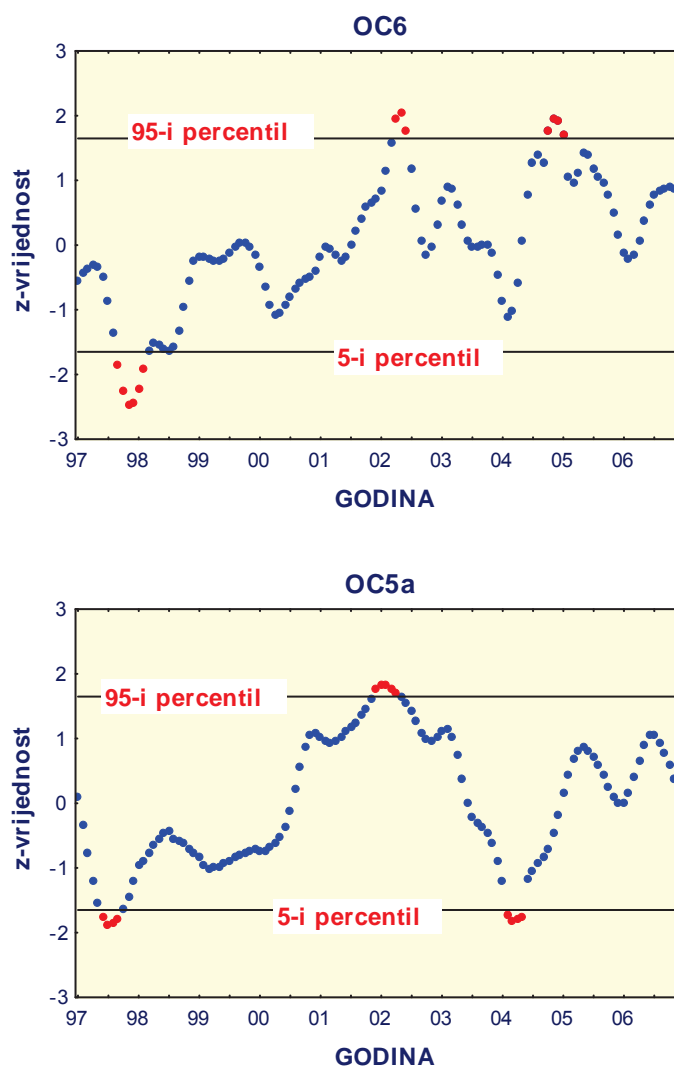


Slika 4.1.1.18. Vremenske serije brojnosti bakterija iz kojih je uklonjena sezonska komponenta na priobalnoj postaji (OC6) i postaji otvorenog mora (OC5a) srednjeg Jadrana za razdoblje 1995-2010.

Fluktuacije razdoblja s izrazitom dominacijom jednog od dvaju mehanizama kontrole bakterija (kontrola resursima i kontrola predatorima) na jednoj priobalnoj postaji (Kaštelanski zaljev, OC6) i jednoj postaji otvorenog mora (OC5a), tijekom desetogodišnjeg razdoblja (1997-2006) prikazane su na Slici 4.1.1.19. Podaci ukazuju na nekoliko razdoblja vrlo snažne dominacije jednog od mehanizama kontrole bakterija na obje postaje (kontrola resursima 2001-2002., te kontrola predatorima 1997), dok je tijekom



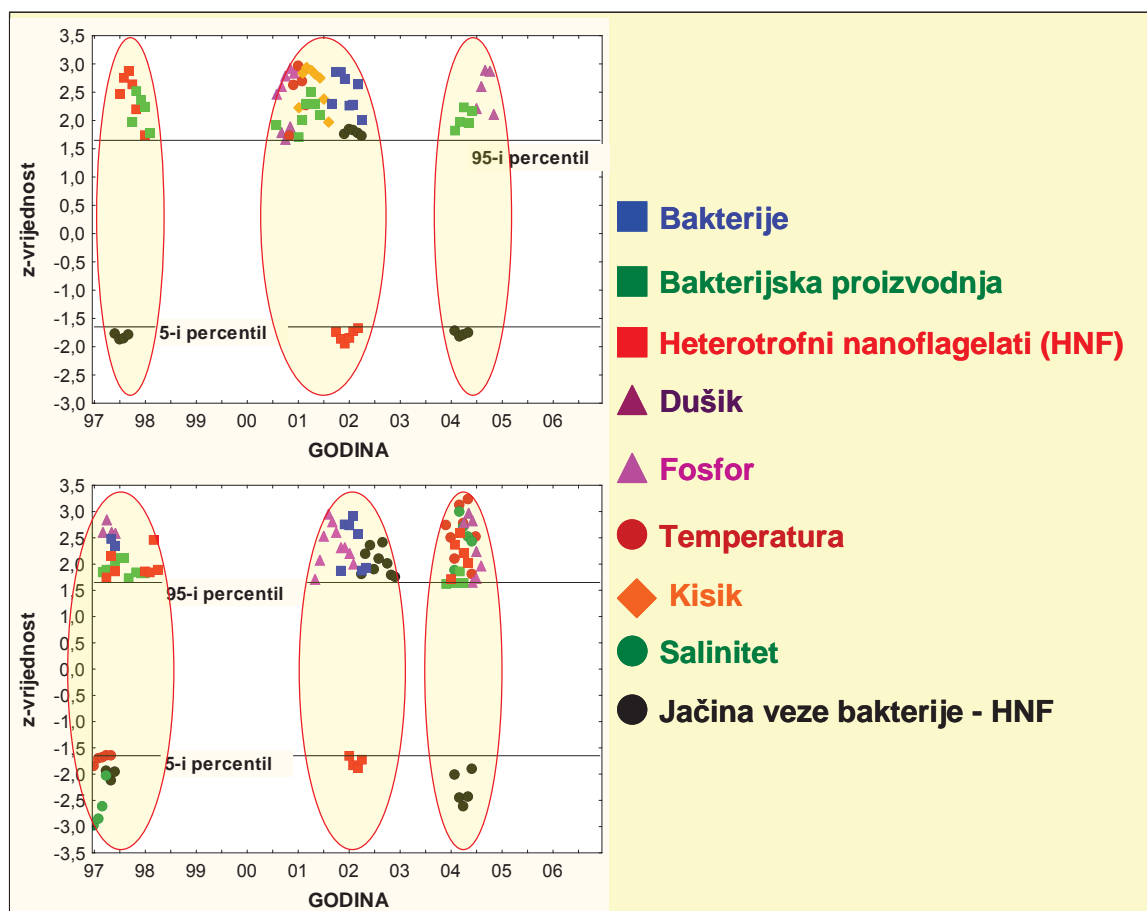
2004. godine zabilježena izrazita dominacija kontrole resursima u priobalnom području, a kontrole predatorima u otvorenim vodama (Slika 4.1.1.19.).



Slika 4.1.1.19. Razdoblja snažne kontrole bakterija resursima (točke iznad 95-og percentila) i predatorima (točke ispod 5-og percentila) na priobalnoj postaji u Kaštelanskom zaljevu (OC6) i postaji otvorenog mora (OC5a) srednjeg Jadrana tijekom razdoblja 1997-2006. Procjena jačine kontrole bakterija temelji se na empirijskom modelu (Gasol, 1994) i izražena je u standardiziranim vrijednostima (Prema Šolić et al., 2009).

Daljnja je analiza pokazala da se izraziti maksimumi i/ili minimumi velikog broja abiotičkih (temperatura, salinitat, kisik, koncentracije dušika i fosfora) i bioloških parametara (bakterijska abundancija i proizvodnja, abundancija heterotrofnih nanoflagelata, interakcije između bakterija i HNF) vremenski poklapaju s navedenim razdobljima (Slika 4.1.1.20.).



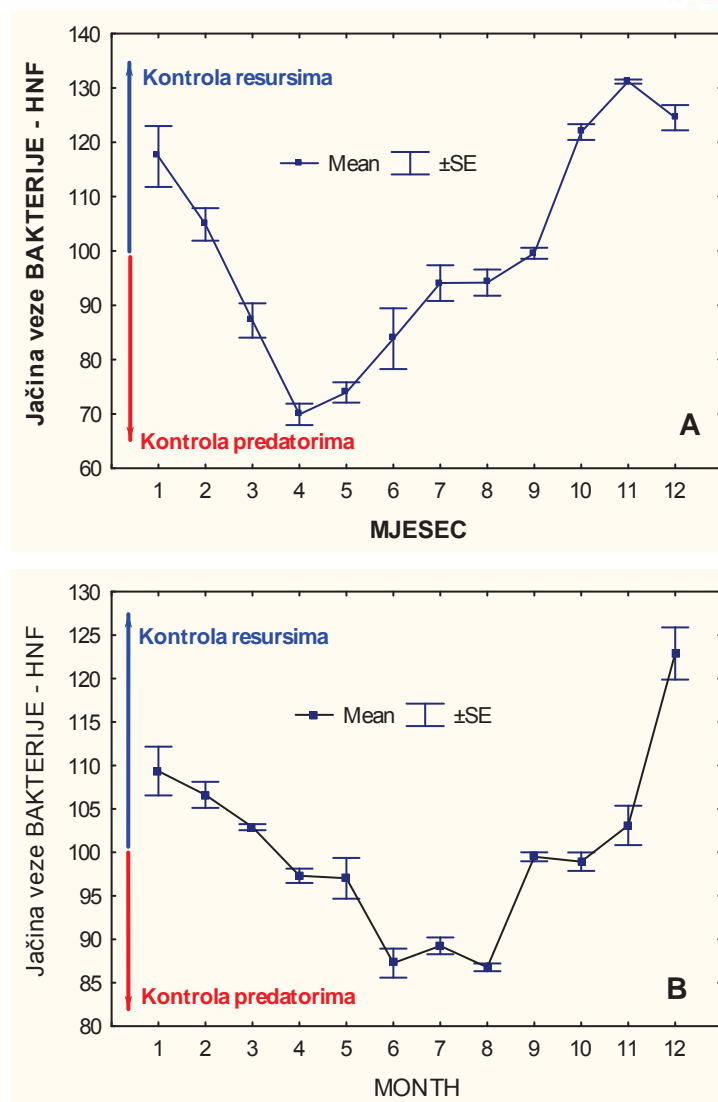


Slika 4.1.1.20. Vremesko poklapanje maksimalnih (vrijednosti iznad 95-og percentila) i/ili minimalnih (vrijednosti ispod 5-og percentila) vrijednosti velikog broja abiotičkih i bioloških parametara na postaji otvorenog mora srednjeg Jadrana (OC5A) (Prema Šolić et al., 2009).

Također se pokazalo da se ova ekstremna razdoblja mogu dovesti u vezu s nizom meteoroloških i hidrografskih fenomena kao što su jaka prisutnost sjeverno-jadranske vode (NadDW) u srednjem Jadranu tijekom 1997. godine, jake ingresije levantinske vode (LIW) u Jadran tijekom 2004, te ekstremno topla zima i jak utjecaj rijeke Po tijekom 2000/2001 (Šolić et al., 2009).

Promjene u strukturi i funkcioniranju mikrobne hranidbene mreže događaju se i na sezonskoj skali. Analiza jedne priobalne postaje i jedne postaje otvorenog mora pokazala je da je bez obzira na razlike u njihovom trofičkom statusu dominacija kontrole bakterija resursima utvrđena tijekom hladnijeg dijela godine, a predatorima tijekom toplijeg dijela godine (Slika 4.1.1.21.).

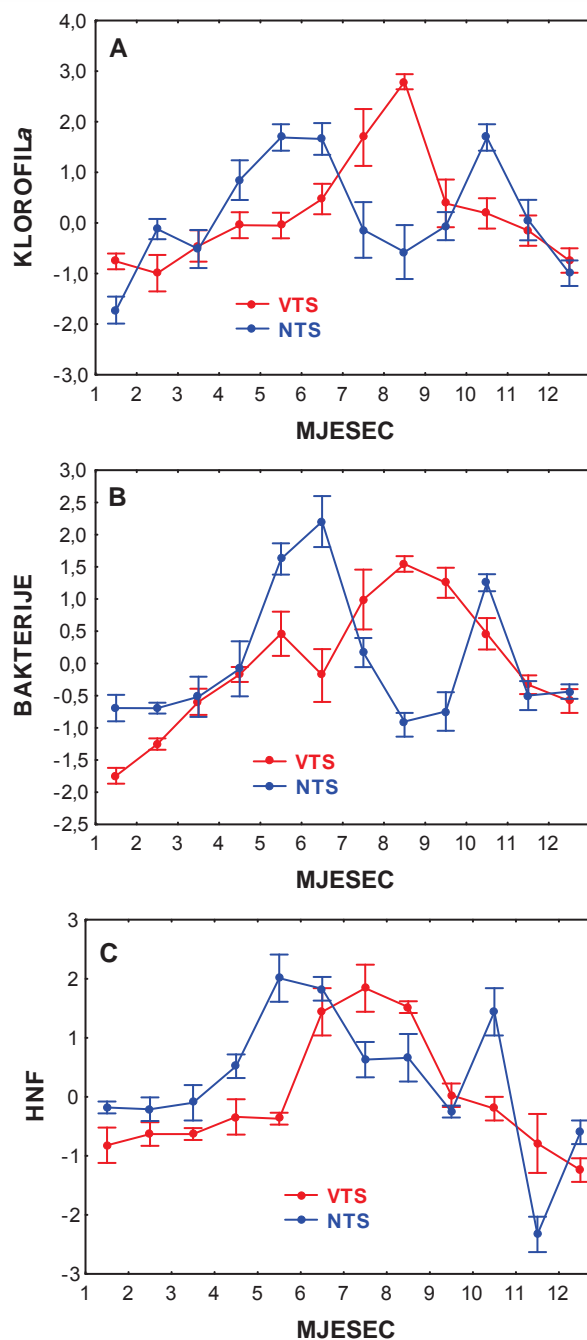




Slika 4.1.1.21. Sezonska raspodjela jačine kontrole bakterija putem resursa i predatora na priobalnoj postaji (Kaštelanski zaljev, OC6) i postaji otvorenog mora (OC5a) srednjeg Jadrana (Prema Šolić et al., 2009).

Neke promjene u planktonskim ekosustavima nije moguće zamijetiti na godišnjim srednjacima, ali je to moguće na sezonskoj skali. Česti odgovor organizama na promjene u okolišu upravo su promjene u njihovim sezonskim ciklusima. Na Slici 4.1.1.22. prikazane su sezonske oscilacije fitoplanktonske biomase (izražene preko klorofila *a*), broja bakterija i broja heterotrofnih nanoflagelata (HNF) tijekom razdoblja višeg (VTS) i nižeg trofičkog statusa (NTS) morskog okoliša na postaji Vranjički bazen (OC7) u Kaštelanskom zaljevu.





Slika 4.1.1.22. Razlike u sezonskim ciklusima klorofila *a* (A), broja bakterija (B) i broja HNF (C) u uvjetima višeg (VTS) i nižeg (NTS) trofičkog statusa morskog okoliša u Vranjičkom bazenu (postaja OC7). Podaci su višegodišnji srednjaci standardiziranih vrijedosti (Prema Šolić et al., 2010).

Svi prikazani parametri pokazuju slične promjene u sezonskim ciklusima između dva razdoblja. Razdoblje višeg trofičkog statusa okoliša karakteriziraju ljetni maksimumi (srpanj-kolovoz za klorofil *a*, srpanj-rujan za bakterijsku abundanciju, te lipanj-kolovoz za abundanciju HNF). Tijekom razdoblja nižeg trofičkog statusa okoliša dolazi do promjene koja se ogleda u pojavi dvaju maksimuma, proljetnog (svibanj-lipanj) i jesenskog (listopad). Navedene promjene u sezonskim ciklusima sugeriraju da je u uvjetima u kojima hranjiva nisu ograničavajući čimbenik ljetni maksimum fitoplanktona bio rezultat



povoljnih temperaturnih i svjetlosnih uvjeta, a taj je maksimum fitoplanktona bio popraćen porastom drugih komponenti mikrobne hranidbene mreže (bakterije, HNF).

Zaključak

Bakterijska brojnost se pokazala kao stabilan pokazatelj prosječnog bogatstva pojedinog morskog okoliša, dok je bakterijska proizvodnja varijabilniji parametar koji dobro reagira na promjene u unosima hranjiva u morski okoliš.

Analiza brojnosti bakterija i bakterijske proizvodnje na istraživanim postajama srednjeg i južnog Jadrana jasno ukazuju na umjereni trofički stupanj najvećeg dijela priobalnog mora, dok su otvorene vode oligotrofne. Povišene vrijednosti bakterijske abundancije i proizvodnje u priobalnim vodama, koje upućuju na viši trofički stupanj, utvrđene su u područjima koja su bogatija hranjivima zbog prirodnih razloga (estuarska područja) i/ili antropogenih utjecaja (npr. područje Šibenika i istočni dio Kaštelanskog zaljeva). Višegodišnje fluktuacije broja bakterija na svim priobalnim postajama pokazuju blagi trend smanjenja bakterijske brojnosti (za analizirano razdoblje od 1995-2010). Navedeni parametri pokazuju sezonske oscilacije čiji obrazac može ovisiti o trofičkom statusu područja, kao i nesezonske fluktuacije koje su često rezultat nepravilnih promjena uvjeta u okolišu koje zahvaćaju šire područje.

Za razliku od srednjeg i južnog Jadrana u sjevernom dijelu Jadrana brojnost bakterija raste od obalnog mezotrofnog, a povremeno čak i oligotrofnog područja, prema otvorenim postajama smještenim bliže ušću rijeke Po koje su okarakterizirane kao eutrofne.

Praćenje kvantitativnih promjena pojedinih parametara (npr. broja bakterija ili bakterijske proizvodnje) često nije dovoljno za sagledavanje ukupnosti promjena u morskom ekosustavu. Praćenje strukturnih i funkcionalnih značajki mikrobne hranidbene mreže ima veliki potencijal u prepoznavanju kompleksnih promjena koje se događaju na razini bioloških zajednica i ekosustava u cjelini.



4.1.2. Fitoplankton

Fitoplankton su jednostanični, mikroskopski sitni organizmi koji imaju sposobnost proizvodnje organske tvari iz anorganske procesom fotosinteze i uz makroalge predstavljaju primarne proizvođače vodenog ekosustava. Zbog sposobnosti izgradnje vlastite biomase kojom se dalje hrani zooplankton odnosno više trofičke razine predstavlja osnovu hranidbene piramide.

Fitoplankton ima predstavnike u deset osnovnih viših taksonomskih kategorija-odjela (Viličić, 2002). Od prokariota u alge se uključuju cijanobakterije i proklorofita, a eukarioti obuhvaćaju slijedeće alge: glaukofita, euglenofita, dinofita, kriptofita, rafidofita, krizofita, klorofita i rodofita. U fitoplanktonu Jadrana najbrojniji su alge kremenjašice (dijatomeje, odjel krizofita) i dinoflagelati. U proljetnom i zimskom razdoblju u zajednici dominiraju alge kremenjašice, dok su dinoflagelati najbrojniji u toplom dijelu godine (Ninčević Gladan, 2009).

Prema popisu fitoplanktonskih vrsta (Viličić i sur., 2002) u istočnom dijelu Jadrana je određeno 888 vrsta. Od toga su 518 vrsta alge kremenjašice (330 penatnih i 176 centričnih dijatomeja), 254 vrste dinoflagelata, 101 vrsta prymnesiophyceae, 2 vrste chrysophyceae, 2 vrste euglenophyceae i 1 vrsta raphidophyceae. Nakon navedene liste, dokumentirani su nalazi dijatomeje *Cyclotella choctawhatcheeana* u estuariju Zrmanje (Burić i sur. 2007) i veoma rijetki dinoflagelat *Ceratoperidinium yeye* (Ninčević Gladan i sur. 2006).

U obalnim vodama Jadrana je određeno 13 vrsta roda *Dinophysis*, od čega je najbrojnija i najčešća vrsta *D. caudata* (Ninčević Gladan i sur., 2009).

U estuariju Neretve je određeno 146 svojti, od čega su najveći broj dijatomeje. U jezeru Vlača (bočate vode) su zabilježene dvije nove svojte (*Oxyphysis oxytoxoides* i *Erythropsidinium agile* agg.) (Jasprica i Hafner, 2005).

U jezeru Rogoznica zabilježeno je 40 svojti od čega su 63% dijatomeje, a 29% dinoflagelati (Burić, 2009). U jezeru su također zabilježeni dinoflagelati *Prorocentrum arcuatum* i *Hermesinum adriaticum*.

Istraživanje zajednice sjevernoistočnog Jadrana je pokazalo znatan utjecaj rijeke Po na fitoplanktonsku zajednicu (Viličić i sur., 2009). Najbrojnije svojte dijatomeja bile su *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros socialis*, *Chaetoceros vixvisibilis* and *Pseudonitzschia* spp. Najčešća kokolitoforina je bila *Emiliana huxleyi*, a dinoflagelat *Prorocentrum minimum*. U sjevernom je Jadranu određeno 97 svojti mikrop planktona uključujući dijatomeje, dinoflagelate, kokolitoforine i silikoflagelate (Frka i sur., 2011). Na postaji OC19a prevladavaju nanoplanktonski organizmi iz skupine kriptoficeja (Frka i sur., 2011). Sjeverni Jadran karakterizira pojava sluzavih cvatnji koja nastaje kao rezultat izlučivanja polisaharida od strane fitoplanktona. Sluzave se cvatnje u pravilu javljaju krajem svibnja i početkom lipnja, odnosno u razdoblju porasta temperature mora i oslabljene dinamike vodenih masa, dok je prestanak cvatnje uvijek bio vezan uz pojačanu dinamiku. Sluzave cvatnje su u Jadranu prvi put zabilježene u 18. st., a u zadnjih 30 godina zabilježene su 1988., 1989., 1991., 1997., 2000., 2002. i 2004. godine.

U fitoplanktonskoj zajednici Jabučke kotline kao najbrojnije svojte zabilježene su kokolitoforine *Calyptrorphaera* sp. i *Emiliana huxleyi*, te dijatomeje *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros socialis* i *Pseudonitzschia* spp. (Burić. 2007).

Svaki poremećaj ravnoteže u morskom ekosustavu najprije se odražava na ovoj prvoj trofičkoj stepenici, pa je praćenjem biomase fitoplanktona moguće steći vrlo dobar uvid u cjelovito stanje morskog ekosustava. Porast biomase fitoplanktona, najčešće je uvjetovan povećanom dostupnošću hranjivih soli, a do određenog stupnja ovaj proces ima pozitivan učinak na sekundarnu proizvodnju i na cjelokupni ekosustav. Ipak, kada se obogaćenje



hranjivim solima odvija ubrzano, odnosno kada hranjive soli u povećanoj količini kontinuirano pristižu u morsku sredinu, rast primarne proizvodnje počinje izmicati kontroli, koja se uglavnom odvija putem sekundarne proizvodnje. Taj nesklad između primarne i sekundarne proizvodnje, u pravilu se očituje u vidu neuobičajenih fitoplanktonskih cvatnji.

Fitoplankton je zbog svoje osjetljivosti na proces eutrofikacije kao i zbog brzog odgovora na promjene u okolišu jedan od glavnih bioloških elemenata za procjenu kvalitete vode. Najčešća i najjednostavnija metoda za procjenu biomase fitoplanktona je određivanje koncentracije glavnog fotosintetskog pigmenta klorofila *a*. Sastav fitoplanktonske zajednice određen je metodom sedimentacije po Utermöhl-u (1958).

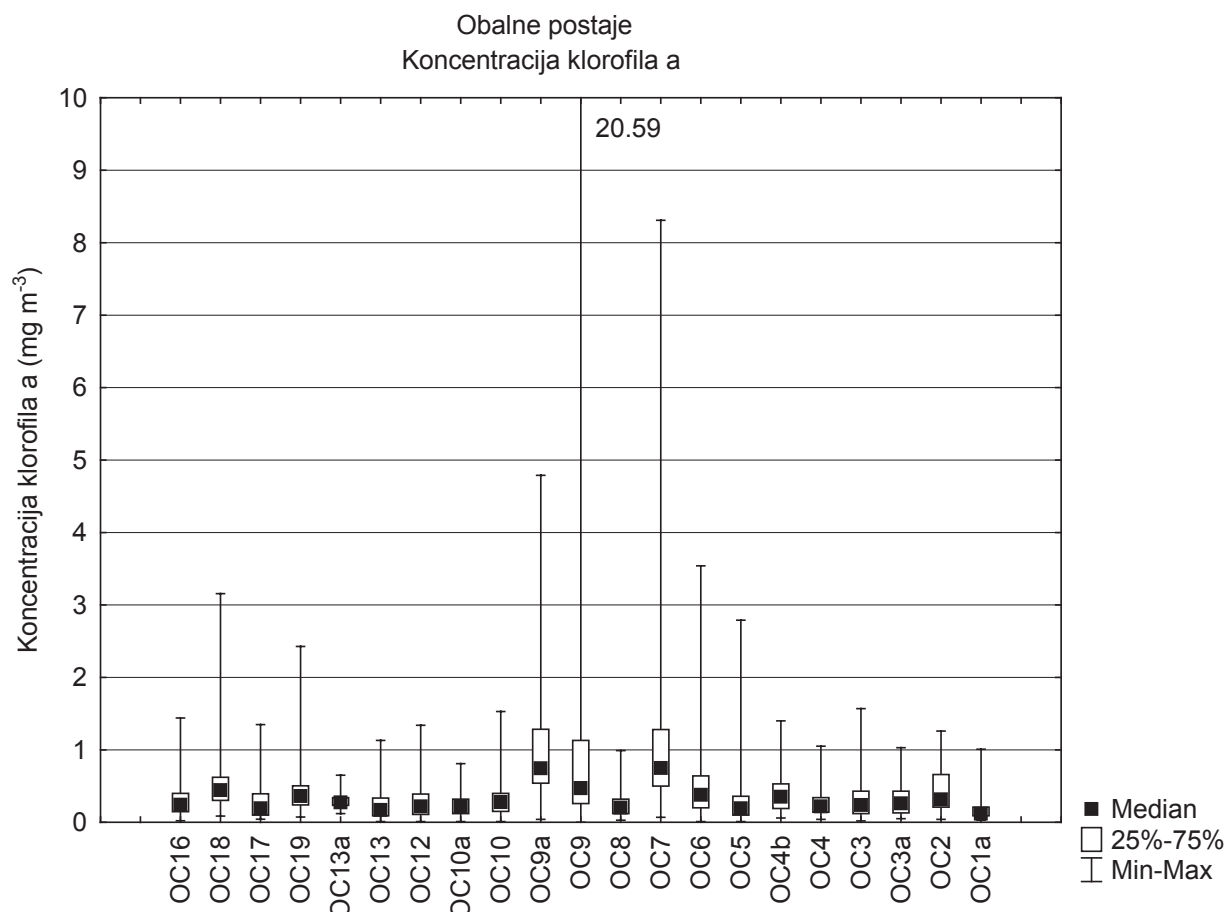
Koncentracija klorofila *a*

Obalne vode

Koncentracija klorofila *a* je u obalnim vodama u razdoblju od 2000. do 2010. godine bila u rasponu od 0,06 do 20,59 mg m⁻³ (Slika 4.1.2.1). Na istraživanim je postajama zabilježena znatna razlika u koncentraciji klorofila *a* iako je median za desetogodišnje razdoblje koncentracije klorofila *a* na svim postajama bio ispod 1 mg m⁻³. Najveće su vrijednosti izmjerene na postajama koje su pod utjecajem slatkih voda kao što su postaje na području ušća rijeke Krke (OC9, OC9a) i ušće Jadra (OC7, OC6, OC5), ali i pod jakim utjecajem ljudskih djelatnosti s kopna. Visoke koncentracije klorofila *a* zabilježene su i na postajama OC18 i OC19 u sjevernom Jadranu kojeg karakterizira veći stupanj trofije u odnosu na srednji i južni Jadran (Zavatarelli i sur., 2000)

Sezonski ciklus biomase fitoplanktona na postajama OC5 i OC6 kao i vertikalna raspodjela biomase prikazana je na slikama 4.1.2.2 i 4.1.2.3.



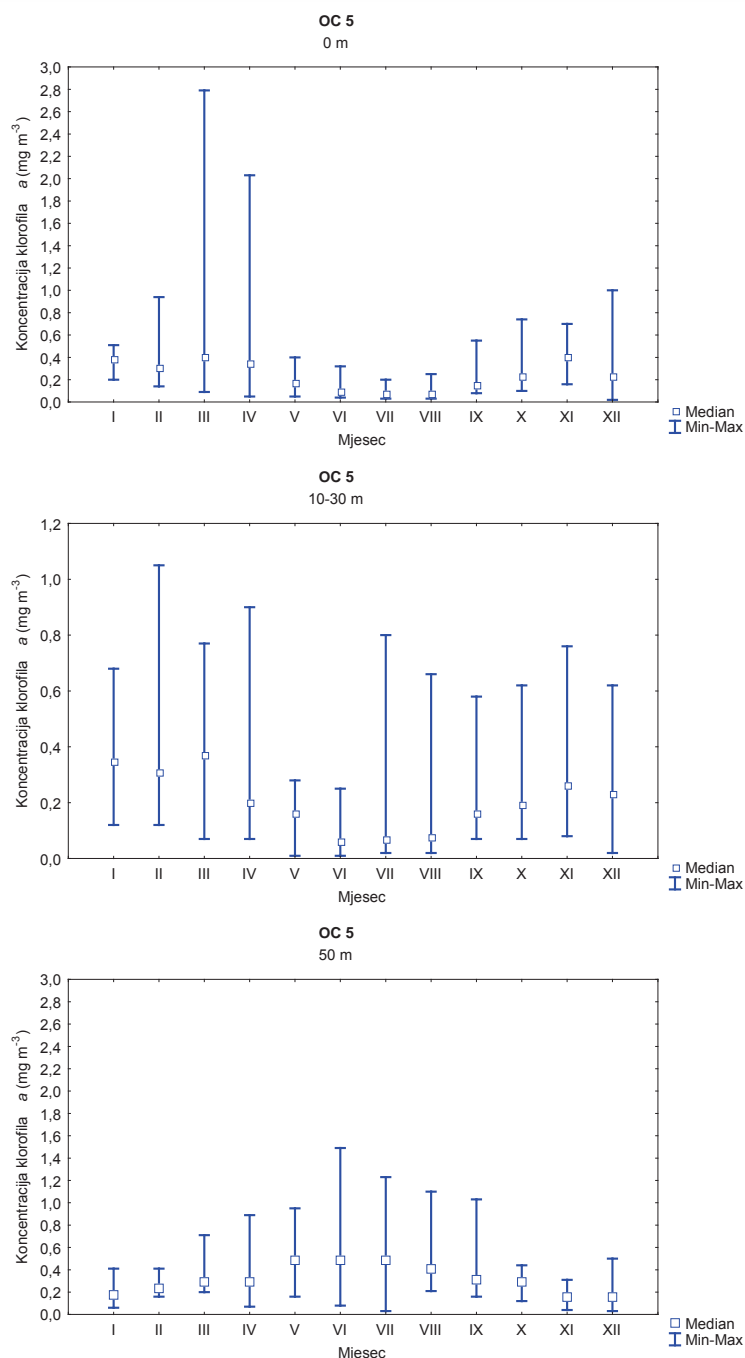


Slika 4.1.2.1. Koncentracija klorofila *a* na postajama u obalnim vodama

Koncentracija klorofila *a* na postaji OC5 bila je u rasponu od 0,01 do 2,79 mg m⁻³ (Slika 4.1.2.2). Sezonska raspodjela biomase u površinskom sloju u skladu je sa sezonskim ciklusom fitoplanktona kojeg u umjereno toplim morima karakterizira proljetni i jesensko zimski maksimum. Ovakva sezonska raspodjela rezultat je raspoložive koncentracije hranjivih soli u stupcu vode. Naime, u proljeće dani su duži a koncentracija hranjivih soli jednolika je raspodijeljena u stupcu vode što pogoduje rastu fitoplanktona. Daljnjim zagrijavanjem stvara se termoklina, nema miješanja u stupcu vode, a hranjive soli u eufotičkoj zoni su potrošene što onemogućava rast fitoplanktonske zajednice tijekom ljeta iako su dani dugi i ima dovoljno svjetlosti. U jesenskom razdoblju dolazi do hlađenja površinskog sloja koji postaje teži od pridnenog što rezultira miješanjem u stupcu vode i dotokom hranjivih soli u površinski sloj što ponovo potiče rast fitoplanktonske zajednice. U Jadranu se često umjesto jesenskog javlja zimski maksimum što je rezultat blagih zima koje karakterizira veliki broj sunčanih dana. Ljetno razdoblje ukoliko nema dotoka s kopna karakterizira najniža biomasa. Visoka biomasa fitoplanktona tijekom ljeta jedan je od pokazatelja eutrofikacije u morskom ekosustavu.

Izuzetno visoke vrijednosti zabilježene na ovoj postaji nisu uobičajene i javljaju se samo povremeno u pojedinim godinama. U pridnenom sloju je najveća biomasa zabilježena u ljetnom razdoblju što je uobičajena pojava u Jadranu, a rezultat je visoke koncentracije hranjivih soli u pridnenom sloju i velike količine dostupne svjetlosti.

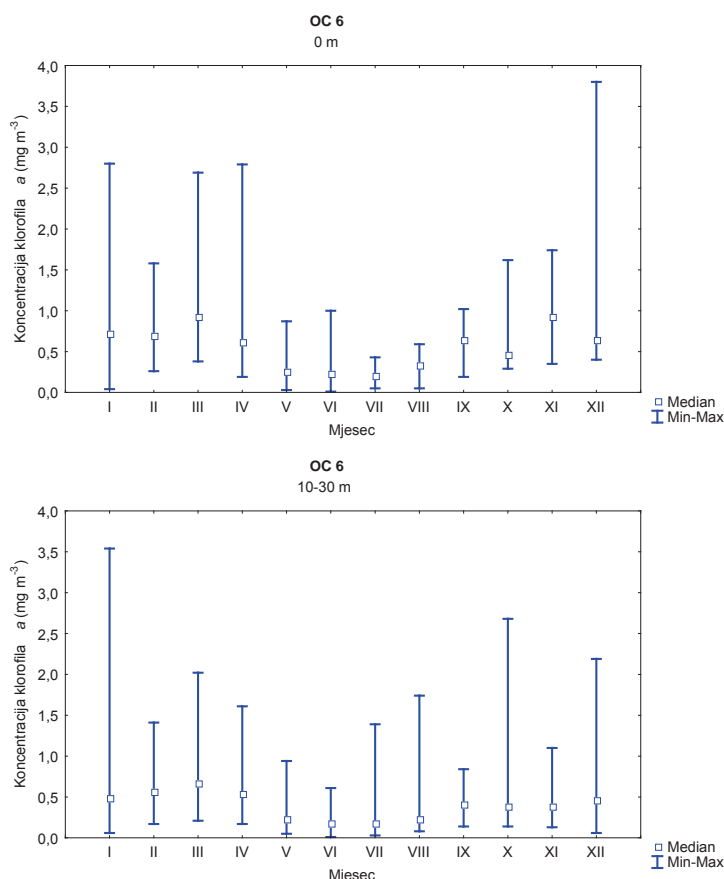




Slika 4.1.2.2. Koncentracija klorofila *a* na postaji OC5 u površinskom i pridnenom sloju u razdoblju od 2000. do 2010. godine

Koncentracija klorofila *a* na postaji OC6 je bila u rasponu od 0,01 do 3,8 mg m⁻³ (Slika 4.1.2.3.). Na ovoj su postaji zabilježene izuzetno visoke vrijednosti u proljetnom i zimskom razdoblju. Sezonski ciklus i vertikalna raspodjela biomase je karakterističan za umjereno topla mora kao što je Jadran. Ova je postaja smještena u Kaštelanskom zaljevu koji predstavlja jednu od sedam vrućih točaka u Jadranu s obzirom na proces eutrofikacije.



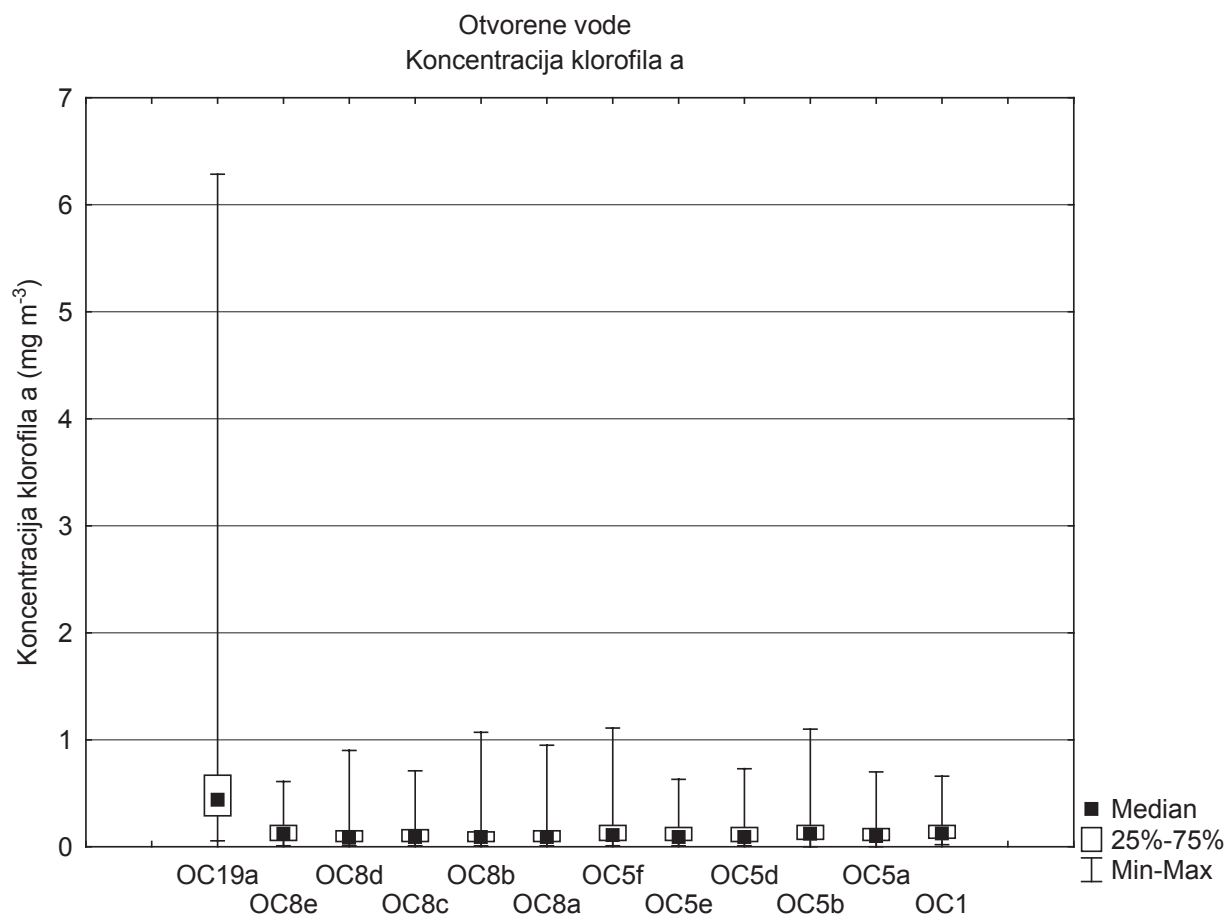


Slika 4.1.2.3. Koncentracija klorofila *a* na postaji OC6 u površinskom i pridnenom sloju u razdoblju od 2000. do 2010. godine

Otvorene vode

Koncentracija klorofila *a* na postajama u otvorenim vodama srednjeg i južnog Jadrana bila je u rasponu od 0,01 do 1,07 mg m⁻³ dok su iznimno visoke vrijednosti zabilježene na postaji OC19a u sjevernom dijelu Jadrana (Slika 4.1.2.4). Otvorene vode srednjeg i južnog Jadrana imaju oligotrofna obilježja, a donos nutrijenata u eufotičku zonu najvećim je dijelom rezultat miješanja u stupcu vode. Biomasa fitoplanktona znatno manje koleba u odnosu na obalne vode. U srednjem i južnom Jadranu su nešto više vrijednosti zabilježene na postajama OC8a, OC8b, OC5f i OC5b u odnosu na ostale postaje. Otvorene vode sjevernog Jadrana pod utjecajem su rijeke Po, koja je važan izvor nutrijenata na ovom području (Degobbi i sur., 2000) što rezultira većom biomasom fitoplanktona u otvorenim vodama u odnosu na obalne.

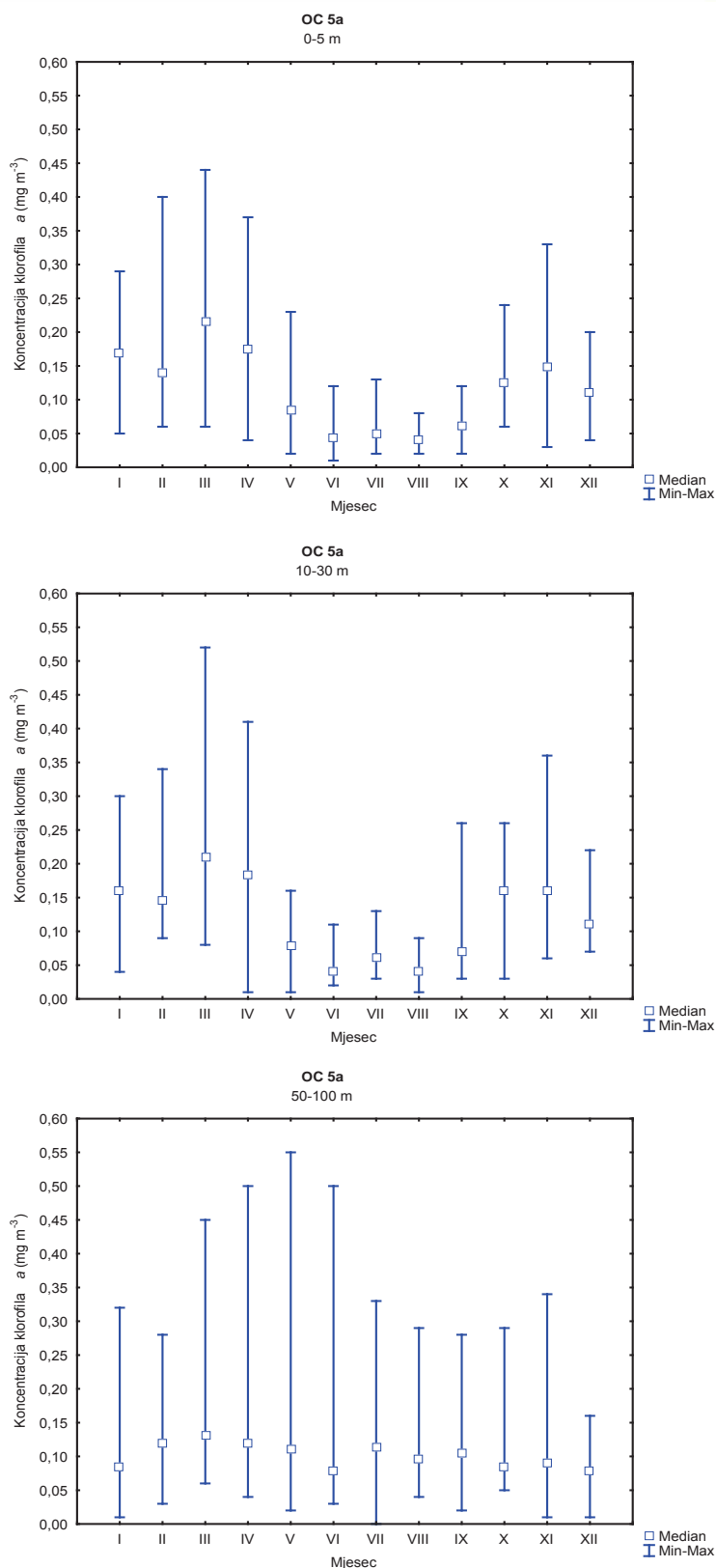




Slika 4.1.2.4. Koncentracija klorofila *a* na postajama u otvorenim vodama

Sezonska i vertikalna raspodjela biomase fitoplanktona za istraživano razdoblje prikazana je za postaju OC5a koja jako dobro opisuje obilježja otvorenih voda (Slika 4.1.2.5.). Koncentracija klorofila *a* je bila u rasponu od 0,01 do 0,55 mg m⁻³. U površinskom sloju naglašen je proljetni i jesenski maksimum, kao i ljetni pad biomase. Najviše vrijednosti u stupcu vode bile su u pridnenom sloju u toplijem dijelu godine. Visoke vrijednosti koncentracije klorofila *a* u pridnenom sloju odnosno dubinski maksimum klorofila (DMK) uobičajena su pojava u svim svjetskim morima i oceanima, a rezultat je nakupljanja alga u području nutrikline, ali i fiziološka adaptacija fitoplanktona na smanjenu količinu svjetlosti. U Jadranu se DMK javlja na dubini 50-75 m, a najizraženiji je u proljetnom razdoblju (Ninčević i sur., 2002). U proljetnom razdoblju DMK je rezultat povećane brojnosti dijatomeja dok je za vrijeme ljetne stratifikacije u tom sloju zabilježen veći broj prokariotskih pikoplanktonskih organizama *Synechococcus* sp.



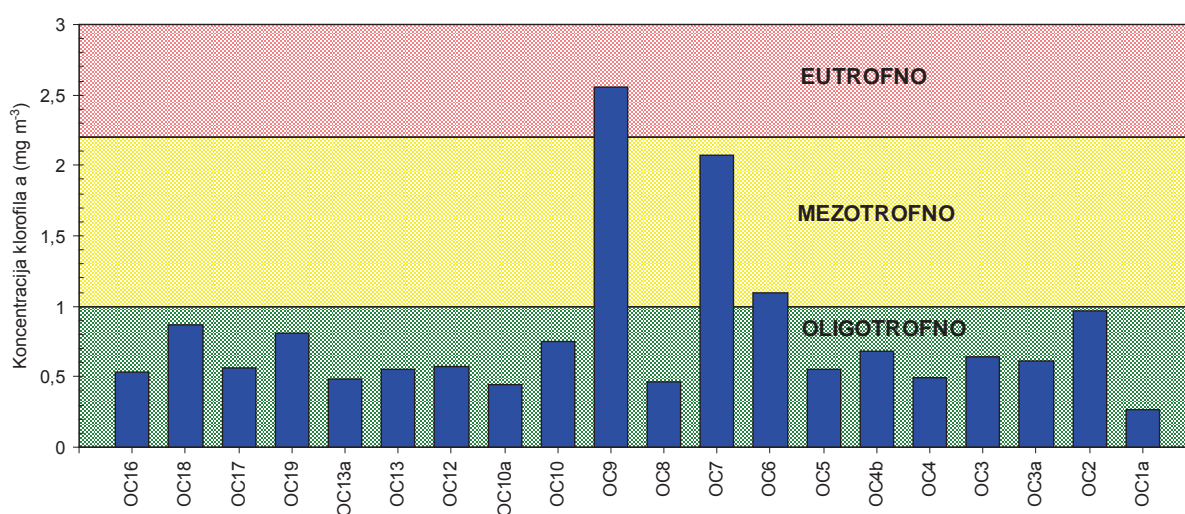


Slika 4.1.2.5. Koncentracija klorofila a na postaji OC5a u površinskom i pridnom sloju u razdoblju od 2000. do 2010. godine



Budući da je veliki dio istraživanih obalnih postaja smješten u estuarijima kao referentna postaja za određivanje graničnih vrijednosti uzeta je postaja OC2 koja je pod utjecajem slatkih voda (podzemni izvori), a nije pod antropogenim utjecajem. Granična vrijednost oligo/mezotrofno određena je kao 90 percentile koncentracije klorofila *a* na toj postaji. Granice klasa kvalitete vode određene su primjenom EQR vrijednosti u skladu s Borja i sur. 2004.

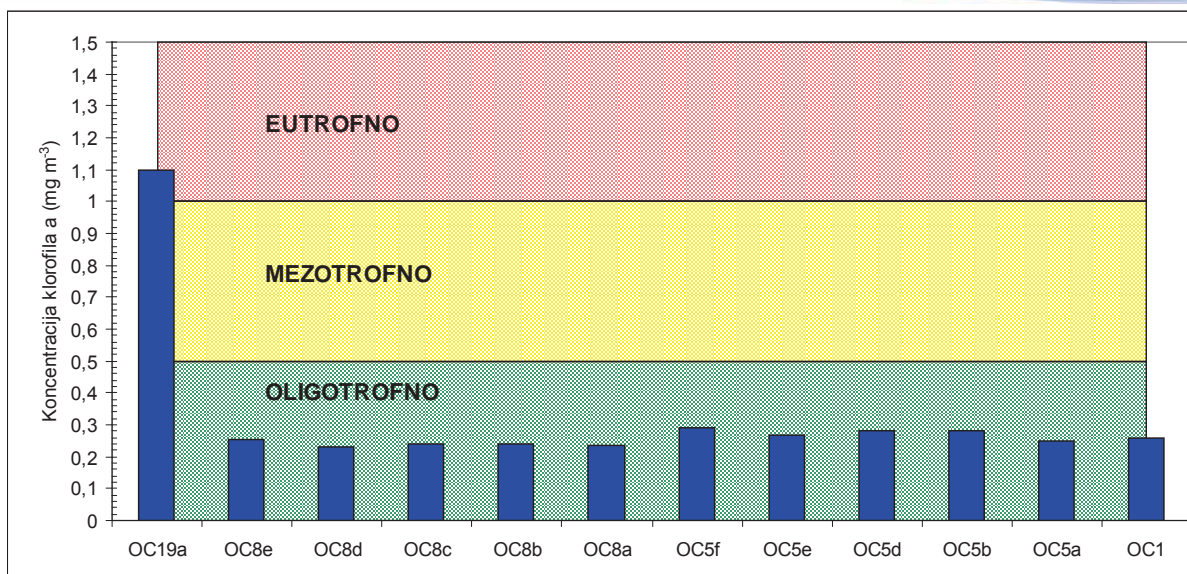
Na osnovu koncentracije klorofila *a* najveći dio obalnih voda spada u vode visoke kvalitete odnosno oligotrofna područja. Izuzetak je Kaštelanski i Šibenski zaljev koji se mogu okarakterizirati kao mezo- odnosno eutrofno područje (Slika 4.1.2.6). Postaja OC9a smještena je u Prokljanskom jezeru i predstavlja prijelazne vode pa nije uvrštena u klasifikaciju obalnih voda. Budući da ova postaja nije pod jačim antropogenim utjecajem mogla bi se uzeti kao referentna za prijelazne vode.



Slika 4.1.2.6. Koncentracija klorofila *a* (90 percentile) u stupcu vode na istraživanim postajama u obalnim vodama s označenim klasama kvalitete vode

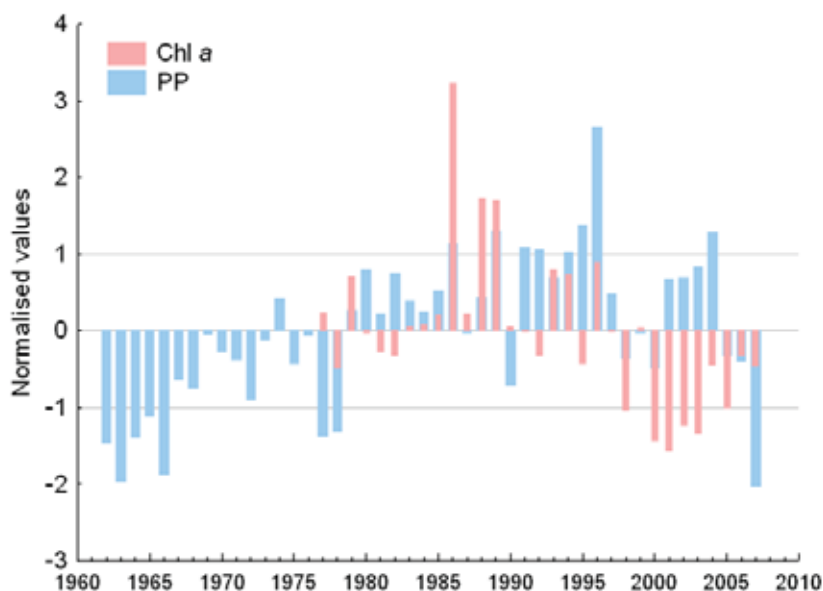
Granična vrijednost između oligo-i mezotrofnog statusa u otvorenim vodama je niža i iznosi 0,5 mg m⁻³. Otvorene vode su manje izložene utjecaju s kopna uključujući prirodne i antropogene izvore eutrofikacije pa je u skladu s tim očekivana i manja biomasa fitoplanktona.

Sve istraživane postaje smještene u otvorenim vodama srednjeg i južnog Jadrana spadaju u oligotrofne vode s obzirom na koncentraciju klorofila *a* dok se postaja OC19a u sjevernom Jadranu nalazi na granici mezo-/eutrofno. (Slika 4.1.2.7.). Visoka biomasa fitoplanktona u otvorenim vodama srednjeg Jadrana rezultat je utjecaja rijeke Po, ali i ostalih talijanskih rijeka.



Slika 4.1.2.7. Koncentracija klorofila a (90 percentile) u stupcu vode na istraživanim postajama u otvorenim vodama s označenim klasama kvalitete vode

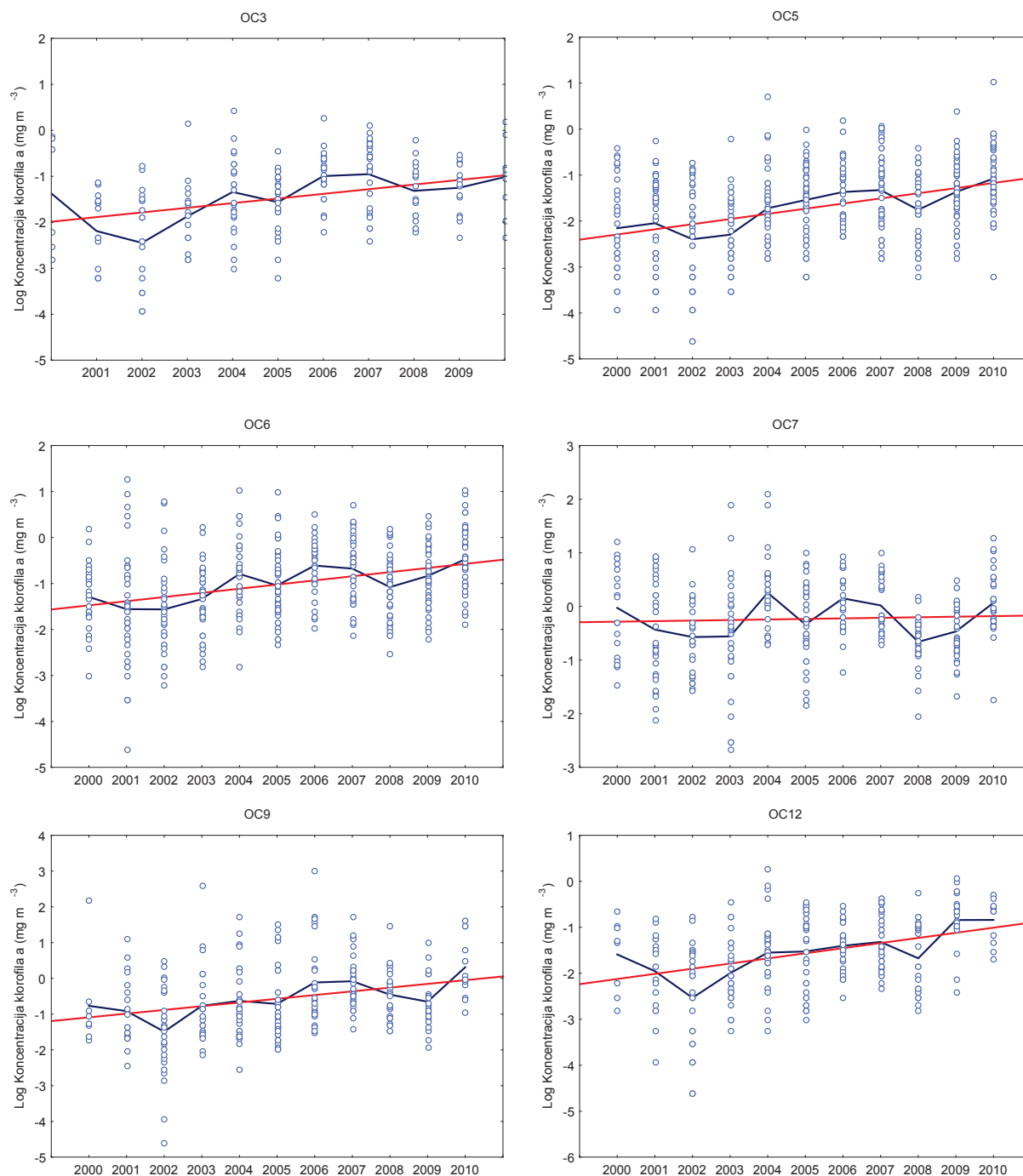
Dugoročne promjene biomase fitoplanktona i primarne proizvodnje praćene su u Kaštelanskom zaljevu na postaji OC6. Analiza dugoročnih nizova koncentracije klorofila *a* (30 godina) i primarne proizvodnje (45 godina) je pokazala porast primarne proizvodnje početkom osamdesetih. Značajan porast biomase fitoplanktona zabilježen je u razdoblju od sredine 80- do sredine 90-tih godina (Slika 4.1.2.8.).



Slika 4.1.2.8. Normalizirani godišnji srednjaci primarne proizvodnje i koncentracije klorofila *a* na postaji OC6

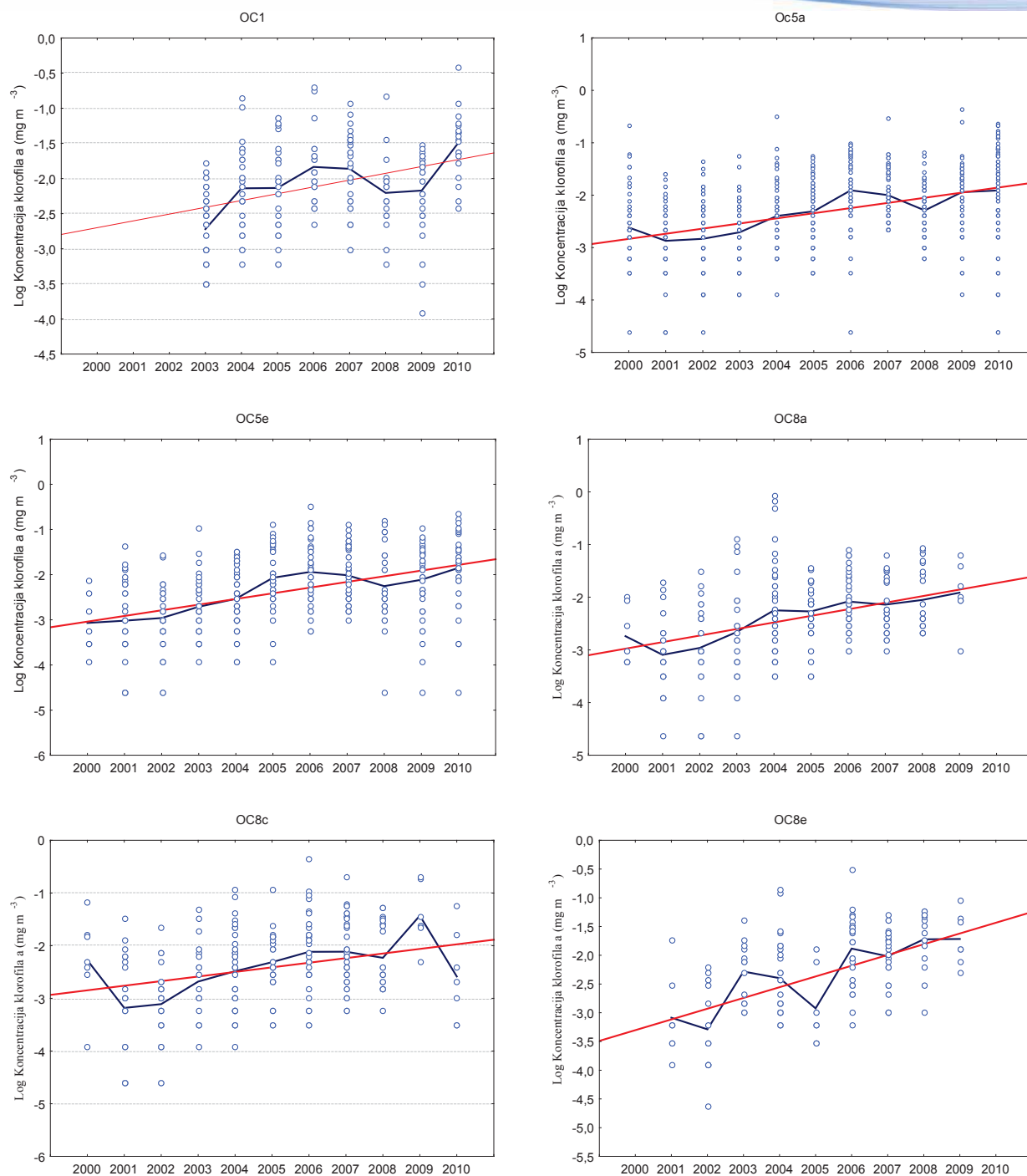


U posljednjih je deset godina (2000-2010) zabilježen trend porasta biomase u obalnim i otvorenim vodama (Slike 4.1.2.9, 4.1.2.10. i 4.1.2.11.). Iako je zabilježen trend porasta, vrijednosti biomase u obalnim vodama još su uvijek niže od onih iz razdoblja sredine 80-tih i 90-tih godina.



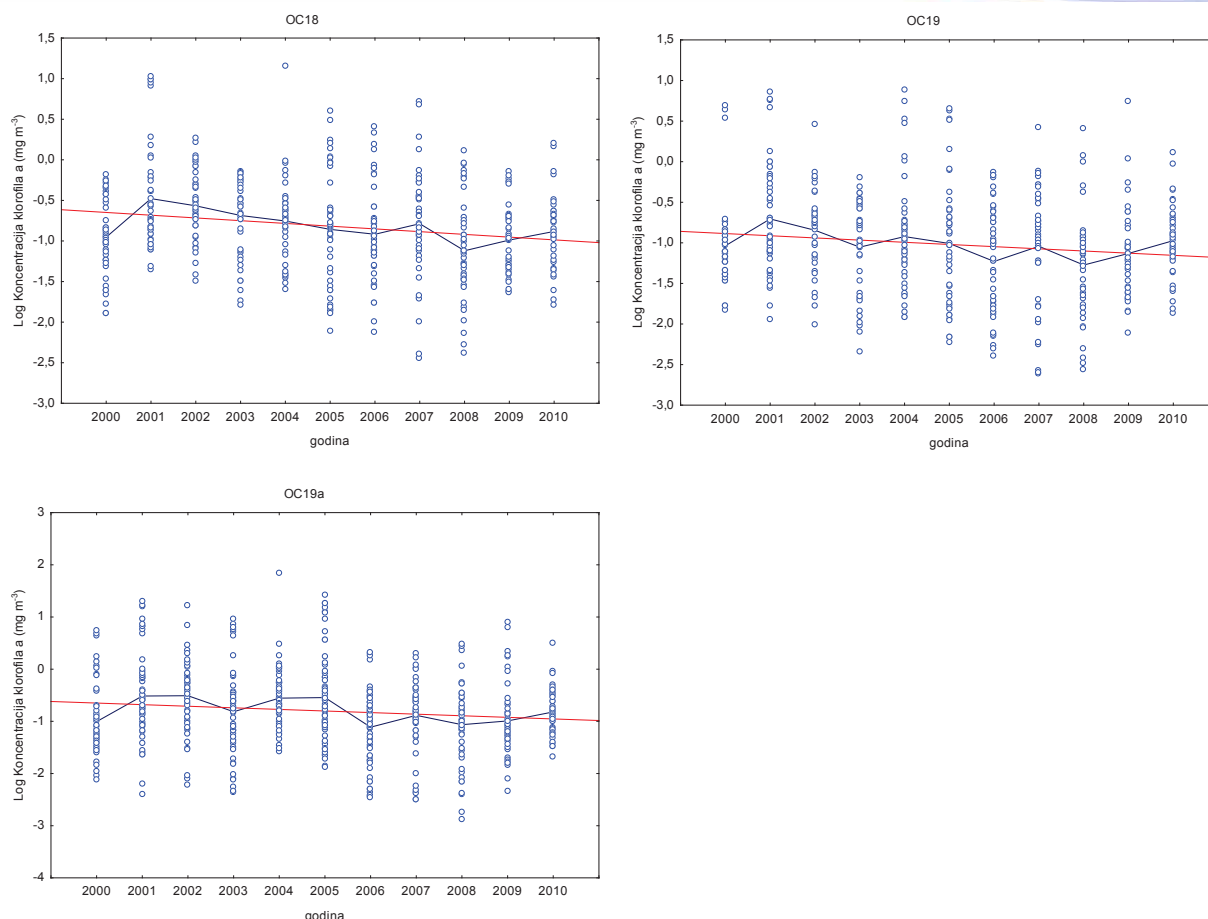
Slika 4.1.2.9. Višegodišnja analiza koncentracije klorofila *a* na postajama u obalnim vodama srednjeg i južnog Jadrana (plavi kružići-pojedinačna mjerenja; tamnoplava crta-godišnji srednjaci; crvena crta-linearni trend)





Slika 4.1.2.10. Višegodišnja analiza koncentracije klorofila *a* na postajama u otvorenim vodama srednjeg i Južnog Jadrana (plavi kružići-pojedinačna mjerenja; tamnoplava crta-godišnji srednjaci; crvena crta-linearni trend)





Slika 4.1.2.11. Višegodišnja analiza koncentracije klorofila *a* na postajama u obalnim (OC18, OC19) i otvorenim vodama (OC19a) u sjevernom Jadranu (plavi kružići-pojedinačna mjerenja; tamnoplava crta-godišnji srednjaci; crvena crta-linearni trend)

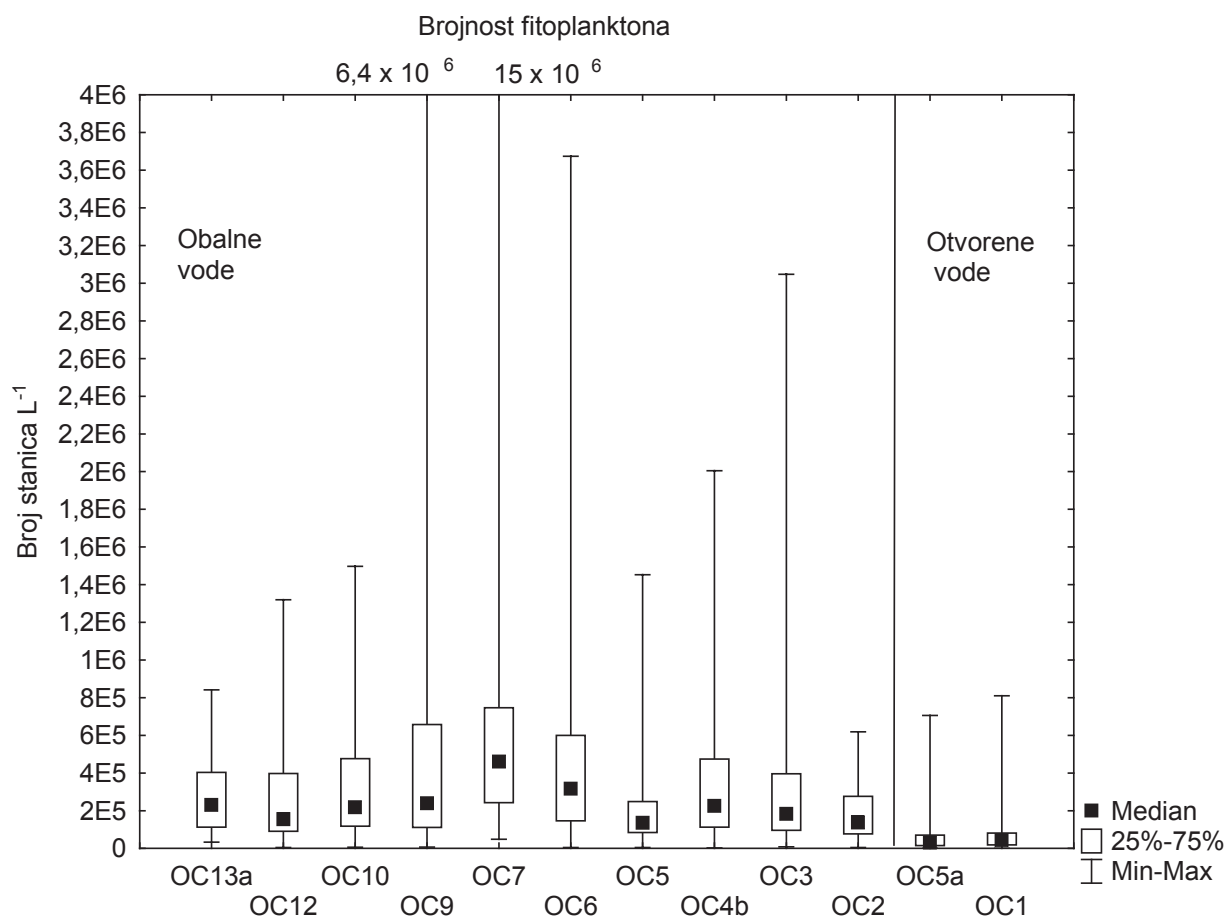
Brojnost i sastav fitoplanktonske zajednice

Brojnost fitoplanktona na postajama u obalnim vodama je bila u rasponu od $4,5 \times 10^3$ do 15×10^6 stanica L^{-1} dok je u otvorenim vodama brojnost bila u rasponu od $3,7 \times 10^2$ do $8,1 \times 10^5$ (Slika 4.1.2.12.). Iznimno visoka vrijednost od 15×10^6 stanica L^{-1} zabilježena u kolovozu 2003. godine rezultat je cvatnje dijatomeje *Leptocylindrus minimus* kojoj pogoduje visoka koncentracija hranjivih soli. Brojnosti fitoplanktona (90 percentile) bila je najviša u Šibenskom, zatim na postajama u Kaštelanskom zaljevu i nisu prelazile $2,2 \times 10^6$ stanica L^{-1} .

Općenito se brojnost fitoplanktona iznad 1×10^6 stanica L^{-1} smatra kao pokazatelj cvatnje. Stupanj eutrofikacije na pojedinoj postaji odredili smo i prema učestalosti cvatnji fitoplanktona. Učestalost cvatnji <20% karakterizira oligotrofna područja, do 60% je obilježje mezotrofnih područja dok >60% ukazuje na eutrofno područje (Borja i sur., 2004). Budući da se cvatnja uglavnom javlja u površinskom sloju, frekvencija cvatnji izračunata je samo za taj sloj. Frekvencija cvatnji na istraživanim postajama je prikazana u tablici 1. Najveća frekvencija cvatnji zabilježena je na postaji OC9 (60%), međutim ova postaja spada u prijelazne vode i trebalo je razmatrati posebno u odnosu na ostale obalne postaje. Visoka frekvencija cvatnji je zabilježena i na postajama u Kaštelanskom zaljevu



dok je na ostalim postajama frekvencija cvatnji niska. Na postajama u otvorenim vodama brojnost nije prelazila 1×10^6 stanica L^{-1} .



Slika 4.1.2.12. Brojnost fitoplanktona na istraživanim postajama u razdoblju od 2000. do 2010. godine

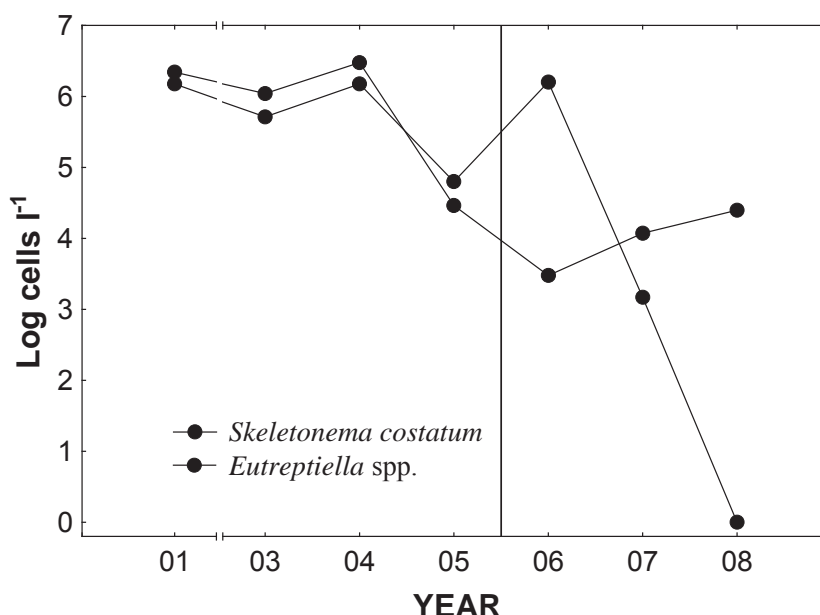
Tablica 4.1.2.1. Frekvencija cvatnji na obalnim postajama na kojima je brojnost prelazila 1×10^6 stanica L^{-1} u površinskom sloju u razdoblju od 2000.-2010. i procjena trofičkog statusa, O- oligotrofno, M- mezotrofno, E- eutrofno

Postaja	Frekvencija cvatnji (%)	Trofički status
OC12	7	O
OC10	10	O
OC9	60	M/E
OC7	32	M
OC6	29	M
OC5	3	O
OC4b	10	O
OC3	13	O

Na postaji u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva OC7 smanjuje se frekvencija visokih brojnosti fitoplanktona ($>1 \times 10^6$). Analiza varijance (ANOVA) visokih brojnosti fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja je pokazala da postoji značajna razlika između godina ($p < 0,001$) te da ima trend opadanja. Osim opadanja ukupne brojnosti na



ovoj je postaji i znatno manji broj vrsta karakterističnih za eutrofna područja (Slika 13). Ovo poboljšanje trofičkog statusa u Kaštelanskom zaljevu dijelom se pripisuje puštanjem u rad novog podmorskog ispusta krajem 2004. godine kojim se otpadne i kanalizacijske gradske vode odvode iz Kaštelanskog zaljeva (Šolić i sur., 2010).

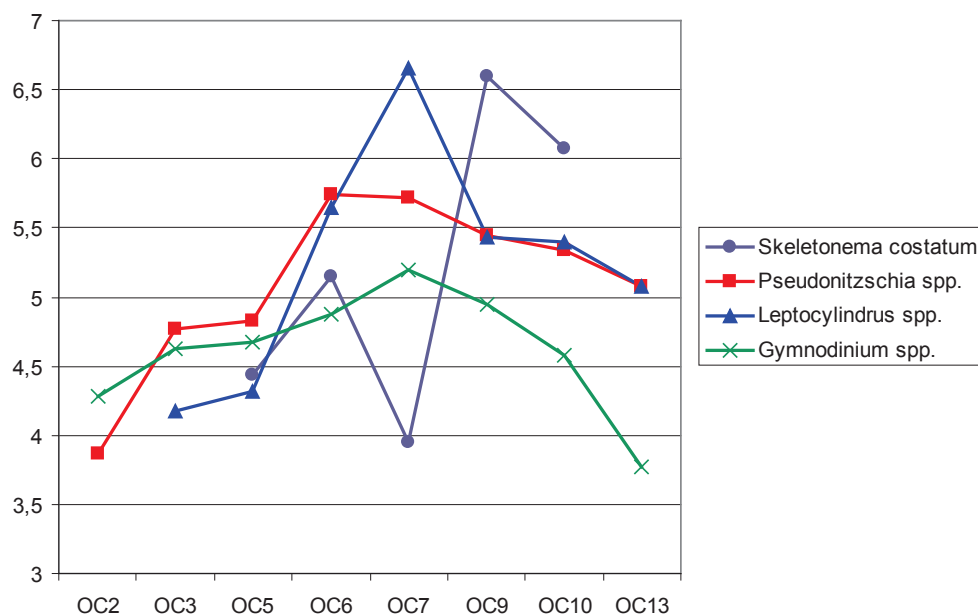


Slika 4.1.2.13. Srednja godišnja vrijednost indikator vrsta u Kaštelanskom zaljevu na postaji OC7

Brojnost dijatomeja *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia* spp. i *Leptocylindrus* spp. koje preferiraju vode bogate hranjivim solima bila je znatno viša na postajama u Kaštelanskom i Šibenskom zaljevu koje karakterizira viši stupanj trofije (Slika 4.1.2.14.). Brojnost sitnih neoklopljenih dinoflagelata *Gymnodinium* spp. od kojih mnogi imaju sposobnost korištenja organske tvari bila je najveća na postaji OC7 u Kaštelanskom zaljevu.

Menhenick-ov indeks raznolikosti izračunat je za obalne postaje za 2005. godinu. Procjena trofičkog statusa preko indeksa raznolikosti dosta je komplicirana jer se mala raznolikost javlja u iznimno oligotrofnim i eutrofnim područjima. Najveća raznolikost se najčešće javlja u vodama koje su pod malim opterećenjem koje je optimalno za rast fitoplanktonske zajednice. Analiza podataka brojnosti i Menhenick indeksa raznolikosti je pokazala da je Menhenick indeks manji od 0,02 kada ukupna brojnost fitoplanktona prelazi 1×10^6 stanica L⁻¹, iako se takve vrijednosti mogu javiti i kada je brojnost fitoplanktona mala. Trofički status područja ne može se procijeniti samo na osnovu indeksa raznolikosti već ga treba razmatrati zajedno s ostalim parametrima fitoplanktona. Postaje OC7, OC9 i OC12 karakterizira niži indeks raznolikosti u odnosu na ostale postaje (Tablica 4.1.2.2.). Postaje OC7 i OC9 imaju viši stupanj trofije dok postaju OC 12 karakterizira nizak stupanj trofije.





Slika 4.1.2.14. Brojnost dijatomeja *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia* spp., *Leptocylindrus* spp. i dinoflagelata *Gymnodinium* spp. na postajama u obalnim vodama

Tablica 4.1.2.2. Srednja godišnja vrijednost Menhenick indeksa raznolikosti za 2005. godinu na postajama u obalnim vodama

Postaja	Menhenick indeks
OC2	0,030
OC3	0,030
OC5	0,029
OC6	0,028
OC7	0,021
OC9	0,020
OC10	0,026
OC12	0,021

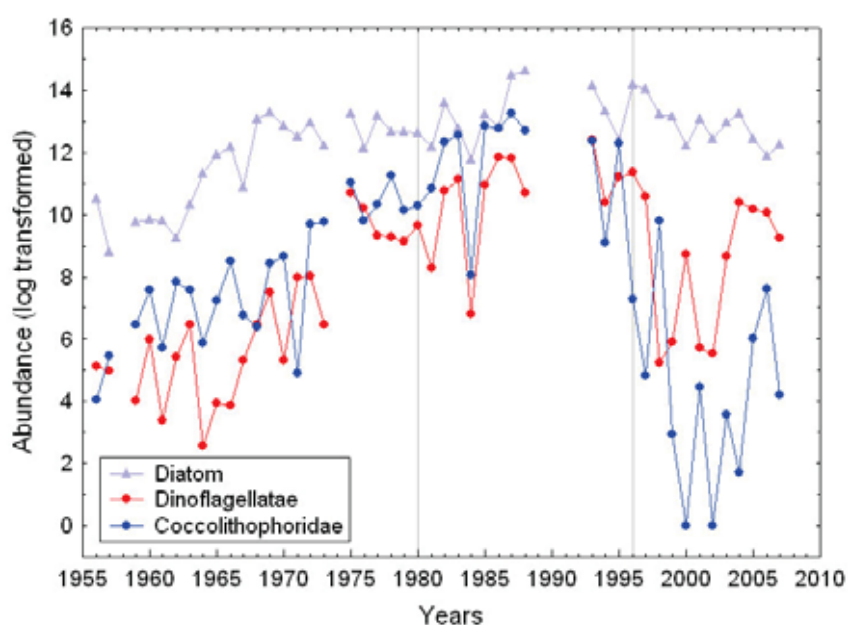
Ukupnoj brojnosti fitoplanktonske zajednice u Jadranu najviše pridonose nanoflagelatni organizmi. Njihov doprinos ukupnoj brojnosti na godišnjoj skali je preko 70%. Nakon sitnih flagelatnih organizama u zajednici su najbrojnije dijatomeje, posebice u proljetnom razdoblju kada prevladavaju dijatomejske cvatnje. Udio dinoflagelata, kokolitoforida i silikoflagelata u ukupnoj brojnosti je veoma malen i ukupan doprinos na godišnjoj skali je <5%.

Doprinos pojedinih funkcionalnih skupina fitoplanktona ima jasno naglašen sezonski karakter. Dijatomeje su najbrojnije u proljetnom i zimskom razdoblju dok su dinoflagelati i kokolitoforide najbrojniji ljeti. Silikoflagelati se u zajednici javljaju u zimskom razdoblju. Najbrojnije dijatomeje u fitoplanktonskoj zajednici Jadrana su vrste roda *Chaetoceros*. Uz navedeni rod, u Jadranu su brojne i dijatomeje roda *Cyclotella*, *Pseudonitzschia*,



Leptocylindrus te na pojedinim područjima *Skeletonema*. Od dinoflagelata su najbrojniji neoklopljeni nanoflagelati uglavnom *Gymnodinium* spp.

Analiza vremenskih nizova sastava fitoplanktonske zajednice na postaji OC6 je pokazala da se sastav fitoplanktonske zajednice u obalnim vodama znatno promijenio u zadnjih deset godina u odnosu na prošlo desetljeće i sličniji je sastavu iz razdoblja 70-tih (Slika 13). Dinoflagelati su znatno porasli u zajednici od razdoblja sredine 80-tih do sredine 90-tih. To razdoblje su obilježile intenzivne cvatnje dinoflagelata *Lingulodinium polyedrum* u Kaštelanskom zaljevu (Marasović i sur., 1991, 1995) i *Prorocentrum minimum* u Šibenskom zaljevu. Nakon tog perioda ponovo je uspostavljena dominacija dijatomeja (Ninčević Gladan i sur., 2009). To razdoblje karakteritira visoki NAO indeks popraćen visokim temperaturama. U tom je razdoblju također zabilježena promjena temperaturnog režima u sjevernom Jadranu (Kamburska i Fonda-Umani, 2009). Moguće je da je opisana promjena sastava zajednice u Kaštelanskom zaljevu rezultat klimatskih promjena odnosno porasta temperature u Sjevernom Atlantiku u tom razdoblju koji je dobro dokumentiran.



Slika 4.1.2.13. Vremenski nizovi brojnosti različitih skupina fitoplanktona u Kaštelanskom zaljevu

Zaključak

Na osnovu analize koncentracije klorofila *a*, brojnosti i sastava fitoplanktonske zajednice te indeksa raznolikosti najveći dio postaja u obalnim vodama, kao i sve postaje u otvorenim vodama srednjeg i južnog Jadrana se mogu okarakterizirati kao oligotrofne. Izuzetak su Kaštelanski (OC6, OC7) i Šibenski zaljev (OC9) koji se zbog utjecaja slatke vode i različitih ljudskih aktivnosti mogu okarakterizirati kao mezotrofno odnosno eutrofno područje. Visoki stupanj trofije karakterizira i otvorene vode sjevernog Jadrana, što je rezultat utjecaja rijeke Po, ali i ostalih velikih talijanskih rijeka.



Sastav i brojnost fitoplanktonske zajednice mijenja se tijekom vremena. Značajni porast biomase fitoplanktona, praćen promjenom sastava zajednice zabilježen je u razdoblju od sredine 80-tih do sredine 90-tih. U tom je razdoblju porasla brojnost dinoflagelata, a intenzivne dinoflagelatne cvatnje bile su česta pojava u obalnim vodama. Slične promjene zabilježene su i u sjevernom Jadranu, ali i u Atlantiku što ukazuje na utjecaj klimatskih promjena na fitoplanktonsku zajednicu.

Analiza biomase fitoplanktonske zajednice u razdoblju od 2000 do 2010 pokazala je trend porasta u obalnim i otvorenim vodama. Iako je zabilježen trend porasta, vrijednosti biomase u obalnim vodama još su uvijek niže od onih iz razdoblja sredine 80-tih i 90-tih godina kada je zabilježen značajni porast biomase fitoplanktona. Cvatnje dinoflagelata koje su obilježavale Kaštelanski i Šibenski zaljev u ljetnom razdoblju, zamijenjene su cvatnjama dijatomeja. Najčešće su to cvatnje vrsta roda *Chaetoceros* u proljetnom razdoblju, *Leptocylindrus minimus*, *L. danicus*, *L. adriaticus* u ljetnom razdoblju i *Pseudonitzschia* spp. koja je najbrojnija krajem ljeta. Diatomeja *Skeletonema costatum* koja visoku brojnost postiže u eutrofnim područjima, nije u većem broju zabilježena u obalnim vodama posljednjih godina. Najveća brojnost ove vrste javlja se u Šibenskom zaljevu.



4.1.3. Zooplankton

U zooplankton ubrajamo različite skupine organizama od jednostaničnih primitivnih ameba do jednostavnih kralježnjaka, koji žive u moru od površine do najvećih dubina. Zooplanktoni se znatno razlikuju s obzirom na veličinu tijela, dužinu životnog ciklusa, načinu razmnožavanja i ishrane, raspodjelu u vremenu i prostoru, tipu i brzini pokretanja, brojnosti, biomasi itd. U ekosustavu mora zooplanktonski organizmi su povezani međusobno vrlo kompliciranim lancima ishrane. U obalnom moru značajni su konzumenti organskog detritusa, međutim najvažnija je njihova uloga u regulaciji visine fitoplanktonske produkcije i osnova su za život svim višim predatorima od raznih filtratorskih organizama do ribljih populacija koje su važne za ljude. Ako zooplanktonska zajednica nije u mogućnosti putem ishrane preraditi novo stvorene fitoplanktonske stanice obično nastaju ozbiljni poremećaji prirodne ravnoteže, najčešće u obalnom moru.

U Jadranskom moru su se zbog položaja u odnosu na Sredozemno more, te specifičnih batimetrijskih, hidrografskih i produkcionih prilika razvili gotovo svi poznati tipovi zooplanktonskih zajednica: estuarijska, obalna, oceanska površinska, mezopelagična i dubokomorska. Za relativno malo more kao što je Jadransko, vrlo je velika raznolikost od oko 850 pravih zooplanktonskih vrsta ili holoplanktonata, te 20 puta više povremenih ili meroplanktonata, odnosno ličinki bentoskih organizama i riba. Sve skupine holoplanktona, kao i ekološke zone nisu podjednako istražene i poznate, dok o meroplanktonu znamo vrlo malo. Sva starija istraživanja do sredine XX stoljeća, odnosila su se samo na određivanje, skupina i vrsta i to za neka manja područja sjevernog Jadrana kao Trst i Venecija. Ozbiljnija ali područjem ograničena istraživanja zooplanktona započela su razvojem instituta u Splitu i Dubrovniku. Prva jadranska istraživanja koja su obuhvaćala akvatorij od Trsta do Otranta obavljena su povremenim krstarenjima brodom "Andrija Mohorovičić" u razdoblju od 1972 do 1990. Nakon toga u sklopu projekta "Jadran" zooplankton se je istraživao na transektima južni Jadran, Palagruški prag, Jabučka kotlina i Rovinj-Po od 1998. godine. Od istraživanja u otvorenom moru još izdvajamo projekt "PELMON" od 2002. godine. Neka područja obalnog ekosustava su relativno dobro istražena, kao uže područje Dubrovnika, Malostonski i Kaštelanski zaljev. Projektom "Pag-Konavle", od 1994. godine prikupljeni su važni uzorci za analizu zooplanktona. Nažalost još uvijek nije poznata fauna zooplanktona Jadrana. Objavljeno je svega nekoliko monografija: Hure J. & F. Kršinić (1998). Planktonic copepods of the Adriatic Sea. Spatial and temporal distribution; Gamulin T. & F. Kršinić (2000). Calycophores (Siphonophora, Calycophorae) of the Adriatic and Mediterranean Seas; Ghirardelli E. & T. Gamulin (2004). Chaetognatha; Kršinić (2010). Tintinnids (Tintinnida, Choreotrichia, Ciliata) in the Adriatic Sea, Mediterranean. Part I. Taxonomy, Part II. Ecology. Sistematske zbirke, važne za opće poznavanje biološke raznolikosti i temeljni dokumentacioni materijal, potrebno je trajno dopunjavati i o njima skrbiti.

Osvrt na faunu zooplanktona Jadranskog mora

U tablici 4.1.3.1 su izneseni podaci o registriranim vrstama holoplanktona u Jadranskom moru. S ukupno zabilježenih 850 vrsta zooplankton Jadranskog mora je vrlo raznolik i sadržava gotovo 8 % poznatih holoplanktonata u svim morima i oceanima. Gotovo 80 % vrsta je registrirano posljednjih 50 godina. Također u posljednje vrijeme su otkrivene i opisane nove vrste kopepoda i jedna vrsta iz skupine tunikata. U budućnosti se mogu očekivati nova otkrića nepoznatih vrsta iz područja koja su još uvijek ostala nepoznata, a to su izolirana obalna područja s anhialnim speleološkim objektima i hiperbentoske zajednice sjeverojadranskih depresija, Jabučke kotline i južnojadranske



kotline. U anhalinim speleološkim objektima živi izolirana populacija endemskih vrsta Tetis mora, kao na primjer misofrioidni copepod *Speleophria mestrovi* (Kršinić, 2007). Ova staništa koja se nalaze od Cavtata do Rovinja su vrlo ugrožena, a nađene vrste su uvrštene u crvenu knjigu ugroženih svojti špiljskih staništa. Od izuzetne ekološke vrijednosti su i slana jezera koja se nalaze na otocima i obali. U planktonu Velikog i Malog jezera na otoku Mljetu su interesantni nalazi hidromeđuze *Tima* sp. i skifomeđuze *Aurelia* sp. (Benović i Lučić, 1996). U planktonu jezera Mir na Dugom otoku zbog hipersalinih uvjeta živi samo jedna vrsta kopepoda *Centropages kroyeri*. Također u Rogozničkom jezeru, koje se nalazi na poluotoku Gradina kod Rogoznice od planktonskih metazoa živi samo jedna vrsta kopepoda *Acartia italica*, inače stari Sredozemni endem. Navedena vrsta je prilagođena ekstremnim uvjetima od hipoksije i anoksije do visokih koncentracija sumpornih spojeva i amonijaka. Zbog izuzetnih prilagodbi ekstremnim uvjetima biologija ove vrste u odnosu na ekološke uvjete intenzivno se multidisciplinarno istražuje. Kao specifičnost hrvatske obale su estuariji i kanalska područja koja su nažalost slabo istražena, a osobito Velebitski kanal i Kvarnerić. Za ovo područje postoje podaci prve hrvatske ekspedicije “Vila Velebita” 1913/14 i nakon 60 godina “Vila Velebita II”. U gornjem dijelu estuarija rijeke Zrmanje nađena je brojna populacija inače rijetke vrste tintinida *Favella adriatica*. U svakom od naših estuarija, rijeke Omble, Krke, Zrmanje i Malostonskog zaljeva su specifične faunističke značajke s dominantnim estuarsko-neritičkim vrstama i povremenom imigracijom oceanskih vrsta. Estuarij rijeke Krke je specifičan po najjačoj imigraciji vrsta otvorenog mora. Samo u ovom estuariju zabilježene su oceanske i podpovršinske vrste srednjeg i južnog Jadrana kao: *Xystonella lohmanni*, *X. longicauda*, *X. treforti* i druge. U svim estuarijima su moguće negativne promjene strukture zooplanktonske faune zbog antropogenog utjecaja.

Možemo izdvojiti neka područja sa karakterističnom faunom u kojoj dominiraju pojedine vrste otvorenog mora, kao što su tintinidi *Dictyocysta elegans* i *Undella hyalina* za Kvarnerić i Riječki zaljev, ciklopoidni kopepod *Paroithona parvula* za depresije Velebitskog kanala i Kvarnerića, te onceidnog kopepoda *Oncaea zernovi* u Malostonskom zaljevu.

Neke taksonomske skupine su gotovo nepoznate i nema stručnjaka za njihovu obradu, a to su od protozoa hoanoflagelati, planktonske foraminifere, heliozoa i akantarije; od metazoa ktenofora, rotatorija, od malakostraknih rakova, planktonski dekapodi, mizidi, kumacei, izopodi i planktonski amfipodi. Ostale skupine s relativno malim brojem vrsta se obrađuju, međutim zbog njihove biologije rasprostranjene su uglavnom u dublim slojevima južnog Jadrana, a neke se obrađuju samo u lokalno ograničenom području. Skupine najveće raznolikosti, kao što su radiolariji, cilijati, kopepodi i hidromeđuze (62 % od ukupnog broja vrsta) su i najbolje poznati zooplanktoni Jadranskog mora. U pravilu najveći broj vrsta se nalazi u južnom Jadranu. Prema sjeveru i obali broj vrsta se smanjuje. Samo manji broj vrsta je stalno prisutan u planktonu. U otvorenom moru vrste se obnavljaju imigracijom iz Sredozemnog mora. Najveći broj vrsta su obično malobrojne ili rijetke. Međutim u određenim uvjetima rijetke vrste mogu dominirati, što ponekad može imati pozitivne ili negativne posljedice na ekosustav. U obalnom ekosustavu i estuarijima fauna se obnavlja izvaljivanjem iz cista ili trajnih jaja. Naime mnoge estuarijske vrste uz nepovoljne ekološke prilike stvaraju ciste, koje padaju na morsko dno, gdje ostaju do povoljnih uvjeta za egzistiranje organizma. Povećanje raznolikosti u obalnoj zoni je i zbog povremenog raširenja oceanskih vrsta prema obali, uglavnom za vrijeme homotermije.



Tablica 4.1.3.1. Raznolikost zooplanktonskih skupina

SKUPINA	Broj vrsta
Choanoflagellata	13
Foraminiferida	15
Heliozoa/Taxopodida	5
Radiolaria	100
Acantharia	27
CILIOPHORA	120
CNIDARIA	
Medusae	80
Chondrophora	2
Siphonophora	23
Stauromedusa	10
Ctenophora	10
ROTATORIA	15
MOLLUSCA	18
ANNELIDA	11
CRUSTACEA	
Phyllopoda	6
Ostracoda	13
Copepoda	230
MALACOSTRACA	
Euphausiacea	12
Decapoda	11
Misidacea	21
Cumacea	10
Isopoda	2
Amphipoda	48
CHAETOGNATHA	11
TUNICATA	28
THALIACEA	9
UKUPNO	850

Egzotične vrste

Za razliku od faune riba koja se je u Jadranskom moru posljednjih desetak godina obogatila za oko 30 egzotičnih vrsta, zooplanktonska fauna se nije osobito povećavala. Zabilježeno je samo nekoliko vrsta, a koje ne pripadaju fauni Sredozemnog mora. Prvi put je u veljači 1995 kod Dubrovnika nađena atlantska vrsta kalikofora *Muggiæa atlantica*, te u veljači 1996 pteropod *Desmopterus papilio*. U godini 2002 nađena je tropska vrsta hidromeduze *Niobia dendrotentaculata* a u listopadu 2005 u površinskom uzorku zabilježen je tintinid *Undella hadai* inače stanovnik Crvenog mora (Kršinić i Njire, 2001).

Masovna invazija

U zooplanktonskoj zajednici je dobro poznato da se povremeno neka vrsta neuobičajeno razmnožava do masovnih razmjera. Najčešće su to vrste veće i želatinozne pa se lako primjete, a mogu izazvati nepovoljne učinke na ekosustav, ribarstvo i zdravlje ljudi. Uobičajeno su autohtoni organizmi, međutim mogu biti i invazivni pristigli balastnim vodama ili na drugi način. Za Jadransko more je poznata masovna pojava meduze *Pelagia noctiluca* u razdoblju od 1977 do 1985. godine koja je zbog otrova u

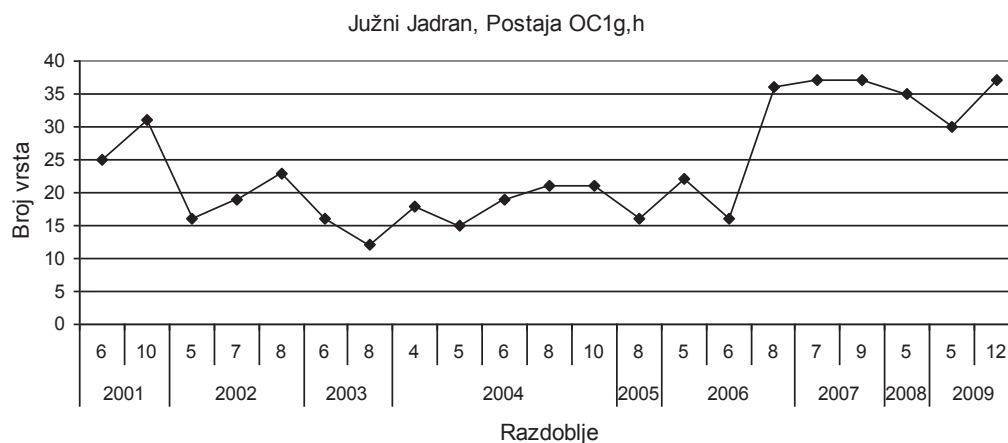


žarnim stanicama predstavljala problem kupcima. Povremena ljetna invazija pteropodnog pužića *Creseis acicula*, kao u kolovozu 2006. kod Dubrovnika, koji se kao iglica zabode u kožu kupaca i može izazvati neugodan dermatitis. Neki slučajevi značajnog smanjenja brojnosti mikrozooplanktona mogu se povezati s masovnom pojavom velikih želatinoznih organizama, kao na primjer *Salpa maxima* i *Salpa fusiformis* u svibnju 1998. u južnom Jadranu i *Thalia democratica* 2007. godine u srednjem Jadranu. Početak invazije je registriran u siječnju u površinskom sloju postaje CJ004, koja se nalazi u središnjem dijelu Jabučke kotline. Uz plove salpida bio je prisutan pratilac veliki hiperidni rak iz roda *Hyperia*, čija je brojnost bila iznimno visoka za ovo područje. Tijekom svibnja salpa je brojna na svim središnjim postajama Palagruškog praga i Jabučke kotline, a u lipnju samo na postajama Palagruškog praga. Zbog velike filtracijske sposobnosti salpida u površinskom sloju utvrđeno je značajno osiromašenje tintinida, nauplija i kalanoidnih kopepoda. Štetna masovna pojava imigrantske vrste *Muggiaea atlantica* dogodila se je u ljetu 1997 u području otvorenih voda sjevernog Jadrana. U vrijeme masovne pojave ove vrste kalikofora utvrđena je promjena sastava i gustoće glavne manjeg zooplanktona. Nakon što je ostala bez hrane, nastupio je masovni pomor i tako je došlo do povećanja želatinoznih makroagregata i ozbilnijih poremećaja u ekosustavu. Za razliku od navedenog primjera kad je masovna pojava negativno utjecala na ekosustav, iznosimo primjer pozitivnog efekta. U listopadu 1993. godine u sjevernom Jadranu nakon obilnog dotoka slatke vode rijekom Po nastupila je atipična dijatomejska cvatnja s vrstom *Chaetoceros socialis* (do 10^7 stanica.L⁻¹). Zahvaljujući imigraciji inače vrlo rijetke vrste tintinida *Amphorides laackmanni* iz južnog u sjeverni Jadran početkom studenog, svojom ishranom je značajno smanjila visinu fitoplanktonske cvatnje.

Višegodišnje varijabilnosti raznolikosti odabranih zooplanktonskih skupina

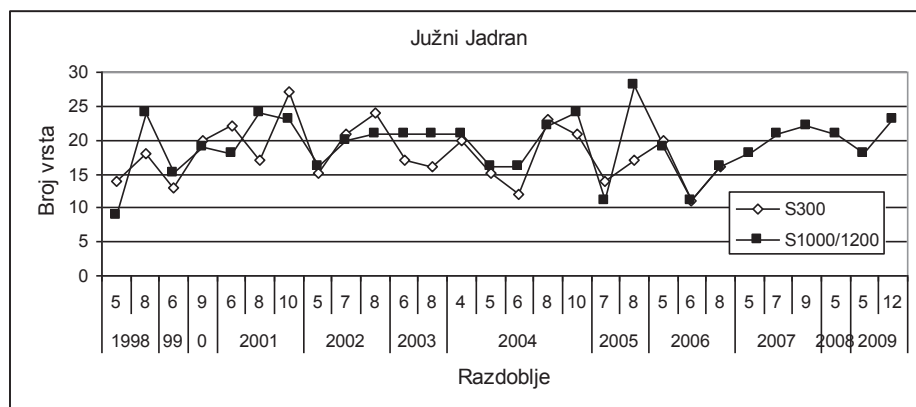
Amebe iz skupine radiolarija i cilijatni tintinidi su jednostanični organizmi. Imaju skelet ili loriku i stoga su najbolji indikatori bioraznolikosti. Slabo su pokretljivi i njihovo rasprostranjenje je ovisno o vodenim masama i strujama, stoga su najbolji indikatori vodenih masa. U ovom faunističkom prikazu uglavnom iznosimo podatke za navedene skupine. Tijekom istraživanja u razdoblju 2001 do 2009 godine na najdubljoj postaji u južnom Jadranu (1000/1200m) zabilježeno je ukupno 80 vrsta radiolarija (Kršinić, 1998, 1997-2010). Tijekom razdoblja od svibnja 2002 do lipnja 2006 prosječan broj vrsta u vertikalnoj seriji kretao se je između 12 i 20 vrsta. Od kolovoza 2006 do kraja istraživanja je bila najveća raznolikost vrsta, prosječni broj vrsta u jednoj vertikalnoj seriji je između 30 i 37 vrsta (slika 4.1.3.1). Najčešće vrste su feodarij *Challengeron xiphodon*, spumelarij *Stylodictya multispina* i naselarij *Cornutella profunda* prisutne u 99 % serija. Čak 37 vrsta su rijetke i pojavljuje se samo od 1 do 3 puta. Fauna radiolarija je najmanja u eufotičkom sloju do 100 m dubine, kao i u slojevima ispod 600 m dubine. Karakteristične vrste eufotičkog sloja su *Acrosphaera spinosa*, *Collosphaera huxleyi* i *C. tuberosa*. Također u eufotičkom sloju su povremeno prisutne juvenilni primjerci vrsta *Theocorythium trachelium*, *Eucyrtidium acuminatum* and *Stylodictya multispina*. Najveća raznolikost vrsta je između 100 i 400 m dubine, gdje su prisutne gotovo sve vrste osim nekoliko karakterističnih za eufotični sloj. Fauna radiolarija je malobrojna uz obalu i prema sjeveru. Povremeno imigriraju u dublje slojeve Jabučke kotline kao 2007. godine kada je registrirana vrsta *Challengeron willemoesii*.





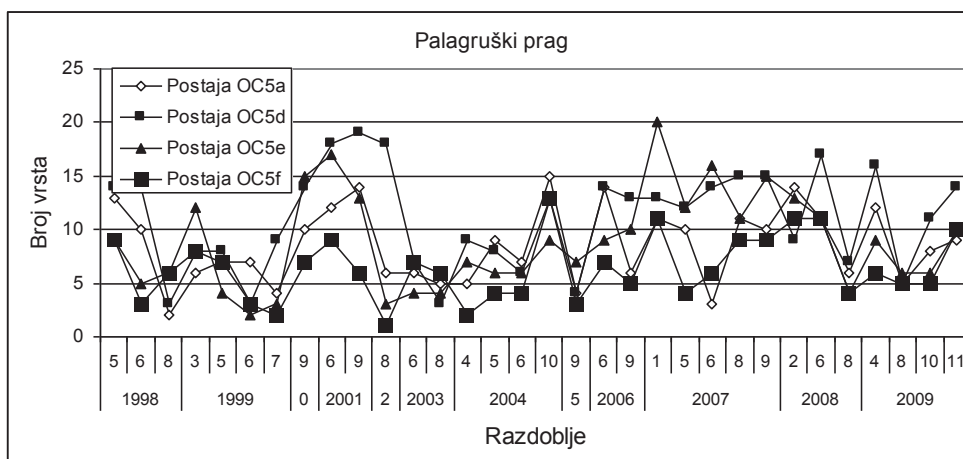
Slika 4.1.3.1. Varijabilnost broja vrsta radiolarija u južnom Jadranu

Dugoročne varijabilnosti broja vrsta tintinida na dubokim postajama u južnom Jadranu su prikazane na slici 4.1.3.2. Broj varira između 10 i 28 vrsta, a najveći je na postaji P300 u listopadu i na najdubljoj postaji P1200 u kolovozu 2005 (Kršinić, 2010a, b). Najmanji broj vrsta je uobičajen u svibnju ili lipnju. Na području Palagruškog praga u razdoblju od 1998 do 2009. godine ukupno je zabilježeno 56 vrsta ili 54 % manje od ukupnog broja za Jadransko more. U pravilu najviše vrsta je na postajama OC5d i OC5e s maksimumom od 20 vrsta u siječnju 2007, a najmanji na zapadnoj postaji OC5f (slika 4.1.3.3.). Bogatija fauna je obično u lipnju ili rujnu, a siromašnija u srpnju i kolovozu. Varijabilnosti broja vrsta su slične za sve postaje.

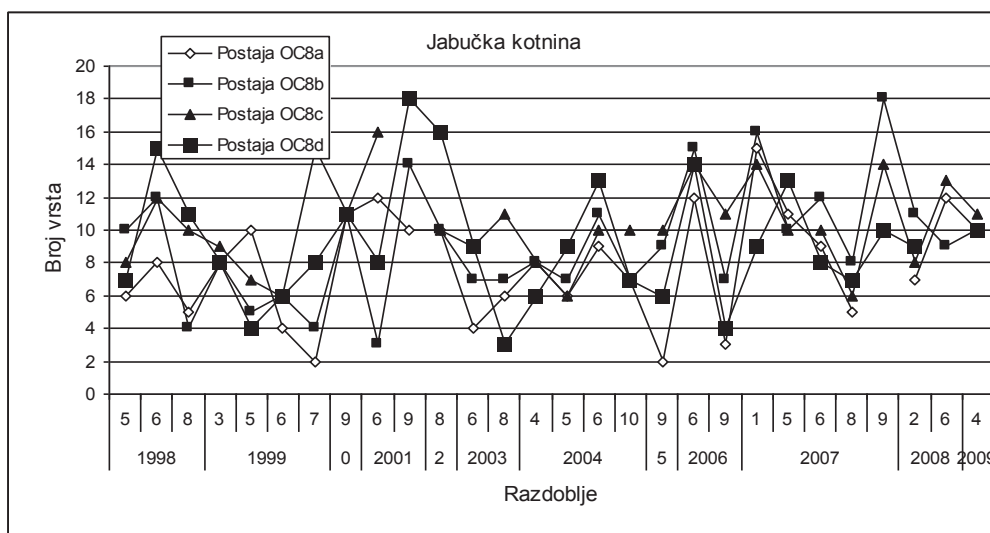


Slika 4.1.3.2. Varijabilnost broja vrsta tintinida u južnom Jadranu.





Slika 4.1.3.3. Varijabilnost broja vrsta tintinida na transektu Palagruški prag.

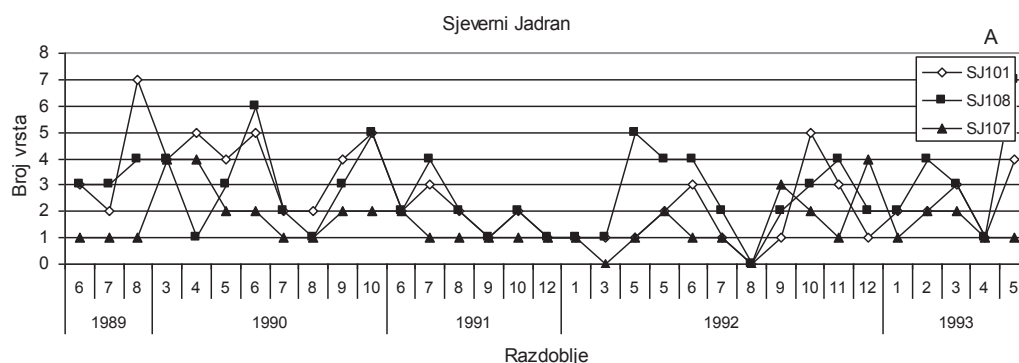


Slika 4.1.3.4. Varijabilnost broja vrsta tintinida na transektu Jabučka kotlina.

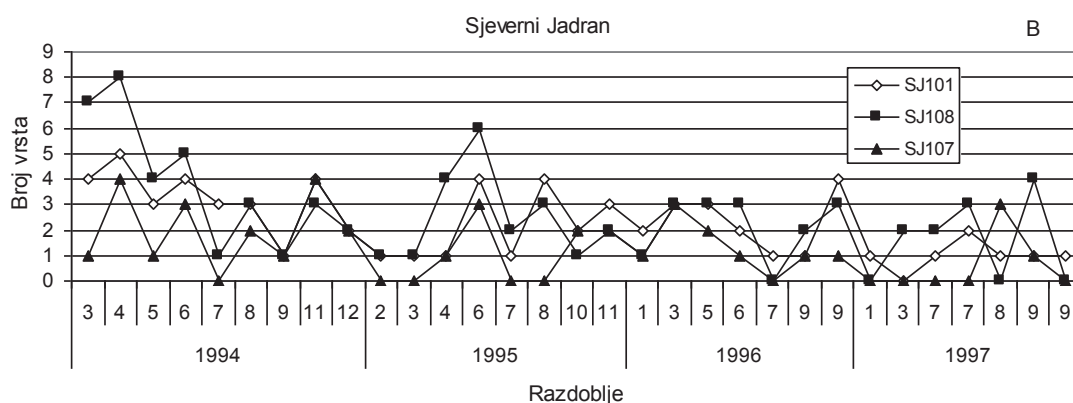
U području Jabučke kotline zabilježeno je 48 vrsta, odnosno 46 % poznatih vrsta za Jadransko more. Najviše vrsta je na središnjim postajama, gdje je Jabučka kotlina najdublja. Najbogatija fauna bila je u rujnu 2001 na postaji OC8d. Izrazito siromaštvo je bilo 1999 i 2003 godine. Godišnje varijabilnosti su samo povremeno različite od onih na transektu Palagruškog praga.

Za područje sjevernog Jadrana karakteristična je struktura faune tintinida. Najčešće su prisutne estuarsko-neritičke vrste, od kojih je zabilježeno 19 te povremene ukupno zabilježenih 30 vrsta (Lipej, 1992; Fonda-Umani, 1996; Kršinić, 2010a,b). Velika razlika u strukturi i broju vrsta je između sezona i višegodišnjeg ciklusa (slike 4.1.3.5 i 4.1.3.6). Estuarske vrste su karakteristične za zapadne postaje SJ101 i SJ108, dok su na postaji SJ107 veća mogućnost prisustva vrsta otvorenog mora. Za vrijeme ovih istraživanja samo u 14% slučajeva u uzorcima je bilo 5 do 7 vrsta, u ostalim znatno manje. U pravilu siromašna fauna je u srpnju ili kolovozu, a najbogatija u lipnju ili rujnu.





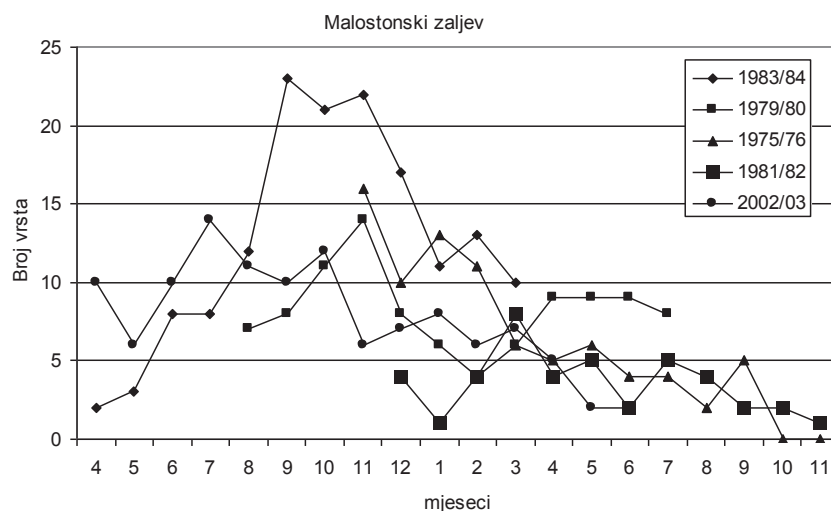
Slika 4.1.3.5. Varijabilnost broja vrsta tintinida u sjevernom Jadranu za razdoblje od 1989. do 1993. godine



Slika 4.1.3.6. Varijabilnost broja vrsta tintinida u sjevernom Jadranu za razdoblje od 1994. do 1997. godine

Tintinini su karakteristični cilijati u planktonu Malostonskog zaljeva, stalno su prisutni na cijelom području i vodenom stupcu. Od iznimne kvantitativne važnosti su u jesensko-zimskom razdoblju. Broj vrsta tintinina znatno varira u godišnjem i višegodišnjem ciklusu. U pravilu najmanje vrste je prisutno u kasno proljeće i ljeti. Najveća raznolikost vrsta tintinina je zabilježena u jesensko-zimskom razdoblju u 1983/84 godini, s maksimumom od 24 vrste. U unutarnjem dijelu zaljeva karakteristične su estuarsko-neritičke vrste. U dubljem dijelu zaljeva dominiraju obalne vrste. Neke oceanske vrste imigriraju u Malostonski zaljev pridnenom vodenom masom. U nekim godinama imigracija je znatnije izražena (slika 4.1.3.7.), kao 1983. godine. Jesensko zimsku populaciju čine vrste: *Codonellopsis schabi*, *Tintinnopsis compressa*, *T. radix*, *T. levigata*, *Stenosemella nivalis*, *S. ventricosa* i *Helicostomella subulata*. Navedene vrste sudjeluju oko 90 % u populaciji tintinina (Kršinić, 2010a,b).



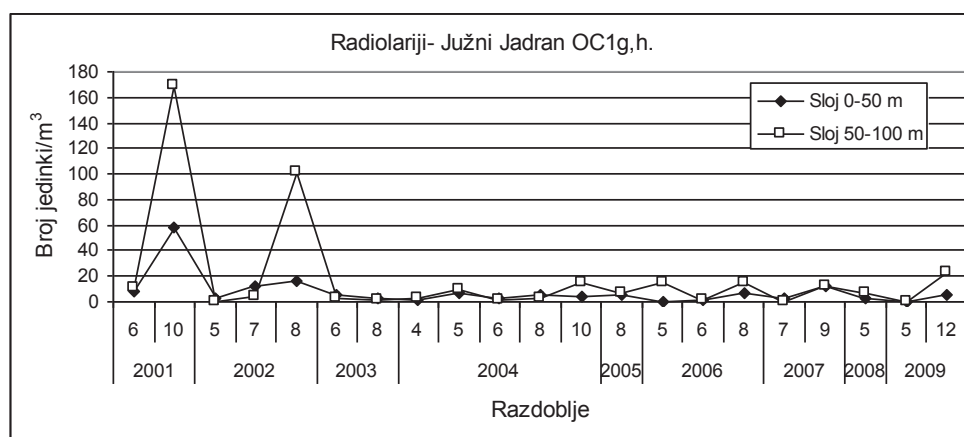


Slika 4.1.3.7. Višegodišnje varijabilnosti broja vrsta tintinina u Malostonskom zaljevu.

Prostorne i višegodišnje varijabilnosti protozojskih skupina zooplanktona

Analiza rezultata višegodišnje varijabilnosti abundancije radiolarija u vertikalnom stupcu na dubokomorskoj postaji u južnom Jadranu izdvaja eufotički, mesopalegični i dubokomorski sloj. Također se izdvajaju tri razdoblja. Prvo je razdoblje od listopada 2001 do travnja 2004. Razdoblje karakterizira maksimum brojnosti u eufotičkom sloju i najmanji postotni udio feodarijskih radiolarija u cijelom vodenom stupcu. Drugo razdoblje karakteriziraju vrlo niske vrijednosti abundancije u eufotičkom sloju, dok je srce populacije u mesopelagičnom sloju, a samo u kolovozu 2005 u dubokomorskom sloju. U populaciji su dominirale vrste iz skupine spumelaria i naselaria. Treće razdoblje je od svibnja i lipnja 2006 kada izrazito dominiraju feodariji. Tijekom 2007 dolazi do smanjenja udjela pheodaria, ali i ponovnog povećanja u 2008 i 2009 godini.

U eufotičkoj zoni radiolariji su malobrojni u sloju od 0 do 50 m. Gotovo stalno je brojnost radiolarija bila nešto veća u podpovršinskom sloju 50 do 100 m, a visoke vrijednosti su bile samo u listopadu 2001 od 169 ind.m^{-3} i u kolovozu 2002 s količinom od 101 ind.m^{-3} (slika 4.1.3.8). U površinskom sloju s 98 % sudjelovao je juvenilni oblik vrste *Eucyrtidium acuminatum*, dok u podpovršinskom sloju također juvenilni oblik *Theocorythium trachelium* s 79 % u ukupnom broju radiolarija.



Slika 4.1.3.8. Višegodišnje varijabilnosti brojnosti radiolarija u južnom Jadranu.



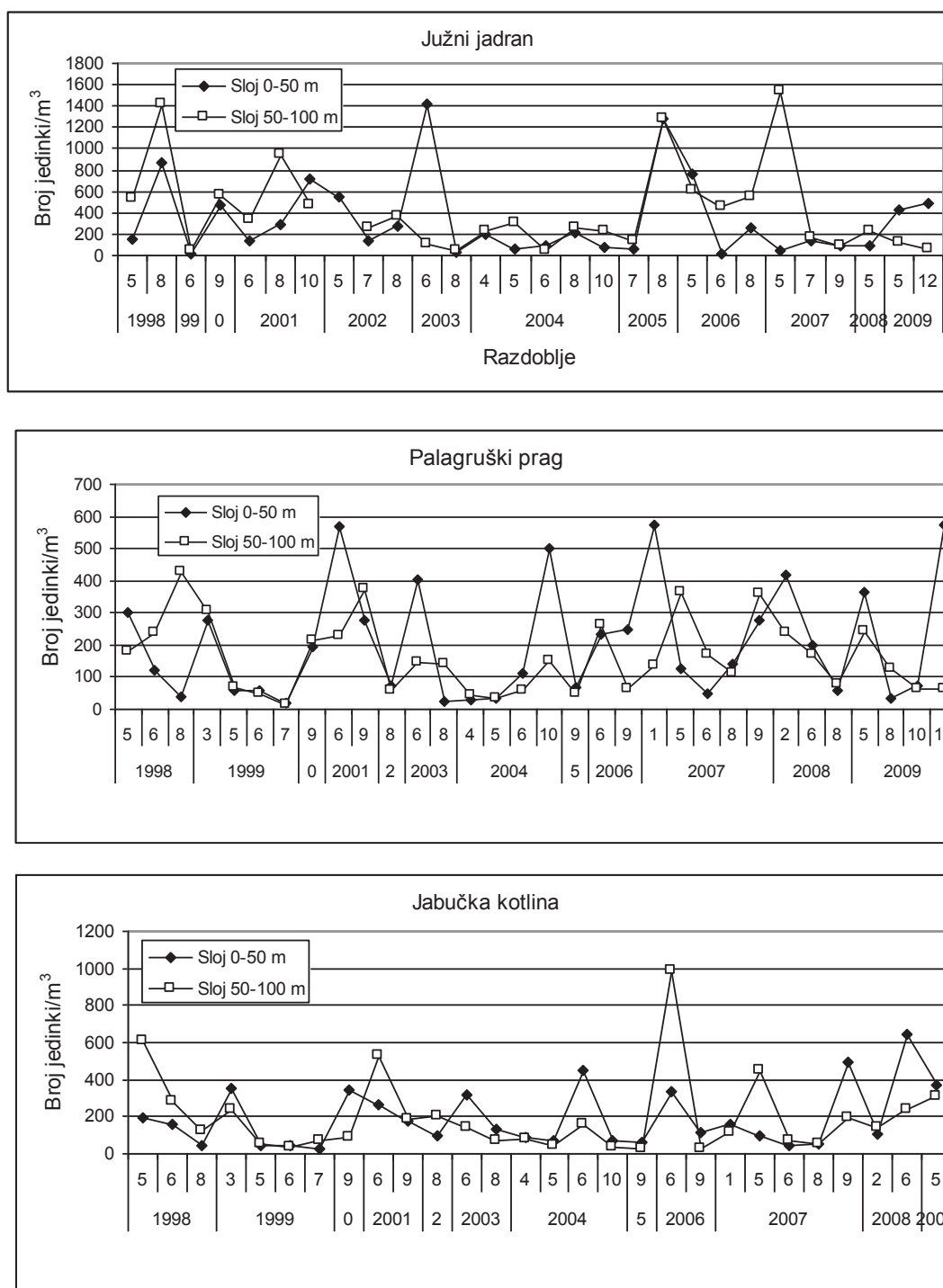
Radiolarija su stalno prisutni i pretežno dominiraju u dubljim slojevima južnojadranske kotline, tintinidi su jedini protozoi rasprostranjeni u cijelom Jadranu u svim slojevima i ekološkim zonama. U ovom pregledu iznosimo komparativne podatke za varijabilnost brojnosti tintinida, posebno za otvoreno more i obalnu zonu. Usporedni prikaz varijabilnosti brojnosti na transektima južni Jadran, Palagruški prag i Jabučka kotlina za dva sloja je dat na slici 4.1.3.9. Vidljivo je da brojnost tintinida znatno varira po godinama kao i između površinskog i podpovršinskog sloja. Budući su izneseni podaci isključivo za oceanske vrste, jasna je razlika brojnosti između južnog i srednjeg Jadrana. Gotovo svi pikovi brojnosti u južnom Jadranu prelaze gustoću od 1000 jed.m^{-3} dok su brojnosti tintinida u srednjem Jadranu rijetko 600 jed.m^{-3} , a samo je jednom i to u lipnju 2006 u Jabučkoj kotlini u podpovršinskom sloju bila brojnost oko 1000 ind.m^{-3} . Izraženi pad brojnosti u oba sloja u južnom Jadranu se odražava i na brojnost na transektima srednjeg Jadrana, kao na primjer 1999, 2002, 2004, 2007. Međutim s povećanjem brojnosti u južnom Jadranu ne povećava se uvijek i u srednjem Jadranu, pogotovo u razdoblju nakon 2004. godine.

Izrazito visoka vrijednost u lipnju 2006 za područje Jabučke kotline je uz dominaciju vrste *Codonella aspera*. U južnom jadraniu su samo u iznimnim slučajevima brojnosti veće u površinskom sloju, a u području srednjeg Jadrana je obrnuti slučaj. Atipično vrlo niske vrijednosti brojnosti tintinida tijekom 2004, kao i u razdoblju od rujna 2007. godine u eufotičkom sloju južnog Jadrana, može se govoriti o poremećaju u planktonskoj populaciji.

Prema dugoročnim istraživanjima u sjevernom Jadranu jasno je izražen gradijent brojnosti tintinida od juga prema sjeveru, a osobito od istočnog oligotrofnog dijela (SJ107) prema zapadnom eutrofnom dijelu (SJ108) sjevernog Jadrana. Na istočnoj postaji SJ107 gustoća tintinida je relativno niska, osobito 1991, 1994 i 1997. Gustoća veća od 100 jed.L^{-1} je zabilježena samo 4 puta. Naprotiv na postaji SJ108 za vrijeme 20 terenskih istraživanja na određenoj dubini abundancija je prelazila vrijednosti od 100 jed.L^{-1} , dok u 3 navrata i preko 1000 jed.L^{-1} . Prosječne vrijednosti za cijeli vodeni stupac prikazane su na slici 4.1.3.10.

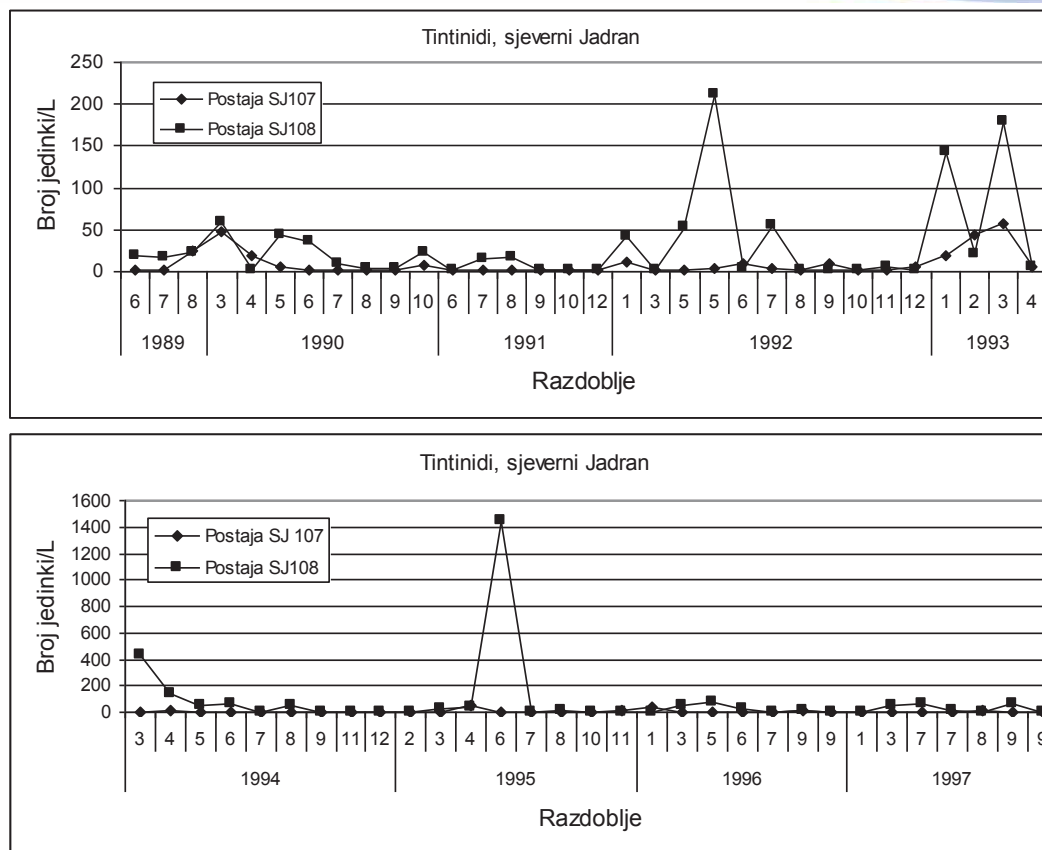
U svibnju 1993 dominirale su vrste *Tintinnopsis compressa* i *T. nana*, na 0.5 m dubine. U ožujku 1994 je dominirala vrsta *T. parvula* također na površini sudjelujući 91 % od ukupnog broja 1587 jed.L^{-1} . Slično je bilo i u lipnju 1995 s maksimalnom abundancijom od 5732 jed.L^{-1} . Na postaji SJ108 abundancija tintinida je 7.5 puta veća od one na postaji SJ107. Ovi rezultati upućuju da su tintinidi povremeno dominantni zooplanktonski organizmi i da imaju važnu ulogu u reguliranju visine fitoplanktonske produkcije. U sjevernom Jadranu dominiraju estuarijske vrste, dok su oceanske rijetke i povremeno prisutne, stoga su dobar indikator prodora toplije i slanije vode iz srednjeg i južnog Jadrana u ovo područje.





Slika 4.1.3.9. Višegodišnje varijabilnosti brojnosti tintinida na postaji OC1g,h južni Jadran, kao i prosječnih vrijednosti za transekte Palagruški prag i Jabučka kotlina.





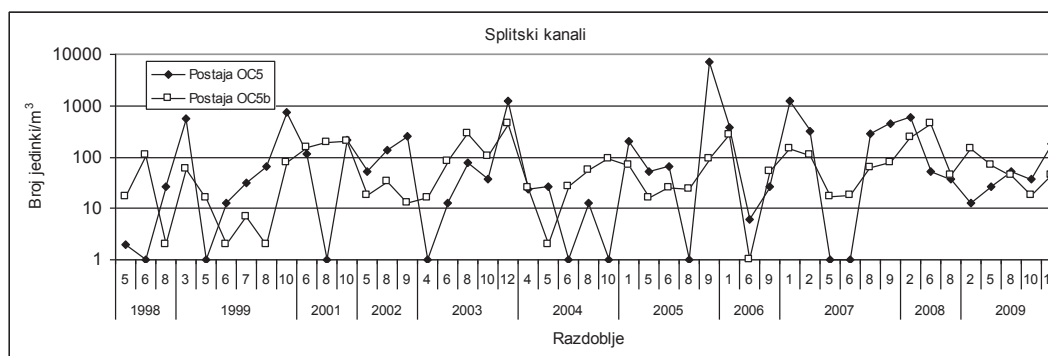
Slika 4.1.3.10. Varijabilnost prosječnih vrijednosti tintinida na postajama SJ107 i SJ108 za razdoblje lipanj 1989 do listopada 1997 godine.

Fauna tintinida kao i njihova brojnost uz obalu, u kanalima i estuarijima se znatno razlikuju od nalaza u otvorenom moru. Svaki estuarij je specifičan, a u ovom prikazu iznosimo samo najvažnije podatke i komentare. U obalnom moru kod Dubrovnika od svibnja 1996 do svibnja 1997 bila je prisutna 41 vrsta. Samo su 2 vrste bile estuarske, a ostale podpovršinsko-oceanske vrste. Brojnost je bila vrlo niska veći dio godine, dok su visoke vrijednosti od prosinca do siječnja. U prosincu maksimum dostiže vrijednost od 11260 jed.m^{-3} . Naprotiv u obližnjem estuariju rijeke Omble tintinidi su malobrojni u hladnom dijelu godine, dok dominiraju u jesen s pojavom vrste *Codonellopsis schabi*. Maksimum je obično u srednjem dijelu estuarija. U rujnu 2000. godine maksimum od 560 jed.L^{-1} je bio na 6 m dubine središnje postaje. Za vrijeme učestalih odnosno tjednih istraživanja na postaji Usko u Malostonskom zeljevu od 2001. do 2003. godine jasno su izražene zimska i ljetna populacija. Prvi zimski maksimum abundancije je krajem veljače s dominacijom vrste *Tintinnopsis nana* s vrijednostima od 1096 jed.L^{-1} . U ožujku je brojna *Helicostomella subulata* s vrijednostima od 520 jd.L^{-1} . Ljetno jesensku populaciju čine vrste *Stenosemella ventricosa*, *Codonellopsis schabi* i *Eutintinnus fraknoi* (Kršinić, 2010a,b).

Za uže splitsko područje postoje brojni podaci višegodišnjih istraživanja, a u ovom prilogu dajemo komentare za Brački i Hvarski kanal te za Kaštelanski zaljev. Usporedba varijabilnost abundancije za postaje u Bračkom kanalu (OC5) i Hvarskom kanalu (OC5b) je prikazana na slici 4.1.3.11. Krivulje brojnosti za obje postaje su slične, međutim u Bračkom kanalu su znatno veće razlike između minimuma i maksimuma nego je to slučaj u Hvarskom kanalu. Najviše vrijednosti su u kasnu jesen i zimi a najmanje za vrijeme proljeća i ranog ljeta. Maksimalne vrijednosti za obje postaje su u prosincu 2003. i rujnu

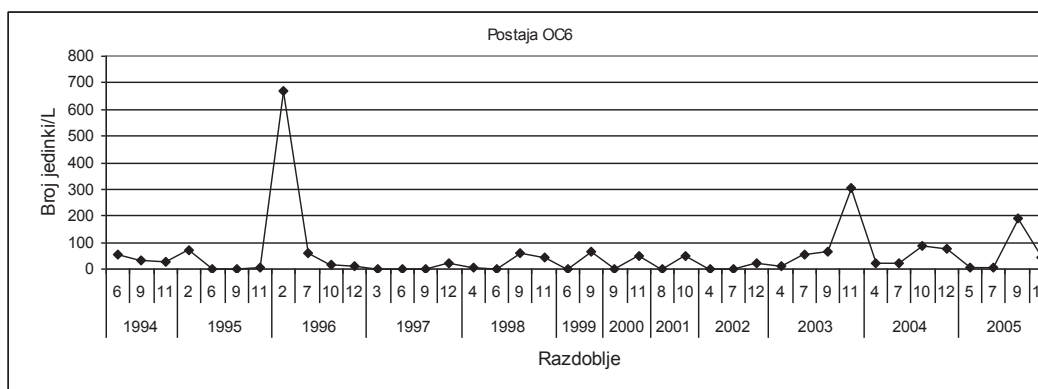


2005. godine, kada je izrazito dominirala vrsta *Codonellopsis schabi* sa gustoćom od 7170 jed.m⁻³.

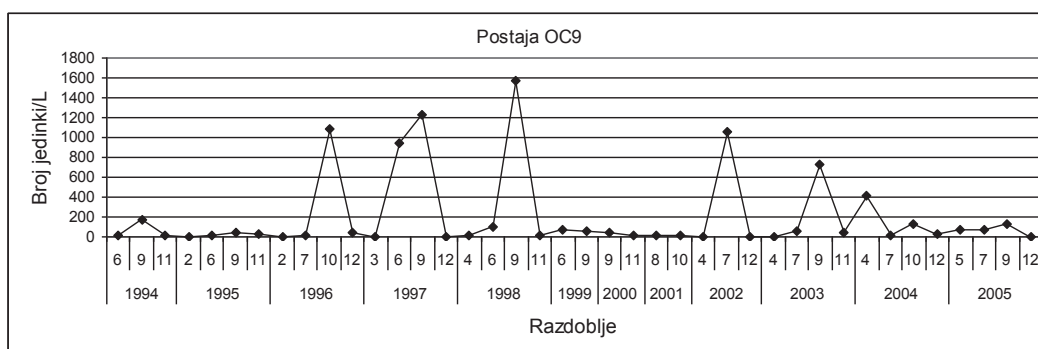


Slika 4.3.11. Varijabilnost brojnosti tintinida na postajama OC5 i OC5b za razdoblje od svibnja 1989. do listopada 2009. godine.

Prosječna abundancija tintinida u središnjem dijelu Kaštelanskog zaljeva je relativno niska s vrijednostima ispod 100 jed.L⁻¹, a samo povremeno su visoke vrijednosti kao u veljači 1996 ili studenom 2003. godine (slika 4.1.3.12.). Svakako prema unutrašnjem dijelu zaljeva s povećanjem eutrofikacije povećava se i abundancija tintinida. U Kaštelanskom zaljevu, poglavito zimi, mogu imigrirati i vrste otvorenog mora, ali su one rijetke ili malobrojne. U Kaštelanskom zaljevu obično dominiraju vrste *Stenosemella nivalis*, *Codonellopsis schabi* i *Helicostomella subulata* (Bojanić, 2002, Kršinić, 2010a,b).



Slika 4.1.3.12. Varijabilnost brojnosti tintinida na postajama OC6 u Kaštelanskom zaljevu u razdoblju lipanj 1994 do prosinca 2005 godine.



Slika 4.1.3.13. Varijabilnost brojnosti tintinida na postajama OC9 u Šibenskoj luci u razdoblju lipanj 1994 do prosinca 2005 godine.



Za razliku od Kaštelanskog zaljeva visoke brojnosti u području Šibenske luke su mnogo češće (slika 4.1.3.13.), a prosječne vrijednosti kao i apsolutne su znatno više. Maksimalna ukupna abundancija od 3540 jed.L⁻¹ je bila na površini u rujnu 1997. Tri vrste su karakteristične i postižu vrlo visoku brojnost u donjem dijelu estuarija rijeke Krke: *Tintinnopsis nana* 2300 jed.L⁻¹ u listopadu 1996, *Helicostomella subulata* 2300 jed.L⁻¹ u rujnu 1998 i *Eutintinnus tubulosus* 2600 jed.L⁻¹ u srpnju 2002. Prema svemu sudeći nakon 2005. godine novim rješenjem kanalizacije odvodnje područje je manje eutrofno što je i rezultiralo smanjenje brojnosti populacije tintinida. Za ovaj estuarij je karakteristična povremena imigracija vrsta otvorenog mora. Uz povoljne hidrografske prilike oceanske vrste se nastavljaju razmnožavati i postižu veću abundanciju u estuariju nego u prirodnom staništu, kao na primjer vrsta *Xystonella lohmanni* i *Eutintinnus tubulosus*.

U Zadarskom kanalu u razdoblju od 1994 do 2005 zabilježena je 31 vrsta tintinida, od kojih 12 estuarskih. Međutim njihova brojnost je općenito mala od 0 do 20 jed.L⁻¹. Povećana vrijednost od 120 jed.L⁻¹ je u lipnju 1995 uz dominaciju vrste *Eutintinnus tubulosus*, te 144 jed.L⁻¹ u studenom 2000. godine sa vrstama *Tintinnopsis nana*, *Stenosemella nivalis* i *Codonellopsis schabi*. U Karinskom moru je za vrijeme ljeta karakteristična vrsta *Helicostomella subulata*. U samom estuariju rijeke Zrmanje broj vrsta se smanjuje od Novigradskog mora preme unutrašnjem dijelu estuarija. U pridnenom odnosno morskom sloju estuarija povremeno neke estuarske vrste dostignu visoke vrijednosti abundancije. U srpnju 2003. nađena je vrlo visoka vrijednost od 1886 jed.L⁻¹ vrste *Favella adriatica* i 288 jed.L⁻¹ vrste *Metacylis joergenseni*, stoga ih smatramo karakterističnim vrstama estuarija rijeke Zrmanje.

Za Kvarnersku regiju je specifično da su povremeno najbrojnije vrste otvorenog mora, kao što su *Dictyocysta elegans* i *Undella hyalina*. Vrsta *D. elegans* imigrira u Riječki zaljev i okolno more za vrijeme ljeta, ali obično je malobrojna. Povremeno je vrlo brojna, kao u rujnu 2006. godine s prosječnom koncentracijom za vodeni stupac od 61 jed.L⁻¹ (Kršinić, 2010a,b).

Prostorne i višegodišnje varijabilnosti kopepoda u otvorenom moru

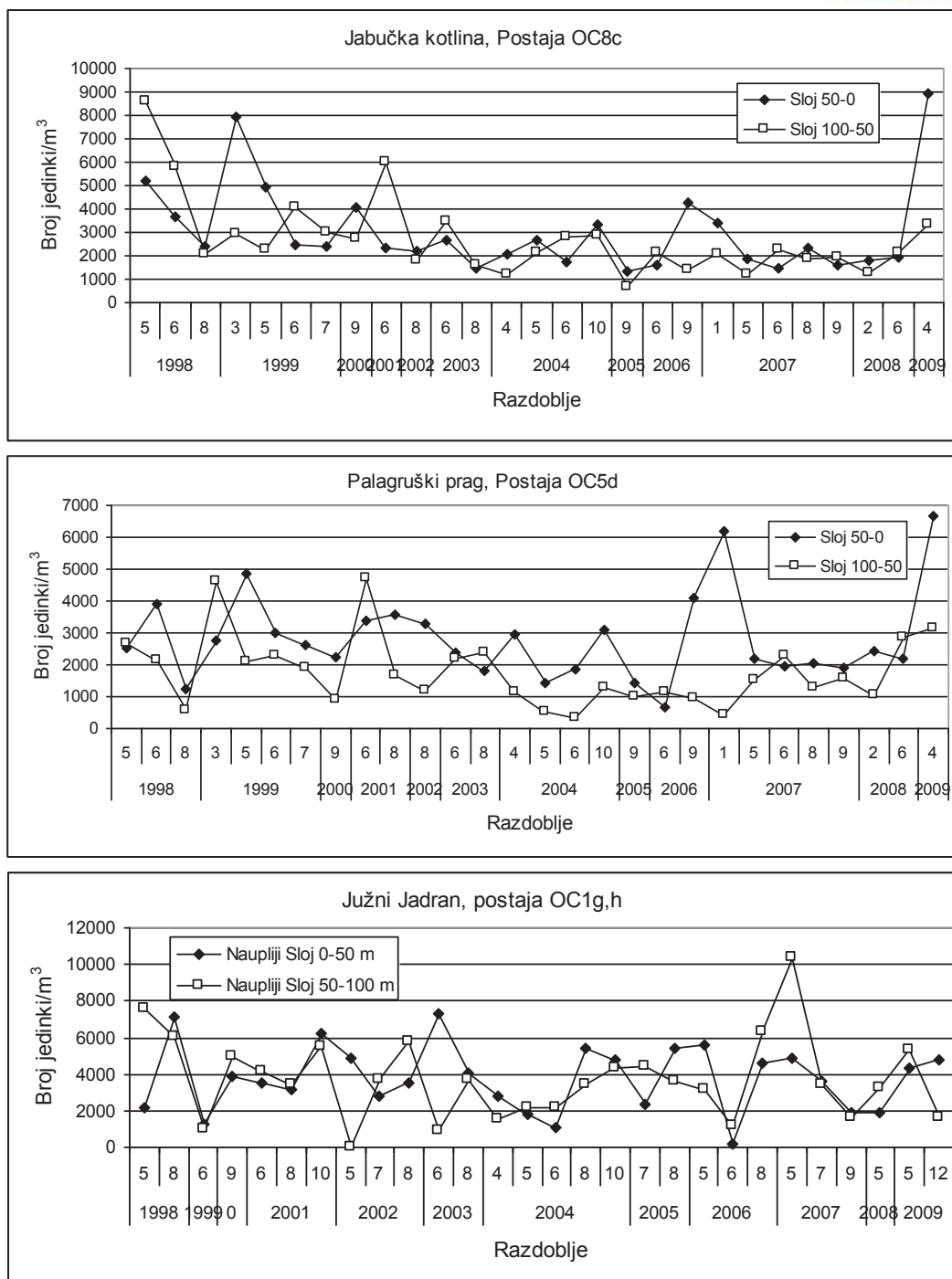
Kopepodi su u Jadranskom moru prisutni s najvećim brojem vrsta. Dolaze u sve ekološke zone, stalno su prisutni i pretežno su najbrojniji zooplanktoni. Imaju vrlo kompliciran životni ciklus. Nakon izvaljivanja iz jajne opne razvijaju se tzv. naupliji, koji imaju tri para nastavaka, kojima se hrane i plivaju. S novim nastavcima nastaju tzv kopepoditi, koji nakon 5 presvlačenja postaju spolno zrele jedinke. Naupliji nakon trećeg stadija hrane se bakterioplanktonom i nanofotoplanktonom. Kopepoditi i odrasli kopepodi hrane se filtriranjem fitoplanktona, karnivornim načinom ili su omnivori i detritivori. Svakako su glavni zooplanktonski organizmi koji reguliraju visinu fitoplanktonske produkcije. Kopepodi su vrlo važni u ishrani ličinki riba, planktonofornih riba i drugih organizama (Baranović i sur., 1992; Kršinić, 1998; Vidjak, 1998). Svaki poremećaj u populaciji kopepoda može izazvati šire ekološke probleme, stoga posebnu pažnju u ovoj analizi pridajemo poznavanju strukture populacije kopepoda Jadranskog mora. Također s posebnim obzirom obrađujemo nauplije i kopepodite, koji su zbog neadekvatne metodologije istraživanja potpuno zanemareni. Kopepodi su u Jadranskom moru najviše istraživani, međutim pažnja se je obično davala samo spolno zreloj populaciji, koja čini relativno mali udio u ukupnom broju kopepoda.

Naupliji su u pravilu dominantni organizmi u svim ekološkim zonama mora. Varijabilnosti brojnosti na otvorenom moru južnog i srednjeg Jadrana kreću se od 500 do 10000 jed.m⁻³ (slika 4.1.3.14.). Povremeno su značajne razlike između površinskog i podpovršinskog sloja. Na središnjoj postaji u južnom Jadranu obično su najmanje

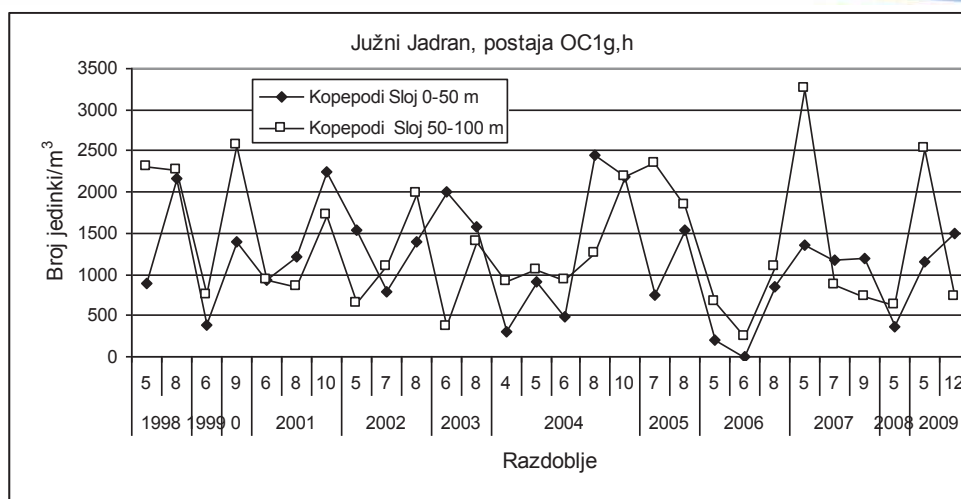


vrijednosti u svibnju ili lipnju, a najviše u jesen. Na središnjim postajama Palagruškog praga i Jabučke kotline često je obrnut slučaj. Izrazito niska abundancija je bila u lipnju 2006. godine na cijelom akvatoriju. Zanimljivo je istaknuti da su naupliji povremeno najbrojniji u južnom Jadranu, gdje je zabilježen maksimum od 10368 jed.m^{-3} u svibnju 2007 u sloju 100-50 m dubine. Također su povremeno više vrijednosti na središnjoj postaji Jabučke kotline nego na postaji Palagruškog praga. U postnauplijarne kopepode uključujemo sve kopepoditske razvojne stadije, te spolno zrele primjerke skupina kalanoida (Calanoida), oitonina (Cyclopoida-oithona), onceida (Cyclopoida.oncaea) i harpaktikoida (Harpacticoida). Na slici 4.1.3.15. prikazana je brojnost postnauplijarnih kopepoda u južnom Jadranu za dva sloja; površinski i podpovršinski. Varijabilnost za oba sloja je slična, međutim obično je velika razlika u abundanciji. Pretežno su kopepodi brojniji u podpovršinskom sloju. Zabilježene su samo nekoliko puta apsolutne vrijednosti manje od 300 jed.m^{-3} . Čak u 18 uzoraka vrijednosti prelaze 1500 jed.m^{-3} . Maksimum od 3264 jed.m^{-3} u svibnju 2007. godine u sloju od 100 – 50 m dubine je vrlo visoka vrijednost za postnauplijarne kopepode otvorenog dijela Jadranskog mora. Izrazito niske vrijednosti brojnosti kopepoda na postaji u južnojadranskoj kotlini bile su u oba sloja u lipnju 1999. i 2006. Godine (Kršinić, 1997-2010; Projekt “Jadran” 1998-2010).



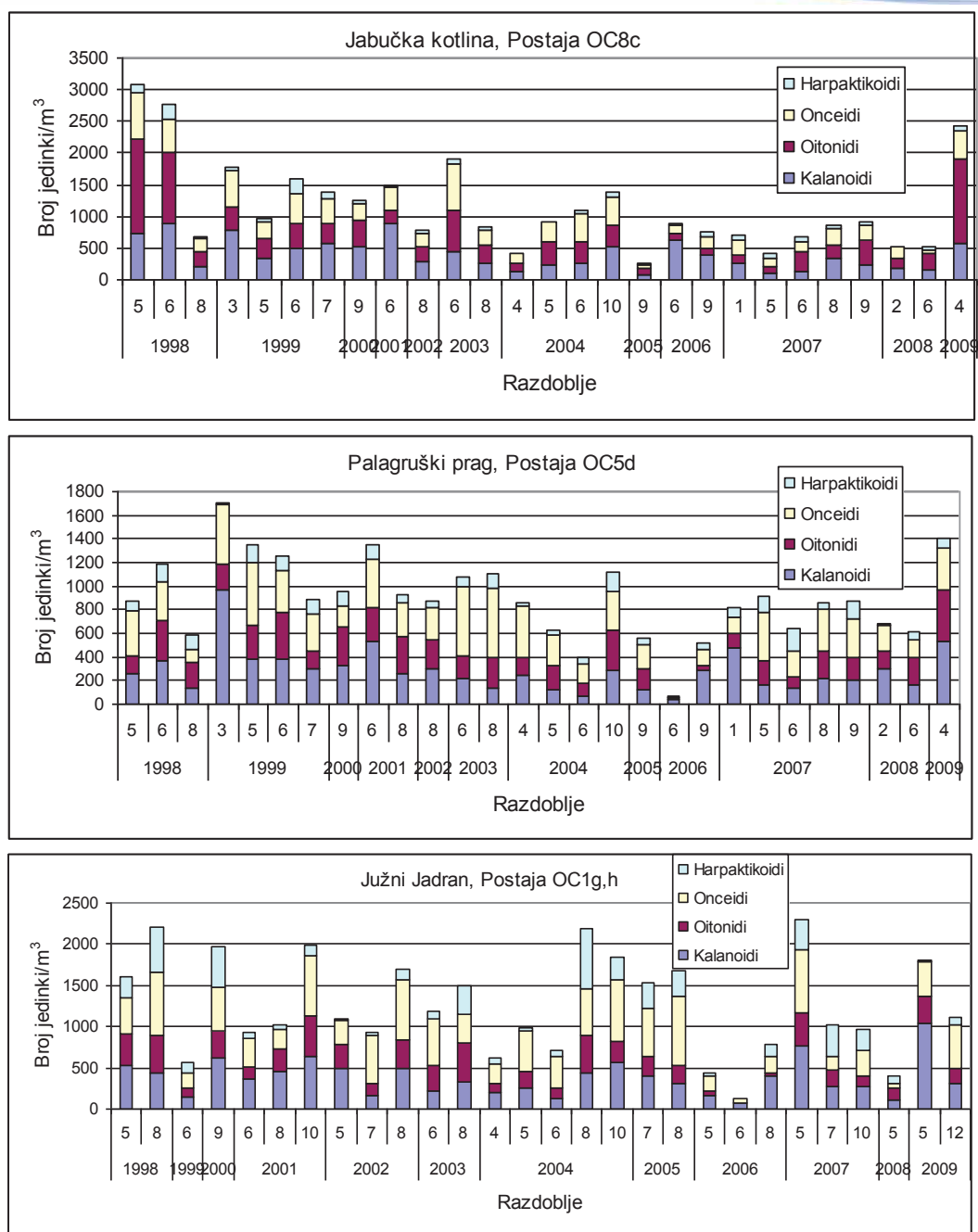


Slika 4.1.3.14. Varijabilnost brojnosti nauplija na postajama otvorenog mora južnog i srednjeg Jadrana za površinski i podpovršinski sloj.



Slika 4.1.3.15. Usporedba varijabilnosti ukupnog broja kopepoda između površinskog i podpovršinskog sloja u južnom Jadranu.

Radi usporedbe rezultata koji su dobiveni za središnje postaje Palagruškog praga i Jabučke kotline na slici 4.1.3.16. su date prosječne vrijednosti brojnosti za eufotični sloj do 100 m dubine s prikazom udjela za četiri skupine kopepoda. Iz rezultata je vidljiv godišnji i višegodišnji ciklus brojnosti, kao razlike i sličnosti između postaja. Prema ukupnim prosječnim vrijednostima abundancije može se zaključiti da je središnje područje od južnojadranske kotline preko Palagruškog praga i Jabučke kotline općenito sličnih produkcijskih prilika. Međutim razlike su vrlo specifične te ipak moramo odvojiti središnji dio južnog Jadrana s relativno visokim vrijednostima abundancije kopepoda i visokim udjelom onceida i harpaktikoida. Na postaji Palagruškog praga je sličan sastav populacije, međutim vrijednosti abundancije su niže, također i u usporedbi s postajom u području Jabučke kotline. Na postaji u središnjem dijelu Jabučke kotline su povremeno brojni kopepodi iz skupine oithonida, kao na primjer u svibnju i lipnju 1998 i travnju 2009. godine. Izrazito niske vrijednosti abundancije su u lipnju 2006. godine. i to na obje južne postaje, što ukazuje na poremećaj u zooplanktonskoj populaciji. U ovom pregledu prvi put iznosimo podatke za ukupnu populaciju kopepoda, iz čega je vidljivo da kalanoidi, pretežno herbivori, nisu dominantni kopepodi u otvorenim vodama južnog i sjevernog Jadrana. Dok su u populaciji južnog jadrana važne skupine onceidi i harpaktikoidi (karnivorni) u području srednjeg Jadrana prevladavaju oithonidi i onceidi (detritovorni i karnivorni). Premda je u području južnog Jadrana najveća raznolikost kopepoda, kalanoida oko 90 vrsta, abundancija spolno zrelih jedinki je relativno mala. Preko 80 % populacije čine nezreli kopepoditski stadiji.



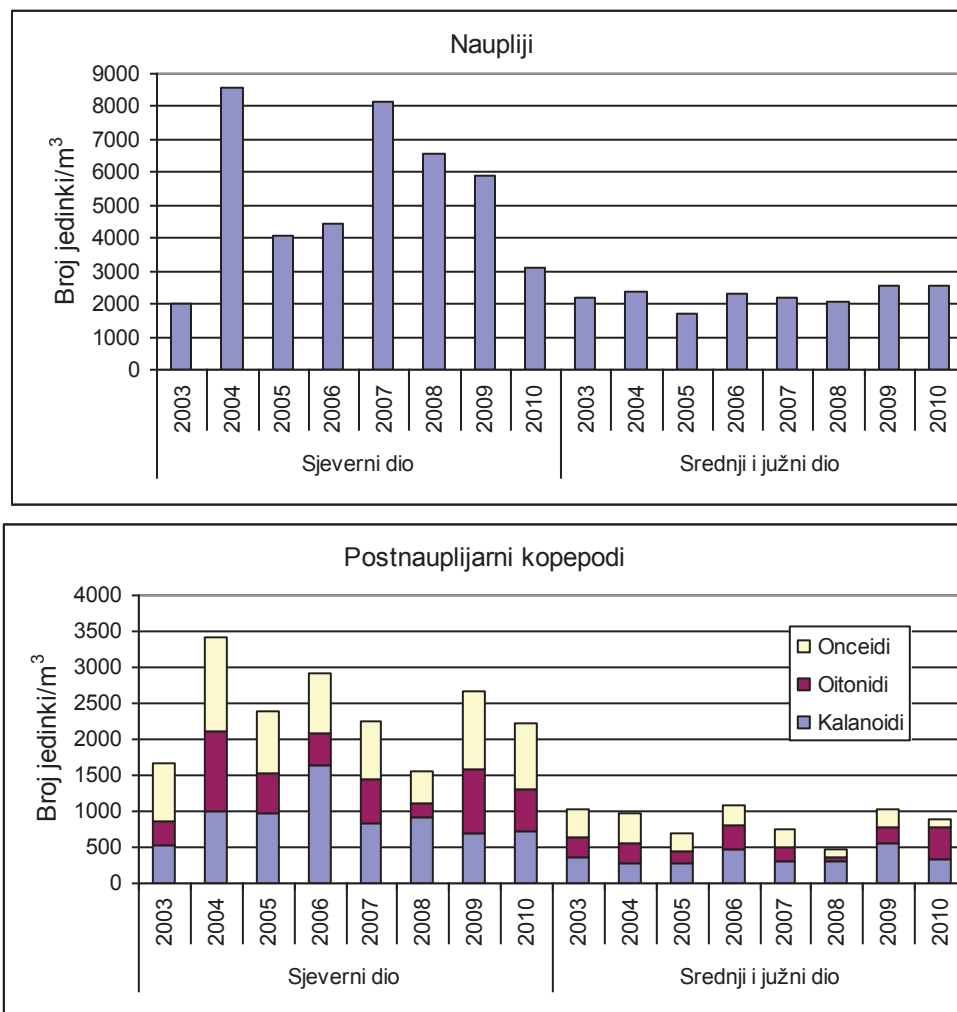
Slika 4.1.3.16. Varijabilnost prosječne brojnosti postnauplijarnih kopepoda u eufotičnom sloju južnog i srednjeg Jadrana.

U uzorcima koji se analiziraju u ovom prikazu, sakupljeni planktonskom mrežom otvora okca 53 μm od kalanoida su uglavnom dominirale male vrste, kao; *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus arcuicornis* i *Ctenocalanus vanus*. Dominantne vrste onceida u južnom Jadranu su: *Oncaea zernovi* i *Spinoncaea ivlevi* a u srednjem Jadranu *Monothula subtilis*. U populaciji oitonida od veće kvantitativne važnosti su vrste *Oithona similis*, *O. setigera* i *Paroithona parvula*, a u populaciji harpaktikoida *Microsetella rosea* i *M. norvegica*. Kao i neke vrste protozoa, onceidni kopepodi su dobri indikatori prodora južnojadranske vodene mase prema srednjem Jadranu i to upravo preko središnjih postaja.

Dužjadranski gradijent abundancije skupina kopepoda je dobro vidljiv na slici 4.1.3.17. Podaci su prikupljeni u sklopu projekta PELMON. Krstarenja su bila jednom godišnje, obično kolovoz/rujan na otvorenom i unutarnjem moru od Rovinja do Prevlake.



Prikazane su prosječne vrijednosti za skupinu postaja sjevernog dijela, te srednjeg i južnog.



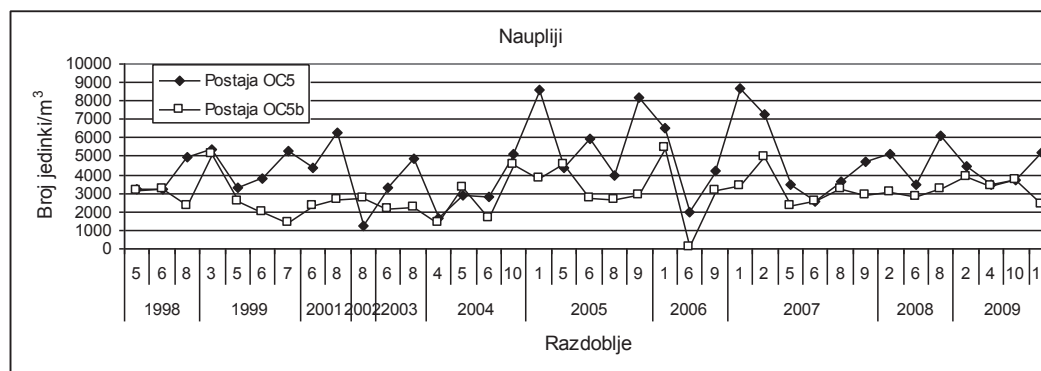
Slika 4.1.3.17. Varijabilnost prosječne brojnosti nauplija i kopepoda u otvorenom moru za jesenska krstarenja od 2003. do 2010. godine.

U otvorenom moru srednji i južni dio bile su najniže vrijednosti nauplija i postnaupliarnih kopepoda, a nisu utvrđene značajnije razlike abundancije između godina. Najbogatija zona prema brojnosti kopepoda je otvoreno more-sjeverni dio. U ovoj zoni su najveće varijabilnosti prosječne abundancije svih grupa kopepoda u cijelom razdoblju. U 2003. godini iznimno su niske vrijednosti gustoće, što može ukazivati na poremećaje u pelagijalu sjevernog Jadrana. Također značajno smanjenje gustoće nauplija je bilo tijekom 2005. i 2006, te oittonida i onceida 2008. godine. Smanjenje prosječnih vrijednosti gustoće nauplija i kalanoidnih kopepodita je bilo tijekom uzorkovanja 2009. u odnosu na nekoliko ranijih godina, ali i povećanje gustoće postnaupliarnih oittonida i onceida.

Prema učestalim tjednim istraživanjima na postaji ispred Dubrovnika OC1 u godini 1996/97. kalanoidi su bili najbrojniji u prosincu i siječnju, maksimum od 5233 jed.m⁻³ je 17. prosinca 1996 u sloju od 0 -25 m. Naupliji su dominirali s gustoćom od 16900 jed.m⁻³ 30. prosinca u istom sloju, a onceidi od 3510 jed.m⁻³ 03. prosinca u sloju 25-50 m. Naprotiv oittonidi su brojni za vrijeme tople sezone, a maksimum od 1846 jed.m⁻³ je bio u površinskom sloju 03. rujna 1996. godine. Na ovoj postaji većinom su kalanoidi dominantni u površinskih 25 m dubine, dok dublje ostale skupine kopepoda. Ova učestala

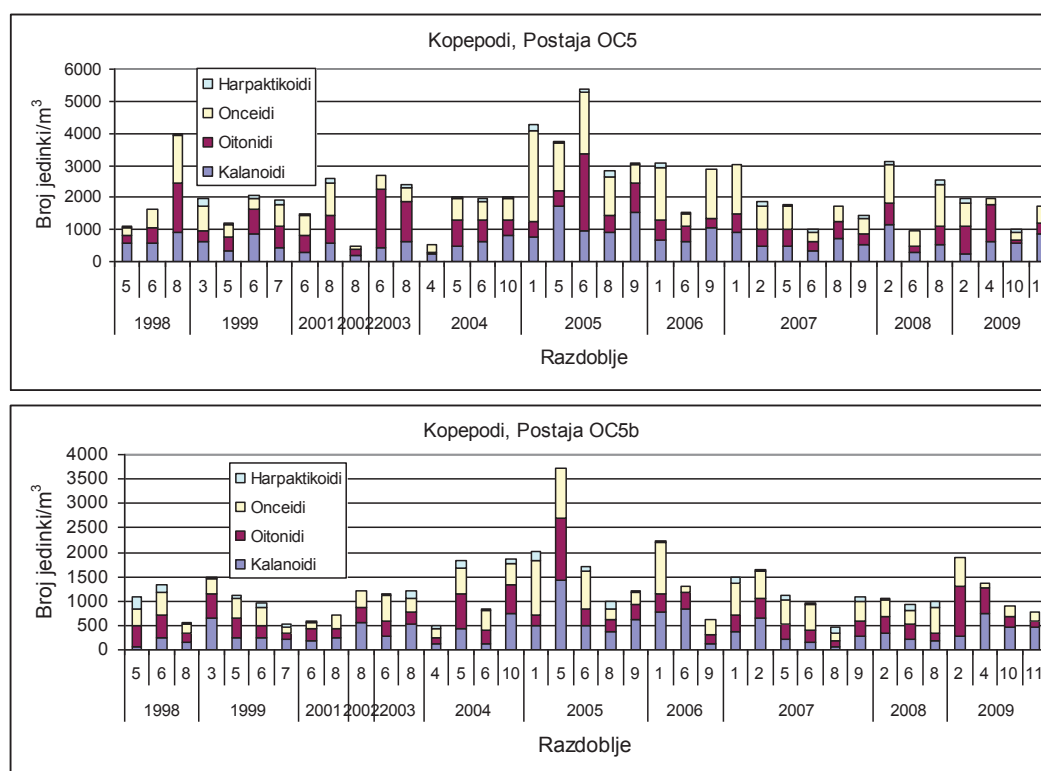


istraživanja kopepoda pokazuju da je njihova abundancija najveća u zimskom razdoblju od studenog do veljače. Nažalost istraživanja u otvorenim vodama Jadranskog mora su u tom razdoblju vrlo rijetka, što se mora uzeti u obzir kod planiranja budućih istraživanja.



Slika 4.1.3.18. Varijabilnost abundancije nauplija na postajama u Bračkom i Hvarskom kanalu.

Višegodišnje varijabilnosti abundancije nauplija i svih skupina kopepoda u području Bračkog i Hvarskog kanala prikazane su na slikama 4.1.3.18. i 4.1.3.19. Varijabilnost brojnosti nauplija je znatno veća na postaji u Bračkom kanalu OC5 (1216 – 8567 jed.m⁻³), nego susjednom Hvarskom kanalu OC5b gdje su i vrijednosti u pravilu znatno niže (64 – 5440 jed.m⁻³). Naupliji su brojni 2005. i zimi 2007. godine. Obično su vrijednosti u lipnju niže, a osobito 2006. godine. Na postaji Pelegrin u Hvarskom kanalu nakon maksimalne abundancije nauplija u siječnju 2006. godine u lipnju iste godine nađen je ekstremni minimum, koji je istodobno bio u otvorenom moru južnog i srednjeg Jadrana. Navedeni rezultat je znak ozbilnog poremećaja u planktonskoj zajednici otvorenog mora.



Slika 4.1.3.19. Varijabilnost abundancije kopepoda na postajama u Bračkom i Hvarskom kanalu.

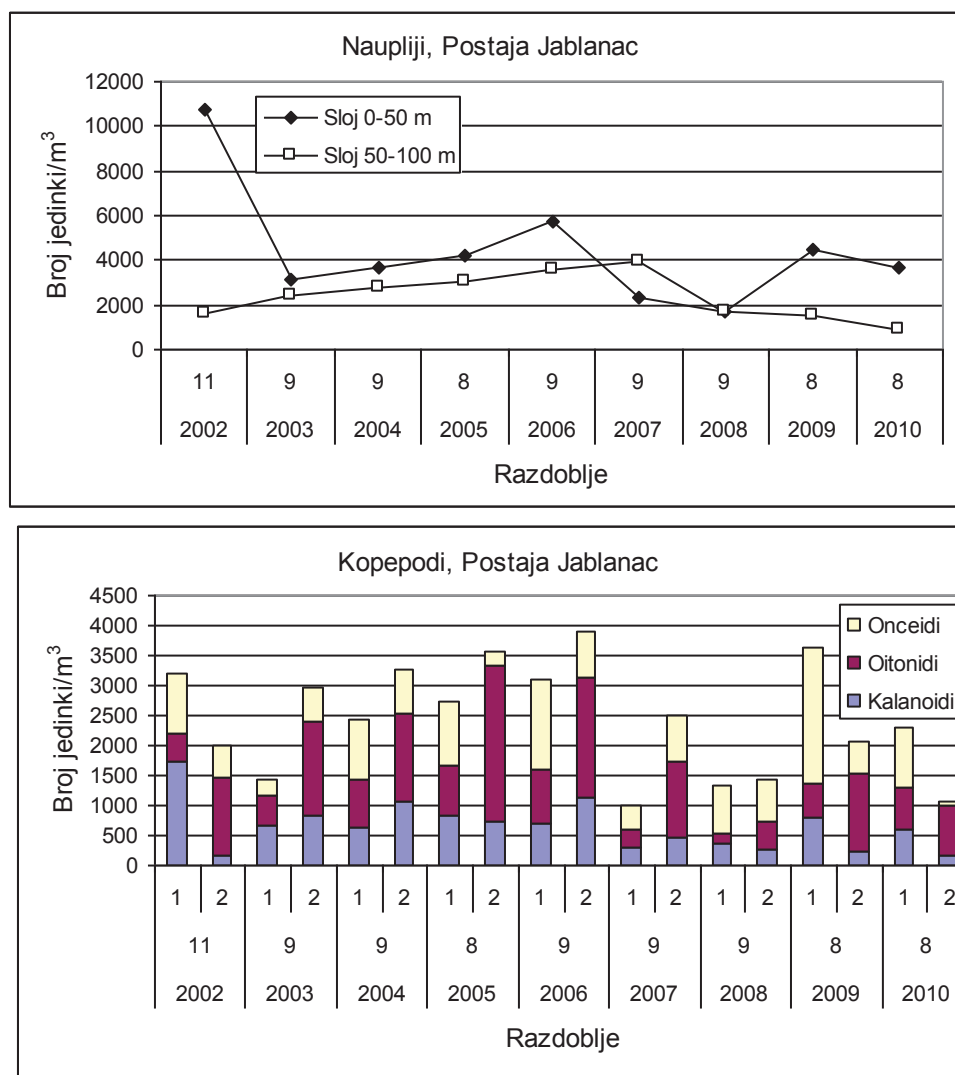


Višegodišnja varijabilnost postnauplijarnih kopepoda u splitskim kanalima je vrlo slična, ali s izvjesnim vremenskim pomakom. Postaja Pelegrin u Hvarskom kanalu je znatno više pod utjecajem voda južnog Jadrana od postaje u Bračkom kanalu. Prema ukupnoj brojnosti kopepoda postaje se znatno razlikuju u trofičkom smislu, jer su vrijednosti na unutarnjoj postaji i preko 50 % više. Ova višegodišnja istraživanja su pokazala da pored uobičajenog godišnjeg ciklusa kopepoda, varijabilnosti su znatnije izražene na dugoročnoj skali. Nakon znatnog osiromašenja kvantitete kopepoda u travnju 2004. godine, pojavljuje se razdoblje visoke abundancije kopepoda tijekom 2005 godine. Ciklus počinje u siječnju s visokim vrijednostima onceida od 2820 jed.m⁻³ na postaji OC5 i 1113 jed.m⁻³ na postaji OC5b. Prema kvalitativnom sastavu i abundanciji adultnih onceida u kojima dominiraju podpovršinske vrste južnog Jadrana, kao *Spinoncea ivlevi*, *Oncaea zernovi*, *O. minuta*, *O. wodjanitskii* možemo zaključiti da je došlo do jakog prodora vodene mase južnog Jadrana u područje splitskih kanala. U svibnju su maksimalne vrijednosti za kalanoide od 1715 jed.m⁻³ na OC5 i 1428 jed.m⁻³ na OC5b, kada su dominirali kopepoditski stadiji i adultna vrsta *Paracalanus parvus*. Tijekom lipnja izrazito su dominirali kopepoditi i adultne vrste *Oithona similis* i *O. nana* s vrijednostima od 2390 jed.m⁻³ na postaji OC5.

Među najmanje poznatim područjima uz naš istočni dio Jadrana svakako spadaju Velebitski kanal, Kvarner i Kvarnerić. Ovo područje je za ribarstvo od izuzetne važnosti, stoga nije jasno njegovo gotovo potpuno znanstveno ignoriranje. Međutim na temelju najstarijih podataka koje su prikupile ekspedicije “Rudolf Virchow”, “Vila Velebita” 1913/14, te “Vila Velebita II” 1973/74 možemo zaključiti da je područje specifično u odnosu na ostali dio obalnog mora. Raznolikošću dominiraju s oko 60 vrsta kopepodni rakovi. Premda je Kvarnerski akvatorij u obalnoj zoni, ekološki je manje neritičkih svojstava i pod znatno manjim utjecajem otvorenog mora od istočnog dijela sjevernog Jadrana. Prema svemu sudeći specifične hidrografske prilike onemogućavaju imigraciju vrsta kroz Vela vrata, te da kroz ovaj prolaz Riječki zaljev znatno više utječe na Kvarner i okolno područje nego obratno. Specifičnost područja su depresije, kao što su Plavnik, Jablanac i Premuda. Na temelju preliminarnih istraživanja koja su obavljena zahvaljujući projektu PELMON uočeno je da je Velebitska depreseja, dubine oko 105 m specifično stanište, gdje se nalazi jedinstvena struktura populacije kopepodnih rakova u Jadranskom moru. Brojnost nauplija je slična u oba sloja, površinskom i podpovršinskom. Iznimka je prema očekivanju studeni 2002. godine, kada su naupliji bili znatno brojniji na površini. Specifičnost čine skupine kopepoda i njihova vertikalna raspodjela. Gotovo uvijek su vrlo male količine herbivornih kalanoida, vjerojatno zbog siromaštva fitoplanktona i niske fitoplanktonske produkcije. Međutim izrazito dominiraju onceidi u površinskom sloju i oitonidi u sloju od 50 – 100 m dubine. Od onceida su dominantne vrste *Monothula subtilis* i *Oncaea waldemari*, karakteristične vrste za obalni ekosustav. Međutim u pridnenom sloju dolaze vrste oitonida koje obitavaju podpovršinske slojeve Jabučke kotline, kao što su *Oithona setigera* i *Paroithona parvula*. Nema sumnje da su oitonidi vrlo važni u ishrani male pelagične ribe i drugih meroplanktonskih organizama. Možemo pretpostaviti da specifične hidrografske prilike u donjim slojevima depresija sjevernog Jadrana, gdje se formira tzv. teška voda ima važnu ulogu za formiranje specifične faune zooplanktona Jadranskog mora. Stoga bi bilo neophodno znanstveno objasniti poveznicu planktonske populacije Jabučke kotline i sjeverojadranskih depresija prvenstveno zbog ribarstvenih problema. Prema brojnosti nauplija i svih skupina kopepoda vidljivo je da 2006. godine završava jedan ciklus i naredne godine započinje novi u kojem prevladavaju onceidi u oba sloja. U pravilu najmanje brojnosti, mjesečne i godišnje varijabilnosti glavnine zooplanktonskih grupa su u Velebitskom kanalu i sjevernom Kvarneriću. Samo povremeno



su brojni cilijati, a samo su kopepodi stalni i dominantni. Za vrijeme ljeta moguće je povećanje brojnosti kladocera, planktonski puževa, apendikularija, doliolida i salpi. Ovi organizmi se pojavljuju u rojevima, pa je teško govoriti o njihovoj učestalosti i brojnosti. Specifično je za ovo područje, odnosno za akvatorij jugozapadno od rta Kamenjak prema otoku Cresu gdje postoji mogućnost stvaranje frontalne zone između vodene mase Kvarnera, sjevernog i srednjeg Jadrana i time uvjeta za povećanje produkcije i biomase zooplanktona.



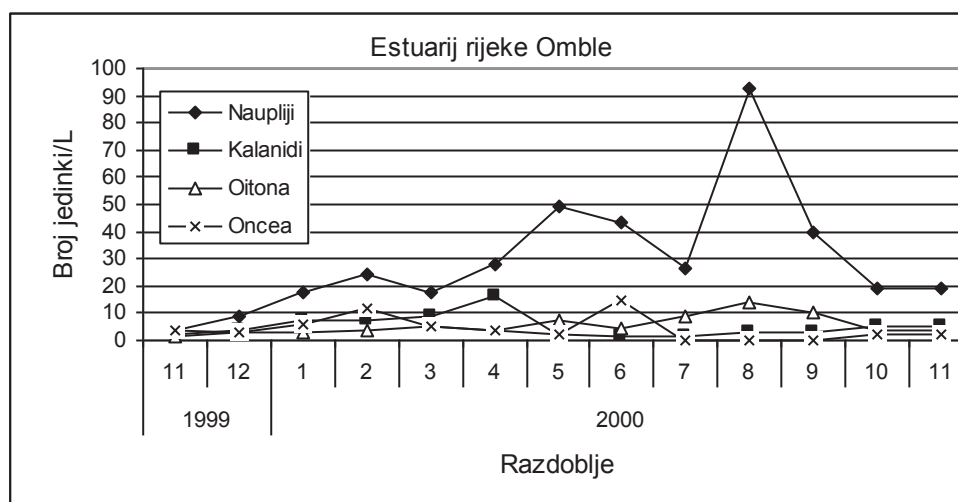
Slika 4.1.3.20. Brojnost nauplija i kopepoda na postaji Jablanac u slojevima 0-50 m i 50 – 100 m dunine.

Prostorne i višegodišnje varijabilnosti kopepoda u estuarijima i sjevernom Jadranu

Za istraživanja kopepoda u estuarijima i sjevernom jadrano korištena je kvantitativna metoda. Uzorci su sakupljeni Niskim crpcem 5 l u više nivoa od površine do dna. U laboratoriju je korišten volumen smanjen do 30 ml, koji je prikladan za mikroskopiranje. Na temelju test istraživanja utvrđeno je da je volumen mora od 5 litara reprezentativan za kvantitativna istraživanja u bogatijem obalnom moru. U ovom prikazu ne analiziramo vertikalnu raspodjelu, stoga su svi podaci prosječne vrijednosti za stupac mora, a prikazani su brojem jedinki u litri mora.



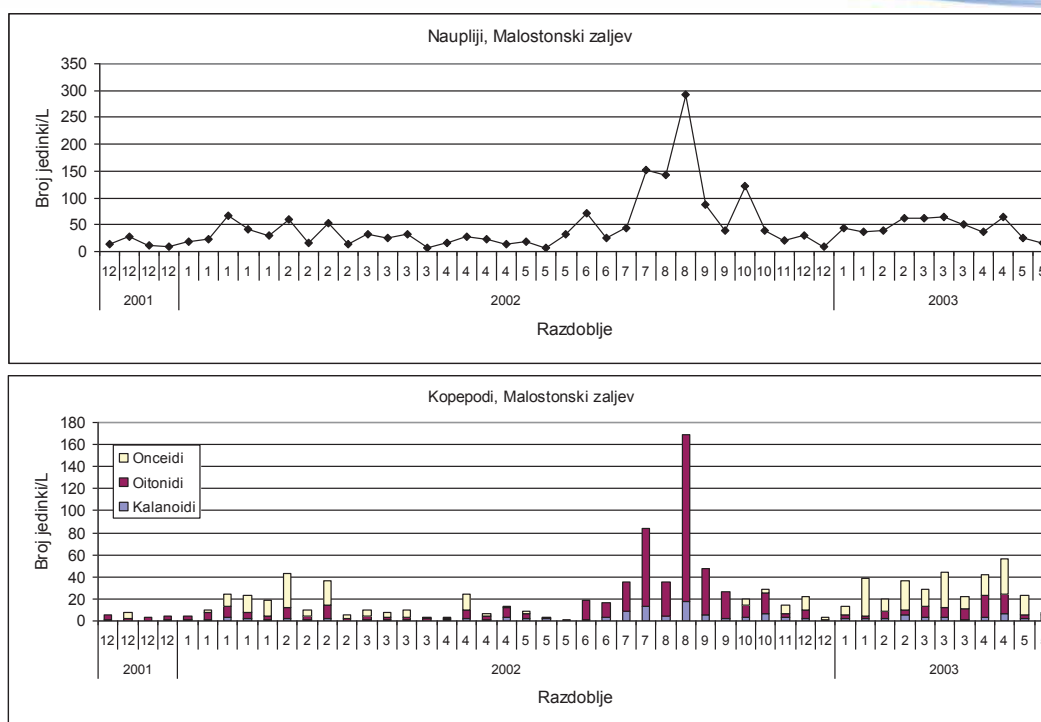
U estuariju rijeke Omble kod Dubrovnika kopepodi i njihovi razvojni stadiji su stalni planktoni. Naupliji su dominantni, a maksimalna prosječna vrijednost od 93 jed.L^{-1} je bila u kolovozu 2000. godine (slika 4.1.3.21.). Najviše vrijednosti kalanoida su u travnju što je u skladu s produkcijom fitoplanktona. U zimskim mjesecima dominiraju onceidni, a za vrijeme ljeta oitonidni kopepodi. Dominantni kopepodi iz skupine kalanida je *Paracalanus parvus*, od oitonida *Oithona nana*. Za vrijeme toplijih mjeseci onceidi su prisutni kao kopepoditski stadij, dok zimi dolaze spolno zreli primjerci vrsta *Monothula subtilis* i *Oncaea waldemari*.



Slika 4.1.3.21. Varijabilnost prosječnih vrijednosti abundancije kopepoda u središnjem dijelu estuarija rijeke Omble.

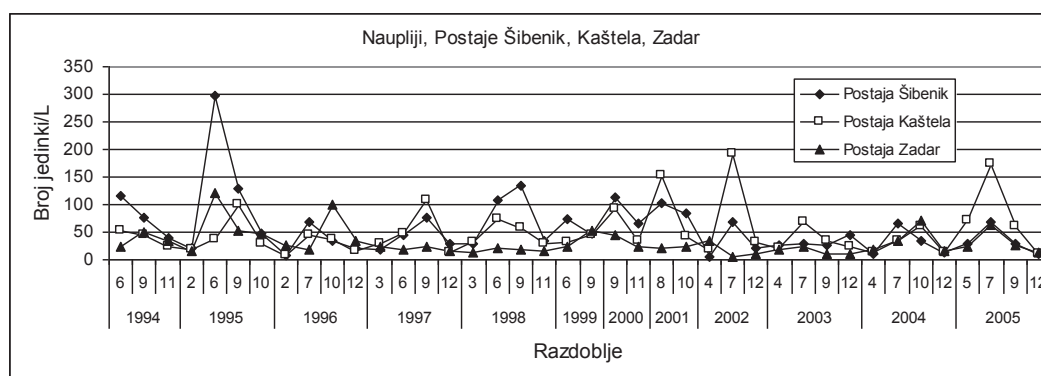
U Malostonskom zaljevu vrijednosti abundancije kopepoda su vrlo visoke za vrijeme ljetnih mjeseci. Abundancija nauplija je veći dio godine relativno visoka, ali s manjim varijabilnostima ($10 - 60 \text{ jed.L}^{-1}$). Ljeti su vrijednosti vrlo visoke, a maksimum prosječne vrijednosti od 290 jed.L^{-1} je bio 30. kolovoza 2002. godine, s realnim maksimumom od 466 jed.L^{-1} na 9 m dubine (slika 4.1.3.22.). Krivulju brojnosti nauplija prati grafikon postnauplijarnih kopepoda. Zimsko razdoblje karakterizira populacija onceida s dominantnim kopepoditima i spolno zrelim primjercima pučinske vrste *Oncaea zernovi*. U toplo doba godine povećana je brojnost kalanoida i osobito oitonida. Istovremeno s maksimumom nauplija brojnost kalanoida i oitonida je najveća. Kopepoditski stadiji za obje skupine prelaze 95% udjela. Na dubini 5 m bilo je 30 kalanoidskih kopepodita/L i čak 285 jed.L^{-1} oitonidnih kopepodita, dok je adulta vrsta *Oithona nana* dosizala brojnost od 15 jed.L^{-1} (slika 4.1.3.22.).





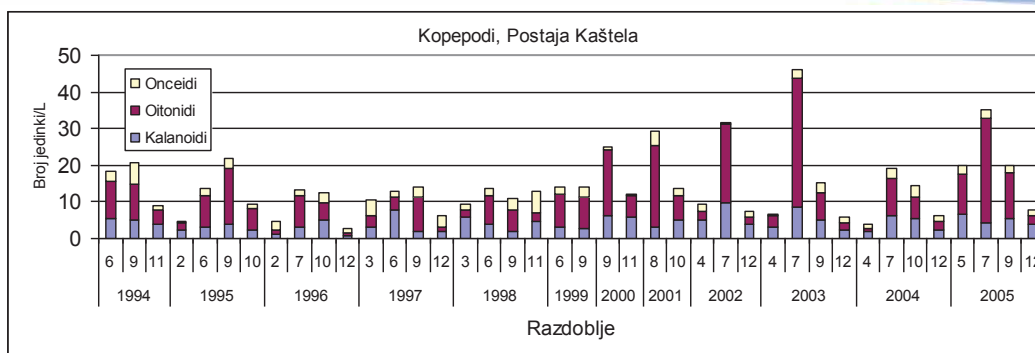
Slika 4.1.3.22. Varijabilnost prosječnih vrijednosti abundancije nauplijai kopepoda na postaji Usko u Malostonskom zaljevu.

Na postaji u središnjem dijelu Kaštelanskog zaljeva abundancija nauplija je redovito najveća u toplo doba godine, a najmanja zimi. Povremeno su vrijednosti visoke s prosječnim vrijednostima između 150 i 200 jed.L⁻¹, kao u kolovozu 2001, srpnju 2002. i 2005. godine (slika 4.1.3.23.). U srpnju 2002. bile su vrlo visoke vrijednosti na površini od 386 jed.L⁻¹ i 446 jed.L⁻¹ na 5 m dubine. U pravilu najviše vrijednosti su u slojevima do 10 m dubine, a najmanje pri dnu. Populaciju postnauplijarnih kopepoda čine pretežno oitonidi i kalanoidi, dok su onceidi manje kvantitativne važnosti. Za vrijeme toplih mjeseci izrazito dominiraju oitonidi, uglavnom vrsta *Oithona nana*. Najviše prosječne vrijednosti za razliku od nauplija su u srpnju 2003. godine, kada je zabilježena vrlo visoka brojnost oitona kopepodita s vrijednostima od 95 jed.L⁻¹. Prosječna brojnost kalanoida dostiže vrijednost od 10 jed.L⁻¹, a onceida do 5 jed.L⁻¹. Među brojnijim vrstama kalanoida su: *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* i *Centropages kroyeri*, onceida, *Monothula subtilis* i *Oncaea waldemari*. Prodor vrsta otvorenog mora u Kaštelanski zaljev je moguć zimi, a imigrantske vrste nemaju kvantitativnu važnost (Bojanić, 2002).



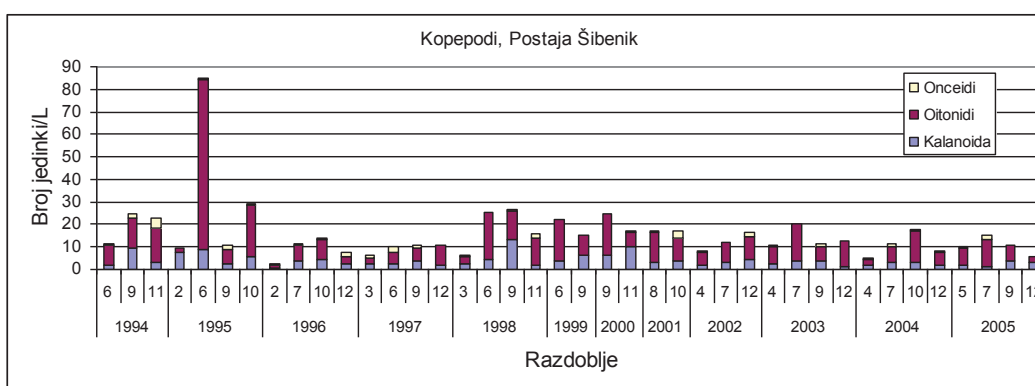
Slika 4.1.3.23. Varijabilnost prosječnih vrijednosti abundancije nauplija na postajama Kaštela, Šibenik i Zadar.





Slika 4.1.3.24. Varijabilnost prosječnih vrijednosti abundancije kopepoda na postaji Kaštela.

Karakteristično je da su naupliji u donjem dijelu estuarija rijeke Krke tijekom tople sezone izrazito vertikalno stratificirani s visokim vrijednostima gustoće na 5 m dubine, u 65% slučajeva vrijednosti prelaze gustoću od 200 jed.L⁻¹, a apsolutni maksimum od 1140 jed.L⁻¹ je bio u lipnju 1995. godine (slika 4.1.3.23.). Kalanoidni kopepodi su stalno prisutni u planktonu estuarija s relativno niskim vrijednostima gustoće tijekom toplog i zimskog razdoblja te na površini i pridnenim slojevima. Vrijednosti gustoće kalanoida u pravilu su povišene tijekom prijelazne sezone u podpovršinskim slojevima. Maksimum od 56 jed.L⁻¹ bio je u rujnu 1998. godine na 10 m dubine, a dominirali su kopepoditski stadiji i odrasle jedinke vrste *Paracalanus parvus*. Oitone su stalno prisutne u estuariju, međutim, s izrazito niskim vrijednostima na površini. Kvantitativno su vrlo važni kopepodi za toplog i prijelaznog razdoblja (slika 3.4.1.25.). Iznimno visoka gustoća jedinki bila je u lipnju 1995. godine u podpovršinskim slojevima (5 i 10 m) s vrijednostima od 160 jed.L⁻¹. U populaciji dominiraju kopepoditi i odrasle jedinke vrste *Oithona nana*. Naprotiv onceidi su u donjem dijelu estuarija rijeke Krke vrlo slabo zastupljeni. Javljaju se sporadično u dubljim slojevima s niskim vrijednostima gustoće populacije. Najviše onceida, 12 jed.L⁻¹, zabilježeno je u studenome 1994. godine u subpovršinskom sloju. Dominirali su kopepoditski stadiji i odrasli primjerci vrste *Monothula subtilis*. Javljaju se i neritička vrsta *Oncaea waldemari* i vrlo rijetko vrsta otvorenog mora *O. zernovi*. Od harpaktikoidnih kopepoda *Euterpina acutifrons* i *Microsetella norvegica* česti su planktoni donjeg dijela estuarija, ali s vrlo niskim vrijednostima gustoće, koje ne prelaze 15 jed.L⁻¹ (Kršinić, 1997-2010).

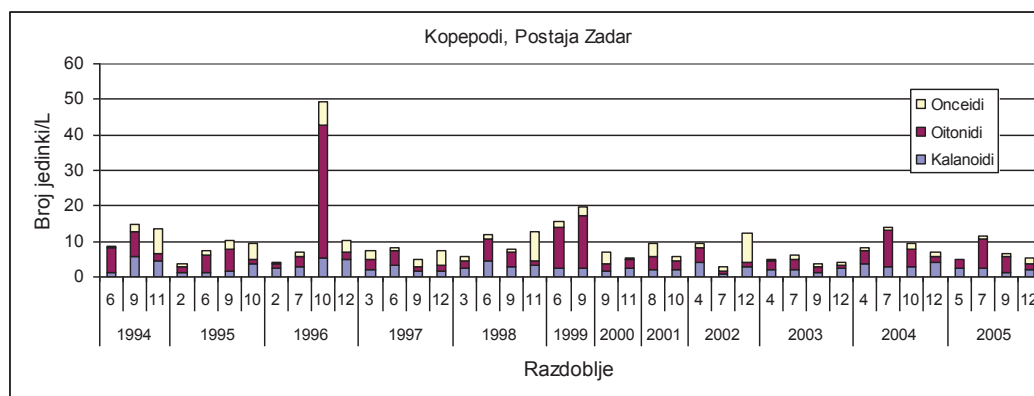


Slika 3.4.1.25. Varijabilnost prosječnih vrijednosti abundancije kopepoda na postaji Šibenik u donjem dijelu estuarija rijeke Krke.

U kanalu ispred Zadra naupliji su također dominantni organizmi. Utvrđene su godišnje i višegodišnje varijabilnosti nauplija, međutim sa znatno manjim varijabilnostima



od estuarijskih područja i Kaštelanskog zaljeva (slika 4.1.3.23.). Maksimalne prosječne vrijednosti rijetko prelaze 100 jed.L⁻¹, kao u lipnju 1995. i listopadu 1996. godine. Prosječne vrijednosti brojnosti su bile od 5 do 122 jed.L⁻¹ u lipnju 1995, s realnim maksimumom od 289 jed.L⁻¹ na 5 m dubine. Prema strukturi populacije postnauplijarnih kopepoda postaja Zadar je pod jačim utjecajem otvorenog mora, s obzirom na veće prisustvo onceidnih kopepoda u hladnim sezonama. Međutim gotovo u pravilu su dominantni oitonidi, osobito u listopadu 1996. godine (slika 4.1.3.26.).



Slika 4.1.3.26. Varijabilnost prosječnih vrijednosti abundancije kopepoda na postaji Zadar.

U više navrata, ali nedovoljno se je istraživao estuarij rijeke Zrmanje do Obrovca uključujući Karinsko i Novigradsko more. Naupliji i kopepodi nisu prisutni ili su slabo prisutni u površinskom sloju do 2 m dubine, a obično su brojni ispod halokline. Za vrijeme ljeta i rane jeseni uz manji dotok vode rijeke Zrmanje naupliji i postnauplijarni kopepodi dominiraju, a mogu biti vrlo brojni i na površini u Novigardskom moru i Velebitskom kanalu kod Vinjerca. Vrlo visoke vrijednosti gustoće su nađene u listopadu 1998. godine u cijelom području estuarija. Tako na primjer na dva metra dubine postaje Novigrad naupliji su dosizali brojnost od 480 jed.L⁻¹, a na 3 m dubine postaje Z2 u donjem dijelu estuarija 402 jed.L⁻¹. U istom sloju je bilo 114 jed.L⁻¹ kopepodita i adultnih primjeraka vrste *Oithona nana*. Onceidi su obično prisutni iznad dna, a njihove vrijednosti dostižu 20 jed.L⁻¹.

Populacija kopepoda u sjevernom Jadranu analizirana je redovito od 1989 do 1997. godine na dvije postaje, istočna SJ107 ispred Rovinja i zapadna SJ108 južno od delte rijeke Po. Naupliji su na obje postaje najbrojnija frakcija kopepoda, kao što je zabilježeno za vrijeme prethodnih istraživanja. Također je i postotni udio nauplija u ukupnom broju svih skupina kopepoda vrlo visok, prosječno preko 74 % osim 1994 i 1995 na zapadnoj postaji, kada je njihov udio u ukupnom broju kopepoda znatno manji. Statistički značajna razlika gustoće nauplija između postaja zabilježena je za cijelo razdoblje, kao i tijekom 1993 i 1996, kada je na zapadnoj postaji bilo prosječno 55% odnosno 67% više nauplija. U godini 1995 prosječne vrijednosti nauplija su iste za obje postaje, dok ih je 1997 bilo prosječno 5% više na istočnoj postaji. Međutim na istočnoj postaji, koja je oligotrofnih karakteristika, zabilježen je apsolutni maksimum nauplija za sjeverni Jadran od 693 jed.L⁻¹.

Maksimalne vrijednosti postnauplijarnih kalanoida i oitonida su u pravilu tijekom ljetnih mjeseci na obje postaje. Razlike u gustoći ovih skupina kopepoda između postaja za cijeli ciklus istraživanja su značajne, kao i za oitonide tijekom 1993 i 1994, i kalanoide 1994. Postnauplijarni kalanoidi su uvijek brojniji na zapadnoj postaji za prosječno 33 do 50 %, a oitonidi 50 do 63 % (Kršinić i Grbec, 2002). Obično su izražena dva pika brojnosti s različitim vremenom pojave između godina odnosno od lipnja do rujna. Između ljetnih pikova povećane brojnosti osobito je na istočnoj postaji zabilježen je znatniji pad gustoće u



srpnju u godinama od 1994 do 1997. Godišnji pikovi povećane vrijednosti kalanoida i oitonida su bili istovremeno ili s jednim mjesecom pomaka. Najveća prosječna vrijednost kalanoida i oitonida je u ljetu 1993. na zapadnoj postaji, dok na istočnoj postaji kalanoidi su najbrojniji 1994, a oitonidi 1997. Činjenica da od 1993 do 1996 u sjevernom Jadranu nije zabilježen proces stvaranja želatinoznih nakupina možemo utvrditi da su svojom brojnošću i prostornom raspodjelom dvije dominantne vrste kalanoida *Paracalanus parvus* (herbivor) i oitonid *Oithona nana* (omnivor) bile vrlo važne u regulaciji visine fitoplanktonske produkcije tijekom ljetnog razdoblja, usprkos tome što korelacija s obje frakcije fitoplanktona nije uopće utvrđena. Ovo upućuje na vrlo brze promjene u pelagijalu sjevernog Jadrana, što s mjesečnim uzorkovanjem nije moguće analizirati, pogotovo za vrijeme stratificiranih uvjeta. Međutim iz podataka sukcesije relativnih odnosa kalanoida, oitonida i mikrofitoplanktona, vidljivo je da u vrijeme dominacije ovih skupina kopepoda je obično minimum fitoplanktona.

Onceidi kao karnivorni kopepodi su u pravilu stalni planktoni sjevernog Jadrana s maksimalnom gustoćom tijekom kasne jeseni i zime. Međutim, tijekom ljeta 1997 na obje postaje zabilježeno je atipično povećanje gustoće kopepodita i adulta i to za obje izrazito dominantne neritičke vrste *Oncaea waldemari* and *Monothula subtilis* koje su sudjelovale od 66 do 79 % ukupne kopepodske populacije. Ovaj slučaj atipičnog povećanja gustoće onceida može se povezati sa invazijom kalikoforme vrste *Muggiaea atlantica* početkom ljeta u sjevernom Jadranu. Ovim višegodišnjim uvidom u strukturu i varijabilnosti populacije glavnih skupina kopepoda može se zaključiti da su naupliji i postnauplijarni kopepodi uz cilijate najvažniji organizmi u pelagijalu sjevernog Jadrana za stabilizaciju vrlo složenih procesa i regulaciji visine fitoplanktonske produkcije. Atipična pojava glavnih skupina kopepoda i poremećaji same strukture populacije kopepoda mogu znatno utjecati na promjene ekosustava ovog vrlo osjetljivog područja.

Pregled ostalih skupina protozoa

Struktura populacije, sezonske i višegodišnje varijabilnost brojnosti ostalih skupina zooplanktona su slabo poznate u Jadranskom moru. Istraživanja su bila sporadična, obično jednokratna i u ograničenom akvatoriju. Ipak ćemo u ovom pregledu spomenuti najvažnija zapažanja.

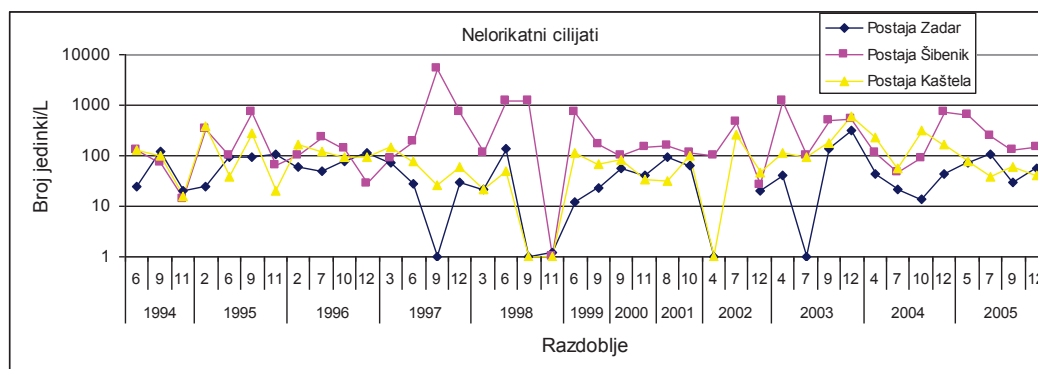
Od protozoiskih skupina Amoebida, amebe bez skeleta za Jadransko more nema podataka. Slabo su poznate planktonske foraminifere, premda je u otvorenom moru česta vrsta *Globigerina bulloides*. Također o rasprostranjenju i brojnosti akantarija znamo vrlo malo. Akantarije su rijetke u Sjevernom Jadranu, kanalima srednjeg Jadrana i estuarijima. Česti su planktoni u otvorenom moru južnog i dijela srednjeg Jadrana u površinskih 20 m dubine i to samo u proljeće. Neke vrste su mezopelagične, ali malobrojne. U planktonu kod Dubrovnika najčešća vrsta je *Amphilonche elongata* s abundancijom do 40 jed.m⁻³.

U Jadranskom moru je vrlo česta vrsta *Sticholonche zanclea* koja spada u Heliozoa/Taxopodida, inače je kozmopolitska. U Jadranskom moru se pojavljuje u jesen, egzistira tijekom zime a zatim nestaje. Vrsta dolazi uz obalu i otvorenom moru u površinskom sloju. Od studenog do prosinca dolazi redovito u Kaštelanski zaljev i donji dio estuarija rijeke Krke. Visoka vrijednost od 46 jed.L⁻¹ je nađena na površini u Kaštelanskom zaljevu u prosincu 2003. godine.

Nelorikatni cilijati su vrlo važna skupina zooplanktona Jadranskog mora. U otvorenom moru su manje brojni, ali u tom području nisu sustavno istraživani. Naprotiv u obalnom sustavu i estuarijima su brojni, stoga su relativno dobro poznati. U pravilu najveća abundancija je eutrofiziranim područjima, bogatim organskim detritusom i otopljenom organskom tvari, u površinskim slojevima. Prema usporednim podacima prosječnih vrijednosti na postajama Zadar, Šibenik i Kaštela, u pravilu najviše vrijednosti

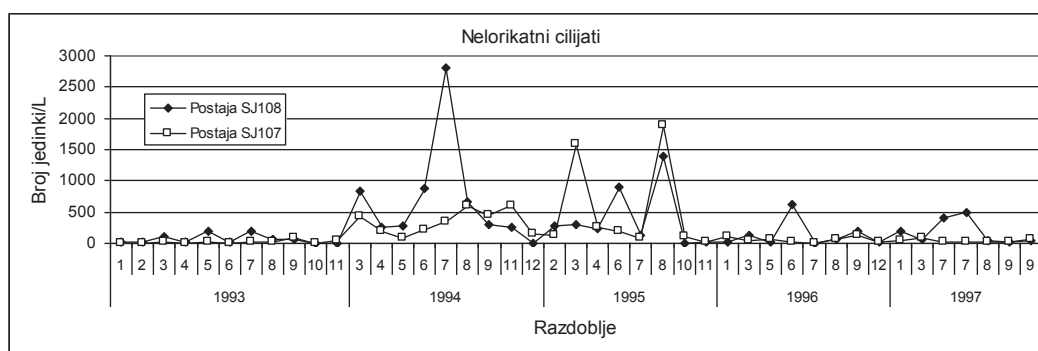


su na postaji Šibenik a najmanje na postaji Zadar, što je u korelaciji sa trofijom područja (slika 4.1.3.27.). Pretežno su u dominaciji tijekom toplijih mjeseci, ali mogu biti brojni i u drugim sezonama. Također su izražene razlike između godina. U razdoblju 1997 i 1998. nelorikati su ekstremno brojni na postaji Šibenik, dok su istovremeno kod Zadra i u Kaštelanskom zaljevu vrijednosti niske. U rujnu 1997. na postaji Šibenik na površini nađena je ekstremna vrijednost od 10770 jed.L⁻¹, što se može povezati sa općim promjenama u zooplanktonskoj populaciji Jadranskog mora.



Slika 4.1.3.27. Varijabilnost abundancije nelorikatnih cilijata na postajama Zadar, Šibenik i Kaštela.

Nelorikatni cilijati su i u planktonu sjevernog Jadrana povremeno vrlo brojni, čak i na siromašnjoj postaji SJ107 (slika 4.1.3.28.). Prema navedenim podacima vidljive su velike razlike abundancije između godina, što ovisi o mnogim hidrografskim uvjetima i stupnja trofije, ali i poremećaja u populaciji planktona. Stoga su neophodna dugoročna i sistematska istraživanja.



Slika 4.1.3.28. Varijabilnost abundancije nelorikatnih cilijata na postajama u sjevernom Jadrnu.

U Malostonskom zaljevu, prirodnom eutrofiziranom području, nelorikatni cilijati su povremeno vrlo brojni osobito u proljetnom razdoblju. U godini 2001/02, 27. ožujka na 9 m dubine nađeno je 1584 jed.L⁻¹. Naprotiv u jezeru Vlačka u donjem dijelu rijeke Neretve nelorikatni cilijati su vrlo brojni u toplo doba godine, a brojnost od 13530 jed.L⁻¹ je zabilježena u rujni na 7 m dubine. Ovu populaciju čine cilijati rodova *Strombidium*, *Strobilidium*, *Tontonia*, *Lohmanniella* i *Mesodinium*.



Pregled ostalih skupina metazoa

Od ostalih skupina metazoa u planktonu Jadranskog mora neophodno je izdvojiti Cnidaria, odnosno žarnjake. Premda su s ukupno 125 poznatih vrsta vrlo važna skupina zooplanktona, nije bilo dugoročnih redovitih praćenja njihove populacije. Posljednjih dvadesetak godina sporadično se neki planktonski žarnjaci istražuju u južnom Jadranu i sjevernom Jadranu oko Savudrijskog zaljeva. U spomenutom dijelu Jadrana dobro su poznate hidromeđuze i kalikofore, dok su na primjer skupine Chondrophora, Scyphomedusae i Ctenophora potpuno zanemarene. Razlog slabom poznavanju navedenih žarnjaka, premda spadaju u skupinu makrozooplanktona i mogu se raspoznati bez mikroskopa, je njihovo periodično pojavljivanje na višegodišnjoj skali. *Pelagia noctiluca* se je više puta od 1910 do 1990. masovno pojavljivala u planktonu, osobito u južnom i srednjem Jadranu, kao 1977 do 1985. Od siječnja do travnja 2004. bila je masovna pojava kod Lastova, Glavata, Mljeta i Korčule. Vrsta *Aurelia aurita* je karakteristična za Veliko jezero na otoku Mljetu, povremeno je vrlo brojna, a promjer klobuka dostiže 40 cm. Vrsta *Cotylorhiza tuberculata* je tijekom jeseni bila prisutna na području cijelog južnog Jadrana. Praćenje skifomeduza je vrlo važno jer su neke opasne kao *Chrysaura colorata*, ili za kupaće neugodna *P. noctiluca* ili zbog njihove ishrane mogu značajno utjecati na ukupnu populaciju drugog zooplanktona. Poseban su problem rebraši, osobito vrsta *Mnemiopsis leidyi* koja je balastnim vodama dospjela u Crno more, gdje je izazvala pravu ekološku katastrofu. Vrsta je zabilježena je u Jadranskom moru, međutim do danas nisu utvrđene moguće posljedice. Najveći broj vrsta planktonskih knidarija imaju hidromeđuze. Karakteristične su za otvoreno more i eufotički sloj. Abundancija im je mala i rijetko prelaze vrijednosti 10 jed.m⁻³ (Batistić i sur., 2004). Dominantne su *Aglaura hemistoma*, *Liriope tetraphylla* i *Rhopalonema velatum*. Skupina kalikoforne sifonofore su u Jadranskom moru dobro poznate. Stalni su planktoni obalnog i eufotičkog sloja otvorenog mora i dominantni su planktonski knidariji. U obalnom moru najbrojnije su vrste *Muggiaea kochi* i *Spharronectes gracilis*, a u otvorenom moru *Lensia subtilis* i *Eudoxioides spiralis* (Gamulin i Kršinić, 2000). Životni ciklus kalikofora se sastoji od nespolne generacije, tzv. zvona ili nektofora i spolne generacije gonofor ili eudoxia. Ako je u planktonu 10 jed.m⁻³ nektofora, eudoksije dostižu i deset puta višu vrijednost. Ako se uzme u obzir da svaki nektofor i eudoksija imaju po više desetaka hranilica možemo zaključiti da su kalikofore iznimno veliki konzumenti kopepodske populacije i na taj način smanjuju potencijalnu hranu maloj plavoj ribi i drugim ekonomski važnim organizmima. Masovna invazija vrste *Muggiaea atlantica* u sjeverni Jadran 1997. godine postigla je abundanciju 450 nektofora/m³ i 730 eudoksija/m³, što je imalo velikog utjecaja na druge planktonske populacije (Kršinić i Njire, 2001)..

Planktonski gastropodi su karakteristični za površinski sloj otvorenog mora, a neke vrste dolaze i u obalni sistem. Obično su brojniji tijekom tople sezone, a vrsta *Creseis acicula* u nekim godinama može distići abundanciju i do 10000 jed.m⁻³.

U planktonu Jadranskog mora su česte ličinke bentoskih poliheta. Također su zanimljivi planktonski poliheti, za koje je dobro poznat kvalitativni sastav, međutim godišnje i višegodišnje varijabilnosti abundancije nisu poznate. Obično su malobrojni, a karakteristična vrsta je *Tomopteris helgolandica* (Batistić i sur., 2004).

Planktonska skupina Chaetognatha je dobro poznata u Jadranskom moru. Dolaze uz obalu u otvorenom moru u svim slojevima od površine do dna. Obično dominiraju u rujnu ili listopadu. Abundancija spolno zrelih primjeraka može dostići vrijednost od 200 jed.m⁻³, dok nerazvijenih primjeraka i do 300 jed.m⁻³. Dominantne vrste su *Sagitta minima*, *S. setosa* i *S. inflate* (Ghirardelli i Gamulin, 2004).

U skupinu nižih rakova ubrajama ljuskare ili ostrakode i kladocere ili rašljoticalce. Ostrakodi su karakteristični bentoski organizmi, dok manji broj vrsta pripada planktonskoj



populaciji. Ostrakodi su karakteristični za južni Jadran, gdje su prisutni od površine do najveće dubine, premda tijekom zime neke vrste mogu dospjeti do sjevernog Jadrana. Njihova brojnost rijetko prelazi vrijednost 10 jed.m^{-3} . U južnom Jadranu dominantne vrste su: *Porroecia spinirostris* i *Archiconchoecia striata*. Za razliku od ostrakoda kladocere su više prisutne u obalnom ekosustavu i površinskom sloju otvorenog mora. Zimi su rijetke i malobrojne, dok u toplo doba godine neke vrste su od iznimne kvantitativne važnosti. Izrazito dominira vrsta *Penilia avirostris* čija brojnost dostiže povremeno i do 15000 jed.m^{-3} u sjevernom Jadranu. Kod Dubrovnika je u sloju od 0 do 25 m dubine 26. rujna 1996 zabilježeno 6226 jed.m^{-3} vrste *P. avirostris*. Zbog sposobnosti partenogenetskog razmnožavanja omogućen je u kratkom razdoblju eksponencijalni rast gustoće populacije. Tako tijekom ljeta vrsta *P. avirostris* može apsolutno dominirati u zooplanktonu.

Sastavni dio planktona su viši rakovi, kao skupine Mysidacea, Cumacea, Isopoda, Gammaridea, Hyperidea, Euphausiacea i Decapoda. Brojnost ovih skupina, kao i njihove sezonske i višegodišnje varijabilnosti su vrlo slabo poznate, prvenstveno zbog njihove rasprostranjenosti, ali i zbog metodike terenskih istraživanja. Naime većina ovih skupina živi u hiperbentosu, ili u bentosu za vrijeme dana, a noću se dižu u plankton. Eufauzidi su mezopelagični i dubokomorski organizmi, a rasprostranjeni su u južnojadranskoj kotlini i najdubljim slojevima Jabučke kotline (Šipoš, 1977). Hiperidi žive u želatinoznim kućicama doliolida i salpida, te je njihova ekologija povezana sa velikim želatinoznim organizmima. Svi navedeni rakovi su od iznimne važnosti za ishranu pridnenih ribljih populacija, stoga njihovo poznavanje je i od gospodarske važnosti.

Tunicata ili plaštenjaci su pretežno bentoski organizmi, a važnu komponentu holoplanktona čine Doliolidae ili bačvice, Salpida i Appendicularia. Salpidi su veliki želatinozni organizmi i primarno su stanovnici otvorenog mora južnog Jadrana. Egzistiraju kao solitarne i kolonijalne forme. Kolonijalne jedinice mogu činiti lance dugačke i do 5 m. Za sve tri poznate vrste *Thalia democratica*, *Salpa fusiformis* i *Salpa maxima* su zabilježene masovne pojave. Velika invazija vrste *S. fusiformis* je bila u ožujku 1990. u južnom Jadranu te u travnju 1993. godine, u rubnom dijelu kotline, kada je na postaji kod svjetionika Glavat nađeno 8536 jed.m^{-3} . *S. maxima* je povremeno brojna u južnom Jadranu, a posljednja masovna pojava je bila 2006. godine u obalnom moru kod Dubrovnika. Od doliolida najbrojnija vrsta s najširim rasprostranjenjem u Jadranu je vrsta *Doliolum nationalis* (Katavić, 1982). Osobito je brojna u ranoj jeseni. Za vrijeme invazije salpi i doliolida, radi njihovog velikog filtracijskog kapaciteta, u površinskom sloju dolazi do velikog osiromašenja fitoplanktona i protozojskog zooplanktona. Apendikularije su također filtratorni organizmi, ali zbog njihove filtratorske mrežice mogu koristiti za ishranu samo najmanje stanice fitoplanktona. U Jadranskom moru su apendikularije široko rasprostranjene u otvorenom moru i obalnom sustavu. Česte i abundantne vrste su *Oikopleura longicauda*, *O. fusiformis* i *O. dioica*. Abundancija spolno zrelih primjeraka u proljeće i jesen može dostići vrijednost do 1000 jed.m^{-3} . N transektu u južnom Jadranu od 1993 do 1995. apendikularije su najčešće najbrojnije na obalnoj postaji S100 u različitim dubinama od 5 do 50 m, zbog prisustva neritičke vrste *Oikopleura dioica*. U veljači 1995. godine su bile na svim postajama visoke vrijednosti. Na postaji S1000 na 20 m dubine bio je maksimum od 4864 jed.m^{-3} uz dominaciju vrsta *Fritillaria pelucida* i *Oikopleura longicauda*. Juvenilne apendikularije mogu biti povremeno vrlo brojne. Ekstremna vrijednost je bila u kolovozu 2001. na postaji Šibenik, s vrijednostima od 832 jed.L^{-1} na 5 m dubine i 774 jed.L^{-1} na površini.



4.2. ZAJEDNICE BENTOSKIH MAKROALGA, MORSKIH CVJETNICA I BESKRALJEŠNJAKA

4.2.1. Makroalge

U bentoske makroalge ubrajaju se makroskopske svojte iz odjeljaka Rhodophyta (crvene alge), Heterokontophyta (smeđe alge) i Chlorophyta (zelene alge). Nalazimo ih na čvrstim i pomičnim dnima razmjerno uskog, ali iznimno važnog obalnog područja. Posebno bujan rast alga moguće je vidjeti na stjenovitoj obali svih umjereno toplih mora, pa tako i u Jadranskom moru. Vegetacija bentoskih alga, zajedno s vegetacijom morskih cvjetnica ima iznimno veliku važnost za život u moru. Makroalge služe kao hrana primarnim potrošačima u hranidbenoj mreži, sudjeluju u kruženju mnogih tvari u morskom stupcu i sedimentu te proizvode kisik fotosintezom. Međutim, najveća ekološka uloga zajednica makroalga je stvaranje osebujnog, trodimenzionalnog staništa za brojne manje organizme i epifitske alge.

Bentoske svojte morskih organizama žive u uskoj vezi s morskim dnom, bilo da su na njemu pričvršćeni ili u njemu ruju, puze, hodaju po njegovoj površini ili plivaju u neposrednoj bliziniorskog dna, a nikada se od njega znatno ne udaljavaju. Upravo zbog njihove glavne odlike – trajne pričvršćenosti za podlogu, sve promjene u ekosustavu odražavaju se na bentoske makroalge. Zbog toga se mogu koristiti kao bioindikatori, bilo na razini zajednica ili pojedinačnih svojti. Međutim, za kvalitetnu primjenu u domeni praćenja stanjaorskog okoliša, potrebno je dobro upoznati čimbenike koji uzrokuju prirodnu raspodjelu i promjene kako bi se mogli razlučiti od antropogenih. Potrebno je poznavati brojnost i raznolikost svojti, njihovu dubinsku raspodjelu, odnos prema glavnim ekološkim čimbenicima kao i sezonske i dugoročne promjene u sastavu zajednica. Upravo je poznavanje sastava zajednica i njihove sezonske dinamike od velike važnosti kako bi se sa sigurnošću mogli tumačiti rezultati praćenja kvalitete morskih voda upotrebom bioindikatorskih metoda temeljenih na makroalgama.

Brojnost i raznolikost svojti makroalga u Jadranskom moru

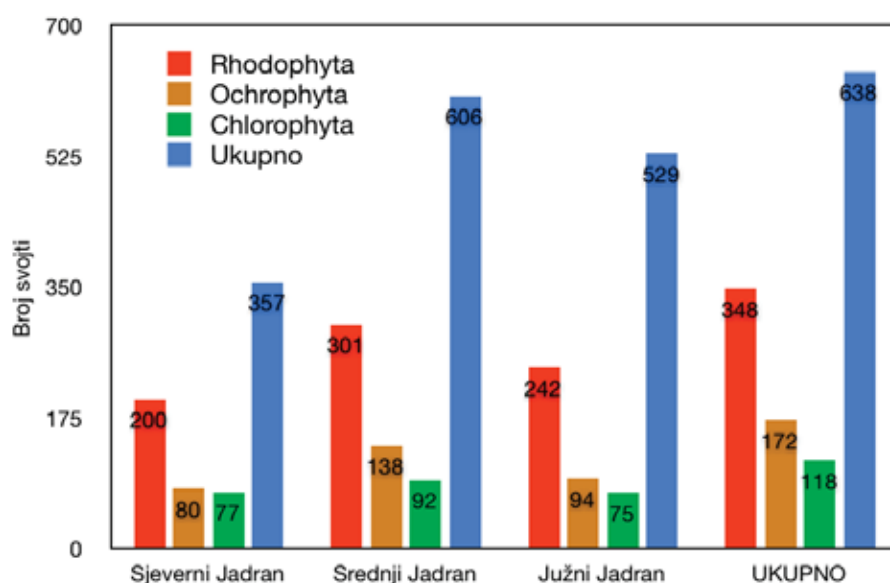
U Jadranskom moru je do danas zabilježeno 638 svojti bentoskih makroalga. Bogatstvo jadranske bentoske flore istraživali su još krajem 19. i početkom 20. stoljeća Naccari (1829), Zanardini (1841, 1860-1876), Agardh (1842), Frauenfeld (1855), Lorenz (1863), Hauck (1885), Techet (1906), Schiller (1914), Cammerloher (1915), Vouk (1915, 1930, 1936), Schiffner (1916, 1933), Vatova (1928), a kasnije Ercegović (1932, 1949, 1952, 1955a, 1955b, 1956, 1957, 1960, 1963, 1964, 1966, 1980), Linardić (1949), Munda (1954, 1960, 1979, 1980), Matjašić i sur. (1955), Rizzi Longo (1972-1973), Bressan (1974), Pignatti i Giaccone (1977), Giaccone (1978), Špan (1980), Špan i Antolić (1981, 1983, 1994, 1997, 1999), Vuković (1980), Zavodnik i sur. (1981), Zavodnik i Zavodnik (1982, 1986), Zavodnik (1983), Antolić (1986a, 1986b, 2002), Antolić i Špan (1992), Antolić i sur. (1995, 2001, 2010), Špan i sur. (1996, 2002), Žuljević i sur. (1998, 2003). Međutim, istraživanja koja se još i danas provode na području cijele istočne obale Jadranskog mora zasigurno će doprinijeti boljem poznavanju bentoske flore i pronalasku novih svojti za ovo područje. Dva su osnovna razloga našem još uvijek nepotpunom poznavanju cjelokupne jadranske bentoske flore. Prvi je izrazita razvedenost hrvatske obale Jadrana koja uzrokuje vrlo veliki broj tipova staništa što pogoduje razvoju raznolikih bentoskih životnih zajednica. Drugi razlog je manjak stručnjaka taksonoma koji bi se bavili istraživanjem bentoskih alga. Mnoge skupine alga još uvijek su vrlo slabo poznate ili u posljednje vrijeme podvrgnute brojnim i čestim taksonomskim revizijama. Zbog toga



je potrebno iskustvo u određivanju i pristupu trenutno važećoj literaturi. Ove objektivne poteškoće treba imati na umu, jer su često postojeće studije u literaturi manjkave zbog nedostatka kompetentnih stručnjaka za taksonomiju alga. Manjak stručnjaka ograničava prostorni obuhvat istraživanja, pa se tako u nekim područjima Jadranskog mora mnogo istraživalo, u nekima vrlo malo, a dubine južnojadranske kotline potpuno su neistražene. Ipak, podaci kojima se danas raspolaže omogućuju procjene biološke raznolikosti makrofitobentosa, a tako i njegovu upotrebu u programima praćenja stanja okoliša.

Jadransko je more, zbog svojih fizikalno-kemijskih i geomorfoloških svojstava, podijeljeno na sjeverni, srednji i južni dio. Duž obale se od juga prema sjeveru mijenjaju gotovo svi abiotski čimbenici koji pri tome stvaraju različite uvjete za razvoj bentoske flore. Geografska raščlanjenost i razvedenost obale hrvatskog dijela Jadranskog mora također uvjetuje raspodjelu bentoske flore na onu unutarnjeg pojasa priobalno-kanalnih voda i onu vanjskog pojasa otvorenih voda (Ercegović, 1964). Zbog kontinentalnog položaja dubokog jadranskog zaljeva, njegove vode izložene su znatnom utjecaju kopna što se odražava, posebno u priobalnim vodama, na sastav i rasprostranjenost bentoske flore. Velika raznolikost strukture morskog dna, od hridinastog do muljevitog dna i jedinstvenih krških podmorskih tvorevina, uzrokuje veliku brojnost mikrostanista i ekoloških niša i to se smatra jednim od glavnih čimbenika bogatstva jadranske bentoske flore (Ercegović, 1960).

Slika 4.2.1.1. prikazuje sastav bentoske flore po glavnim sistematskim odjeljcima u područjima sjevernog, srednjeg i južnog Jadrana.

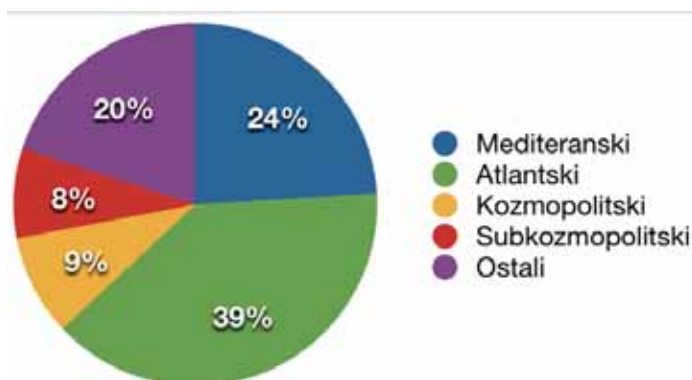


Slika 4.2.1.1. Brojčana zastupljenost glavnih sistematskih odjeljaka bentoskih alga na cijelom području i dijelovima istočnog Jadrana

Jadranska flora bentoskih alga sadrži različite geografske florne elemente. Najzastupljeniji je atlantski i mediteranski florni element. Ostali su slabo zastupljeni, među kojima se s malim brojem svojti ističu alge iz pantropskog ili indopacifičkog flornog elementa. Postotna zastupljenost glavnih flornih elemenata u bentoskoj flori istočne obale Jadrana prikazana je na Slici 4.2.1.2. Jadranski endemski florni element potrebno je detaljno istražiti u svjetlu posljednjih sveukupnih istraživanja mediteranske flore i genetskih istraživanja kako bi se mogla pobliže opisati posebnost jadranske regije. Podjela



Jadranskog mora na 3 biogeografske regije (Bianchi, 2007) očituje se i u rasprostranjenosti jadranske flore bentoskih makroalga.



Slika 4.2.1.2. Postotna zastupljenost vodećih flornih elemenata u flori bentoskih makroalga uz istočnu obalu Jadrana

Uzimajući u obzir sve raspoložive podatke o morskoj flori u hrvatskom dijelu Jadranskog mora, zabilježeno je 638 svojiti bentoskih alga. Ovaj broj predstavlja ukupno 60% od oko 1100 svojiti makrofitobentoske flore u Sredozemnom moru (Lüning, 1990). Zabilježena razlika u bogatstvu flore pojedinih regija djelomično je rezultat prirodnih čimbenika, a djelomice manjka istraživanja u pojedinim područjima.

Popis svojiti zelenih, smeđih i dijela crvenih alga istočne obale Jadranskog mora nalazi se u znanstvenim radovima Antolić i sur. (2010), Antolić i sur. (2001) i Antolić i sur. (2011).

Ekološki čimbenici koji uvjetuju rasprostranjenost makroalga u Jadranskom moru su abiotski (podloga, temperatura, svjetlost, gibanje mora-struje, valovi i morske mijene, salinitet, mineralne soli) i biotski (odnos između algi i njihovih epifitskih bakterija, gljiva, algi i sesilnih životinja, odnos između herbivornih organizama i algi i odnos između predatora herbivornih organizama i herbivornih organizama). Najvažniji biotski čimbenik u Jadranskom moru je svakako odnos plijen-predator između hridinskog ježinca *Paracentrotus lividus* i bentoskih makroalga. Hridinski ježinac se hrani s preko 150 različitih vrsta alga. Brojna istraživanja bavila su se hranjenjem ježinaca, sezonskim kolebanjima u populacijama alga zbog predatorskog pritiska ježinaca i poremećajima u ekosustavu kada dolazi do eksplozije populacije ježinaca i potpunog ogoljenja stjenovitog morskog dna. Zabilježeno je da se smanjenjem predacijskog pritiska populacija riba koji se hrane hridinskim ježincima povećala brojnosti ježinaca (Sala i Zabala, 1996), koji onda intenzivno brste infralitoralne zajednice alga. Odnosi u ovoj trofičkoj kaskadi često su bili predmet istraživanja (Guidetti i Sala, 2007; Guidetti, 2004; Fina, 2004).

Dubinska raspodjela zajednica makroalga u Jadranskom moru

Bentoske makroalge nalazimo u više morskih staništa, a najrasprostranjenije su na mediolitoralnim stijenama (Nacionalna klasifikacija staništa – NKS - G.2.4.1., G.2.4.2.), eurihalinoj i euritermnoj biocenozi (G.3.1.1.), biocenozi infralitoralnih alga (G.3.6.1.) i koraligenskoj biocenozi (G.4.3.1.). U tim biocenzama makroalge tvore najvažnije široko rasprostranjene asocijacije (zajednice). Detaljni opis zajednica bentoskih makroalga s opisom fizičkih svojstava staništa, karakterističnim svojstava, rasprostranjenosti, uzrocima



ugroženosti i mjerama zaštite naveden je u stručnoj literaturi (Pérès i Gamulin Brida, 1973; Bakran-Petricioli, 2007) te ovdje donosimo skraćeni pregled.

Bionomska stepenica je vertikalni prostor morskog dna gdje su ekološki uvjeti, funkcija situacije u odnosu prema razini mora, osjetno konstantni, ili variraju redovito između dva kritična nivoa koja označavaju granicu stepenice (Pérès i Gamulin Brida, 1973). Kod opisa stepenica koristimo pojmove visina i širina stepenice. Širina je prostorni razmak između donje i gornje granice stepenice, a visina je prostorni razmak između obje granice projiciran na plovu koja stoji vertikalno na razinu mora (Ercegović, 1932). Bentoske bionomske stepenice nisu određene prema dubini kao čimbeniku, niti prema brojčanim vrijednostima ostalih ekoloških faktora, već su određene prema karakterističnim biološkim zajednicama organizama koji ih naseljavaju. Prema toj podjeli u Jadranskom moru u prirodnim, netaknutim područjima razlikujemo sljedeće bentoske bionomske stepenice i zajednice bentoskih alga koje ih nastanjuju:

Supralitoralna stepenica (Ercegović 1960, 1964; Pérès i Gamulin Brida, 1973) je pojas morske obale koji je izložen stalnom prelijevanju i prskanju valova. Prepoznajemo ga po tamnosivoj do maslinastozelenoj boji stijena. Ova boja dolazi od epilitskih svojiti cijanobakterija rodova *Pleurocapsa*, *Brachynema* i *Epilithia* (Ercegović, 1960). U supralitoralnom pojasu svi ekološki uvjeti su vrlo promjenjivi dnevno i sezonski. Dolazi do jakog isušivanja ljeti, stalnog vlaženja za vrijeme jakog valovanja, a dnevno-noćne oscilacije u temperaturi mogu biti i po nekoliko desetaka stupnjeva. Zbog nestalnih ekoloških uvjeta ovaj pojas naseljavaju većinom cijanobakterije, a rijetko makroalge, poput crvene alge *Catenella opuntia*.

Na supralitoralnoj stepenici rasprostranjene su sljedeće zajednice (s pripadajućim asocijacijama i facijesima) u kojima prevladavaju makroalge (prema NKS-nacionalna klasifikacija staništa):

Tip zajednice	NKS kod
Biocenoza supralitoralnih stijena	F.4.2.1.
Asocijacija s vrstama rodova <i>Entophysalis</i> i <i>Verrucaria</i>	F.4.2.1.1.
Lokvice s promjenjivom slanošću (mediolitoralna enklava)	F.4.2.1.2.
Facijes supralitoralne kraskih morskih jezera	F.4.2.1.3.

Eulitoralna (Ercegović 1960, 1964) ili *mediolitoralna* (Pérès i Gamulin Brida, 1973) *stepenica* je pojas morskog dna čija je gornja granica razina najviše plime, a donja granica razina normalne oseke. To je pojas kojeg označavaju upravo morske mijene, stalno vlaženje i isušivanje, velike promjene temperature i saliniteta te jako mlatanje valova. Visina ove stepenice ovisi o visini plime i oseke, a širina o kutu nagiba obale. Ako je kut nagiba manji, širina je veća i obrnuto. Kod okomite obale širina i visina su jednaki. Ova bionomska stepenica je u Jadranu najveća u sjevernom dijelu gdje može doseći i do 75 cm, dok u srednjem i južnom može doseći do 50 cm. U tom pojasu opstaju svojte alge koje imaju prilagodbe koje im omogućuju čvrsto priljublivanje uz podlogu, podnose povremeno izranjanje i isušivanje te velika dnevna i sezonska kolebanja saliniteta i temperature. U mediolitoralnoj stepenici izražen je zimsko-proljetni vegetacijski period.

Na donjoj granici ove bionomske stepenice u Jadranskom moru je razvijena vrsta *Cystoseira amentacea* var. *spicata* na izloženim, a *Corallina elongata* na zaštićenim lokalitetima. Na izloženim mjestima čest je i pokrov u obliku tepiha kojeg tvore svojte *Endoderma endolithicum*, *Laurencia* spp., *Polysiphonia opaca*, *Cladophora coleothrix*, *Valonia utricularis*, zatim pojas s vrstama *Lithophyllum incrustans*, *Phymatolithon lenormandii* i *Lithophyllum lichenoides* koje oblikuju biogene tvorbe koje se nazivaju



trotoar, pojas *Ralfsia verucosa*, pojas *Polysiphonia sertularioides* i *Nemalion helminthoides* koji čini gornju granicu mediolitorala prema supralitoralu. Također, u ovoj stepenici dolaze i epilitske svojte modrozelenih alga rodova *Rivularia*, *Dalmatella* i *Brachyotrichia* u gornjem dijelu ili endolitske cijanobakterije (svojte rodova *Mastogocoleus*, *Hyella*, *Solentia*) u donjem dijelu. Tijekom zime vrlo su česte svojte rodova *Ulothrix*, te vrste *Bangia atropurpurea* i *Porphyra leucosticta*. Na mjestima s dotokom slatke vode u sjevernom Jadranu je u donjem dijelu stepenice vrlo često razvijen endem jadranski bračić, *Fucus virsoides*. U onečišćenim područjima, u blizini ispusta gradskih i kanalizacijskih otpadnih voda u ovoj bionomskoj stepenici razvija se posebna vegetacija bentoskih algi u kojoj prevladavaju svojte iz rodova *Ulva* i *Enteromorpha*.

Na mediolitoralnoj stepenici rasprostranjene su sljedeće zajednice (s pripadajućim asocijacijama i facijesima) u kojima prevladavaju makroalge (prema NKS-nacionalna klasifikacija staništa):

Tip zajednice	NKS kod
Biocenoza gornjih stijena mediolitorala	G.2.4.1.
Asocijacija s vrstom <i>Bangia atropurpurea</i>	G.2.4.1.1.
Asocijacija s vrstom <i>Porphyra leucosticta</i>	G.2.4.1.2.
Biocenoza donjih stijena mediolitorala	G.2.4.2.
Asocijacija s vrstom <i>Lithophyllum lichenoides</i>	G.2.4.2.1.
Asocijacija s vrstom <i>Lithophyllum byssoides</i>	G.2.4.2.2.
Asocijacija s vrstom <i>Tenarea undulosa</i>	G.2.4.2.3.
Asocijacija s vrstama rodova <i>Ceramium</i> i <i>Corallina</i>	G.2.4.2.4.
Asocijacija s vrstom <i>Enteromorpha compressa</i>	G.2.4.2.5.
Asocijacija s vrstom <i>Fucus virsoides</i>	G.2.4.2.6.
Asocijacija s vrstom <i>Gelidium</i> spp.	G.2.4.2.7.
Biocenoza mediolitoralnih špilja	G.2.4.3.
Asocijacija s vrstama <i>Phymatolithon lenormandii</i> i <i>Hildenbrandia rubra</i>	G.2.4.3.1.
Zajednice mediolitorala kraških morskih jezera	G.2.4.4.

Infralitoralna stepenica (Pérès i Gamulin Brida, 1973) je razvijena ispod mediolitoralne, a proteže se od srednje granice oseke do 120 ili 150 metara dubine do koje postoji razmjerno kontinuirana rasprostranjenost bentoskih alga. Po Ercegoviću (1960, 1964) se ta stepenica dijeli na gornji infralitoral (između srednje granice oseke i 6-8 metara dubine), srednji infralitoral (između 6-8 metara i 35-45 metara dubine) i donji infralitoral (između 35-45 metara i 120-150 metara dubine).

Na gornjoj infralitoralnoj stepenici su zbog oligotrofnih karakteristika Jadranskog mora i velike prozirnosti, najbujnije razvijene zajednice bentoskih alga. To je zona najboljeg osvjetljenja sunčevom svjetlosti i obogaćivanja kisikom, ali i velikih sezonskih promjena temperature i saliniteta (Ercegović, 1960). U tom pojasu se nalazi glavnina stjenovite podloge koja pruža raznolike uvjete za rast alga zahvaljujući svojoj vapnenačkoj prirodi što uzrokuje veliku strukturiranost dna.

Gornju granicu na izloženim lokalitetima čini pojas *Cystoseira amentacea* var. *spicata*, a na manje izloženim mjestima crvena alga *Corallina elongata*. Ispod tog pojasa dolaze pojasevi mnogih svojti iz roda *Cystoseira*: *C. compressa*, *C. crinitophylla*, *C. crinita*, *C.*



barbata, *C. spinosa* i *Cystoseira foeniculacea*. Osim cistozira, tu su i mnoge vrste fotofilnih alga koje u vegetaciji alga ove bionomske stepenice sudjeluju kao epiliti: *Padina pavonica*, *Halopteris scoparia*, *Dictyota dichotoma*, *Cladostephus verticillatus*, *Sargassum vulgare*, *Sphacelaria cirrosa* i mnoge druge. Na zasjenjenim mjestima (podsloj cistozira, nadsvođeni dijelovi stjenovite obale uz površinu, u udubinama stijena, ispod stjenovitih gromada) razvijene su epilitske scijafilne svojte koje podnose smanjene uvjete osvjetljenja. To su *Peyssonnelia rubra*, *Peyssonnelia polymorpha*, *Schottera nicaensis*, *Rhodymenia ardisoneii*, *Cladophora prolifera*, *Flabelia petiolata*, *Halimeda tuna* i druge. U vegetaciji ove bionomske stepenice sudjeluju i mnoge epifitske svojte kojih na pojedinim cistozirama može biti preko stotinu. Od epifitskih svojti najznačajniji su oblici iz rodova *Ceramium*, *Griffithsia*, *Spermothamnion*, *Mirionema*, *Fosliella*, *Acrochaetium*, *Ectocarpus*, *Feldmannia*, *Hynckesia* i druge.

U površinskim dijelovima ove bionomske stepenice u onečišćenom moru, zbog ispusta otpadnih kanalizacijskih i industrijskih voda, razvija se poseban oblik vegetacije. U njoj prevladavaju svojte iz rodova *Ulva* i *Enteromorpha* (zelene alge), *Pterocladia* i *Gigartina* (crvene alge), te *Dictyota* i *Phylitis* (smeđe alge).

Na pomičnim dnima (pjeskovitom i pjeskovito-muljevitom) ove bionomske stepenice slabo je razvijena je vegetacija bentoskih alga. Međutim, na takvim dnima razvijene su morske cvjetnice. U zaštićenim uvalama s pjeskovito-muljevitim dnom razvijene su livade morskih cvjetnica *Zostera marina* i *Zostera noltii*, dok je u otvorenijim uvalama s pjeskovitim dnom razvijena livada morske cvjetnice *Cymodocea nodosa*. Pored dobro razvijenih naselja morskih cvjetnica, na takvom dnu mogu se naći pojedinačni primjerci nekih fotofilnih alga: *Cystoseira foeniculacea*, *Dasycladus vermicularis*, *Spyridia filamentosa* i druge. Kao epifiti na listovima morskih cvjetnica rastu sitne svojte iz rodova *Acrochaetium*, *Ceramium*, *Fosliella*, *Sphacelaria*, *Myrionema*, *Feldmannia*, *Cladophora* i druge.

Na pjeskovitom dnu srednje infralitoralne stepenice u Jadranu je razvijena livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica* s velikim brojem epifitskih alga. Na listovima se oblikuje uglavnom fotofilna, a na rizomima scijafilna vegetacija epifitskih alga. Bogatstvo razvijene vegetacije može ilustrirati podatak o brojnosti svojti epifitskih algi na ovoj morskoj cvjetnici. Ukupno je na listovima i rizomima posidonije u srednjem Jadranu određeno 230 svojti bentoskih algi. Samo na listovima ih je određeno 184, a na rizomima 185 svojti (Antolić, 1994).

Na mjestima gdje je pjeskovito dno zamijenjeno niskim stijenama, koje su prekrivene različito debelim slojem pijeska ili stjenovitim brakovima, u ovoj stepenici su razvijena naselja bentoskih alga među kojima su česte svojte *C. corniculata* ssp. *laxior* i *C. spinosa*. Međutim, tu dolaze i mnoge druge epilitske svojte: *C. foeniculacea*, *Sargassum salicifolium*, *Dasycladus vermicularis*, *Polysiphonia elongata*, *Codium bursa*, *Codium vermicularis*, *Halimeda tuna*, *Flabelia petiolata*, *Peyssonnelia rubra*, *Peyssonnelia polymorpha* i mnoge druge. Bogatstvu razvijene vegetacije ovog dijela srednjeg infralitorala pridonose i mnoge epifitske svojte iz rodova *Aglaothamnion*, *Antithamnion*, *Spermothamnion*, *Fosliella*, *Sphacelaria*, *Myrionema*, *Myriactula* i mnoge druge.

Na infralitoralnoj stepenici rasprostranjene su sljedeće zajednice (s pripadajućim asocijacijama i facijesima) u kojima prevladavaju makroalge (prema NKS-nacionalna klasifikacija staništa):

Tip zajednice	NKS kod
Eurihalina i euritermna biocenozna	G.3.1.1.
Asocijacija s vrstama roda <i>Gracilaria</i>	G.3.1.1.6.



Asocijacija s vrstama rodova <i>Chaetomorpha</i> i <i>Valonia</i>	G.3.1.1.7.
Asocijacija s vrstama rodova <i>Ulva</i> i <i>Enteromorpha</i>	G.3.1.1.8.
Asocijacija s vrstom <i>Cystoseira barbata</i>	G.3.1.1.9.
Asocijacija s vrstama roda <i>Cladophora</i> i vrstom <i>Rytiphloea tinctoria</i>	G.3.1.1.10.
Biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka	G.3.2.2.
Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala	G.3.2.3.
Asocijacija s vrstom <i>Caulerpa prolifera</i>	G.3.2.3.6.
Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem valova	G.3.3.1.
Asocijacija s rodolitima	G.3.3.1.1.
Biocenoza krupnih pijesaka i sitnih šljunaka pod utjecajem pridonjenih struja (pojavljuje se i u cirkalitoralu)	G.3.3.2.
Facijes mačjara (pojavljuje se i kao facijes u biocenozi obalnih detritusnih dna)	G.3.3.2.1.
Biocenoza infralitoralnih šljunaka	G.3.4.1.
Biocenoza naselja vrste <i>Posidonia oceanica</i> (=Asocijacija s vrstom <i>Posidonia oceanica</i>)	G.3.5.1.
Asocijacija s vrstom <i>Caulerpa prolifera</i>	G.3.5.1.4.
Biocenoza infralitoralnih alga	G.3.6.1.
Asocijacija s vrstom <i>Cystoseira amentacea</i> (var. <i>amentacea</i> , var. <i>stricta</i> , var. <i>spicata</i>)	G.3.6.1.2.
Asocijacija s vrstom <i>Corallina elongata</i>	G.3.6.1.5.
Asocijacija s vrstama <i>Codium vermilare</i> i <i>Rhodymenia ardissoni</i>	G.3.6.1.6.
Asocijacija s vrstom <i>Dasycladus vermicularis</i>	G.3.6.1.7.
Asocijacija s vrstom <i>Ceramium rubrum</i>	G.3.6.1.8.
Asocijacija s vrstom <i>Cystoseira crinita</i>	G.3.6.1.10.
Asocijacija s vrstom <i>Sargassum vulgare</i>	G.3.6.1.11.
Asocijacija s vrstom <i>Dictyopteris polypodioides</i>	G.3.6.1.12.
Asocijacija s vrstom <i>Colpomenia sinuosa</i>	G.3.6.1.13.
Asocijacija s vrstom <i>Halopteris scoparia</i>	G.3.6.1.14.
Asocijacija s vrstom <i>Cystoseira compressa</i>	G.3.6.1.15.
Asocijacija s vrstama <i>Pterocladia capillacea</i> i <i>Ulva laetevirens</i>	G.3.6.1.16.
Asocijacija s vrstama <i>Flabellia petiolata</i> i <i>Peyssonnelia squamaria</i>	G.3.6.1.18.
Asocijacija s vrstama <i>Peyssonnelia rubra</i> i <i>Peyssonnelia</i> spp.	G.3.6.1.19.
Facijesi i asocijacije koraligenske biocenoze (kao enklave)	G.3.6.1.20.
Zajednice infralitorala kraških morskih jezera	G.3.7.1.
Infralitoralne zajednice s invazivnim vrstama	G.3.8.6.
Zajednica s vrstom <i>Caulerpa taxifolia</i>	G.3.8.6.1.
Zajednica s vrstom <i>Caulerpa racemosa</i>	G.3.8.6.2.



Donja infralitoralna (Ercegović 1960, 1964) ili *cirkalitoralna* (Pérès i Gamulin Brida, 1973) *stepenica* pruža se između donje granice rasprostranjenja fotofilnih alga i morskih cvjetnica i krajnje granice rasprostranjenja morske vegetacije, tj. do ruba kontinentske podine. Ova bionomska stepenica se najčešće proteže od 35 (40) do 120 (150) metara dubine. Ekološki čimbenici jako malo kolebaju, a svjetlost je kao ograničavajući čimbenik za razvoj alga jako reducirano. Dno je pretežno pjeskovito ili biogenog karaktera. Sastoji se od valutica koralinskih crvenih algi iz rodova *Phymatolithon* i *Lithophyllum* i naziva se litotamnijsko dno (prema NKS: Asocijacija s rodolitima i Facijes mačrla).

Vegetaciju oblikuju svoje rodova *Phymatolithon* i *Lithophyllum*, te mnoge dubinske vrste alga. Najznačajnije su neke vrste roda *Cystoseira* (*C. fucoidea*, *C. platyramosa*, *C. opuntioidea*), zatim *Laminaria rodriguezii*, *Faucheia repens*, svoje roda *Halymenia* i mnoge druge. U pojedinim međuotočnim kanalima u sjevernom i srednjem Jadranu ove bionomske stepenice razvijena su obilna naselja crvenih alga *Osmundaria volubilis* i *Rytiphloea tinctoria*.

Na cirkalitoralnoj stepenici rasprostranjene su sljedeće zajednice (s pripadajućim asocijacijama i facijesima) u kojima prevladavaju makroalge (prema NKS-nacionalna klasifikacija staništa):

Tip zajednice	NKS kod
Biocenoza obalnih detritusnih dna	G.4.2.2.
Asocijacija s rodolitima	G.4.2.2.1.
Facijes mačrla	G.4.2.2.2.
Asocijacija s vrstom <i>Peyssonnelia rosa-marina</i>	G.4.2.2.3.
Asocijacija s vrstom <i>Laminaria rodriguezii</i>	G.4.2.2.4.
Koraligenska biocenoza	G.4.3.1.
Asocijacija s vrstom <i>Cystoseira corniculata</i>	G.4.3.1.1.
Asocijacija s autohtonim vrstama roda <i>Sargassum</i>	G.4.3.1.2.
Asocijacija s vrstom <i>Mesophyllum lichenoides</i>	G.4.3.1.3.
Asocijacija s vrstama <i>Lithophyllum frondosum</i> i <i>Halimeda tuna</i>	G.4.3.1.4.
Biocenoza polutamnih špilja(pojavljuje se i kao enklava u infralitoral)	G.4.3.2.
Biocenoza potpućinskih stijena(stijena na rubu kontinentske podine)	G.4.3.3.

Na donju infralitoralnu stepenicu nastavlja se *elitoralna stepenica* (Ercegović 1960, 1964) koja se proteže između 120 (150) metara i 200 (250) metara dubine, odnosno do donje granice rasprostiranja vegetacije u Jadranu. Na ovoj stepenici se ekološki čimbenici gotovo uopće ne mijenjaju. Svjetlo je na donjim graničnim vrijednostima pri kojima se mogu još razvijati bentoske alge, a dno je pjeskovito-muljevito i muljevito. Vegetacija je razvijena u obliku rijetkih i pojedinačno raspršenih primjeraka alga. Alge koje oblikuju vegetaciju na ovoj bionomskoj stepenici samo su primjerci alga koje naseljavaju i prethodnu bionomsku stepenicu (donji infralitoral) te su nastavak vegetacije u donjem infralitoral. To su vrste *Osmundaria volubilis*, *Sargassum hornschurchii*, *Laminaria rodriguezii*, *Halarachnion spathulatum* i druge.



Sezonske promjene u sastavu zajednica makroalga u Jadranskom moru

Zbog dominacije nekih biogeografskih i ekoloških skupina alga u ukupnoj flori bentoskih alga u Jadranskom moru, postoji sezonska varijabilnost zajednica. Izražen je proljetni vegetacijski period kada dolazi do bujnog razvoja svojti roda *Cystoseira*, dok se u ljetnom periodu mogu bujnije razviti svojte rodova *Laurencia*, *Hypnea* i sl. Međutim, sezonske varijacije u naseljima bentoskih alga su pod utjecajem mnogih promjenjivih čimbenika, poput temperature, onečišćenja i same varijabilnosti u dinamici populacije pojedinih svojti, tako da sezonske varijacije mogu biti značajno različite na ljestvici od samo nekoliko stotina metara ili kilometara, a vegetacijski periodi biti različiti svake godine, ovisno o općim klimatskim prilikama.

Špan i Antolić (1997) istraživali su bentosku floru šireg područja grada Splita te napravili usporedbu s podacima o rasprostranjenosti i sastavu flore iz 1956. godine za isto područje. Rezultati su pokazali promjene u sastavu flore, a analiza po funkcionalnim skupinama pokazala nestajanje nekih prije čestih i pojavljivanje novih vrsta. Analiza dinamike populacija makrofitobentosa na hridinastim dnima zapadne Istre (Iveša, 2005) pokazala je da sezonsko kolebanje biomase nije povezano s urbanim zagađenjem. Dosadašnje spoznaje o sezonskoj i višegodišnjoj varijabilnosti u zajednicama makroalga potrebno je u budućnosti upotpuniti novim istraživanjima.

Upotreba naselja makroalga kao bioindikatora stanja u morskom okolišu

Bioindikatori su svojte ili skupine organizama čija se funkcija, populacija ili stanje može upotrijebiti za praćenje stanja okoliša ili ekosustava. Promjena u nekim svojstvima organizma ili skupine organizama (biokemijska, fiziološka ili ponašanje) može ukazivati na problem u ekosustavu. Bioindikatori mogu također pokazati kumulativni učinak nekog zagađivača u ekosustavu i koliko dugo je trajala izloženost nekoj tvari, što nije moguće ustanoviti fizikalno-kemijskim testiranjem.

Makrofitobentos, s obzirom na svoju bioraznolikost, biomasu, rasprostranjenost i ulogu u ekosustavu, čini osjetljiv indikator promjena abiotskih i biotskih čimbenika u okolišu. Mnoga istraživanja su potvrdila da utjecaj urbanog onečišćenja utječe na makrofitobentoske zajednice (Arévalo i sur., 2007; Guinda i sur., 2008; Wells i sur., 2007). Dinamika zajednice bentoskih alga u cjelini, opisana na što širem području i na određenoj vremenskoj ljestvici, je najpouzdaniji pokazatelj stanja u morskom okolišu. Utjecaj svih prirodnih čimbenika i onečišćenja teško je pratiti na osnovu kvalitativno-kvantitativne dominacije samo pojedinih svojti ili rodova jer postoje svojte koje se smatraju pokazateljima prirodnog netaknutog stanja, a nalaze se u područjima pod antropogenim pritiskom i obrnuto. Potrebno je poznavati odnos svake svojte i zajednica prema biotskim i abiotskim čimbenicima koji utječu na njenu rasprostranjenost i brojnost kako bi se mogli tumačiti rezultati praćenja stanja okoliša na osnovu makroalga. Tolerancija na eutrofikaciju i onečišćenje najvažnija je kada procjenjujemo bioindikatorski potencijal vrste. Do sada korišteni načini procjene kvalitete mora temeljili su se gotovo isključivo na indikatorskim vrstama ili tzv. funkcionalnim skupinama.

Zajednice alga pod utjecajem stresa, prirodnih ili antropogenih promjena, pokazuju snižavanje bioraznolikosti, tj. različitosti svojti. U prvoj fazi smanjuje se brojnost nekih svojti, a u drugoj fazi one potpuno nestaju, što uzrokuje i povlačenje epifitskih vrsta i životinjskih svojti koje se njome hrane. Najdrastičniji primjer je ipak nasipavanje obale, prilikom čega se direktno i nepovratno uništavaju sve životne zajednice u priobalnom području. Posredno, zamuljivanjem okolnog mora, dolazi do degradacije zajednica fotofilnih alga zbog smanjenja osvjetljenosti. U sredinama gdje je prisutno antropogeno zagađenje i eutrofikacija bentoske zajednice se mijenjaju, a u zajednicama makroalga dolazi do postepenog porasta kvalitativne i kvantitativne dominacije oportunističkih svojti



(Iveša, 2005; Guinda i sur., 2008). Makroalge su već otprije svrstane u funkcionalne skupine (Boudouresque, 1984) prema svojoj morfologiji i afinitetu za različite abiotičke faktore, u prvom redu svjetlosti i hranjivim solima. Određujući brojnost, pokrovnost i biomasu svojiti pojedinih skupina moguće je donijeti zaključke o ekološkom stanju ekosustava (Arévalo i sur., 2007; Guinda i sur., 2008; Wells i sur., 2007).

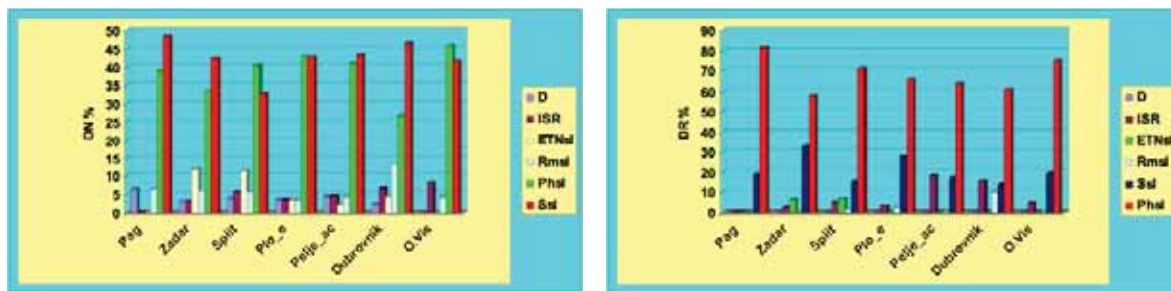
Treba imati na umu da se pojednostavljenje, koje donose upotreba indeksa i alata za monitoring promjena u bentoskim ekosustavima, može često pokazati kao ograničavajući čimbenik. Bez dovoljno stručne i detaljne obrade sakupljenog materijala, sastav bentoskih zajednica makroalga bit će prikazan samo djelomično, bez podataka o njihovoj dinamici. Uloga specijalista taksonoma je neizbježna u terenskom i laboratorijskom radu jer je potrebno utvrditi više desetaka rodova alga. Dinamika populacija ključna je pak za razumijevanje utjecaja čovjeka i zagađenja na prirodne zajednice alga u priobalnom području.

Primjena bioindikatorskih metoda za BEK (biološki element kakvoće) makroalge tijekom prilagodbe za primjenu ODV (Okvirna direktiva o vodama, Water Framework Directive, 200/60/EC)

Europska Okvirna direktiva o vodama (ODV) (Water Framework Directive, 200/60/EC), propisuje da zemlje članice trebaju postići vrlo dobru kvalitetu svih svojih voda do 2015. godine. U Direktivi je prepoznata ključna važnost bioloških zajednica u procjeni ukupnog stanja okoliša. Potrebno je bilo izraditi točno definirane metode procjene ekološke kvalitete voda primjenom brojčanih indeksa. Za biološki element kakvoće (BEK) makroalge tako je proteklih godina predložen niz metoda i indeksa (Orfanidis i sur., 2001, 2003; Panayotidis i sur., 2004; Pinedo i sur., 2007; Ballesteros i sur., 2007).

Na razini MedGIG grupe za interkalibraciju metoda, službenog tijela Europske komisije za interkalibraciju metoda koje se primjenjuju prema ODV, bile su predložene dvije metode za BEK makroalge, i to EEI (Ecological Evaluation Index) (razvijena u Grčkoj) i CARLIT (Cartography of Littoral) (razvijena u Kataloniji, Španjolska), koje sada prolaze kroz drugu fazu interkalibracije koja će završiti tijekom 2012. godine.

U hrvatskom višegodišnjem monitoring programu kvalitete priobalnog mora "Pag-Konavle" (ranije "Vir-Konavle") za procjenu kvalitete priobalnog mora se koristila metoda procjene pokrovnosti čvrste podloge svojitama makroalga prema Boudouresque-u (modificirana metoda kopnene fitosociologije prema Braun-Blanquet-u). Rezultati višegodišnjeg monitoringa ukazivali su na dobro stanje na istraživanim postajama u posljednjih 20 godina, osim u određenim ograničenim područjima velikih urbanih i industrijskih cjelina (Kaštelanski zaljev, Šibenski zaljev, Zadar) gdje je kontinuirano bilježen veći postotak alga iz skupine ETNsl koja sadržava svoje alge iz onečišćenih voda u širem smislu (Slika 4.2.1.3.).



Slika 4.2.1.3. Kvalitativna (DN%) i kvantitativna dominacija (DR%) ekoloških nadskupina (Phsl, Ssl, RMsl, ETNsl) i skupina (ISR, HP, D) bentoskih alga na istraživanim područjima projekta Pag-Konavle za 2007. godinu



Navedena metoda nije bila usklađena s odredbama Okvirne direktive o vodama, tj. tako prikupljene podatke nije bilo moguće preračunati u EQR (Ecological Quality Ratio, prema ODV) vrijednosti te se takvi podaci nisu mogli iskoristiti za testiranje primjene predloženih metoda za BEK makroalge. U trenutku kada je trebalo započeti testiranje nove metode za BEK makroalge u Jadranskom moru, metoda EEI postojala je već šest godina (prvi znanstveni članak koji je opisuje bio je objavljen još 2001. godine), a za monitoring priobalnih voda tada ju je završila testirati i Slovenija. Za sjeverni dio hrvatskog Jadrana su 2005. bili objavljeni podaci (Iveša, 2005) koji potvrđuju uspješnost korištenja EEI indeksa za procjenu kvalitete priobalnih voda u sjevernom Jadranu. CARLIT metoda je 2007. godine bila objavljena tek u obliku znanstvenog članka, iako se razvija od 1999. godine te je odlučeno da će se u srednjem i južnom Jadranu u razdoblju od 2007. do 2009. godine testirati EEI metoda. U 2010. godini je usporedno započeto i testiranje CARLIT metode. Naime, u razdoblju od 2007. kada je objavljena, pa do 2010. godine, CARLIT metoda je detaljno testirana i danas se primjenjuje u nadzornom monitoringu na području Španjolske, Francuske i Italije, a odnedavno se testira u Sloveniji i Crnoj Gori. Međunarodna skupina stručnjaka radila je na unapređenju metode te danas postoje detaljni protokoli rada i mnogi skupovi podataka koji omogućuju bolju procjenu primjenjivosti CARLIT metode u Jadranskom moru, nego što je to bilo moguće prilikom izrade prijašnjih studija i predlaganja metode za monitoring BEK makroalge. Zaključak hrvatskih stručnjaka koji rade na implementaciji bioindikatorskih metoda usklađenih s odredbama ODV je da CARLIT metoda ima određene prednosti pred do sada testiranim EEI indeksom jer zahtijeva uzorkovanje u samo jednoj sezoni (proljeće) što može umanjiti troškove terenskog rada i potrebno vrijeme rada stručnjaka i znanstvenika. Iako u početnoj fazi zahtijeva izradu GIS karata svih područja i računalne baze podataka za obradu rezultata, kasnije je potrebno kraće vrijeme za obradu podataka jer nema taksonomske obrade uzoraka u laboratoriju. Rezultat primjene metode CARLIT je karta prostorne raspodjele zajednica makroalga u GIS sučelju što omogućuje bolju i sigurniju procjenu stanja voda te pojednostavnjuje upravljanje vodnim tijelima.

CARLIT metoda je detaljno opisana u znanstvenom članku (Ballesteros i sur., 2007). Terensko uzorkovanje se izvodi pregledom obale malim čamcem kojim se plovi što bliže obali, najbolje na udaljenosti od 3 metra. Određuju se vrste zajednica makroalga koje prevladavaju u sektorima od 50 metara u mediolitoralu i gornjem infralitoralu (do 1 metar dubine) i direktno ucrtavaju u grafički prikaz – kartu (nautičke karte, zračne ili satelitske snimke). Grafički prikaz mora biti u mjerilu koje omogućuje lako snalaženje u prostoru na terenu i bilježenje zajednica u sektorima od minimalno 50 metara dužine (mjerilo karte 1:10000 ili 1:5000). Ujedno se bilježe i geomorfološki čimbenici obrađenih sektora obale (Tablica 4.2.1.1.), koji su jedan od glavnih ekoloških čimbenika koji oblikuju zajednice makroalga. Rezultat terenskog rada je podjela stjenovite obale na sektore, od kojih svaki karakterizira određena zajednica ili kombinacija zajednica (Tablica 4.2.1.2.) i određeni geomorfološki čimbenici. Sedimentne obale (pjeskovite i muljevite) se ne uzimaju u obzir, kao ni vrlo izmijenjena staništa, poput unutarnjih dijelova luka i marina, jer oni ne odražavaju ekološko stanje okolnih voda.



Tablica 4.2.1.1. Geomorfološki čimbenici obale i njihove varijante za španjolsku obalu (iz Ballesteros i sur., 2007)

Geomorfološki čimbenik	Varijante
Morfologija obale	visoka obala niska obala blokovi
Substrat	vapnenac breča pješčjenjak metamorfni
Nagib	horizontalni (0°-30°) subvertikalni (30°-60°) vertikalni (60°-90°) prevjes
Orijentacija obale	sjever sjeveroistok istok jugoistok jug jugozapad zapad sjeverozapad
Prirodna ili umjetna obala	
Strukturiranost (hrapavost) obale	dva stupnja, R1 i R2
Izloženost (udaljenost prema najbližoj obali)	0 - 500 m 500 – 1000 m >1000 m

Tablica 4.2.1.2. Nazivi, opisi zajednica i njihove razine osjetljivosti za primjenu CARLIT metode u Kataloniji, Španjolska

Category	Description	Sensitivity level
<i>Cystoseira mediterranea</i> 5	Continuous belt of <i>C. mediterranea/stricta</i>	20
<i>Cystoseira crinita</i>	Populations of <i>C. crinita</i>	20
<i>Cystoseira balearica</i>	Populations of <i>C. balearica</i>	20
<i>Cystoseira sheltered</i>	Populations of <i>Cystoseira foeniculacealbarbatalspinosa</i> v. <i>tenuior/compressa/pustulata</i>	20
<i>Posidonia reef</i>	Barrier and fringing reefs of <i>Posidonia oceanica</i>	20
<i>Cymodocea nodosa</i>	<i>Cymodocea nodosa</i> meadows	20
<i>Zostera noltii</i>	<i>Zostera noltii</i> meadows	20
Trottoir	Build-ups of <i>Lithophyllum hyssoides</i>	20
<i>Cystoseira mediterranea</i> 4	Almost continuous belt of <i>C. mediterranea/stricta</i>	19
<i>Cystoseira mediterranea</i> 3	Abundant patches of dense stands of <i>C. mediterranea/stricta</i>	15
<i>Cystoseira mediterranea</i> 2	Abundant scattered plants of <i>C. mediterranea/stricta</i>	12
<i>Cystoseira compressa</i>	Populations of <i>C. compressa</i> v. <i>compressa</i>	12
<i>Cystoseira mediterranea</i> 1	Rare scattered plants of <i>C. mediterranea/stricta</i>	10
<i>Corallina</i>	Belt of <i>Corallina elongata</i> without <i>Cystoseira</i>	8
<i>Halimnion</i>	Belt of <i>Halimnion virgatum</i> , without <i>Cystoseira</i>	8
<i>Mytilus</i>	Mussel (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) beds, without <i>Cystoseira</i>	6
Encrusting corallines	Belt of <i>Lithophyllum incrustans</i> , <i>Neogoniolithon brassica-florida</i> and other encrusting corallines	6
Green algae	Upper sublittoral belts of <i>Ulva</i> and <i>Cladophora</i>	3
Blue greens	Communities dominated by Cyanobacteria and <i>Derbesia tenuissima</i>	1



Informacije o zajednicama i geomorfološki čimbenici se zatim upisuju u georeferencirani kartografski prikaz u GIS-u. Kartografski prikaz se mora redovito osvježavati kako bi sadržavao i sve promjene nastale u prostoru (gradnja novih marina i plaža itd.). Zatim se mjeri duljina svakog sektora u kojem prevladavaju homogene zajednice i geomorfološki čimbenici.

Svakom se tipu zajednice pridaje određena vrijednost (“sensitivity level” ili “razina osjetljivosti”) koja opisuje osjetljivost i otpornost zajednice na okolišni stres povezan s kvalitetom voda. Razine osjetljivosti dodjeljuju se prema postojećim podacima i stručnom mišljenju.

Sljedeća formula se upotrebljava pri izračunavanju ekološke kvalitete svakog sektora (EQ) obale:

$$EQ = \frac{\sum (l_i * SL_i)}{\sum l_i}$$

gdje je

EQ = kvaliteta određenog sektora obale

l_i = duljina sektora obale kojeg zauzima kategorija zajednice i

SL_i = razina osjetljivosti kategorije zajednice i

Testiranje i prilagodba metode CARLIT u Jadranskom moru

U svibnju 2010. godine započeto je testiranje CARLIT metode u Jadranskom moru. Sa stručnjacima iz Španjolske, Francuske, Italije, Slovenije, Crne Gore i Hrvatske, na radionici u Splitu dogovoren je program rada za prilagodbu metode specifičnim uvjetima u Jadranskom moru (Slike 4.2.1.4. i 4.2.1.5.).



Slika 4.2.1.4. Hrvatski stručnjaci razmjenjuju iskustva s dr. Ballesterosom, autorom indeksa CARLIT, svibanj 2010.



Slika 4.2.1.5. Pregled zajednica onečišćenih područja umjetne obale, svibanj 2010., Kaštela

Testiranje CARLIT metode u Jadranskom moru tijekom 2010. godine obuhvatilo je:

- Određivanje specifičnih zajednica makroalga za Jadransko more i dodjeljivanje razina osjetljivosti
- Određivanje referentnih uvjeta kartiranjem lokacija bez utjecaja čovjeka ili s neznatnim utjecajem



- Određivanje geomorfološki relevantnih situacija (GRS) i njihove prosječne EQ vrijednosti statističkom obradom podataka s referentnih lokacija (vidjeti Ballesteros i sur., 2007)
- Primjenu metode na test području i provjera rezultata usporedbom s podacima o razini pritisa i usporedbom s vrijednostima EEI indeksa s istog područja

Prvo se pristupilo izdvajanju tipova zajednica makroalga u Jadranskom moru koje će se kartirati metodom CARLIT i rangiranju njihovih razina osjetljivosti. Zajednice i razine osjetljivosti su određene stručnom procjenom i analizom višegodišnjih internih i objavljenih podataka Instituta za oceanografiju i ribarstvo, tj. istraživanja rasprostranjenosti i odnosa zajednica i pojedinih vrsta makroalga prema nizu ekoloških čimbenika i antropogenog pritiska (izvještaji monitoring projekata, terenski podaci, objavljene monografije i znanstveni radovi). Popis zajednica i pripadajuće razine osjetljivosti prikazane su u tablici:

Tablica 4.2.1.3. Opis zajednica makroalga i razina osjetljivosti za primjenu metode CARLIT u Jadranskom moru

Zajednica	Opis	Razina osjetljivosti
Cystoseira spicata 3	Kontinuirani pojas vrste <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>spicata</i>	20
Cystoseira crinitophylla	Zajednica vrste <i>Cystoseira crinitophylla</i>	20
Cystoseira crinita	Zajednica vrste <i>Cystoseira crinita</i>	20
Cystoseira corniculata	Zajednica vrste <i>Cystoseira corniculata</i>	20
Cystoseira foeniculacea	Zajednica vrste <i>Cystoseira foeniculacea</i>	20
Trotoar	Organogena tvorba vrste <i>Lithophyllum byssoides</i> i drugih kalcificirajućih alga	20
Cystoseira barbata	Zajednica u kojoj prevladava isključivo vrsta <i>Cystoseira barbata</i>	16
Cystoseira spicata 2	Izolirane nakupine vrste <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>spicata</i>	15
Cystoseira compressa	Zajednica u kojoj prevladava isključivo vrsta <i>Cystoseira compressa</i>	12
Cystoseira spicata 1	Pojedinačni talusi vrste <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>spicata</i>	10
Fotofilne alge	Zajednica alga skupina Dictyotaceae/Stypocaulaceae	10
Corallina	Zajednica u kojoj prevladava vrsta <i>Corallina elongata</i> ili <i>Jania virgata</i>	8
Mytilus	Zajednica u kojoj prevladava dagnja <i>Mytilus galloprovincialis</i>	6
Zelene alge	Zajednica u kojoj prevladavaju alge rodova <i>Ulva/Enteromorpha/Cladophora</i>	3
Cyanobacteria	Pojas cijanobakterija	1

U cilju provedbe testiranja CARLIT metode u Jadranskom moru, u lipnju i srpnju 2010. je provedeno opsežno terensko istraživanje. Ukupno je kartirano oko 300 kilometara obale (Slika 4.2.1.6.), od toga 170 kilometara na referentnim lokacijama, a 140 kilometara u područjima s različitim razinama pritisa.





Slika 4.2.1.6. Sektori obale na kojima je testirana CARLIT metoda u 2010. godini

S početkom testiranja CARLIT metode u Jadranskom moru u svibnju 2010. godine, pristupilo se prikupljanju podataka za preliminarno određivanje referentnih uvjeta. Prema CARLIT metodologiji, bilo je potrebno kartirati zajednice u referentnim područjima te primjenom statističkih metoda odrediti geomorfološki relevantne situacije i njihove maksimalne (referentne) EQ vrijednosti. Ukupno je kartirano 170 kilometara obale na referentnim lokacijama, a za statističku analizu su izdvojeni podaci s oko 100 kilometara obale, dakle samo oni dijelovi koji su zaista bili pod minimalnim utjecajem čovjeka. Primjenom MDS statističke analize kao najvažniji geomorfološki čimbenici koji utječu na raspodjelu zajednica makroalga izdvojili su se morfologija i nagib obale.

Izračunate su maksimalne (referentne) vrijednosti EQ koju je moguće dostići za svaku kombinaciju ove dvije geomorfološke varijable:

GRS	Morfologija obale	Nagib obale	EQref
1	visoka obala	horizontalni	20
2	visoka obala	subvertikalni	17,55
3	visoka obala	vertikalni	12,96
4	visoka obala	prevjes	10
5	niska obala	horizontalni	19,02
6	niska obala	subvertikalni	17,72
7	niska obala	vertikalni	14,62
8	niska obala	prevjes	9,66
9	blokovi		12,76

Navedene vrijednosti su specifične za Jadransko more i omogućuju primjenu CARLIT metode na svim ostalim sektorima obale u svim vodnim tijelima.

CARLIT metoda je zatim primijenjena na nasumično odabrane sektore obala u nekoliko vodnih tijela, za potrebe testiranja primjenjivosti indeksa. Kartiranjem referentnih lokacija i onih pod različitim razinama pritiska (Slike 4.2.1.7. do 4.2.1.12.) dobiveni su rezultati raspona od lošeg do vrlo dobrog stanja.



Slika 4.2.1.7. Primjena metode CARLIT na terenu, lipanj 2010., šibensko primorje



Slika 4.2.1.8. Zajednica vrste *Cystoseira corniculata*, pokazatelj visokog ekološkog stanja, lipanj 2010., šibensko primorje



Slika 4.2.1.9. Kontinuirani pojas vrste *Cystoseira amentacea* var. *spicata*, kartiranje referentnih lokacija, lipanj 2010., otok Mljet



Slika 4.2.1.10. Organogena tvorba kalcificirajućih alga (trotoar), kartiranje referentnih lokacija, lipanj 2010., otok Mljet



Slika 4.2.1.11. Zajednica zelenih alga, pokazatelj negativnog utjecaja, lipanj 2010., zadarsko područje



Slika 4.2.1.12. Utjecaj ježinaca na pojas makroalga onemogućuje primjenu metode CARLIT, srpanj 2010., otok Korčula

Rezultati (u obliku EQR vrijednosti) su pokazali značajnu korelaciju s indeksom LUSI (Land Use Simplified Index), mjerom antropogenog utjecaja na istraživano područje.

Primjenom metode CARLIT, iako samo u fazi testiranja, došlo se do vrlo vrijednih podataka. U dosadašnjim projektima monitoringa kvalitete mora, podaci su se sakupljali sa

stalnih postaja, čime se zapravo ograničavala procjena stanja na uski obalni pojas. Tijekom testiranja CARLIT metode, ukupno je kartirano preko 300 kilometara obale što predstavlja reprezentativni uzorak za procjenu stanja čitavog priobalja Jadranskog mora. U narednim godinama, kartirat će se još više novih područja što će nam dati još bolji uvid u stanje priobalnih bentoskih zajednica. Dio rezultata primjene metode CARLIT u Kaštelanskom zaljevu i na otoku Hvaru prikazan je na slikama 4.2.1.13 i 4.2.1.14.

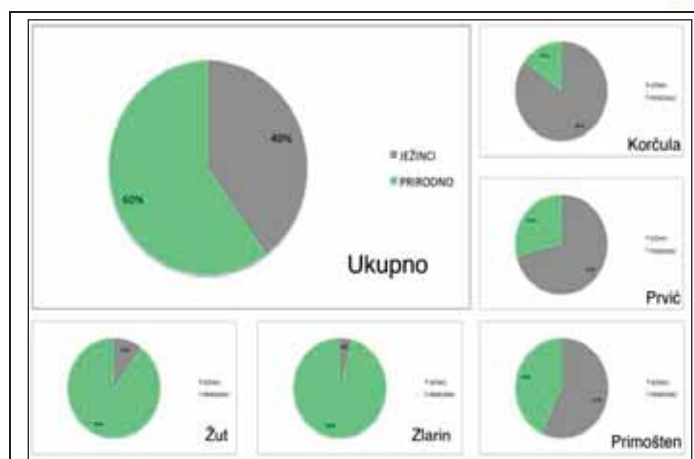


Slika 4.2.1.13. Interaktivni GIS prikaz rezultata primjene CARLIT metode u Kaštelanskom zaljevu. Boje prikazuju klase ekološkog stanja pojedinih sektora obale.



Slika 4.2.1.14. Interaktivni GIS prikaz rezultata primjene CARLIT metode na južnoj strani otoka Hvara. Boje prikazuju klase ekološkog stanja pojedinih sektora obale.

Primjenom metode CARLIT sakupljeni su i drugi vrijedni podaci koji mogu dati informaciju o stanju cijelog ekosustava u kartiranim područjima. Jedan od primjera je dat na slici 4.2.1.15. gdje je prikazana analiza duljine obale na kojoj je zabilježena eksplozija populacija hridinskog ježinca *Paracentrotus lividus* koja stvara golobrst, tj. površine bez vegetacije (gola stijena) nastale uslijed njihovog hranjenja. Veliki dio obale zahvaćen golobrstom može ukazivati na promjene u ekosustavu poput prevelikog izlova predatornih vrsta riba.



Slika 4.2.1.15. Postotak duljine obale u prirodnom stanju i s eksplozijom populacija hridinskog ježinca, dobiven analizom 300 km obale kartirane CARLIT metodom u 2010. godini. Postotci su izraženi ukupno i posebno za pojedina područja.

Iz rezultata testiranja CARLIT metode u Jadranu u sklopu primjene ODV, može se zaključiti sljedeće:

- 1) CARLIT metoda može se primjeniti za određivanje ekološkog stanja priobalnih voda u Jadranskom moru jer su rezultati preliminarnog testiranja metode u skladu sa stručnom procjenom te dosadašnjim višegodišnjim rezultatima monitoringa u programu “Pag-Konavle”. Rezultati primjene CARLIT indeksa su u korelaciji s mjerom utjecaja i pritiska na morski okoliš (LUSI indeks).
- 2) Potrebno je provesti daljnje istraživanje na većem broju postaja u svim vodnim tijelima od sjevernog do južnog Jadrana, u okviru nadzornog monitoringa, kako bi se preciznije odredili referentni uvjeti i verificirale granice klasa ekološkog stanja.
- 3) Većinu područja u Jadranskom moru karakterizira vrlo dobro i dobro stanje bentoskih zajednica makroalga, u smislu kako ga definira ODV. Međutim, područja s istinski netaknutim zajednicama su rijetka. Područja gdje je procijenjeno stanje zajednica makroalga lošije odnosi se na blizinu velikih urbanih cjelina poput Zadra, Šibenika i Kaštelanskog zaljeva. Na velikom dijelu istraživanog područja (60%) postoji izraženo negativno djelovanje eksplozija populacija hridinskog ježinca na zajednice makroalga što se može dovesti u vezu s utjecajem čovjeka.

Zakonski okvir za zaštitu makrobentoskih alga i njihovih staništa u Jadranskom moru

Prepoznavanje i praćenje razine ugrožavanja prirodnih morskih ekosustava temelj je za izradu odgovarajuće zaštite staništa i ekosustava koji grade bentoske makroalge. Područje infralitorala zauzima samo nešto više od 8% ukupne površine morskog dna hrvatskoga teritorijalnog mora, a to je ujedno i područje s najvećim pritiskom ljudskih aktivnosti (Bakran-Petricioli, 2007).

Potrebno je u prvom redu zaštititi bujna i geografski rasprostranjena naselja bentoskih alga koja su vrlo ugrožena ljudskim aktivnostima, poput građevinskih radova, nasipavanja i betoniranja obale i urbanog onečišćenja. Ovo se odnosi na mediolitoralni i infralitoralni pojas s vrstama alga roda *Cystoseira* (*C. barbata*, *C. amentacea*, *C. compressa*, *C. crinita*, *C. crinitophylla*, *C. spinosa*) i endemsku vrstu *Fucus virsoides*. Neke svoje alge su vrlo

rijetke, ali svrha njihove zaštite je upitna zbog samog njihovog staništa, a to su velike dubine ili strme litice nedostupne ronionicima. Međutim, tvorbe poput "trotoara" koje tvore vapnenačke alge svojti *Lithophyllum lichenoides*, *Lythophyllum incrustans* i *Phymatholiton lenormandii* te vrste koje su pristupačne nautičarima poput *Tenarea trotuosa* i *Goniolithon byssoides* potrebno je zakonom zaštititi, a njihova staništa stalno pratiti.

Države koje okružuju Sredozemno more potpisale su niz konvencija koje ih obvezuju na zaštitu morskih vrsta i staništa. Preuzimanjem međunarodnih ugovora Republika Hrvatska se također obvezala na zakonsku zaštitu morskih svojti. Glavni akt koji regulira zaštitu prirode u Hrvatskoj je Zakon o zaštiti prirode (Narodne novine, 70/05, 139/08, 57/11). Pravilnik o proglašavanju divljih svojti strogo zaštićenim i zaštićenim (Narodne novine, 99/09) sadrži popis zakonski zaštićenih vrsta alga, kao i Zakon o potvrđivanju Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija) (Narodne novine, 06/00). EU Direktivom o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore br. 92/43/EEC iz 1992. godine, nadopunom iz 1997. 97/62/EC i Pravilnikom o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova (Narodne novine, 7/06 i 119/09) usvojen je popis ugroženih stanišnih tipova, od kojih se neki odnose i na zajednice bentoskih makroalga. Cilj svih ovih dokumenata je što bolja zaštita osjetljivog, vrijednog i najugroženijeg priobalnog područja. Međutim, sve ugrožene svojte alga nisu obuhvaćene postojećom zakonskom zaštitom, te je potreban zajednički napor znanstvene zajednice i državnih službi kako bi se sve rijetke i ugrožene svojte uvrstile na popise odgovarajućih zakonskih dokumenata. Zadovoljavajuća zaštita postići će se tek dosljednom provedbom zakona.

Svojte alga u Jadranskom moru koje su zaštićene kao *strogo zaštićene svojte* Zakonom o zaštiti prirode, Pravilnikom o proglašavanju divljih svojti strogo zaštićenim i zaštićenim (Narodne novine, 99/09):

Caulerpa prolifera
Penicillus capitatus
Cystoseira amentacea var. *spicata*
Fucus virsoides
Cystoseira barbata
Cystoseira compressa
Cystoseira corniculata
Cystoseira crinita
Cystoseira crinitophylla
Cystoseira spinosa (*Cystoseira adriatica*)
Cystoseira squarrosa
Cystoseira zosteroides
Sargassum hornschurchii
Sargassum vulgare
Laminaria rodriguezii
Lithophyllum byssoides (*Lithophyllum lichenoides*)
Lithophyllum dentatum
Lithophyllum tortuosum
Titanoderma trochanter (*Goniolithon byssoides*)



Svojte alga u Jadranskom moru koje su zaštićene kao *zaštićene svojte* Zakonom o zaštiti prirode, Pravilnikom o proglašavanju divljih svojti strogo zaštićenim i zaštićenim (Narodne novine, 99/09):

Lithothamnion corallioides
Phymatolithon calcareum

U tijeku je i izrada crvene liste ugroženih morskih alga i cvjetnica prema kriterijima IUCN-a koja će dati potpuni popis trenutno ugroženih svojti.

Razlozi ugroženosti zajednica i pojedinih svojti makroalga su većinom rezultat kombinacije različitih čovjekovih djelatnosti (izgradnja u obalnom pojasu, onečišćenje, invazivne vrste, nekontrolirani izlov svih morskih organizama, itd.). Međutim, primjer dubinske smeđe alge *Laminaria rodriguezii* ukazuje na negativan utjecaj jednog čimbenika – koćarenja na ribolovnim dnima srednjeg Jadrana. Naime, posljednjim istraživanjima zabilježeno je smanjenje rasprostranjenosti ove rijetke alge u odnosu na prošlo stoljeće, što se može povezati s intenzivnim koćarenjem u području jabučke kotline. Podaci o bentoskim svojnama otvorenih voda dubokog Jadrana su vrlo oskudni i bit će potrebno izvesti opsežnija istraživanja kako bi se moglo sa sigurnošću utvrditi sadašnje stanje tog dijela Jadranskog mora.

4.2.2. Morske cvjetnice

Morske cvjetnice su biljke koje su se prilagodile životu u moru, a pripadaju velikoj skupini kritosjemenjaka (Angiospermae). Za razliku od algi, imaju razvijene organe kao što su korijen, stabljika, list i cvijet. U Jadranu obitavaju četiri vrste cvjetnica, a najznačajnija i najrasprostranjenija je *Posidonia oceanica*, endem Sredozemnog mora. Njene livade smatraju se najznačajnijom životnom zajednicom priobalnog dijela Sredozemlja.

Postoji nekoliko ekoloških značajki u kojima morske cvjetnice imaju vodeću ulogu:

1. Njihovo lišće služi kao zamka za sediment jer čestice sedimenta u suspenziji svoju kinetičku energiju naglo izgube prilikom sudara s lišćem te se talože u blizini biljke. Zapravo, biljka sama sebe zatrpava sa sedimentom, a kojeg pak korijenje i rizomi stabiliziraju. Tim taloženjem i eliminiranjem čestica iz suspenzije morske cvjetnice pročišćavaju vodeni stupac.
2. Morske cvjetnice su proizvođači organske tvari s visokim vrijednostima.
3. Direktna su hrana mnogim životinjama.
4. Livade morskih cvjetnica su obitavalište i skrovište mnogim životinjama.
5. One su podloga za naseljavanje mnogim epifitskim algama, ali i sesilnim (nepokretnim) i vagilnim (pokretnim) životinjama.
6. Morske cvjetnice su vrlo važan prenosioc hranjivih soli iz morske vode i površinskog sedimenta u različite procese kruženja organske tvari.

Posidonia oceanica

Posidonia oceanica je endem Sredozemnog mora. Ima puzajuću stabljiku (podanak, rizom) tamno smeđe boje, debelu 1 cm koja jednim dijelom može biti uspravna. Korijenje je 15 cm dugo i bogato razgranato. Iz stabljike uspravno raste snop listova kojih ima 8-9 i koji su različite duljine i starosti. List se sastoji od baze lista i plojke. Ovisno o veličini baze, listovi se dijele na mlade, srednje i stare listove. Najmlađi su listovi



smješteni u sredini izdanka, a prema periferiji su listovi sve stariji, tako da su na vanjskim dijelovima najstariji listovi. Širina plojke iznosi do 12 mm, a duljina do preko 1 metar. Imaju 13 -17 usporednih žila, a vrh je cjelovit. Posidonija je jednodomna biljka. Ima dvospolne cvjetove koji su sakupljeni u cvatove koji su smješteni u pazušcima pricvjetnih listova. Plod je oraščić, u početku zelen, a kasnije je smeđi. Pluta na površini, ali nakon određenog vremena vanjski omotač se počinje raspadati, zatim potone te počinje klijati u novu biljku.

Posidonija raste u cijelom Sredozemnom moru. U Jadranu stvara livade koje se protežu od površine do prosječno 35 metara. Najbolje je razvijena u srednjem i južnom Jadranu, a najslabije u sjevernom. Raste uglavnom na pjeskovitom dnu. Međutim, blizu donje granice rasprostranjenosti, uz pijesak pojavljuju se i muljeviti sedimenti. U uvalama na južnim obalama otoka Hvara i Korčule mogu se pronaći velike naslage mrtvoga lišća posidonije koje jugo tijekom zime izbaci na obalu.

Cymodocea nodosa

Cymodocea nodosa ima snažnu stabljiku koja djelomično puzi, a jednim dijelom je uspravna. Iz pojedinih dijelova stabljike raste jako razgranato korijenje koje može biti i do 28 cm dugo. Na uspravnom dijelu rizoma nalazi se izdanak u kojem obično bude od 2 do 6 listova. Listovi su 2-4 mm široki i 10-30 cm dugački. Vrh lista je zaobljen i cjelovit, dok je rub lista neposredno uz vrh lista nazubljen. Plojka lista ima 7-9 žila. Čvorasta morska resa je dvodomna biljka. Muška biljka nosi muški cvjet na dršci dugoj 7-10 cm. Ženski je cvijet sesilan, kao i plod.

Cymodocea nodosa je biljka rasprostranjena u Sredozemnom moru, uključujući i zapadne obale Crnog mora, ali živi i na atlantskoj obali Afrike i na Kanarskim otocima. U Jadranskom moru je razmjerno dobro zastupljena u svim njegovim dijelovima, osobito u zaštićenijim uvalama. Živi na pjeskovitom dnu koje može imati primjese organskih tvari i mulja. Uglavnom svoje livade oblikuje do nekoliko metara dubine, i vrlo često su one smještene prije livada posidonije.

Zostera marina

Rizomi vrste *Zostera marina* su 2 do 5 mm debeli s dobro razvijenim korijenjem koji sa razvijaju na svakom čvoru. U svakom izdanku nalazi se od 3 do 8 listova koji su dugi do 120 cm, široki 2-12 mm i imaju 5-11 žila. Rasprostranjena je u sjevernom Pacifiku i sjevernom Atlantiku. Također, to je jedina morska cvjetnica koja živi u polarnom krugu. U Jadranu je rasprostranjena najviše u sjevernom Jadranu. Živi na pjeskovito muljevitom dnu na razmjerno malim dubinama, do 4 metra. U Jadranu se razvija na sličnim mjestima kao i *Zostera noltii*. Lijepi travnjak, gdje dolazi zajedno s morskom cvjetnicom *Zostera noltii*, razvijen je u Karinskom moru.

Zostera noltii

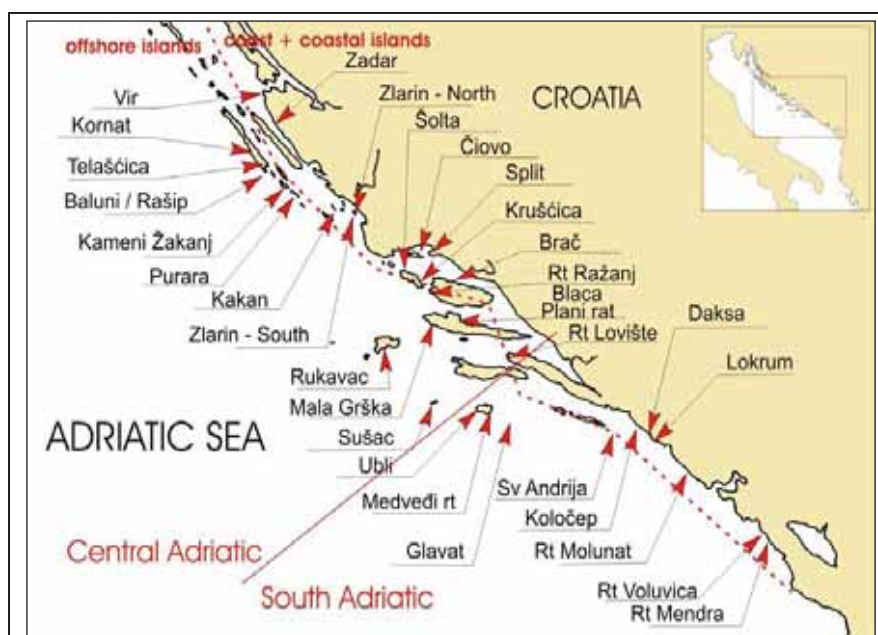
Podanak vrste *Zostera noltii* je puzajući, debeo od 0,5 do 2 mm i sastavljen iz nodija i internodija. Iz čvorova prema podlozi izlaze 1-4 korijena. Listovi su 6-22 cm dugi i 0,5 - 1,5 mm široki. Listovi su na vrhu urezani, a imaju jednu središnju i dvije pokrajne žile. Rub plojke lista je cjelovit. Ovo je jednodomna biljka, rasprostranjena u Sredozemnom moru, duž atlantske obale Europe i oko otočja Velike Britanije.

Naseljava pjeskovito-muljevita dna od površine do 5 metara dubine. Travnjaci ove morske cvjetnice su bolje razvijeni u sjevernom, nego u ostalim dijelovima Jadrana. Jako

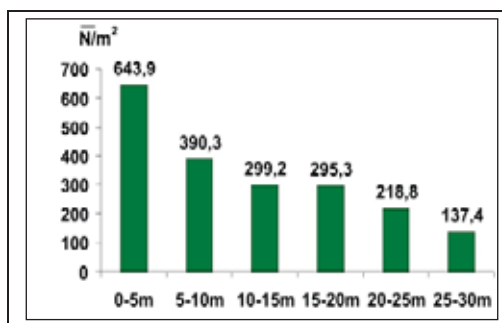


lijepi travnjak je razvijen u Karinskom moru, gdje je ova vrsta pomiješana s morskom cvjetnicom *Zostera marina*.

Rasprostranjenost morskih cvjetnica je u Jadranskom moru vrlo slabo istražena, što je potpuno u suprotnosti s njihovom velikom ekološkom važnosti. Istraživanja u prošlim desetljećima koja je provodio IOR i druge ustanove za istraživanje mora nastojala su prikupiti neke informacije kojima se opisuje rasprostranjenost, stanje populacija i geografska raspodjela nekih deskriptora zajednica posidonije poput gustoće izdanaka (Antolić i sur., 2006) (slike 4.2.2.1. i 4.2.2.2.). U okviru novih i opsežnijih projekata kartiranja staništa mogla bi se utvrditi detaljnija rasprostranjenost zajednica morskih cvjetnica i njihovo stanje. Budući da su zajednice morskih cvjetnica, u prvom redu vrste *Posidonia oceanica*, prioritetno stanište prema međunarodnim sporazumima o zaštiti prirode, biološki element kvalitete u primjeni ODV i važno stanište u određivanju dobrog ekološkog stanja prema ODMS, potrebno im je u narednom razdoblju posvetiti punu pažnju i angažirati veći broj stručnjaka s dovoljnim novčanim sredstvima kako bi se upotpunile spoznaje koje su potrebne za kvalitetnu primjenu navedenih propisa.



Slika 4.2.2.1. Postaje na kojima je mjerena gustoća izdanaka vrste *Posidonia oceanica* u razdoblju od 1980. do 1990. godine (Antolić i sur., 2006)

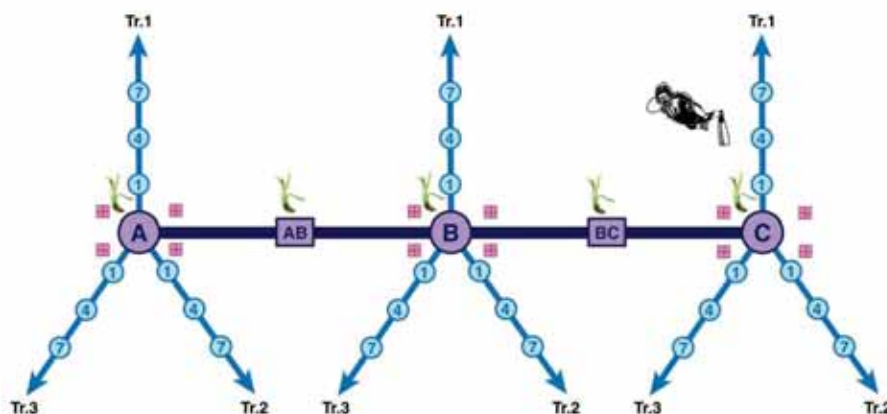


Slika 4.2.2.2. Srednji broj izdanaka vrste *Posidonia oceanica* u srednjem i južnom Jadranskom moru (Antolić i sur., 2006)

Primjena bioindikatorskih metoda za BEK morske cvjetnice tijekom prilagodbe za primjenu Okvirne direktive o vodama (ODV)

Morska cvjetnica *Posidonia oceanica* je vrlo dobar bioindikator zbog svoje osjetljivosti na poremećaje u morskom okolišu, široko je rasprostranjena u Sredozemnom moru, dobro je istražena biologija i ekologija vrste te su poznati specifični odgovori biljke na različite antropogene pritiske. U okviru testiranja bioindikatorskih metoda usklađenih s ODV u Jadranskom moru, primijenjena je metoda POMI (*Posidonia oceanica* Multivariate Index), biotički indeks koji u sebi sadržava informaciju o stanju cijelog ekosustava, od fizioloških procesa u biljci do podataka o stanju populacije i cijele zajednice. Ova metodologija se uspješno primjenjuje već šest godina u Kataloniji (Španjolska), a početku korištenja metode u katalanskom nacionalnom monitoring programu prethodila su opsežna znanstvena istraživanja. Unatoč relativnoj složenosti analiza koju zahtijeva POMI metoda te nešto višoj cijeni monitoringa od sličnih predloženih metoda, do sada u Sredozemnom moru po našem mišljenju nije predložena bolja i potpunija metoda usklađena s odredbama ODV koja bi pružila količinu i preciznost podataka o poremećajima u morskom okolišu kao što je to moguće upotrebom ove metode. Metodologija je opisana u znanstvenoj publikaciji (Romero i sur., 2007).

Metodom autonomnog ronjenja provodi se *in situ* analiza te se na svakoj postaji prikupljaju uzorci za laboratorijsku analizu. Uzorkovanje se obavlja na transektima dugim 50 m na dubini od 15 m (13-17 m) (Slika 4.2.2.3.). Transekti su podijeljeni na 5 točaka međusobno udaljenih 12,5 m i označenih slovima A (0 m), AB (12,5 m), B (25 m), BC (37,5 m) i C (50 m). Na svim točkama sakuplja se po 6 izdanaka za laboratorijsku analizu. Na točkama A, B i C provodi se *in situ* analiza gustoće i pokrovnosti. Od točaka A, B i C protežu se podtransekti 1, 2 i 3 po kojima se na udaljenostima od 1, 4 i 7 m od početne točke procjenjuju pokrovnosti.



Slika 4.2.2.3. Grafički prikaz osnovnog transekt, podtransekata za mjerenje pokrovnosti te lokacija mjerenja gustoće i uzimanja uzoraka podanaka i listova (■ - određivanje gustoće u kvadratima 40x40 cm; 🌿 - sakupljanje izdanaka za laboratorijsku analizu; Ⓟ - procjena pokrovnosti u kvadratima 50x50 cm).

Gustoća izdanaka određuje se metodom brojenja izdanaka po kvadratima površine $0,16 \text{ m}^2$ ($40 \times 40 \text{ cm}$). U svakoj od tri točke nasumično se odabiru 4 kvadrata, odnosno ukupno 12 kvadrata po transektu. Gustoća se preračunava na broj izdanaka po m^2 . Pokrovnost se procjenjuje pomoću kvadrata površine $0,25 \text{ m}^2$ ($50 \times 50 \text{ cm}$). Na svakoj točki povlači se 3 transekta duljine 7 m, a na svakom transektu izvodi se tri mjerenja i to na udaljenostima 1, 4 i 7 m od početne točke. Procjene se temelje na udaljenosti između susjednih izdanaka. Za potrebe morfometrijske analize izdvaja se po jedan izdanak sa svake točke transekta. Listovi izdanaka odvoje se od rizoma te se svakom od njih određuje dužina i širina. Svakom listu bilježi se prisutnost nekroze te oštećenja vrha lista. Iz zabilježenih podataka određuje se srednja lisna površina, srednji postotak listova s nekrozom i srednji postotak listova s otkinutim vrhom za svaku postaju. Pet izdanaka sa svake točke koristi se za izdvajanje epifita i za pripremu listova i rizoma za sušenje. Struganjem se uklanjaju epifiti sa svih listova preostalih pet izdanaka sa svake točke transekta. Preostalih pet izdanaka sa svake od 5 zona koristi se za odvajanje rizoma i listova za kemijske analize. Svakom izdanku određuje se treći najmlađi list te se otkine otprilike 10 cm fotosintetski aktivnog dijela lista bez epifita i po 1 cm vršnog dijela rizoma. Epifiti se suše u liofilizatoru, određuje se suha masa i usitnjava u prah. Listovi i rizomi se također suše u liofilizatoru, usitnjavaju i pohranjuju. Sadržaj ugljika i dušika u epifitima analizira se uz pomoć CNH analizatora, koncentracije metala u tragovima, željeza (Fe), mangana (Mn), olova (Pb), kadmija (Cd), nikla (Ni), bakra (Cu) i cinka (Zn), te fosfora u rizomima i listovima mjere se uz pomoć ICP masenog spektrometra (ICP-MS – Inductively Coupled Plasma mass spectrometry), a za analizu sadržaja ugljika i dušika te omjera njihovih izotopa $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ u rizomima koristi se IRMS spektrometar (IRMS – isotope ratio mass spectrometry). Za analizu sadržaja sumpora te omjera njegovih izotopa $\delta^{34}\text{S}$ u rizomima koristi se EA-IRMS spektrometar. Sadržaj rezervnih ugljikohidrata (saharoze i škroba) u rizomima određuje se spektrofotometrijskom analizom.

Sva obilježja koja se analiziraju, kratki opis korištenih metoda te korištene reference su u Tablici 4.2.2.1.

Tablica 4.2.2.1. Pokazatelji stanja livada vrste *Posidonia oceanica*, utjecaji koji uzrokuju promjene vrijednosti tih pokazatelja i razina na kojoj djeluju, te odgovori na ▲ njih (označava povećanje vrijednosti pokazatelja, a ▼ smanjenje) s pripadajućim referencama (prema Martinez-Crego, 2008).

Pokazatelj	Razina utjecaja	Antropogeni utjecaj	Odgovor na antropogeni utjecaj	Referenca
Sadržaj N i P u tkivima	Fiziološka	Eutrofikacija Smanjenje prozirnosti Marikultura	▲ ▲ ▲	(Invers i sur. 2004) (Ruiz i Romero 2001) (Holmer i sur. 2008)
Sadržaj C i ugljikohidrata u tkivima	Fiziološka	Eutrofikacija Smanjenje prozirnosti Marikultura	▼ ▼ ▼	(Invers i sur. 2004) (Alcoverro i sur. 2001, Ruiz i Romero 2001) (Delgado i sur. 1999, Ruiz i sur. 2001)
Omjer izotopa $\delta^{13}\text{C}$	Fiziološka	Smanjenje prozirnosti	▼	(Cooper i DeNiro 1989, Hemminga i Mateo 1996)
Omjer izotopa $\delta^{15}\text{N}$	Fiziološka	Eutrofikacija - komunalne otp. vode Eutrofikacija - gnojiva Marikultura	▲ ▼ ▲	(Grice i sur. 1996) (Udy i Dennison, 1997) (Vizzini i Mazella 2004)
Omjer izotopa $\delta^{34}\text{S}$	Fiziološka	Anoksija	▲ ▼	(Frederiksen i sur. 2008) (Romero i sur. 2007)



Sadržaj metala u tragovima	Fiziološka	Antropogeni unos	▲	(Pergent-Martini i Pergent 2000, Gosselin i sur. 2006) (Pergent-Martini i sur. 2006)
		Marikultura	▲	
Morfološki deskriptori (lisna površina, dužina lista, broj listova)	Jedinka	Eutrofikacija	▼/▲	(Udy i Dennison 1999, Leoni 2006)
		Smanjenje prozirnosti	▼	(Ruiz i Romero 2001)
		Anoksija	▼	(Holmer i Bondgaard 2001)
		Marikultura	▼/▲	(Delgado i sur. 1999, Pergent i sur. 1999, Dimech i sur. 2000, Ruiz i sur. 2001)
Nekroza	Jedinka	Eutrofikacija	▲	(Dimech i sur. 2000, Martinez-Crego 2008)
		Antrop. unos metala		
		Anoksija		
Gustoća izdanaka, pokrovnost	Populacija	Eutrofikacija	▼	(Delgado i sur. 1999, Pergent i sur. 1999, Holmer i Bondgaard 2001, Ruiz i Romero 2001 i 2003, Pergent-Martini i sur. 2006)
		Smanjenje prozirnosti		
		Anoksija		
		Sedimentacija		
		Marikultura		
Biomasa epifita	Zajednica	Eutrofikacija	▲	(Leoni i sur. 2006)
		Smanjenje prozirnosti	▼	(Ruiz i Romero 2001)
		Antrop. unos metala	▼	(Pergent i sur. 1999)
		Marikultura	▲	(Delgado i sur. 1999, Dimech i sur. 2000)
Sadržaj N i C u epifitima	Zajednica	Eutrofikacija	▲	(Leoni i sur., 2006)
		Smanjenje prozirnosti	▼	(Ruiz i Romero, 2001)

Rezultat svih izvedenih mjerenja i analiza je skup brojčanih vrijednosti izraženih u različitim jedinicama, od broja izdanaka po metru kvadratnom do koncentracija kemijskih elemenata. Kako bi se odredilo ekološko stanje iz dobivenih rezultata, potrebno ih je sve kombinirati u jednu vrijednost uz upotrebu statističke metode - PCA analize, uz pomoć nekog statističkog paketa (Canoco, Primer, Statistica, Ginkgo). Vrijednost koja se dobije na prvoj osi (komponenta I) PCA analize zapravo je mjera ekološkog stanja postaje. Ta vrijednost pretvara se u omjer ekološke kvalitete tj. EQR vrijednost (eng. Ecological Quality Ratio) prema sljedećoj formuli:

$$EQR = (EQR' + 0.11) / (1 + 0.10)$$

$$EQR'_x = (CI_x - CI_{\text{worst}}) / (CI_{\text{optimal}} - CI_{\text{worst}})$$

EQR'_x – ecological quality ratio za postaju x

CI_x – rezultat PCA analize po komponenti I za postaju x

CI_{optimal} – rezultat PCA analize po komponenti I za "optimal" (najbolju) postaju

CI_{worst} – rezultat PCA analize po komponenti I za "worst" (najlošiju) postaju

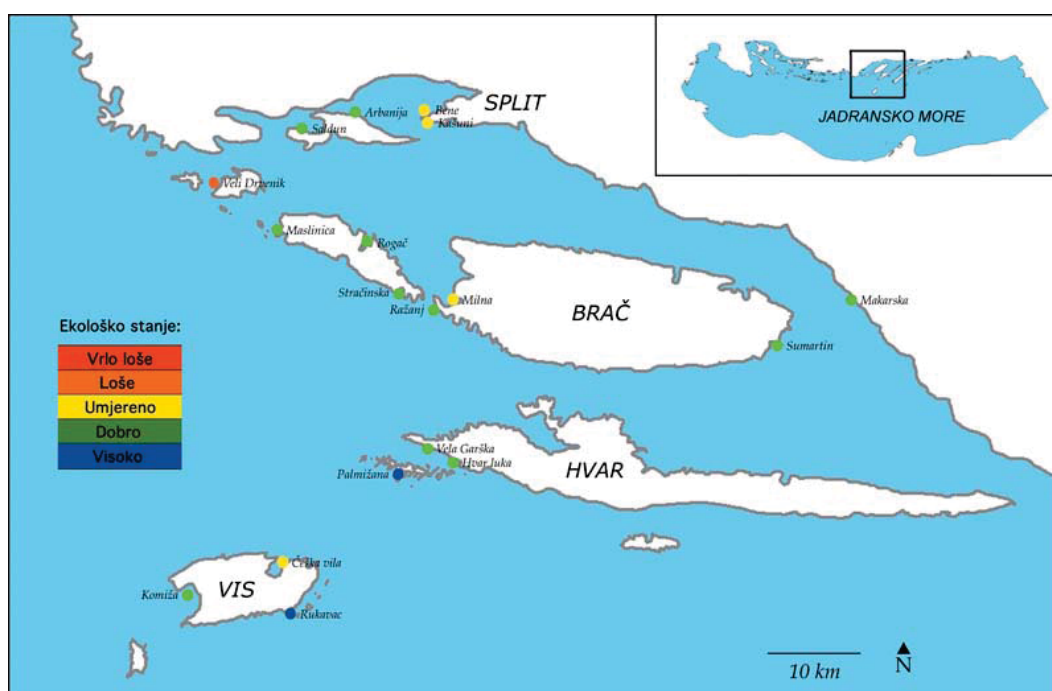
Prema odredbama ODV, potrebno je odrediti granice klasa ekološkog stanja (od "vrlo lošeg" do "visokog") u rasponu EQR vrijednosti od 0 do 1. Budući da je *Posidonia oceanica* vrlo osjetljiva vrsta na antropogene poremećaje za koju je zabilježeno da nestaje u uvjetima okoliša u kojima još uvijek opstaje npr. makrofauna, smatra se da je "vrlo loše" stanje ono u kojem nije moguć njen opstanak. Dakle, gdje god je moguć opstanak livade posidonije, ekološko stanje je bolje od "vrlo lošeg", kojem je proizvoljno dodijeljen raspon EQR vrijednosti od 0-0,099. Preostala skala podijeljena je na četiri jednaka dijela, a rasponi EQR vrijednosti i odgovarajuće ekološko stanje prikazani su u tablici 4.2.2.2.



Tablica 4.2.2.2. Granice klasa ekološkog stanja: raspon EQR vrijednosti za svako ekološko stanje te oznake klasa (riječ i boja)

EQR	Ekološko stanje	
0,775-1	visoko	plava
0,550-0,774	dobro	zelena
0,325-0,549	umjereno	žuta
0,1-0,324	loše	narančasta
< 0,1	vrlo loše	crvena

Rezultati testiranja metode POMI, dakle prve procjene ekološke kvalitete mora pomoću morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u Jadranskom moru (Nikolić, 2009), prikazane su na slici 4.2.2.4.



Slika 4.2.2.4. Prikaz rezultata testiranja metode POMI na 18 postaja u srednjem Jadranu, boje točaka označavaju pojedinu klasu ekološkog stanja (Nikolić, 2009)

Iz rezultata testiranja POMI metode u Jadranu se može zaključiti sljedeće:

- 1) POMI metoda može se primijeniti za određivanje ekološkog stanja priobalnih voda u Jadranskom moru jer su rezultati preliminarnog testiranja metode u skladu s pokazateljima pritiska (LUSI indeks), objavljenim podacima i stručnim mišljenjem.
- 2) Potrebno je provesti daljnje istraživanje na većem broju postaja u svim vodnim tijelima od sjevernog do južnog Jadrana, moguće u okviru nadzornog monitoringa prema ODV, kako bi se točno i precizno odredili referentni uvjeti i granice klasa ekološkog stanja.
- 3) Potrebno je implementirati nove spoznaje (npr. o prirodnoj varijabilnosti nekih pokazatelja) u izvedbu metode (statistička obrada, terenski rad) kako bi se postigla



potpuno objektivna i standardizirana izvedba istraživanja. Sva nova saznanja i poboljšanja metodologije će se primijeniti na izvedbu monitoringa u Jadranskom moru.

Ugroženost i zaštita morskih cvjetnica u Jadranskom moru

Zajednice morskih cvjetnica imaju ključnu ekološku ulogu u ekosustavu i čine jedno od najvažnijih tipova staništa u Sredozemnom, pa tako i u Jadranskom moru. U široko rasprostranjenim livadama morske cvjetnice *Posidonia oceanica* mnoge se vrste organizama hrane, razmnožavaju ili nalaze zaklon. Zajednice morskih cvjetnica su ugrožene mnogim ljudskim aktivnostima koji su posljedica intenzivnog naseljavanja priobalnog pojasa svjetskih mora, poput sidrenja, onečišćenja, nasipavanja i izgradnje obale te ribolova povlačnim mrežama. Obnova uništenih naselja je vrlo dugotrajan proces, zbog sporog rasta i gotovo isključivo vegetativnog razmnožavanja. Na globalnoj skali zabilježen je pad populacija morskih cvjetnica (Orth i sur., 2006), pa tako i u Sredozemnom moru (Boudouresque i sur., 2009) te je većina država zakonski zaštitila taj vrlo važni dio morskog ekosustava.

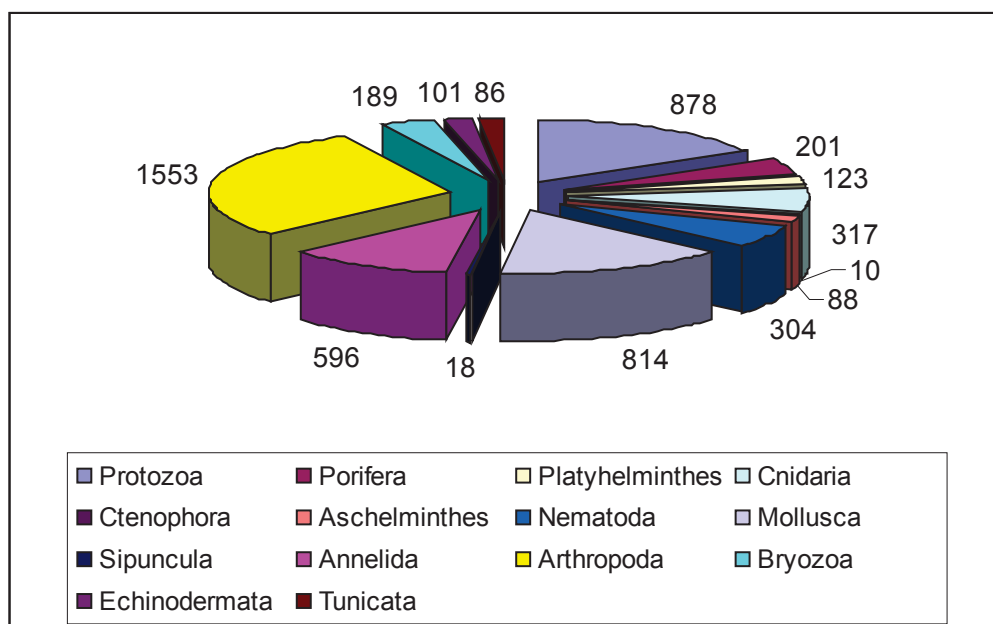
U Hrvatskoj su sve morske cvjetnice zaštićene kao strogo zaštićene zavičajne svojte Zakonom o zaštiti prirode, Pravilnikom o proglašavanju divljih svojti strogo zaštićenim i zaštićenim (Narodne novine, 99/09), a naselja posidonije imaju status ugroženoga staništa (Narodne novine, 119/09). U tijeku je i izrada crvene liste ugroženih morskih alga i cvjetnica prema kriterijima IUCN-a. Zajednice morskih cvjetnica prepoznate su kao značajno i ugroženo stanište prema svim međunarodnim sporazumima. Prema Bernskoj konvenciji, u Hrvatskoj su određena važna područja (Areas of Special Conservation Interest, ASCI) za morske cvjetnice kao dio tzv. "Smaragdne mreže". Europska ekološka mreža "Natura 2000" također predviđa uspostavljanje i monitoring područja važnih za pojedine tipove staništa navedene u EU Direktivi o staništima. U tijeku je definiranje konačnog prijedloga "Natura 2000" morskih područja koja bi trebala obuhvatiti važna područja za morske cvjetnice u Jadranskom moru. Barcelonska konvencija predviđa osnivanje tzv. SPAMI područja (Specially Protected Areas of Mediterranean Importance) koja trebaju pridonijeti očuvanju važnih staništa za bioraznolikost Sredozemnog mora. Svi navedeni propisi i mehanizmi zaštite trebaju spriječiti degradaciju staništa morskih cvjetnica i očuvati najvažnija područja gdje se takve zajednice nalaze u svom izvornom, gotovo netaknutom obliku. Međutim, za provedbu zaštite od velike je važnosti pribaviti što točnije podatke o rasprostranjenosti morskih cvjetnica, njihovom trenutnom stanju i utjecaju različitih antropogenih pritisaka. Taj dugotrajan i zahtjevan posao u narednom razdoblju predstavlja veliki izazov za znanstvene i stručne institucije i državne agencije za zaštitu i upravljanje prirodnim dobrima.

4.2.3. Bentoski beskralješnjaci

U Jadranskom moru žive predstavnici gotovo svih viših svojti beskralješnjaka značajnih za morske ekosustave. Izostaju samo neki predstavnici karakteristični za velike dubine Sredozemnog mora i oceana. Obradom brojnih izvornih podataka o jadranskim beskralješnjacima izrađen je popis svojti od razine koljena do vrste te je zabilježeno 5427 vrsta beskralješnjaka (Slika 4.2.3.1.). Prevladavaju vrste atlantsko-mediteranskog rasprostranjenja, a borealne, kozmopolitske i endemske vrste su značajno manje zastupljene (Zavodnik D i sur., 1999). Zahvaljujući stoljetnim naporima hrvatskih istraživača, kao i istraživača iz cijele Evrope, Jadran spada među bolje istražene dijelove Sredozemnog mora, a broj zabilježenih vrsta je otprilike oko 80% broja svojti koje se



navode za Sredozemno more. U tijeku je izrada novog popisa beskralješnjaka Jadranskog mora, u suradnji hrvatskih istraživača pod vodstvom dr. sc. D. Zavodnika, što će donijeti nove spoznaje o biodiverzitetu bentoskih beskralješnjaka Jadrana.



Slika 4.2.3.1. Brojčana zastupljenost glavnih sistematskih odjeljaka bentoskih beskralješnjaka na području istočnog Jadrana

Dubinska raspodjela zajednica bentoskih beskralješnjaka u Jadranskom moru

Detaljni opis zajednica bentoskih beskralješnjaka s opisom fizičkih svojstava staništa, karakterističnim svojstava, rasprostranjenosti, uzrocima ugroženosti i mjerama zaštite naveden je u stručnoj literaturi (Peres i Gamulin Brida, 1973; Bakran-Petricioli 2007). Glavne karakteristike pojedinih bentoskih bionomskih stepenica i životnih zajednica, biocenoza, koje ih naseljavaju su navedene u poglavlju 4.2.1. te ovdje donosimo skraćeni pregled.

U *supralitoralnoj stepenici* na stjenovitoj podlozi u prirodnim i očuvanim zajednicama nalazi se tipična Biocenoza supralitoralnih stijena s karakterističnim svojstava, pužem *Melaraphe neritoides* i rakovima *Ligia italica* i *Chthamalus depressus*. Ove vrste prilagođene su stalnim promjenama temperature, vlage i saliniteta koji vladaju u ovom pojasu prskanja morskih valova. Na staništima pomične podloge, poput pjeskovitih i pjeskovito-šljunčanih plaža, nalaze se Biocenoze morskih osekline naglog i polaganog sušenja s karakterističnim svojstava detritivornih amfipodnih i izopodnih račića i kukaca koji se zadržavaju na pijesku ili u nakupinama ostataka morskih cvjetnica. Biocenoze supralitoralnih lokvica s ekstremnim životnim uvjetima visokih temperatura i saliniteta sadrže posebno adaptirane svojte (kopepod *Harpacticus fulvus*, koji prelazi na latentni život pri salinitetu od 180 ‰) i rasprostranjene su uzduž cijele jadranske obale.

Mediolitoralnu stepenicu na stjenovitoj podlozi u Jadranskom moru karakteriziraju dvije biocenoze, biocenoze gornjih i donjih mediolitoralnih stijena. To je dio litorala koji se proteže unutar granica plime i oseke, gdje žive biljake i životinje koje podnose produžena sušna razdoblja, a ne podnose stalnu uronjenost u vodi. Karakteristične vrste



beskralješnjaka u ovom pojasu su rak vitičar *Chthamalus stellatus* i puž *Patella lusitanica*, u Biocenozi gornjih mediolitoralnih stijena, a u Biocenozi donjih mediolitoralnih stijena puž *Patella aspera*, rak *Pachygrapsus marmoratus* i mnoge infralitoralne vrste poput moruzgve *Actinia equina*, puža *Osilinus turbinatus*, školjkaša *Mytilus galloprovincialis* i mnogih drugih svojti iz skupina mahovnjaka, mnogočetinaša, foraminifera itd. Mnoštvo životinjskih svojti kao sklonište i hranilište koristi pokrov alga koji u ovoj stepenici može biti obilan. Mediolitoralna naselja pomične podloge nalaze se u gornjim dijelovima pješčanih plaža i muljevitih pijesaka gdje na sastav zajednice utječe prodiranje morske vode u intersticijske šupljine supstrata. Karakteristične vrste u šupljinama među oblucima i naslagama mrtvog lišća posidonije su izopodni i amfipodni račići te mnogočetinaši (Biocenoza detritičnih dna mediolitoralne stepenice), a izopodni i amfipodni račići te sitni mnogočetinaši (rod *Ophelia* i *Nerine*) na pješčanoj podlozi (Biocenoza mediolitoralnih pijesaka) te mnogočetinaš *Nereis diversicolor*, školjkaši *Abra alba* i *Cerastoderma glaucum* i razni amfipodni i izopodni račići na pješčano-muljevitoj i rijetko na muljevitoj podlozi (Biocenoza muljevitih pijesaka i muljeva laguna i ušća).

U *infralitoralnoj stepenici* za bentoske organizme vladaju najpovoljniji i veoma raznoliki životni uvjeti. Često biomasa alga i biljaka prevladava nad životinjskom, međutim zoobentos u ovom pojasu pokazuje iznimnu bioraznolikost. U Biocenozi fotofilnih alga, koja dominira na stjenovitoj obali Jadrana, nalazi se pogodno stanište za brojne bodljikaše (ježinci *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*, *Sphaerechinus granularis*, *Psammechinus microtuberculatus*, *Arbaciell aelegans*, *Genocidaris maculata*, zvjezdače *Echinaster sepositus*, *Marthasterias glacialis*, *Coscinasterias tenuispina*, zmijača *Ophiothrix fragilis*), mekušce (puževi *Patella coerulea*, *Haliotis lamellose*, vrste roda *Cerithium*, *Gibbula*, *Rissoa*, *Alvania* i dr.), spužve (rodovi *Ircinia*, *Chondrosia*, *Spongia* i dr.), rakove (*Acanthonyx lunulatus*, *Clibanarius misanthropus*), mješčičnice (*Halocynthia papillosa*) i niz drugih skupina beskralješnjaka. Biocenoza livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica*, koja dominira na pješčano-muljevitoj dnu, predstavlja biocenozu velike bioraznolikosti. Razlikuje se nekoliko slojeva s različitim životnim uvjetima: fotofilne životinje žive u gornjem sloju listova, scijafilne životinje žive u sjeni pri dnu stabljika, a epi i endo fauna na sedimentu i u njemu. Ovdje stalno ili povremeno žive, hrane se i razmnožavaju mnogobrojne sesilne (mahovnjaci, spužve, mnogočetinaši, hidroidi, sinascidije i dr.), vagilne (školjkaši, puževi, zvjezdače, rakovi i dr.) i nektonske (amfipodni, kopepodni, dekapodni i dr. rakovi, meduze, glavonošci, ribe, morski konjic, šilo, i dr.) vrste beskralješnjaka te vrlo značajna epifitska mikrofauna (krednjaci, trepetljikaši, mnogočetinaši, rakovi, razne ličinke i dr.). Karakteristične vrste su školjkaš *Pinna nobilis*, bodljikaši *Sphaerechinus granularis*, *Psammechinus microtuberculatus*, *Antedon mediterranea*, *Holothuria polii*, zatim mnoge vrste hidroida, mnogočetinaša, mahovnjaka i rakova. Infralitoralne biocenoze pomičnih dna bez vegetacije razvijaju se na različitim tipovima sedimentnog dna. Ne karakterizira ih velika biološka raznolikost, a ovisno o dubini i udjelu pješčanog ili muljevitoj sedimenta razvijaju se zajednice s manjim ili većim brojem vrsta beskralješnjaka (uglavnom prevladavaju različite vrste školjkaša).

Cirkalitoralna stepenica zauzima najveći dio kontinentalne podine (Peres i Gamulin Brida, 1973), gdje bentoska fauna prevladava raznolikošću i biomasom. Na čvrstoj podlozi razvijena je Koralijska biocenoza u kojoj prevladavaju scijafilne svojte alga i beskralješnjaka (žarnjaci, spužve mahovnjaci i druge skupine). U Jadranskom moru koralijska biocenoza je široko rasprostranjena, posebno u otvorenom dijelu srednjeg Jadrana gdje prevladava čisto i dinamično more velike prozirnosti, zasićeno kisikom, sa stabilnom temperaturom i salinitetom te slabom sedimentacijom, a karakterizira je



bogatstvo vrsta. Na tim prostorima česte su i Biocenoza polutamnih spilja i Biocenoza potpućinskih stijena, gdje također prevladavaju vrste scijafilnih beskralješnjaka (spužve, mahovnjaci, žarnjaci, plaštenjaci idr.) Uz obalu kopna i otoka te u otvorenom dijelu cirkalitoralne stepenice prevladavaju sedimentna dna pjeskovitog i muljevitog tipa. Ovisno o strukturi sedimentnog dna razvijaju se različite bentoske zajednice u kojima raznolikošću i biomasom prevladavaju bentoski beskralješnjaci, ponegdje i kralješnjaci. Na krupnijem pjeskovitom i pjeskovito-detritusnom dnu razvijena je Biocenoza obalnih detritusnih dna, u kojoj školjkaš *Circomphalus casinus* i ježinac *Spatangus purpureus* označavaju jake pridnene struje, a kameni koralj *Caryophyllia clavus* polaganu sedimentaciju. Biocenoza detritičnih dna otvorenijeg otočnog područja i otvorenog mora je razvijena na pjeskovito-detritusnom dnu otvorenijeg otočnog područja i geografski, ekološki (uže amplitude i više srednje vrijednosti saliniteta, blaže ohlađivanje i sl.) i biocenološki se razlikuje od prelaznih zona u slabije razvedenim područjima. Karakteriziraju je brojni školjkaši (*Laevicardium oblongum*, *Chlamys flexuosa*, *Chlamys clavata*, *Tellina balaustina*, *Pecten varius*, *Cardita aculeata*), puž *Aporrhais pespelecani*, polihet *Hermione hystrix*, zvjezdača *Anseropoda placenta*, zmijača *Ophiacantha setosa* te ježinac *Cidaris cidaris*. Biocenoza detritičkih više ili manje zamuljenih dna je razvijena uglavnom na pomičnim dnima sjevernog Jadrana, gdje se razvija već na dubini oko 13 m zbog niskog stupnja prozirnosti mora u tom dijelu Jadrana. Zbog posebnog režima morskih struja, kopnenih voda i ostalih ekoloških čimbenika, koji utječu na kvalitativni i kvantitativni sastav vrsta, razlikuju se tri zone: obalna, centralna i zona otvorenog mora. Obalna zona je pod jakim je utjecajem kopna i kopnenih voda, a karakterizira je vrlo zamuljeno detritusno dno gdje dominira ježinac *Schizaster canaliferus* i zmijača *Amphiura chiajei*. Centralna zona se nalazi pod utjecajem glavne Jadranske struje i njenih ogranaka. Karakterizira je pjeskovito-detritusno dno i školjkaš roda *Tellina*. Bogata je epifaunom, osobito spužvama, bodljikašima, mekušcima i ascidijama. Zona otvorenog mora je pod utjecajem otvorenog mora i alpskih rijeka. Karakterizira je pjeskovito-detritusno više ili manje zamuljeno dno te ježinac *Schizaster canaliferus*, zmijača *Amphiura chiajei*, školjkaši *Laevicardium oblongum* i *Chlamys flexuosa*, zvjezdača *Anseropoda placenta* te indikatori zamuljivanja spužva *Raspallia viminalis*, žarnjak *Alcyonium palmatum* i mnogočetinaš *Aphrodite aculeata*. Na području bez ili s oslabljenim pridnenim strujama, gdje je moguća sedimentacija sitnih muljevitih čestica, razvijena je Biocenoza obalnih terigenih muljeva. Prekriva centralne dijelove većine kanala, a u manje razvedenom dijelu južog Jadrana formira širu ili užu obalnu zonu, a karakteriziraju je mnogočetinaši naročito *Sternaspis scutata* i *Aphrodite aculeata*, školjkaš *Cardium paucicostatum* i *Pteria hirundo*, puž *Turritella communis*, trpovi *Oestergrenia adriatica*, *Trachythyone elongata*, *Trachythyone tergestina* i *Stichopus regalis*, žarnjaci *Pennatula phosphorea*, *Alcyonium palmatum* i *Virgularia mirabilis*, rak *Dorippe lanata*, ascidija *Diazona violacea* i dr. Na muljevitom dnu otvorenog dijela srednjeg Jadrana, na području Kvarnera, u kanalima sjevernog Jadrana i djelomično u južnom Jadranu razvijena je Biocenoza muljevitih dna otvorenog srednjeg Jadrana i otočne zone sjevernog Jadrana *Nephrops norvegicus* – *Thenia muricata*, prepoznatljiva po škampu *Nephrops norvegicus* te spužvi *Thenia muricata*. To je važno ribarstveno područje u Jadranskom moru, gdje uz škampa obitavaju i različite vrste riba iz skupine Selachia – landovina, kozica (napr. *Parapenaeus longirostris*) te oslić *Merluccius merluccius* i druge ribe i glavonošci. Ova biocenoza predstavlja prijelaz prema batijalnoj bentoskoj stepenici.

Batijalna stepenica se u Jadranskom moru nalazi samo u najdubljem dijelu Jabučke kotline i u južnojadranskoj kotlini. Dubokomorska fauna gradi grebensku Biocenozu dubinskih kolonijalnih koralja (*Desmophyllum cristagalli*, *Lophelia pertusa* i *Madrepora oculata*), a na muljevitim dnima Biocenozu batijalnih muljeva s karakterističnim vrstama



(spužva *Thenia muricata*, rakovi *Parapeneus longirostris*, *Chlorotocus crassicornis* i *Nephrops norvegicus*, žarnjaci *Funiculina quadrangularis* i *Isidella elongata*, bodljikaši *Brisingella coronata* i *Odontaster mediterraneus* te neki glavonošci i fauna batifilnih riba uz koje dolaze i euribatne vrste među kojima je oslić *Merluccius merluccius*) i popratnim vrstama (bodljikaši *Stichopus regalis*, *Cidaris cidaris*, *Echinus acutus* i *Astropecten irregularis*, puž golač *Scaphander lignarius*, i dr.).

Ugroženost i zaštita

Razlozi ugroženosti morske faune beskrležnjaka su prirodni i antropogeni. Oni prirodni obuhvaćaju klimatske promjene i eutrofikaciju, a antropogeni zagađivanje otpadnim vodama i krutim otpadom, uništavanje staništa nasipavanjem i gradnjom u obalnom pojasu, introdukcija stranih vrsta, prekomjerni i nezakonit izlov i drugi razlozi lokalnoga značenja (Narodne novine, 99/09). Postoje crveni popisi koralja i morskih riba, te sisavaca i gmazova koji označavaju razinu ugroženosti pojedinih svojti prema mjerilima organizacije IUCN. Državni zavod za zaštitu prirode zadužen je za prikupljanje podataka o ugroženim i zaštićenim svojtima. Danas su Zakonom o zaštiti prirode zaštićene mnoge svojte morskih beskrležnjaka (Narodne novine, 99/09), a Zakonom o morskom ribarstvu (Narodne novine, 46/97; 48/05), koji regulira izlov, zaštita beskrležnjaka je upotpunjena. Hrvatska je potpisnica brojnih međunarodnih konvencija i akata kojima su bentoski beskrležnjaci i njihova staništa striktno zaštićeni: Bernska konvencija štiti evropske prirodne vrste i prirodna staništa, Barcelonska konvencija štiti Mediteran od zagađenja (1976) kao i prirodna područja i bioraznolikost u njemu (1995), Konvencija iz Rio de Janeiro (1992) štiti biološku raznolikost, a FAO organizacija je CITES konvencijom (2004) stavila školjkaš *Lithophaga lithophaga* (L.) na listu kojom je ilegalna trgovina prstacima najstrože zabranjena i kažnjiva. Nažalost, razina poštivanja zakonskih propisa je na vrlo niskoj razini.

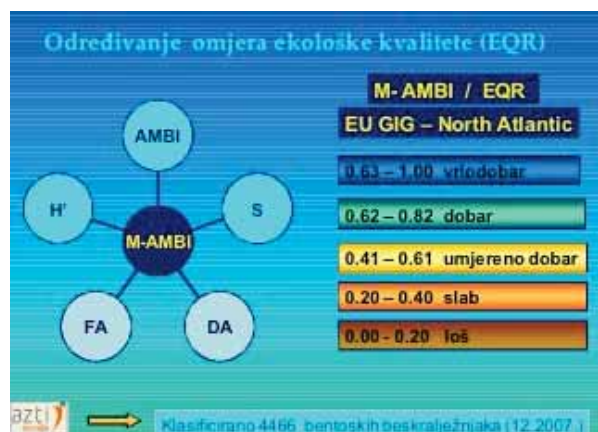
Primjena bioindikatorskih metoda za BEK beskrležnjake tijekom prilagodbe za primjenu Okvirne direktive o vodama (ODV)

U Jadranskom moru je u tijeku prilagodba za primjenu ODV testiran M-AMBI (multivarijatan AMBI) multimetrijski biotički indeks kojim se izražava omjer ekološke kakvoće (EQR) na temelju sastava i bogatstva faune bentoskih beskrležnjaka. Uzorkovanje sedimenta za analizu faune bentoskih beskrležnjaka (četiri replikata po postaji) obavljeno je Van Veen grabilom zahvatne površine 0,1m². Sediment je prosijavan kroz sito oka veličine 1 mm, pri čemu je izvršena gruba separacija makrofaune. Ova frakcija je detaljno obrađena u laboratoriju u nekoliko koraka: 1) kompletna separacija organizama iz sedimenta zadržanog na situ, 2) sortiranje i klasifikacija bentoskih beskrležnjaka na razini viših taksonomskih skupina (koljena/razredi/redovi), 3) kvantitativna analiza makrofaune na razini koljena/razreda/redova (metoda totalnog cenzusa) i 4) taksonomska determinacija najznačajnijih skupina (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda). Ostale više svojte zbog nedostatka taksonoma specijalista nisu mogle biti determinirane, no navedene skupine brojčano predstavljaju glavninu makrofaune i njihova obrada se može smatrati dostatnom osnovom za procjenu ekološke kakvoće mora na temelju biološkog elementa kakvoće – BEK bentoski beskrležnjaci. Podaci dobiveni taksonomskom analizom kvalitativno-kvantitativnog sastava faune bentoskih beskrležnjaka obrađeni su korištenjem računalnog programa AZTI kreiranog i standardno primjenjivanog za procjenu stanja ekološke kakvoće mora korištenjem BEK-

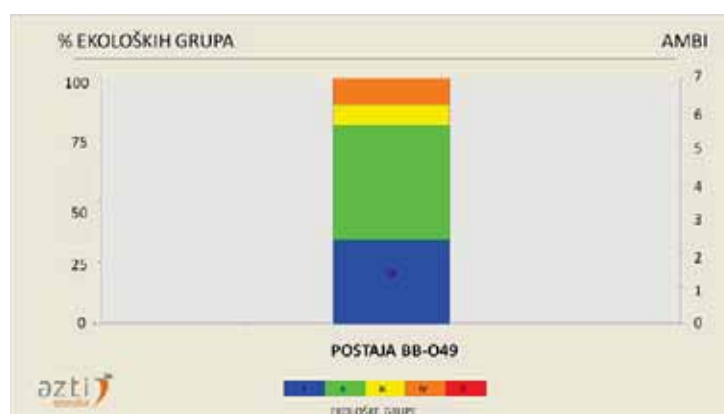


bentoski beskralješnjaci. Determinirane vrste su prema postojećoj listi koja obuhvaća gotovo 6000 vrsta morskih beskralješnjaka (AZTI) klasificirane u pet ekoloških grupa različite osjetljivosti: EG I – osjetljive vrste, EG II – indiferentne vrste, EG III – tolerantne vrste, EG IV – oportunisti prvog reda i EG V – oportunisti drugog reda. Na temelju taksonomskog sastava, pojedinačne i ukupne brojnosti vrsta te relativne brojnosti pet temeljnih ekoloških grupa izračunati su sljedeći indeksi: bogatstvo vrsta (d), Shannon-Wienerov indeks biodiverziteta (H'), BI, AMBI i M-AMBI. Multiparametarski biotički indeks M-AMBI korišten je za određivanje EQR vrijednosti (Slika 4.2.3.1.). Procjena ekološkog stanja morskog okoliša u odabranim vodnim tijelima donešena je na temelju distribucije vrijednosti EQR/M-AMBI indeksa unutar preliminarno određenih granica klasa, definiranih za BEK bentoski beskralješnjaci: 0,00-0,20 vrlo loše, 0,21-0,40 loše, 0,41-0,61 umjereno, 0,62-0,82 dobro i 0,83-1,00 referentno/vrlo dobro.

Za izračun vrijednosti M-AMBI indeksa koristi se program AMBI v 4.1 (program je slobodan i može se preuzeti na web stranici <http://www.azti.es>). Na temelju visine M-AMBI indeksa rezultati se mogu rangirati u pet kategorija koje označavaju ekološko stanje istraživanog područja: 0-0,20 (loše), 0,20-0,40 (slabo), 0,41-0,61 (umjereno dobro), 0,62-0,82 (dobro) i 0,83-1,00 (vrlo dobro).



Slika 4.2.3.1. Shematski prikaz koncepcije multimetričkog indeksa M-AMBI sa skalom ekološke kakvoće primijenjenom za definiranje referentnih uvjeta



Slika 4.2.3.1. Rezultat obrade liste determiniranih svojti uz pomoć AMBI računalnog programa s postaje u sjevernom Jadranu, 2010. godina



Iako sedimentna dna u Jadranskom moru prekrivaju znatne površine i primjenom ovog indeksa moglo bi se doći do kvalitetnih podataka o stanju bentoskih zajednica, kapaciteti za izvođenje ovakvih istraživanja u Hrvatskoj su jako mali.

Zaključak

Stanje otvorenih voda Jadranskog mora, prema dostupnim podacima o stanju makroalga i morskih cvjetnica te bentoskih beskralješnjaka prikazanim u ovom izvješću, može se smatrati općenito dobrim. U priobalnom području postoje izdvojena područja (npr. Kaštelanski i Šibenski zaljev) s izraženim negativnim utjecajem na prirodno stanje zajednica uslijed povećanog onečišćenja zbog blizine velikih urbanih cjelina, luka, industrije i lokalnih geomorfoloških posebnosti (zatvoreni zaljevi, ušća rijeka i sl.). Unatoč relativno dobrom stanju u cijelom Jadranskom moru, vrlo je malo potpuno netaknutih područja gdje funkcioniranje ekosustava nije na neki način poremećeno, kao i područja pod učinkovitom zakonskom zaštitom. Trenutne prijetnje (urbanizacija, zatrpavanje obale, eutrofikacija, izlov ribe i prstaca, onečišćenje, invazivne vrste, turizam) su rezultat ljudskih aktivnosti i potrebna je povećana pažnja i strože upravljanje kako bi se održalo prirodno funkcioniranje ekosustava u budućnosti.



4.3. STRUKTURA RIBLJIH POPULACIJA I DRUGIH GOSPODARSKI VAŽNIH ORGANIZAMA

Čovjek iz prirode iskorištava dvije glavne skupine resursa (prirodnih bogatstava). Jedna od njih su neobnovljiva bogatstva, koja kada se jednom iskoriste, ponovno se ne obnavljaju i bivaju uklonjena iz prirode ili promijenjena manje-više zauvijek. Tipičan primjer takvih resursa su različita neživa bogatstva kao npr. rudna bogatstva, fosilna goriva i nafta. Druga prirodna bogatstva se, uz razumnu upotrebu, mogu dugoročno eksploatirati jer se ona permanentno obnavljaju, te ukoliko razina eksploatiranja nije veća od potencijala obnavljanja, uspostavlja se dinamička ravnoteža i osigurava opstojnost resursa i eksploatacije. U ovu skupinu resursa spadaju različita neživa bogatstva (npr. voda, vjetar, plima-oseka), te gotovo sva živa bogatstva (biljna i životinjska).

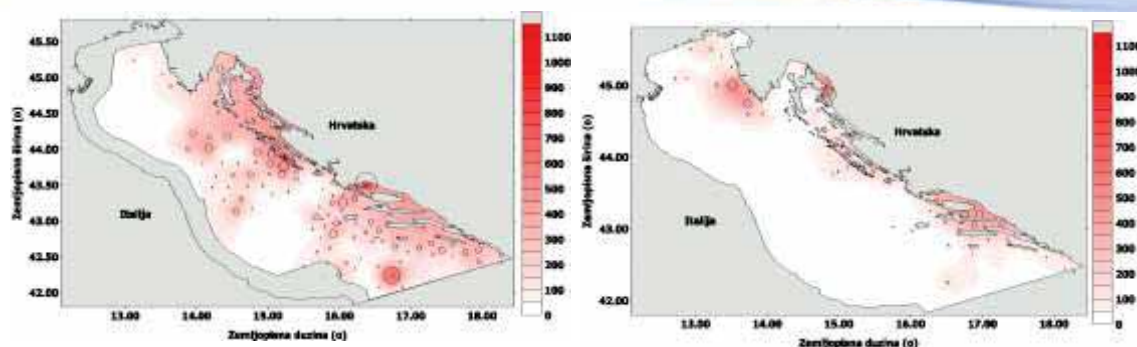
Upravo je ribarstvo bazirano na eksploataciji obnovljivih bioloških resursa (gospodarski važnih organizama koji nastanjuju kopnene vode i mora), te ukoliko se eksploatacija odvija racionalno (u granicama mogućnosti prirodnog obnavljanja) uspostavlja se dinamička ravnoteža između faktora zaduženih za obnavljanje i povećanje populacije te faktora koji utječu na smanjenje populacije.

Čimbenici koji utječu na povećanje biomase određene populacije su novačenje i rast. Novačenje je periodičko (najčešće godišnje) obnavljanje populacije kao posljedica ulaska mladih jedinki koje su nastale razmnožavanjem odraslih jedinki, a rast je proces kojim se povećava masa (ili dužina) svake jedinke tijekom životnog vijeka.

Čimbenici koji utječu na smanjenje populacije mogu se svrstati u dvije skupine. Prvu čini prirodna smrtnost (jedinke bivaju uklonjene iz populacije kao posljedica bolesti, starosti, stresa, gladi ili bivaju pojedene od drugih organizama). Drugi dio je ribolovna smrtnost, tj. onaj dio jedinki koje su uklonjene iz populacije kao posljedica djelovanja ribolova. To uključuje jedinke koje čine ulov (komercijalno važne jedinke odgovarajuće vrste i odgovarajuće veličine), te jedinke gospodarski važnih i nevažnih vrsta koje se nakon ulova vrate u more uginule ili značajno ozlijeđene, te nemaju ekonomske važnosti, a zajedničkim se imenom nazivaju prilov.

Različite vrste morskih organizama različito podnose intenzivnu eksploataciju u ovisnosti o njihovim biološkim i ekološkim karakteristikama, te kao posljedica toga osjetljivije vrste prve bivaju ugrožene pretjeranom eksploatacijom, što dovodi do promjena u sastavu zajednica. Na eksploataciju su prvenstveno osjetljivi organizmi koji imaju velike dimenzije (a samim time i dugačak životni vijek), kao i oni koji sporo rastu i kasno sazrijevaju, te vrste koje imaju slabu reproduksijsku moć (mali broj jaja). Klasičan primjer takvih vrsta su hrskavičnjače (i to prvenstveno raže), koje stoga u ribarstvenoj biologiji i služe kao pokazatelji stupnja promijenjenosti zajednica kao posljedica ribolova (Slika 4.3.1.). Tako je npr. raža kamenica u Jadranskom moru bila na trećem mjestu po zastupljenosti u ukupnoj masi ulova nakon drugog svjetskog rata, da bi danas pala na osamnaesto mjesto. Slična se situacija događa i sa koštunjačama velikih tjelesnih dimenzija, kao npr. kovač koji je po biomasi bio na četvrtom mjestu, a danas je na 21. mjestu po zastupljenosti u lovinama.





Slika 4.3.1. Rasprostranjenost i biomasa hrskavičnjača u Jadranskom moru 1948/49 (Hvar ekspedicija) i recentno stanje (MEDITS ekspedicija) *Izvor podataka: IOR-Split.*

Kao posljedica prekomjernog ribolova događaju se i negativne promjene u populacijskom sastavu eksploatiranih vrsta, a očituju se u smanjenju prosječne dužine lovljenih primjeraka, ali i smanjenju dužine kod koje nastupa prva spolna zrelost. Navedene promjene su poznate pod imenom „prelov odraslih jedinki“ i posljedica su činjenice da je ribolov selektivan proces, u kojem ribar ciljano izlovljava veće (a samim time i ekonomski vrednije primjerke), a izbjegava manje. Nakon što je iz populacije uklonjeno toliko odraslih (spolno zrelih primjeraka) da je poremećena normalna reprodukcija i novačenje, dolazi do pada biomase mladih primjeraka što je poznato kao „prelov novaka“ i on vodi ka kolapsu populacije (ukoliko se hitno ne poduzmu učinkovite mjere zaštite).

Veliki broj gospodarski važnih vrsta u Jadranskom moru nalazi se u prvom opisanom stupnju prelova („prelov odraslih jedinki“), a u posljednje vrijeme kod najvažnijih koćarskih vrsta (oslić, škamp, grdobina, kovač i druge) uočavaju se i simptomi „prelova novaka“.

Intenzivna eksploatacija, u kombinaciji sa drugim nepovoljnim antropogenim čimbenicima, dovela je do značajnih promjena u sastavu morskih zajednica, i to prvenstveno riba, kao najvažnijeg objekta ribolova. Prema recentnim podacima objavljenim u **Crvenoj knjizi morskih riba** (Jardas i sur., 2008) u različite stupnjeve ugroženosti svrstane su 123 vrste riba od ukupno 442 vrste zabilježene u Jadranskom moru. Sljedeće vrste riba su razvrstane u različite kategorije ugroženosti:

- A) Regionalno izumrle vrste: *Acipenser sturio*, *Argyrosomus regius*, *Squatina oculata*
- B) Kritično ugrožene vrste: *Carcharias taurus*, *Dipturus batis*, *Isurus oxyrinchus*, *Lamna nasus*, *Squatina squatina*
- C) Ugrožene vrste: *Alosa fallax*, *Aphanius fasciatus*, *Carcharinus plumbeus*, *Carcharodon carcharias*, *Cetorhinus maximus*, *Epinephelus marginatus*, *Galeorhinus galeus*, *Oxynotus centrina*
- D) Osjetljive vrste: *Acipenser naccarii*, *Alopias vulpinus*, *Dasyatis pastinaca*, *Dipturus oxyrinchus*, *Hexanchus griseus*, *Hippocampus guttulatus*, *Labrus viridis*, *Mugil cephalus*, *Mustelus asterias*, *Pagrus pagrus*, *Prionace glauca*
- E) Gotovo ugrožene vrste: *Bothus podas*, *Chelon labrosus*, *Diplodus puntazzo*, *Diplodus argus*, *Gobius cobitis*, *Labrus merula*, *Labrus mixtus*, *Liza saliens*, *Lophius piscatorius*, *Muraena helena*, *Mustelus mustelus*, *Myliobatis aquila*,



Pegusa impar, Platichthys flesus, Psettam axima, Raja asterias, Raja clavata, Raja polystigma, Sciaena umbra, Scophthalmus hombus, Scorpaena scrofa, Scyliorhinus stellaris, Spondyliosoma cantharus, Squalus acanthias, Squalus blainvillei, Trachinus araneus, Umbrina cirrosa, Zeus faber

- F) Najmanje zabrinjavajuće vrste: *Aspitrigla cuculus, Atherina boyeri, Atherina hepsetus, Chelidonichthys lucernus, Dentex dentex, Dentex gibbosus, Dicentrarchus labrax, Diplodus vulgaris, Echiichthys vipera, Eutrigla gurnardus, Lepidorhombus boscii, Lepidorhombus whiffiagonis, Lichia amia, Lithognathus mormyrus, Liza aurata, Liza ramado, Lophius budegassa, Microchirus ocellatus, Mullus urmuletus, Pagellus acarne, Pagellus bogaraveo, Pagellus erythrinus, Phycis phycis, Raja miraletus, Scyliorhinus canicula, Seriola dumerili, Solea solea, Sparus aurata, Symphodus tinca, Synapturichthys kleinii, Syngnathus acus, Syngnathus typhle, Torpedo marmorata, Trachinus radiatus, Trigla lyra, Zosterisessor ophiocephalus*
- G) Nedovoljno poznate vrste: *Campogramma glaycos, Dasyatis centroura, Dicentrarchus punctatus, Epinephelus caninus, Gymnotorax unicolor, Heptranchias perlo, Hippocampus hippocampus, Leucorajacir ularis, Mobula mobular, Mustelus punctulatus, Nerophis maculatus, Nerophis ophidion, Odontaspis ferox, Ophisurus serpens, Pegusa lascaris, Petromyzon marinus, Pleuronectes platessa, Polyprion americanus, Pteromylaeus bovinus, Pteroplatytrygon violacea, Raja monatgui, Raja radula, Rostroraj aalba, Salmo trutta trutta, Symphodus doderleini, Syngnathus abaster, Syngnathus phlegon, Syngnathus tenuirostris, Thunnus thynnus, Torpedo nobiliana, Torpedo torpedo, Xiphias gladius*

Ribolov na moru u RH se odvija kroz nekoliko kategorija: komercijalni ribolov, mali ili dopunski ribolov, te sportski i rekreacijski ribolov. Jedino riba koja potječe iz komercijalnog ribolova može biti predmetom prodaje, a sve ostale kategorije ribolova mogu ulovljene organizme koristiti za osobnu potrošnju.

Komercijalni ribolov se može podijeliti u tri grupe ribolovnih aktivnosti kojima se eksploatiraju različite morske zajednice:

- priobalni ribolov – koji se odvija brojnim alatima (preko 50-ak vrsta alata) u uskom priobalnom području u pravilu do dubina od 50-ak metara i 1 NM udaljenosti od obale i njime se eksploatiraju priobalna naselja;
- pridneni ribolov- kojim se eksploatiraju pridnena naselja Jadranskog mora uz upotrebu uglavnom pridnene povlačne mreže (koće) i to uglavnom na udaljenosti od 1 NM od obale pa do dubina mora od 300-400 metara
- pelagički ribolov - kojim se eksploatiraju pelagična naselja Jadrana, uglavnom stockovi sitne i krupne plave ribe, korištenjem prvenstveno okružujućih mreža plivarica.

Republika Hrvatska ima uspostavljen permanentan monitoring komercijalnog ribolova za sva navedena tri tipa ribolovnih aktivnosti, ali sa različitim intenzitetom i metodologijom uzorkovanja. Navedeni monitorinzi, zajedno sa statistikom ulova (koja se prikuplja kroz



očevidnike o ulovu), predstavljaju osnovni izvor podataka za praćenje stanja obnovljivih resursa i za davanje znanstvenih podloga za dugoročno održivi ribolov.

Monitoring pridnenih naselja obavlja se permanentno od 1996. godine kroz znanstvene ekspedicije u okviru međunarodnog programa EU MEDITS, kojim se izučava proljetni aspekt pridnenih zajednica. Ovaj program, uz ekspedicije FAO AdriaMed Trawl Survey (u jesenjskom periodu), daju kompletnu sliku stanja pridnenih zajednica u različitim dijelovima godine. Monitoring komercijalnog pridnenog (koćarskog) ribolova, uspostavljen je kroz projekt „DemMon“ (demerzalni monitoring) od 2002/2003 godine i odvija se do danas u kontinuitetu uz jedinstvenu metodologiju u cijelom razdoblju. Dodatna istraživanja komercijalnog koćarskog ribolova i ocjena stanja resursa obavljena je 2007/2008 godine kroz projekt „PHARE“.

Monitoring pelagičkih zajednica i pelagičkog ekosustava uspostavljen je kroz projekt „PelMon“ od 2003. godine, koji obuhvaća procjenu stockova sitne plave ribe putem eho-monitoringa, te prikupljanje bioloških i oceanografskih podataka potrebnih za objašnjenje promjena koje se događaju u stockovima. Monitoring komercijalnog pelagičkog ribolova odvijao se kroz projekt „VPA“, koji je od 2011 prerastao u projekt „PeriMon“ i u okviru kojeg se prikupljaju podatci o sastavu ulova i ribolovnom naporu u pelagičkom ribolovu (prvenstvene sitne plave ribe).

Monitoring stanja priobalnih zajednica obavlja se djelomično kroz projekte Ministarstva znanosti (temeljni znanstveni projekt Laboratorija) i PRIMO- monitoring priobalnog ribolova (od 2008. godine).

Metodologija monitoringa naselja i komercijalnog ribolova u RH u fazi je usklađivanja sa onom koju propisuje EU kroz svoje uredbe o prikupljanju podataka u polju ribarstva (EU DCF- „data collection framework“) i ona je najusklađenija u pridnenom ribolovu. Kroz godinu 2012-2013. očekuje se uspostava prikupljanja podataka u potpunosti u skladu sa DCF-om.

Kao što je prethodno naglašeno, intenzitet i metodologija praćenja stanja različitih tipova ribolova i pripadajućih zajednica koje se eksploatiraju su različiti u Jadranskom moru. Kao posljedica navedenog i opisivanje stanja pojedinih zajednica i stanje pojedinog tipa ribolova nije moguće jednako precizno i detaljno opisivati.



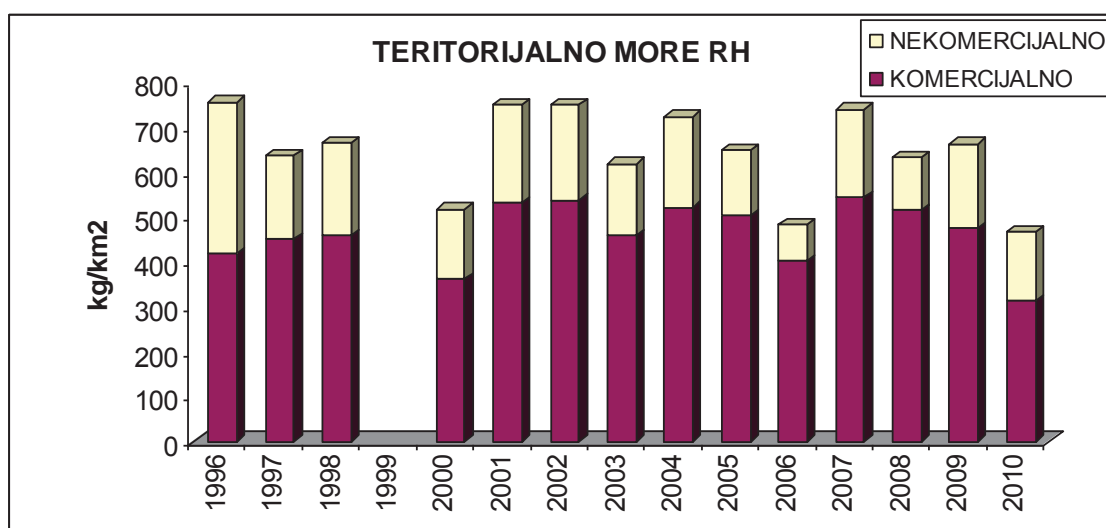
4.3.1. Stanje pridnenih zajednica

Kretanje indeksa biomase pridnenih vrsta u Jadranu

Izučavanje promjena biomase stockova u hrvatskom ribolovnom moru i u ostatku Jadrana moguće je prvenstveno na osnovu znanstvenih ekspedicija koje se uniformiranom metodologijom obavljaju u cijelom Jadranu (npr. ekspedicija MEDITS), te je moguće računati indekse biomase pojedinih vrsta. Računanje promjena biomase kroz godine iz podataka koji potječu od komercijalnih brodova nije moguće zbog problema vezanih uz standardizaciju podataka (različite mreže, različite tehničke karakteristike plovila, i sl.)

Indeksi biomase pridnenih vrsta u ribolovnom moru RH su pokazivali manje-više stabilno stanje sve do 2007. godine, nakon čega se uočava izraziti pad indeksa biomase. Pad indeksa biomase uočava se i kod gospodarski važnih i gospodarski nevažnih vrsta (slika 4.3.2.). Na ukupan indeks biomase (sve vrste u lovinama) najveći utjecaj imaju promjene indeksa biomase inćuna i srdele koje pokazuju izrazite oscilacije iz godine u godinu.

Ukoliko se promatraju samo gospodarski važne pridnene vrste (slika 4.3.2.) izraziti pad indeksa biomase najvećim je dijelom posljedica smanjenja biomase oslića, škampa i muzgavaca, tj gospodarski izuzetno važnih vrsta.

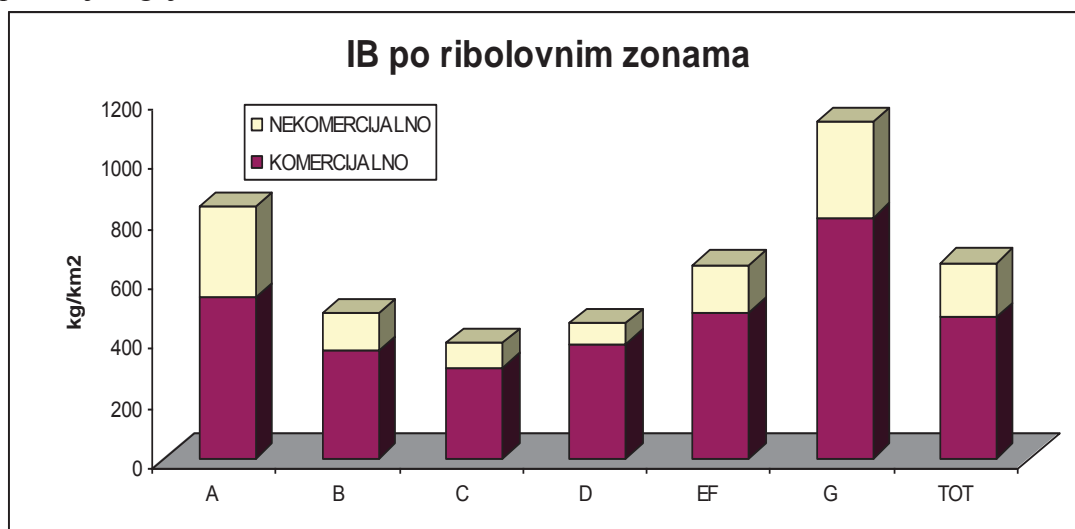


Slika 4.3.2. Trendovi indeksa biomase pridnenih vrsta u ribolovnom moru RH. Izvor podataka: IOR-Split.

Najveće vrijednosti ukupnog indeksa biomase zabilježene su u kanalskim područjima srednjeg Jadrana (ribolovna zona G) i glavnina biomase su gospodarski važne vrste (arbun, trlja blatarica, gira oblica i bukva) (slika 4.3.3.). Sljedeće područje po vrijednostima indeksa biomase je kanalsko područje sjevernog Jadrana (zone E i F), ali struktura lovine ovdje je bila znatno nepovoljnija. Najveći dio ulova činili su inćun, papalina, srdela, bukva i vučić, a od gospodarski važnih vrsta oslić i muzgavci. Treće područje po redoslijedu indeksa biomase je zapadna obala Istre (zona A), gdje je većina ulova bila trlja blatarica, gira i mali arbun. U ribolovnoj zoni D (otvoreni južni Jadran) u lovinama su dominirale trlja blatarica, morska mačka i oslić, a slična je situacija i u otvorenom srednjem Jadranu gdje su u ulovima dominirale iste vrste. Najmanje vrijednosti indeksa biomase zabilježene



su u ribolovnoj zoni B, a u lovinama su dominirale sljedeće vrste: trlja blatarica, oslić, pišmolj i lignjun.

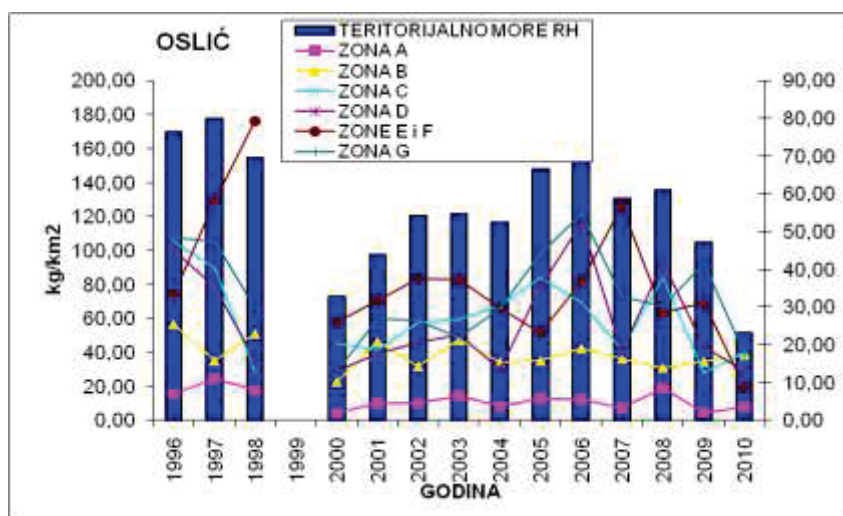


Slika 4.3.3. Indeks biomase pridnenih vrsta u pojedinim ribolovnim zonama u 2010. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Kretanje indeksa biomase gospodarski najvažnijih vrsta

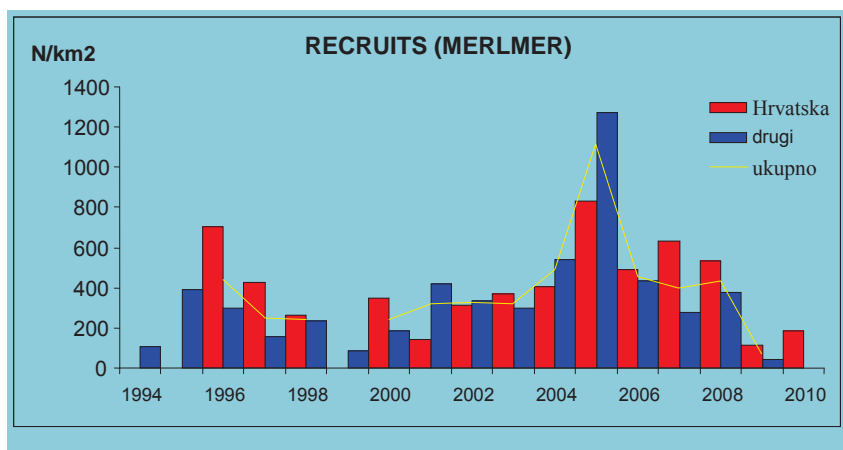
Indeks biomase **oslića** u teritorijalnom moru RH pokazivao je negativan trend do 2000 godine, nakon čega je došlo do oporavka stanja populacije, da bi u zadnje dvije godine došlo do izrazitog pada indeksa biomase. Vrijednosti indeksa biomase u 2010 godini su najniže koje su zabilježene u cijelom promatranom razdoblju (slika 4.3.4.).

Najveće vrijednosti indeksa biomase oslića su u otvorenom srednjem jadranskom području i kanalskim područjima sjevernog Jadrana. U zadnje dvije godine uočava se izraziti negativan trend indeksa biomase oslića u većini ribolovnih zona (izuzevši ribolovnu zonu B). Ovaj pad je najvećim dijelom posljedica izostanka novačenja vrste u zadnje dvije godine u otvorenom srednjem Jadranskom moru (slike 4.3.5. i 4.3.6.), gdje se nalaze glavna rastilišta i mrijestilišta oslića.

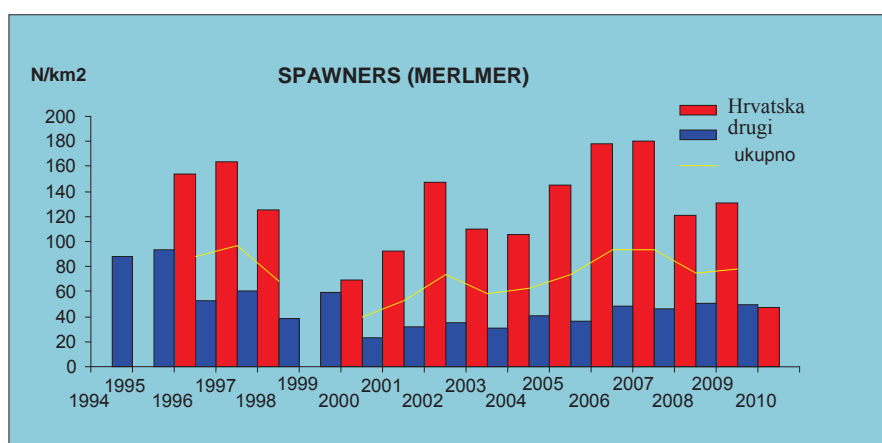


Slika 4.3.4. Trendovi indeksa biomase oslića u ribolovnom moru RH i u pojedinim zonama. *Izvor podataka: IOR-Split.*





Slika 4.3.5. Kretanje indeksa biomase novaka oslića u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

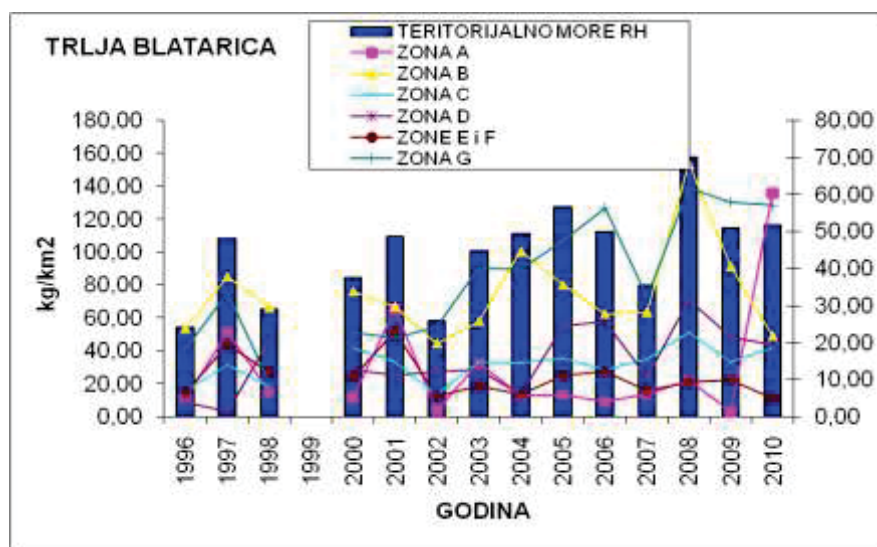


Slika 4.3.6. Kretanje indeksa biomase odraslih oslića u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Trlja blatarica pokazuje stabilno stanje populacije u cijelom istraživanom razdoblju (slika 4.3.7.), iako su u pojedinim godinama zabilježene manje oscilacije indeksa biomase.

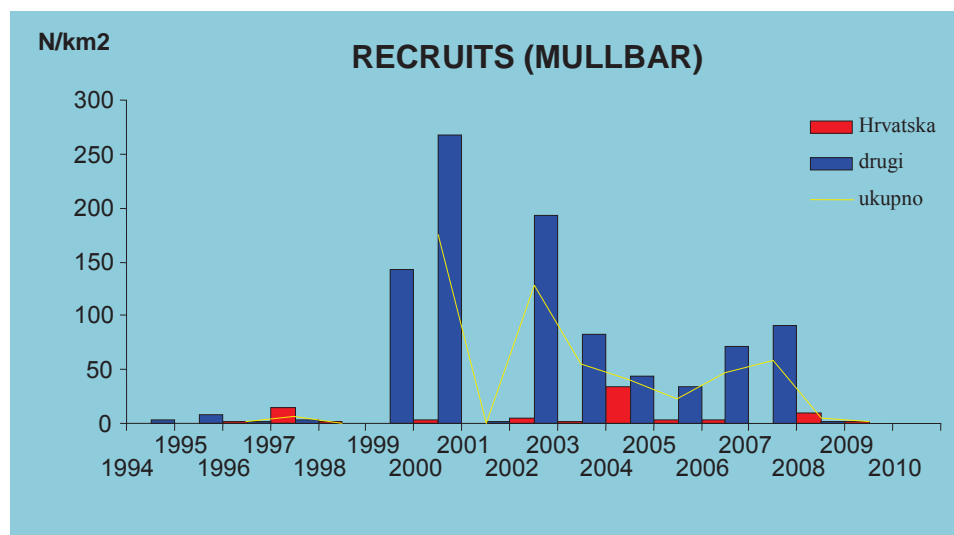
Promatrano po pojedinim ribolovnim zonama u zadnje dvije godine uočavaju se velike promjene u ribolovnim zonama A (porast indeksa biomase) i B (pad indeksa biomase). Ovdje je najvjerojatnije riječ o migracijama vrste, pa se u pojedinim godinama glavnina biomase nalazi u jednoj zoni, a naredne godine u drugoj.





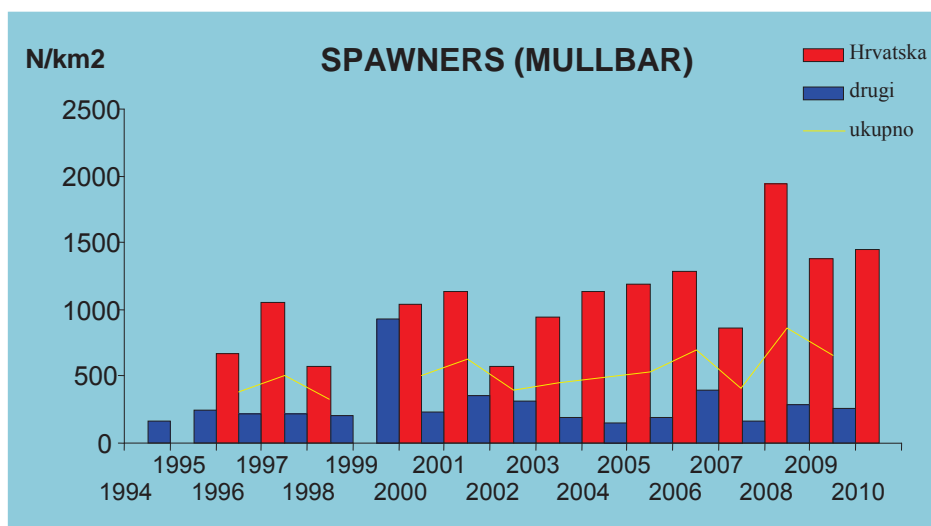
Slika 4.3.7. Trendovi indeksa biomase trlje blatarice u ribolovnom moru RH i u pojedinim zonama. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Kod trlje blatarice ne uočavaju se značajnije promjene ni u kretanju indeksa biomase novaka (slika 4.3.8.) niti u indeksu biomase odraslih primjeraka (slika 4.3.9.) u Jadranskom moru.



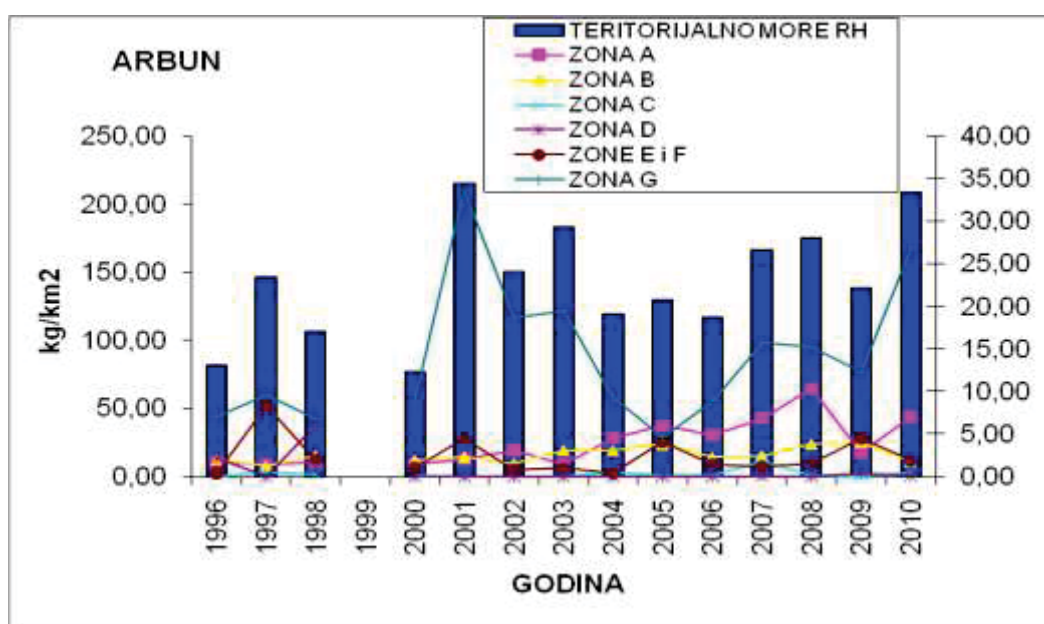
Slika 4.3.8. Kretanje indeksa biomase novaka trlje blatarice u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*





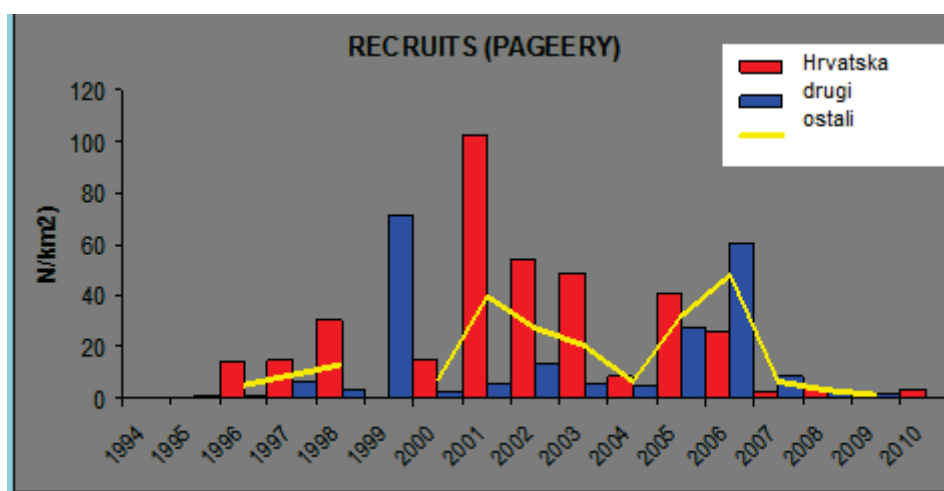
Slika 4.3.9. Kretanje indeksa biomase odraslih primjeraka trlje u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Indeks biomase **arbuna**, nakon porasta na početku istraživanja, pokazuje stabilno stanje u zadnjih desetak godina (slika 10). Međutim ovakvo stanje treba uzeti s velikim oprezom, jer se kod ove vrste uočavaju izrazito negativne promjene u razini novačenja u zadnjim godinama koje u konačnici mogu rezultirati naglim padom biomase (slike 4.3.11. i 4.3.12.). Najveće vrijednosti indeksa biomase zabilježene su u ribolovnoj zoni G i u zadnjoj godini pokazuju izraziti rast u usporedbi s 2009.

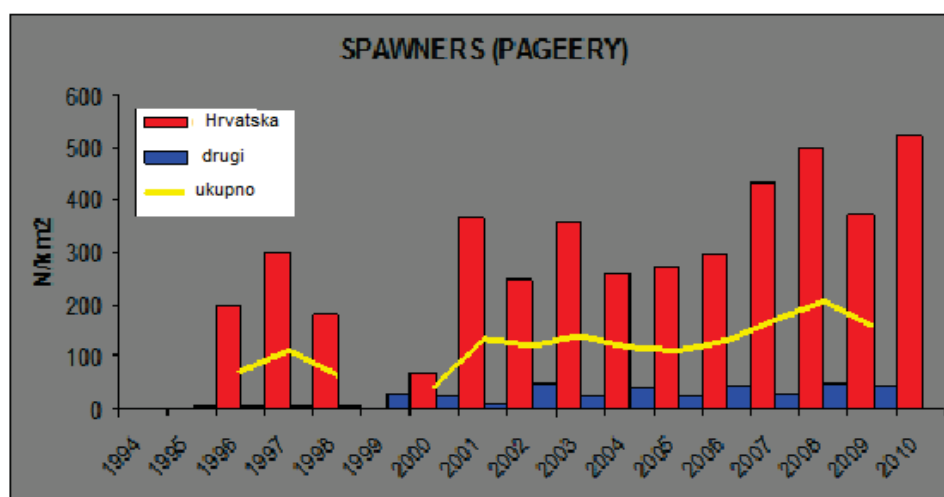


Slika 4.3.10. Trendovi indeksa biomase arbuna u ribolovnom moru RH i u pojedinim zonama. *Izvor podataka: IOR-Split.*





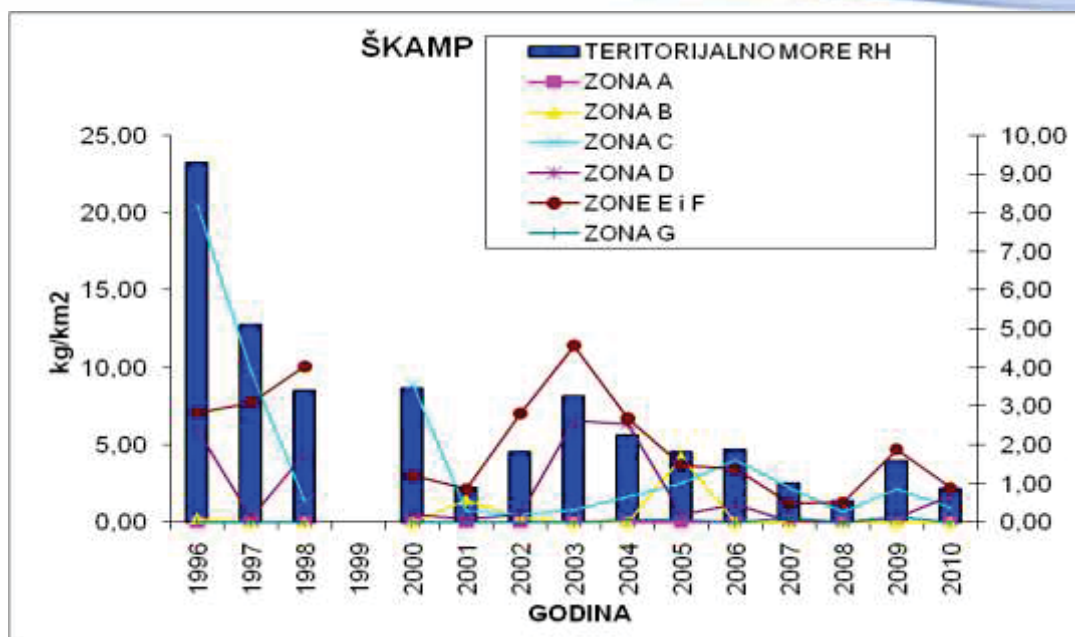
Slika 4.3.11. Kretanje indeksa biomase novaka arbuna u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*



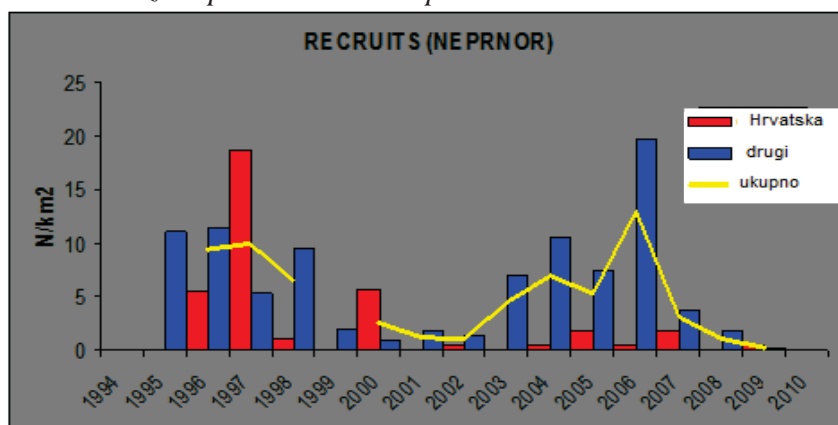
Slika 4.3.12. Kretanje indeksa biomase odraslih arbuna u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Trendovi indeksa biomase **škampa** su izrazito negativni u cijelom istraživanom razdoblju i u svim ribolovnim zonama u kojima se ova vrsta nalazi (slika 4.3.13.). U slučaju škampa može se govoriti o tipičnim simptomima kolapsa populacije vjerojatno kao posljedica intenzivnog ribolova, ali i nepovoljnih hidrografskih prilika. Kolaps populacije pokazuje i činjenica da je došlo do drastičnog pada indeksa biomase novaka (slika 4.3.14.), kao i odraslih primjeraka (slika 4.3.15.).

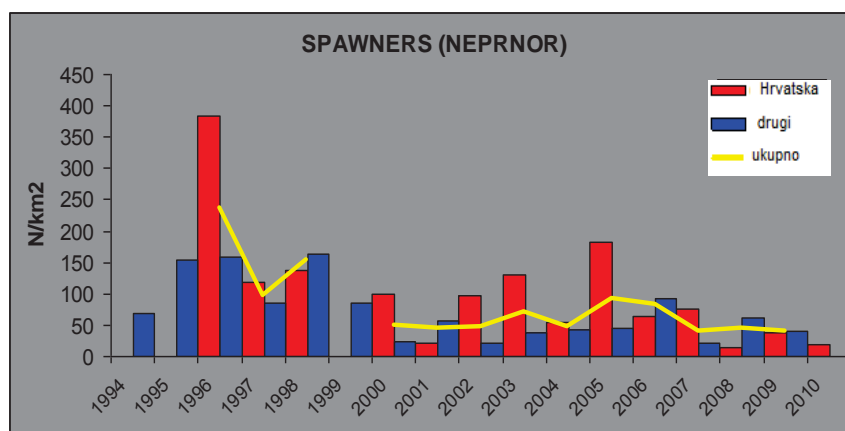




Slika 4.3.13. Trendovi indeksa biomase škampa u ribolovnom moru RH i u pojedinim zonama. Izvor podataka: IOR-Split.



Slika 4.3.14. Kretanje indeksa biomase novaka škampa u Jadranskom moru. Izvor podataka: IOR-Split.

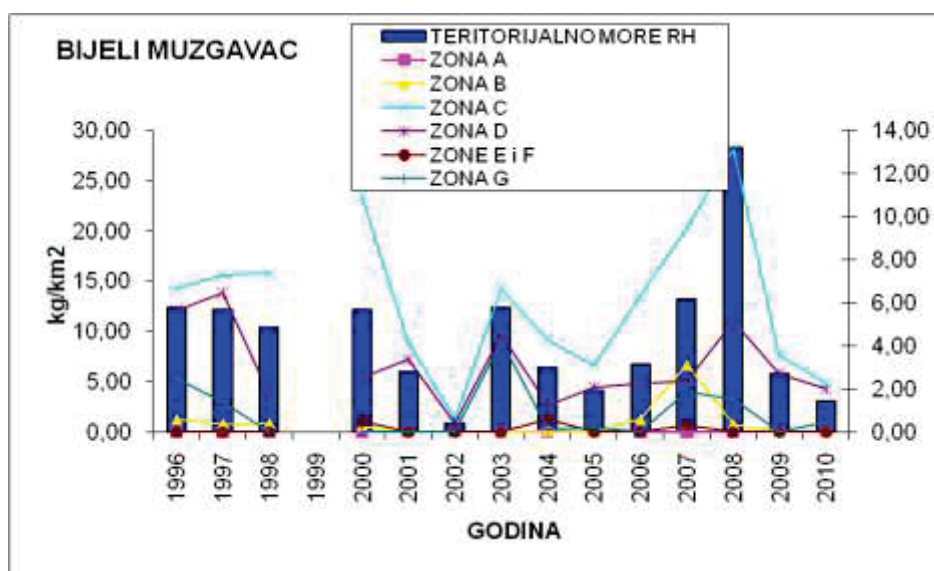


Slika 4.3.15. Kretanje indeksa biomase odraslih škampa u Jadranskom moru. Izvor podataka: IOR-Split.

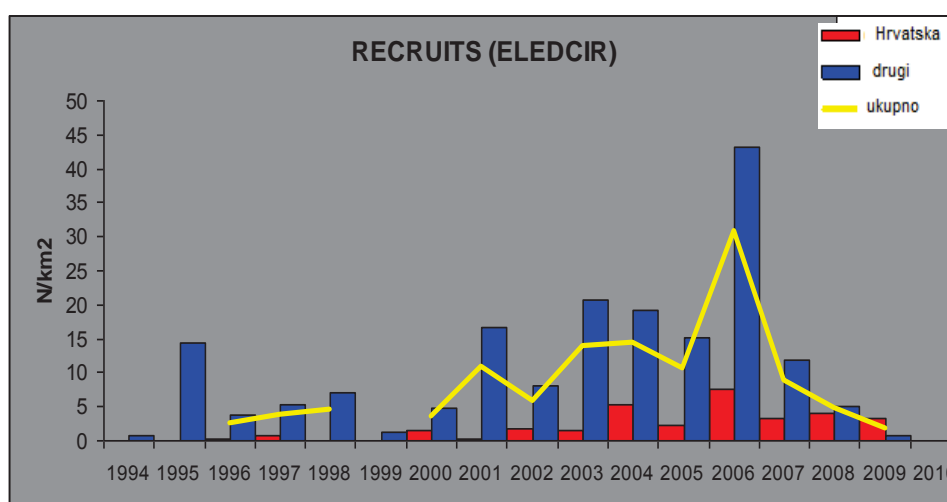


Bijeli muzgavac je također pokazivao fluktuacije u različitim godinama, ali indeksi biomase u zadnje dvije godine pokazuju izraziti pad (slika 4.3.16.). Taj pad je najuočljiviji u otvorenom srednjem Jadranu, tj. u glavnom području rasprostranjenosti ove vrste u jadranskom moru.

Izraziti pad biomase vidljiv je i kod novaka (slika 4.3.17.) i odraslih primjeraka (slika 4.3.18.) u zadnjim godinama

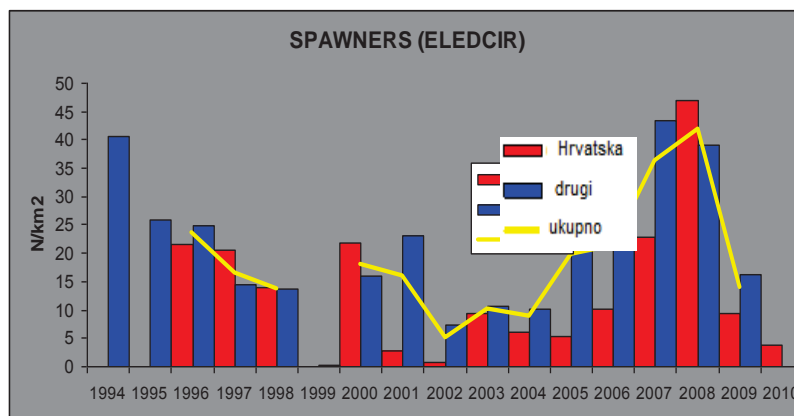


Slika 4.3.16. Trendovi indeksa biomase bijelog muzgavca u ribolovnom moru RH i u pojedinim zonama. *Izvor podataka: IOR-Split.*



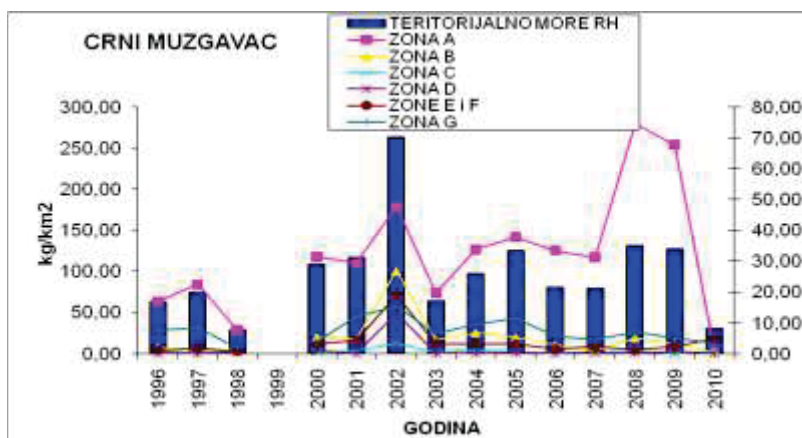
Slika 4.3.17. Kretanje indeksa biomase novaka bijelog muzgavca u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*



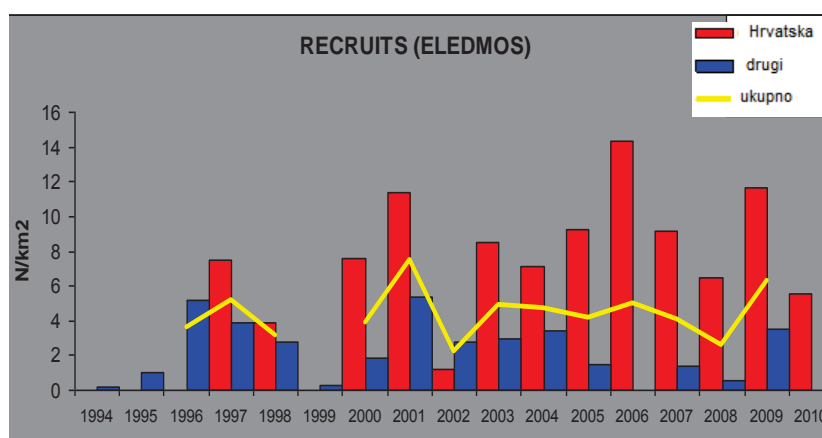


Slika 4.3.18. Kretanje indeksa biomase odraslih primjeraka bijelog muzgavca u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Stanje populacije **crnog muzgavca** je bilo stabilno sve do 2010. godine, kada je došlo do naglog pada indeksa biomase vrste (slika 4.3.19.). Najnegativnije promjene su se dogodile u ribolovnoj zoni A gdje se i nalazi većina biomase crnog muzgavca u Jadranskom moru. Pad indeksa biomase novaka (slika 4.3.20.) i odraslih primjeraka (slika 4.3.21.) uočljiv je u 2010. godini.

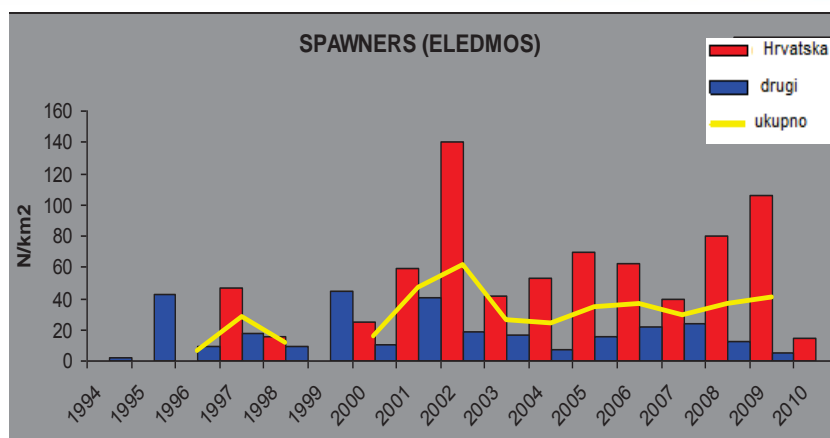


Slika 4.3.19. Trendovi indeksa biomase crnog muzgavca u ribolovnom moru RH i u pojedinim zonama. *Izvor podataka: IOR-Split.*



Slika 4.3.20. Kretanje indeksa biomase novaka crnog muzgavca u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*





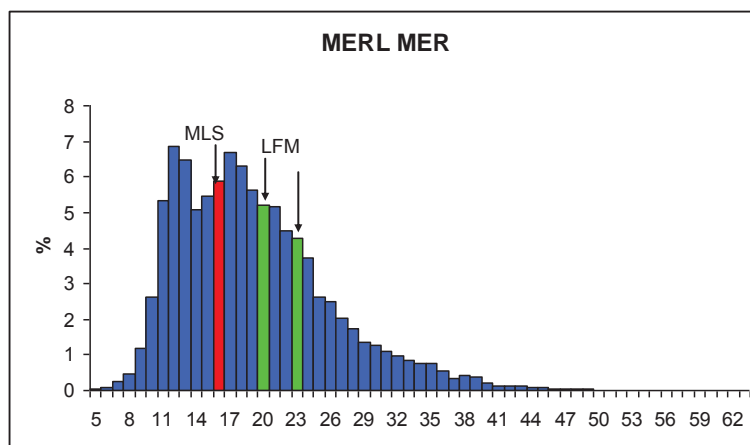
Slika 4.3.21. Kretanje indeksa biomase odraslih primjeraka crnog muzgavca u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Dužinski sastav populacija ciljanih vrsta

Dužinske frekvencije ciljanih vrsta prikupljane su na komercijalnim plovilima i to prije selekcioniranja ulova na komercijalni dio i prilov.

Dužinske frekvencije oslića (slika 4.3.22.) kretale su se u rasponu od 5 do 63 cm sa srednjom vrijednošću od 19,15 cm. Dužina kod koje nastupa prva spolna zrelost, prema podatcima prikupljenim tijekom demerznog monitoringa iznosi 20,5 cm za mužjake, a 22,5 cm za ženke (dužina kod koje je 50% primjeraka stupnja zrelosti II i više). Imajući u vidu da je minimalna lovna dužina za oslića određena na 16 cm, broj primjeraka ispod ove dužine u ukupnom ulovu iznosio je 34%.

Dužinski sastav populacije nije svugdje isti, te se na području otvorenog srednjeg Jadrana u lovinama nalazi najmanji broj primjeraka ispod dužine prve spolne zrelosti. Ovo je i razumljivo ukoliko se zna da su to glavna rastilišta i mrijestilišta ove vrste. Jedno manje mrijestilište nalazi se i u kanalskim područjima sjevernog Jadrana (dio Kvarnerića i Velebitskog kanala).



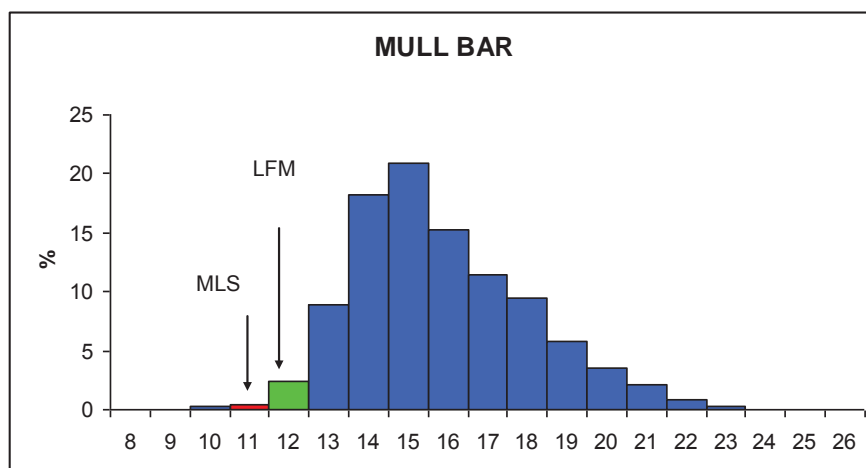
Slika 4.3.22. Dijagram dužinskih frekvencija oslića tijekom demerznog monitoringa (MLS – minimalna lovna dužina, LFM - dužina prve spolne zrelosti). *Izvor podataka: IOR-Split.*

Dužinske frekvencije trlje blatarice (slika 4.3.23.) u koćarskim lovinama kretale su se u rasponu od 8 do 26 cm, srednja dužina lovljenih primjeraka iznosila je 15,82 cm. Dužina prve spolne zrelosti za oba spola iznosi 12 cm, dok je minimalna lovna dužina određena na



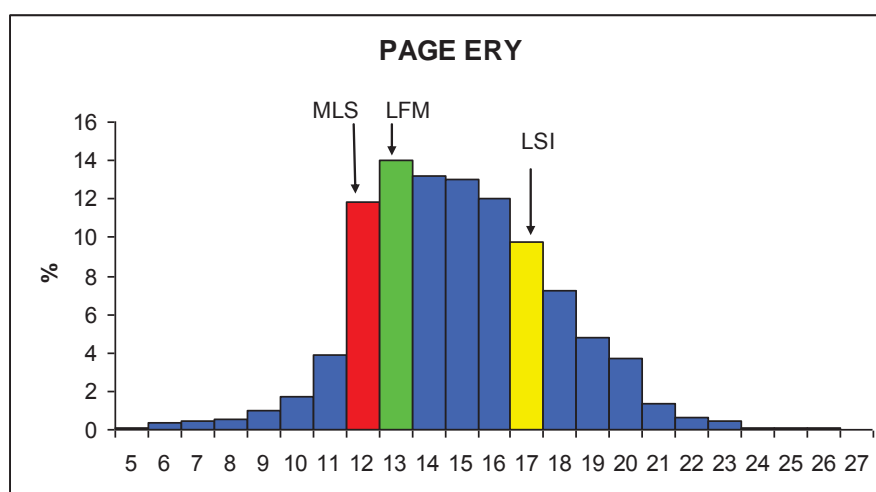
11 cm. Imajući to u vidu, gotovo svi lovljeni primjerci su bili iznad minimalne lovne dužine (samo 0,4% primjeraka je bilo ispod MLS).

Ulazak nove dobne klase u kočarske lovine kod ove vrste javlja se u jesenskim mjesecima i to najprije u otvorenom srednjem Jadranu i kako sezona napreduje, udio ove dobne klase povećava se prema južnom Jadranu. Isto tako, povećava se i srednja dužina lovljenih primjeraka (kao posljedica rasta).



Slika 4.3.23. Dijagram dužinskih frekvencija trlje blatarice tijekom demerzalnog monitoringa (MLS – minimalna lovna dužina, LFM . dužina prve spolne zrelosti). *Izvor podataka: IOR-Split.*

Tijekom demerzalnog monitoringa lovljeni su primjerci arbuna (slika 4.3.24.) u dužinskom rasponu od 5 do 27 cm, a srednja ušina je iznosila 14,92 cm. Dužina prve spolne zrelosti za ovu protogimničku vrstu iznosi 13 cm za ženke. Pri tim dužinama javljaju se i spolno zreli mužjaci (primarni mužjaci), dok većina mužjaka nastaje inverzijom spola od ženki i to se događa na dužinama od 16-17 cm. Minimalna lovna dužina za arbuna zakonski je propisana na 12 cm, a broj primjeraka ispod ove dužine u lovinama iznosi 8%.



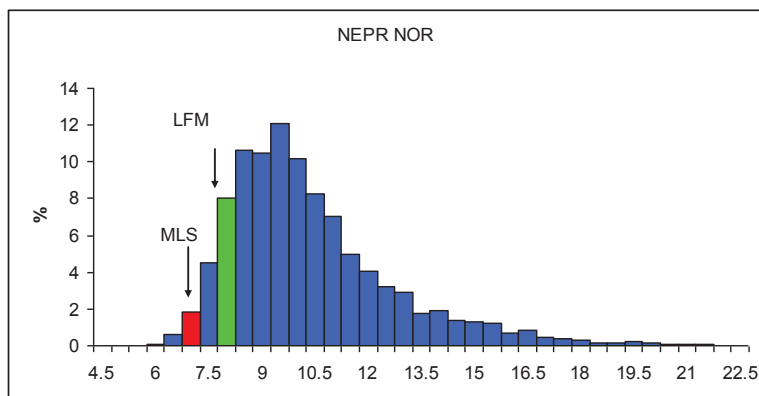
Slika 4.3.24. Dijagram dužinskih frekvencija arbuna tijekom demerzalnog monitoringa (MLS – minimalna lovna dužina, LFM . dužina prve spolne zrelosti, LSI- dužina na kojoj dolazi do inverzije spola). *Izvor podataka: IOR-Split.*



Raspon totalnih dužina škampa u lovinama (slika 4.3.25.) kretao se od 4,5 do 22,5 cm. Srednja vrijednost lovljenih primjeraka iznosila je 10,4 cm. Minimalna lovna dužina za ovu vrstu propisana je na 7 cm totalne dužine.

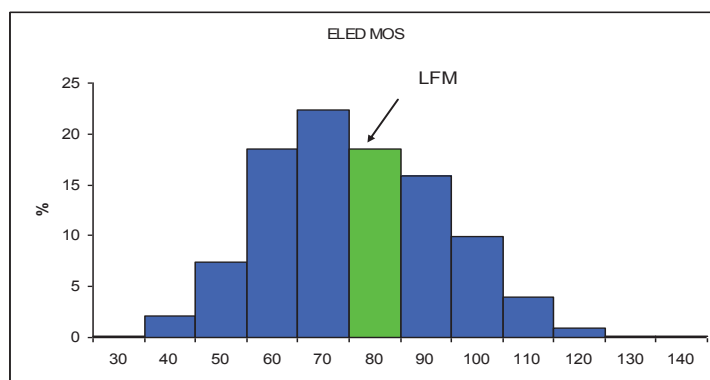
Spolna zrelost ženki nastupa pri dužinama od 8 cm u otvorenom Jadranu (zone C i D), a u kanalskim područjima (zone E i G) spolna zrelost ženki nastupa pri dužinama od 10,5 cm. Pod dužinom prve spolne zrelosti ženki škampa uzima se dužina kod koje je 50% primjeraka ženki bilo stupnja zrelosti II i III.

Udio primjeraka manjih od zakonom propisane minimalne lovne dužine iznosi svega 0.7%. Međutim, udio juvenilnih primjeraka znatno ovisi o području na kojem se uzorkuje, kao i o sezoni uzorkovanja.



Slika 4.3.25. Dijagram dužinskih frekvencija škampa tijekom demerzalnog monitoringa (MLS – minimalna lovna dužina, LFM - dužina prve spolne zrelosti). *Izvor podataka: IOR-Split.*

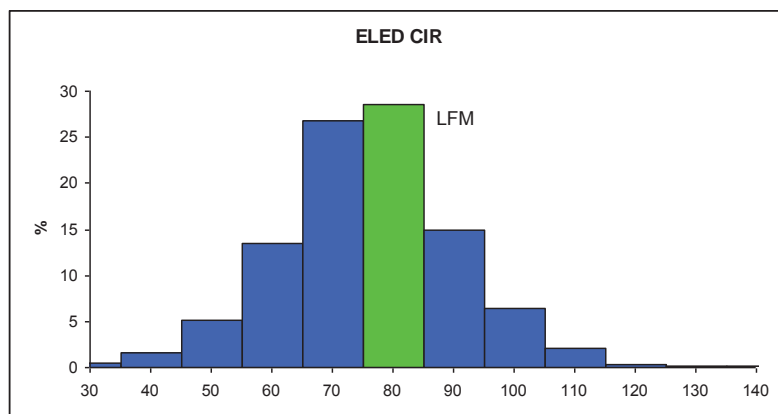
Raspon dužinskih frekvencija crnog muzgavca iznosio je od 3 do 14 cm (ML) uz srednju dužinu od 7,63 cm. Dužina prve spolne zrelosti za ovu vrstu iznosi za mužjake 7,5 cm i ženke 8,5 cm (slika 4.3.26.).



Slika 4.3.26. Dijagram dužinskih frekvencija crnog muzgavca tijekom demerzalnog monitoringa (MLS – minimalna lovna dužina, LFM - dužina prve spolne zrelosti). *Izvor podataka: IOR-Split.*

Dužinske sastav populacije bijelog muugavca bio je sličan kao i kod prethodne vrste (raspon 3 do 14 cm ML i srednja dužina 7,80 cm). Dužina prve spolne zrelosti mužjaka je 8 cm, a ženki 9,5 cm (slika 4.3.27.).



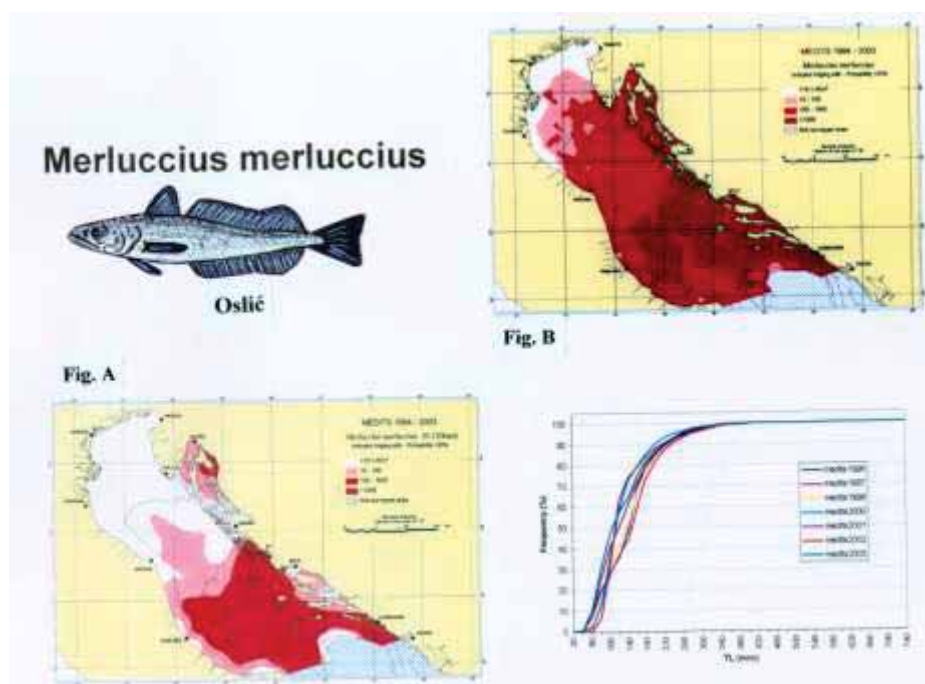


Slika 4.3.27. Dijagram dužinskih frekvencija bijelog muzgavca tijekom demerzalnog monitoringa (MLS – minimalna lovna dužina, LFM - dužina prve spolne zrelosti). *Izvor podataka: IOR-Split.*

Rasprostranjenost najvažnijih pridnenih vrsta u Jadranskom moru

Rasprostranjenost najvažnijih pridnenih vrsta u Jadranskom moru načinjena je na osnovu ekspedicija MEDITS i odvojeno je prikazana rasprostranjenost pojedine vrste i rasprostranjenost juvenilnih (nedoraslih) primjeraka sa ciljem lociranja kritičnih područja za pojedine vrste (tj. mrijestilišta i rastilišta) koji zahtijevaju posebnu pozornost jer se u njima odvija repopulacija vrste.

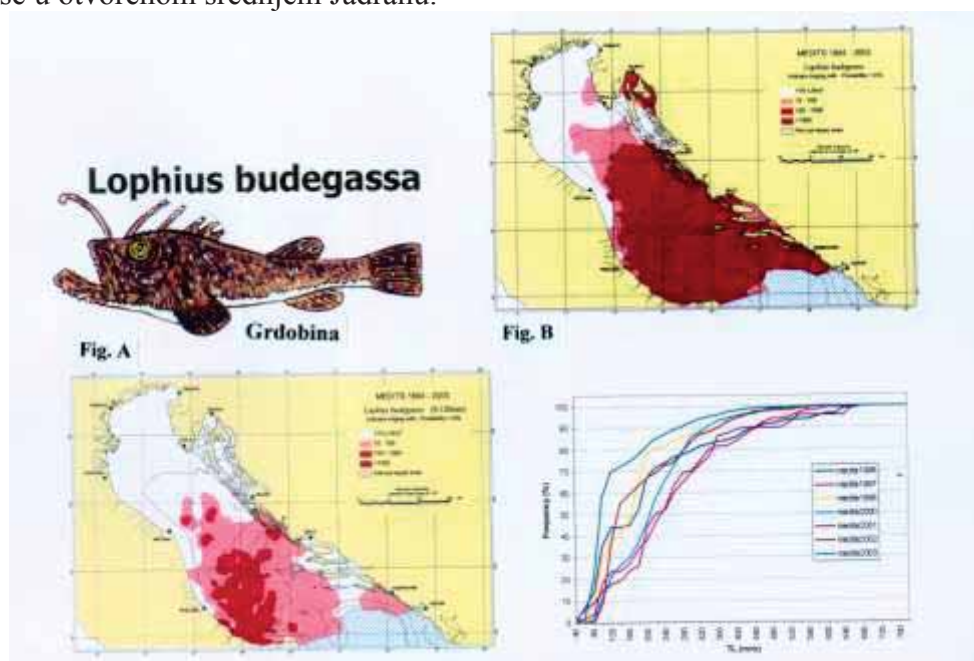
Oslić je rasprostranjen u cijelom Jadranskom moru, osim u njegovim najsjevernijim i najplićim dijelovima (oko ušća rijeke Po). Populacije je najgušća u području otvorenog srednjeg Jadrana i u kanalskim područjima uz hrvatsku obalu (slika 4.3.28.). Najveća koncentracija nedoraslih primjeraka (glavna rastilišta i mrijestilišta) nalazi se u otvorenom srednjem Jadranu (Jabučka kotlina), te u kanalskim područjima sjevernog Jadrana.



Slika 4.3.28. Rasprostranjenost oslića u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

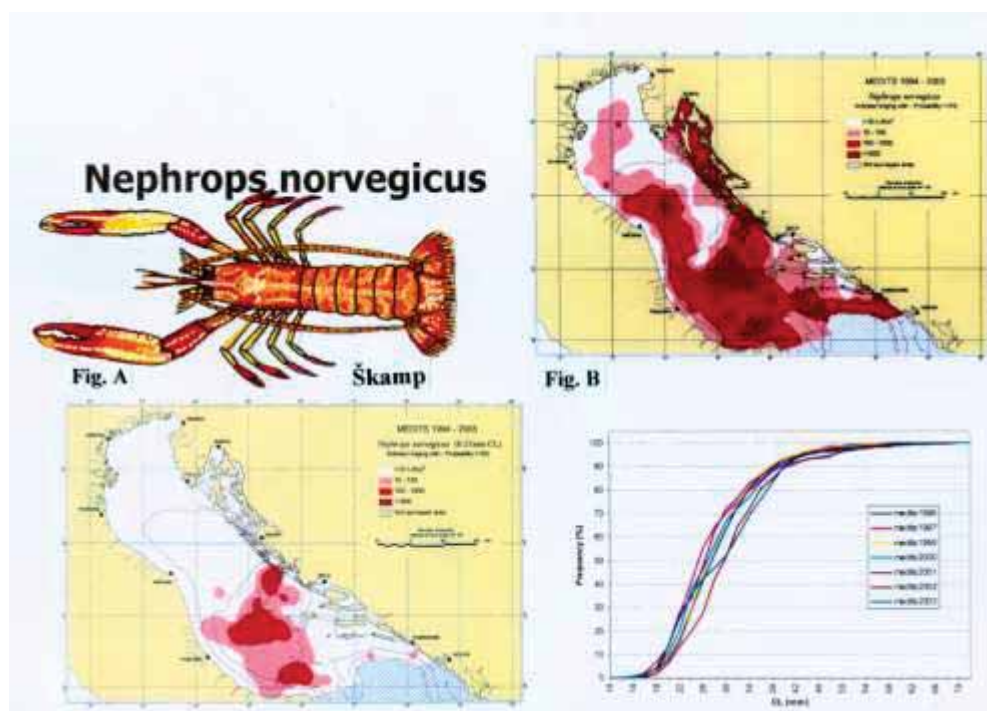


Grdobina je rasprostranjena u najvećem dijelu otvorenog Jadrana (slika 4.3.29.), a gustoća populacije je najveća uz njegovu zapadnu obalu. Najveća gustoća juvenilnih primjeraka nalazi se u otvorenom srednjem Jadranu.



Slika 4.3.29. Rasprostranjenost grdobine u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

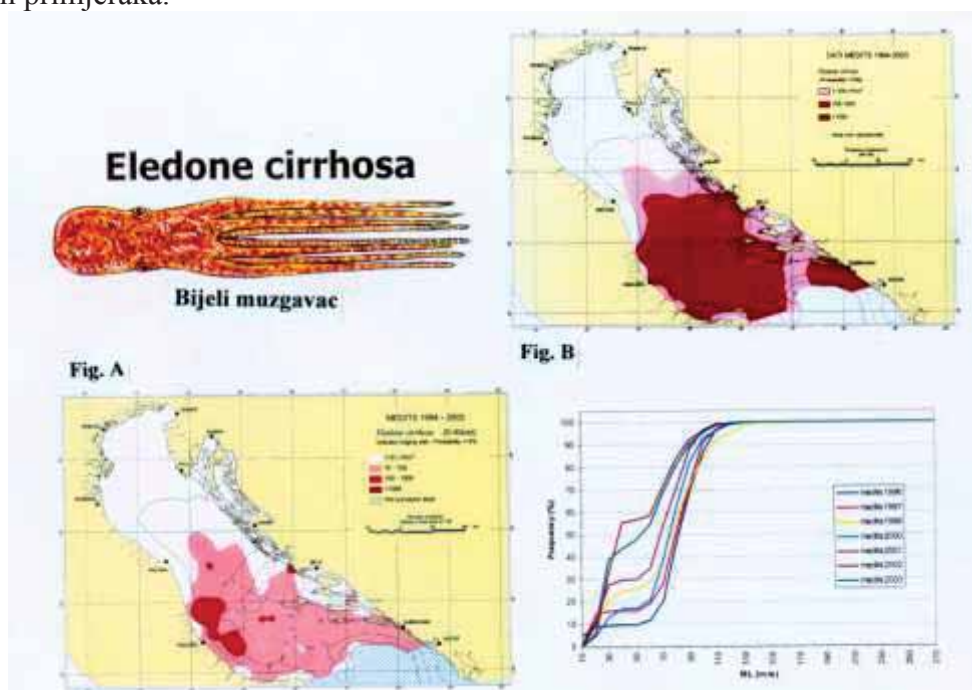
Škamp je rasprostranjen u otvorenom srednjem Jadranu, te u kanalskim područjima, prvenstveno na područjima sa muljeviritim tipom sedimenta (slika 4.3.30.). Najveća gustoća populacije je u otvorenom srednjem Jadranu te u kanalskim područjima sjevernog Jadrana. Kako je riječ o nemigracijskoj vrsti, juvenilni primjerci se u pravilu nalaze na istim područjima kao i odrasli.



Slika 4.3.30. Rasprostranjenost škampa u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

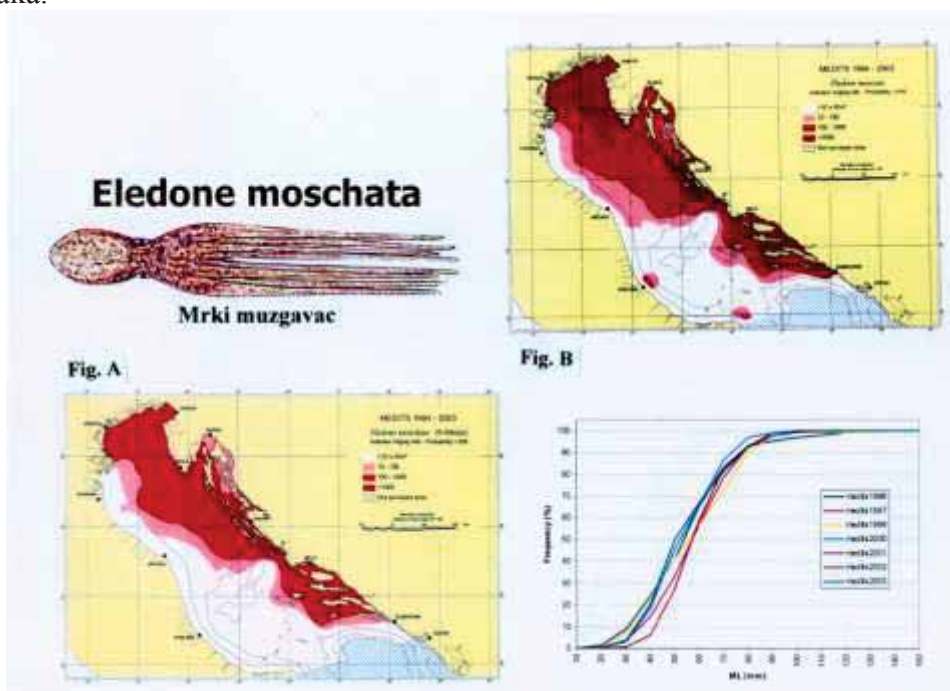


Bijeli muzgavac nastanjuje dijelove Jadranskog mora dublje od 100 metara (prvenstveno srednji Jadran (slika 4.3.31.), a gotovo da i nema razlike u rasprostranjenosti juvenilnih i odraslih primjeraka.



Slika 4.3.31. Rasprostranjenost bijelog muzgavca u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*

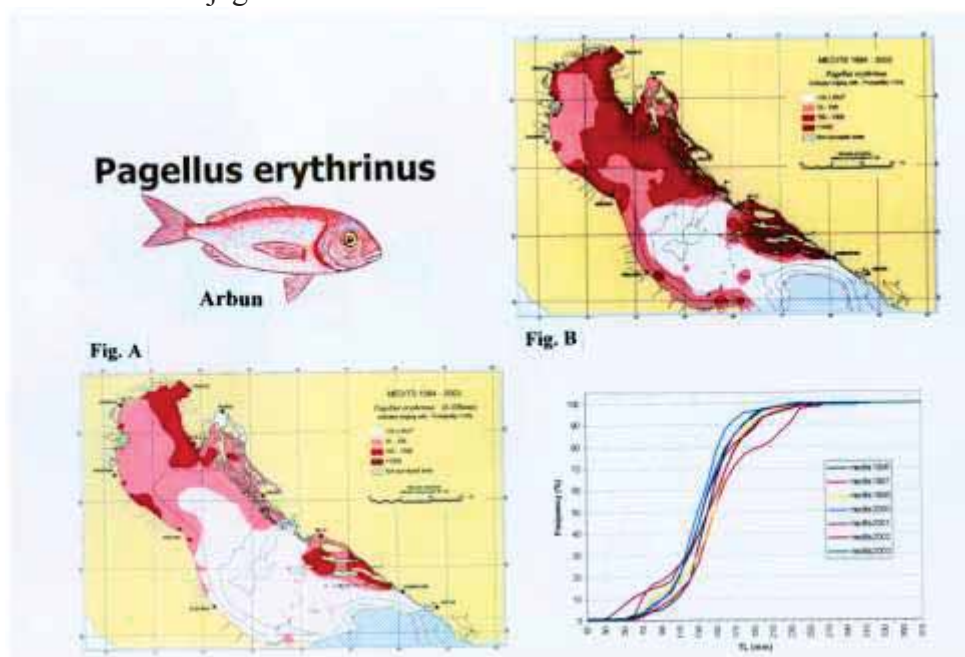
Za razliku od bijelog muzgavca koji nastanjuje dublje dijelove Jadranskog mora, crni muzgavac (slika 4.3.32.) nastanjuje uglavnom pliće dijelove Jadranskog mora, i to uglavnom u njegovom sjevernom dijelu, te uz istočnu obalu Jadranskog mora. Najveća gustoća populacije je uz zapadnu obalu Istre, gdje se nalaze i najveće količine nedoraslih primjeraka.



Slika 4.3.32. Rasprostranjenost crnog muzgavca u Jadranskom moru. *Izvor podataka: IOR-Split.*



Arbun je tipična cirkalitoralna vrsta u Jadranskom moru koja je rasprostranjena u priobalnim područjima, poglavito uz istočnu obalu, i to na dubinama do 120- 150 metara. Najveća gustoća populacije je u kanalskim područjima istočnog Jadrana (slika 4.3.33.), a glavna područja sa velikom koncentracijom juvenilnih primjeraka su uz zapadnu obalu Istre i u kanalima srednjeg Jadrana.



Zaključna razmatranja vezana uz pridnena naselja

Općenito govoreći, stanje pridnenih naselja u Jadranskom moru može se opisati kao izrazito nepovoljno u zadnjih nekoliko godina. Razlog ovakvom stanju prvenstveno je posljedica niskog intenziteta novačenja velikog broja vrsta, među kojima su neke od gospodarski najvažnijih (kao npr. oslić, škamp, grdobina, arbun i sl.). Uzroka slabom novačenju u pravilu mogu biti dva:

a) nepovoljne hidrografske prilike u moru koje rezultiraju velikom prirodnom smrtnošću novaka i

b) smanjenje intenziteta novačenja kao posljedica smanjenja (prelovljenosti) matičnog stocka (tzv. „recruitment overfishing“).

Na osnovu dostupnih podataka, u Jadranskom moru su najvjerojatnije prisutna oba ova uzroka: prekomjerna eksploatacija je dovela do smanjenja matičnog stocka koji u godinama nepovoljnih hidrografskih prilika rezultira izrazito lošim novačenjem. Sve ovo u konačnici dovodi do pada biomase kako mladih primjeraka, tako i odraslih.

Situacija je kudikamo nepovoljnija u ekstrateritorijalnim vodama Jadranskog mora u kojima je ribolovni napor najintenzivniji. Istovremeno u tim područjima se nalaze i najvažnija rastilišta i mrijestilišta velikog broja gospodarski važnih pridnenih vrsta organizama. Navedeno za posljedicu ima da su u ekstrateritorijalnim vodama vrijednosti indeksa biomase i abundancije izrazito niski, a njihovi trendovi u zadnjim godinama izrazito nepovoljni. Ovi negativni trendovi se donekle kompenziraju migracijama organizama iz hrvatskog unutarnjeg i teritorijalnog mora, gdje je situacija povoljnija.

Važno je napomenuti kako većina indikatora (koji opisuju stanje populacija i stanje zajednica) ukazuje na veliki pad indeksa novačenja u zadnjim godinama, što će najvjerojatnije u dogledno vrijeme rezultirati dodatnim padom biomase juvenilnih i odraslih primjeraka. Stoga je od ključne važnosti čim prije započeti s restriktivnijim mjerama regulacije ribolova i zaštite obnovljivih bogatstava i to prvenstveno u najugroženijim područjima (otvoreni srednji Jadran i ekstrateritorijalno more). Prijedlog konkretnih mjera zaštite za područje otvorenog srednjeg Jadrana (Jabučka kotlina) već je načinjen od strane hrvatskih i talijanskih znanstvenika u okviru projekta FAO AdriaMed, i trebalo bi čim prije započeti s njegovom implementacijom.

Imajući u vidu opisano izrazito negativno stanje većine pridnenih resursa Jadranskog mora, radi uspostave dugoročno održivog gospodarenja i zaštite resursa, nameću se sljedeće preporuke:

- Ne povećavati ribolovni napor – Trenutno stanje obnovljivih resursa je takvo da bi bilo kakvo povećavanje ribolovnog napora moglo dovesti do preloma ili kolapsa velikog broja već sada preintenzivno eksploatiranih stockova
- Zaštita posebno osjetljivih područja – Imajući u vidu činjenicu da je novačenje velikog broja stockova izrazito loše, posebnu pozornost trebalo bi posvetiti zaštiti kritičnih područja za repopulaciju (rastilišta i mrijestilišta) pojedinih vrsta.
- Uspostava zaštićenih ribolovnih područja – može biti jedan od važnih mehanizama zaštite rastilišta i mrijestilišta. Predlaže se uspostava zaštićenog ribolovnog područja sa „no-take“ zonama na širem području Jabučke kotline, koja predstavlja jedno od najvažnijih rastilišta i mrijestilišta u Jadranu.
- Preispitati recentnu prostorno vremensku regulativu – rezultati komercijalnog monitoringa i rezultati znanstvenih ekspedicija pokazuju kako je stanje resursa znatno bolje u područjima sa restriktivnom prostorno-vremenskom regulacijom (npr. kanalska područja srednjeg Jadrana). Stoga bi slične mjere trebalo razmotriti i



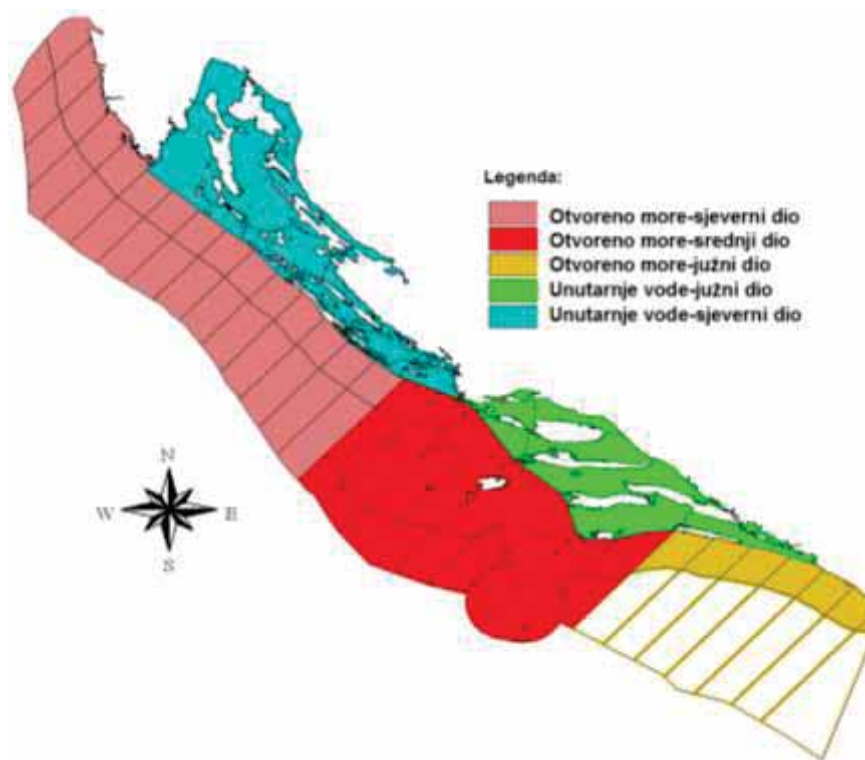
eventualno uspostaviti u ostalim dijelovima ribolovnog mora (prvenstveno kanalska područja sjevernog Jadrana).

- Preispitati i po potrebi povećati minimalne lovne dužine (MLS) – Iako su važeće MLS u hrvatskoj zakonskoj regulativi usklađene sa onima koje propisuje EU (osim u slučaju oslića), imajući u vidu stanje resursa u Jadranskom moru, trebalo bi preispitati postojeće MLS i po potrebi ih povećati (ovo se prvenstveno odnosi na vrste sa izrazito slabim novačenjem kao što su oslić, škamp, grdobina, arbun,...)
- Promjene oka na saki mreže (GFCM) – jedan od značajnih načina smanjivanja ribolovne smrtnosti je i povećavanje oka na saki pridnene povlačne mreže, što značajno povećava selektivnost i omogućuje preživljavanje nedoraslih primjeraka. Prema preporukama GFCM-a sve zemlje članice dužne su zabraniti upotrebu oka manjih od 40 mm (dijagonalno) na svim dijelovima pridnen koče, a od 2012. godine povećati oka na saki mreže na 40 mm kvadratno oko ili 50 mm „diamond mesh size“.
- Sređivanje tržišta ribom – predstavlja jedan od važnih segmenata hrvatskog ribarstva, jer u uvjetima nesređenog tržišta ribom od ribolova najmanju korist imaju sami ribari.
- Uspostava djelotvornije kontrole provođenja mjera regulacije ribolova - broj ribarskih inspektora u RH je nedostatan za provođenje adekvatne kontrole u svim segmentima ribarstva, te bi čim prije trebalo povećati njihov broj i učinkovitost.
- Uspostava monitoringa prema DCF-u – je jedan od ključnih preduvjeta za donošenje adekvatnih mjera za regulaciju ribolova i zaštitu resursa i postojanje točnih i vjerodostojnih podataka o ribolovu i ribolovnom naporu kojim je ostvaren, kao i stanju obnovljivih bogatstava.
- Dogovaranje i usklađivanje mjera na razini Jadrana – Većina pridnenih stockova u Jadranskom moru su biološki jedinstvene populacije, te stoga sve mjere regulacije ribolova i zaštite obnovljivih resursa moraju biti dogovarane, usklađivane i provedene od strane svih sudionika u ribarstvu.



4.3.2. Stanje pelagičkih zajednica

Područje opisano u ovom dijelu izvješća obuhvaća područje unutarnjeg mora i područje otvorenog mora (teritorijalno more i zaštićeni ekološko-ribolovni pojas) Republike Hrvatske, s ukupnom površinom većom od 13.500 nautičkih milja². U svom južnom dijelu, područje obuhvaća samo obalni dio do dubine od 200 metara, dok su za opisivanje stanja u dubljim područjima (južnojadranska kotlina) potrebna dodatna istraživanja (Sl. 4.3.35.).



Slika 4.3.35. Područje istraživanja sa prostornim rasporedom pet glavnih zona.

Stanište potencijalno pogodno za obitavanje sitne plave ribe na ovom području predstavlja čitav vodeni stupac (pelagijal). Međutim, smatra se da određene lokalne geomorfološke i hidrografske osobitosti određuju pojedine manje dijelove ovog područja u svojstvu potencijalnih mrijestilišta, hranilišta i rastilišta sitne plave ribe tijekom određenih sezona karakterističnih za pojedinu vrstu.

Biološka raznolikost u spomenutom staništu je karakterizirana prisutnošću većeg broja vrsta riba i drugih pelagičkih organizama. Tijekom višegodišnjih uzorkovanja pelagičnom koćom, u uzorcima je zabilježeno prisustvo različitih pelagičkih vrsta riba, pelagičkih rakova, meduza i glavonožaca, kao i povremeno prisutnih (poglavito noću) pridnenih vrsta riba koje se hrane pelagičkim vrstama, kao npr. oslić, golub i dr. (Sl. 4.3.36.). Pored toga, izravnim promatranjem zamijećeno je i prisustvo većih pelagičkih organizama u ovom području, kao što je krupna pelagička riba (npr. tunj), morski sisavci (dupini) i kornjače. Isto tako, biološku raznolikost ovog staništa u prikupljenim uzorcima karakterizira i prisustvo ranih razvojnih (pelagijskih) stadija pridnenih vrsta riba i rakova, kao i raznolikost naselja prisutnih planktonskih organizama.





Slika 4.3.36. Različite vrste organizama iz pelagijala Jadranskoga mora. (Foto: V. Tičina)

Srdela *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792.) i incun *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758.) su kao i druge vrste sitne pelagične ribe: skuša (*Scomber scombrus*, Linnaeus, 1758.), lokarda (*Scomber japonicus*, Houttuyn 1782.), papalina (*Sprattus sprattus*, Linnaeus, 1758.) i iglica (*Belone belone*, Linnaeus 1761.) oceanodromne, epipelagičke i neritičke vrste koje žive u plovama. U Jadranskom moru su široko rasprostranjene. Za srdelu je uočeno da je nešto gušće rasprostranjena uz istočnu obalu Jadrana, dok je incun zastupljeniji uz njegovu zapadnu obalu. Tijekom života sitna plava riba postupno migrira od obalnih prema otvorenim područjima Jadranskog mora. Isto tako srdela, papalina, skuša i iglica zbog mriješćenja migriraju prema obali u hladnijem dijelu godine, dok se kod incuna i lokarde migracije uvjetovane mriješćenjem odvijaju tijekom toplijih mjeseci.

Kao gospodarski najznačajnije vrste, srdela i incun, se love tijekom cijele godine, a njihovi se ulovi ostvaruju uglavnom plivaricom. Ulovi srdele i incuna kako na mjesečnoj tako i na godišnjoj razini variraju i alterniraju odnosno kad su viši ulovi srdele lovine incuna su manje, i obrnuto. Tako su veće vrijednosti ulova incuna zabilježene tijekom razdoblja proljeće – ljeto, a srdele u proljeće i jesen. Prema prethodno navedenom najveći ulovi incuna su ostvareni za vrijeme mriješćenja, a to je nepovoljno za održivo očuvanje njegove populacije.

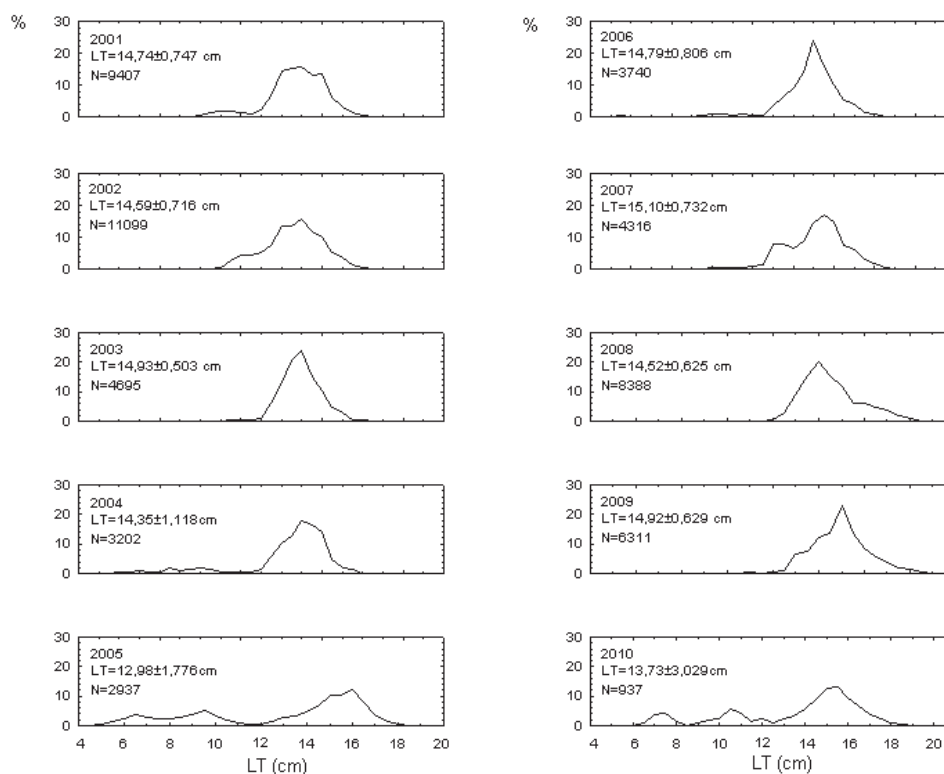
Biološki parametri vrsta

Srdela

Dužinska struktura populacije

Tijekom zadnjih 10 godina sustavnim praćenjem i istraživanjem je zamjećeno da je srednja vrijednost totalne dužine tijela jedinki srdele u pojedinim godinama istraživanja varirala (Sl. 4.3.37.). Tako je najmanja srednja vrijednost totalnih dužina tijela srdele

zabilježena u 2005. godini ($LT=12,98\pm0,732$ cm), dok je najveća uočena u 2007 godini ($LT=12,95\pm1,776$ cm). Sa slike 46. je očito da je tijekom 2005. i 2010. godine poligon frekvencija više pomaknut u lijevo prema manjoj ribi što bi moglo upućivati na novačenje mladih dobnih skupina. Uslijed snažnog novačenja mladih dobnih skupina dolazi do smanjenja srednje dužine tijela u populaciji. Osim novačenja, smanjenje srednje totalne dužine tijela ulovljenih jedinki može biti povezano ili s povećanjem ribolovnog napora kojim se love sve manje i manje jedinke ili su se pak uvjeti sredine promijenili odnosno došlo je do pada prosječne temperature u čitavom stupcu morske vode što je moglo utjecati na sporiji rast jedinki.

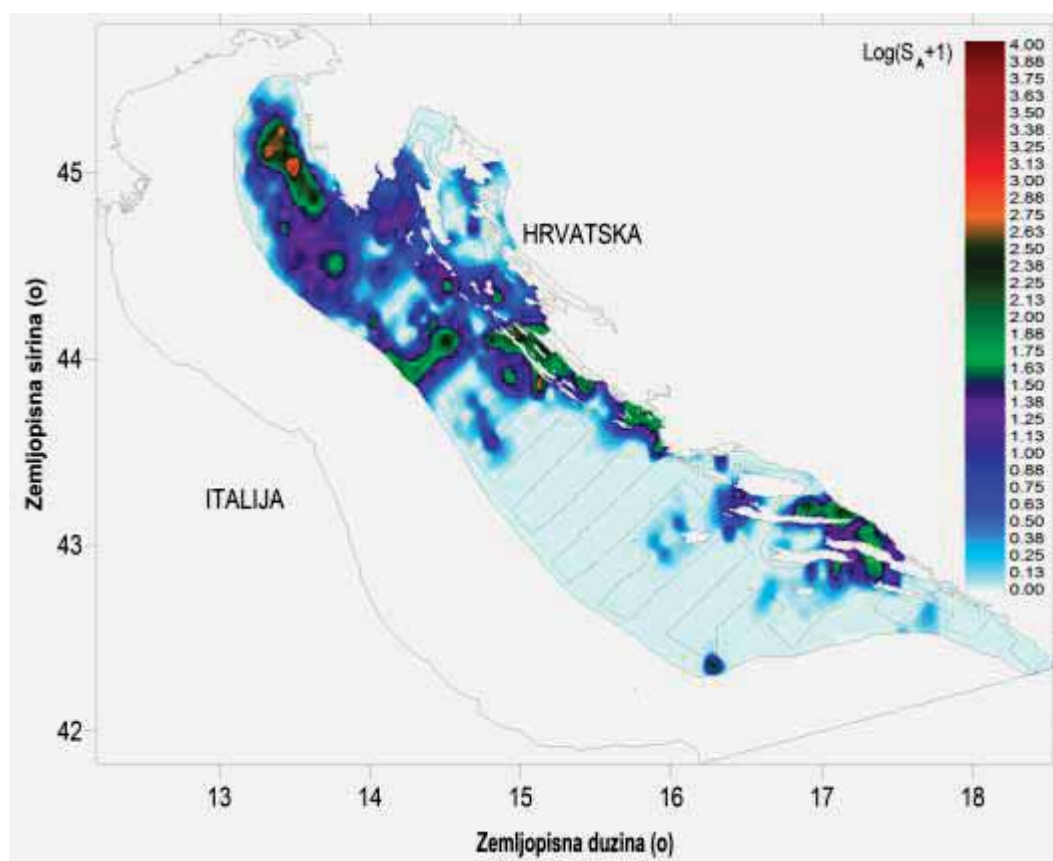


Slika 4.3.37. Raspodjela dužina srdele u razdoblju od 2001. do 2010. godine. *Izvor podataka: IOR-Split.*

U 2010. godini na ribolovnom području istočnog dijela Jadrana vrijednosti totalne tjelesne dužine jedinki srdele su se kretale u granicama od 6,0 cm do 20,5 cm. Srednja je vrijednost totalnih dužina tijela analiziranih jedinki iznosila $16,2\pm0,908$ cm s dominantnom modalnom vrijednošću od 15,0 cm (17,30 %). Tijekom 2010.godine srednja je vrijednost totalne dužine tijela jedinki srdele blago varirala te se uglavnom kretala oko 14,0 cm. Najmanja srednja vrijednost totalne dužine tijela srdele je zabilježena u rujnu i iznosila je $11,5\pm0,91$ cm, dok je najveća vrijednost iste zabilježena mjesec dana kasnije odnosno u listopadu i iznosila je $16,0\pm0,40$ cm.

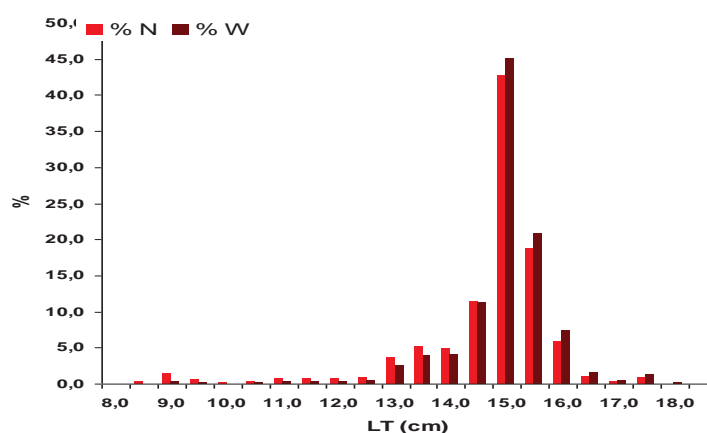
Međutim, treba istaknuti izrazito neravnomjerno raspodijeljenu gustoću naselja srdele u ribolovnom području (Slika 4.3.38.), a koja se uslijed njenih migracija koje su u izravnoj vezi s promjenama hidrografskih osobitosti područja neprekidno mijenja tijekom godine. Ipak, općenito se može reći da je gustoća naselja srdele veća na sjevernom dijelu Jadranskoga mora, nego na njegovom južnom dijelu.





Slika 4.3.38. Rasprostranjenost naselja srdele tijekom rujna 2008. godine s obzirom na izmjerene vrijednosti tijekom eho-monitoringa. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Uobičajena dužinska struktura adultnog dijela populacije srdele tijekom rujna je unimodalnog karaktera, s najvećim udjelom primjeraka dužine oko 15 cm, a koji su ujedno i najznačajniji u masenoj strukturi populacije (Sl. 4.3.39.).

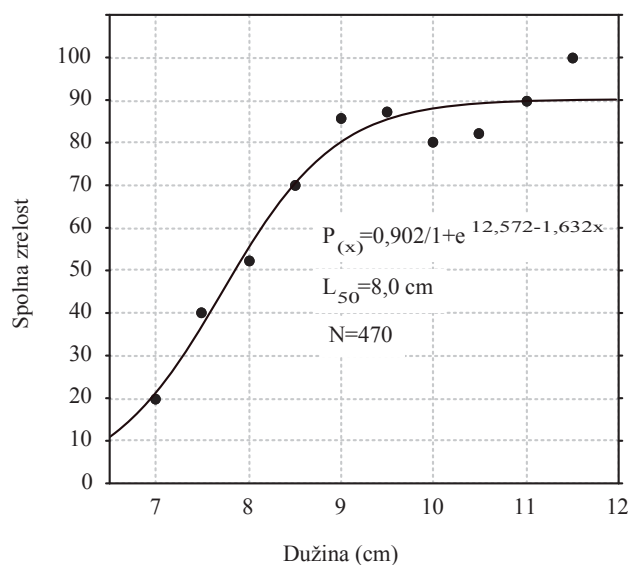


Slika 4.3.39. Dužinska struktura populacije srdele u istraživanom području tijekom rujna 2009. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Prva spolna zrelost

Uzorci srdele koji su potjecali iz razdoblja najintenzivnijeg mriješćenja (prosinac - siječanj, 2002./2003., 2003./2004. i 2004./2005.) su korišteni za utvrđivanje totalne tjelesne dužine srdele pri kojoj 50% jedinki populacije dostiže prvu spolnu zrelost u istraživanom području. Pri totalnoj dužini tijela od 7,1 cm su uočene prve jedinke s najnaprednijim stadijima zrelosti gonada (stadiji V i VI), dok je čitava populacija srdele bila spolno zrela u dužinskom razredu od 11,5 cm (Sl. 4.3.40.) Postotak spolno zrelih jedinki srdele se povećavao s porastom totalne dužine tijela. Dobiveni rezultati su u skladu s dosadašnjim rezultatima istraživanja.

Utvrđivanjem navedene dužine se dobiva i realnija procjena reproduktivne biomase istraživane riblje populacije i postavljaju temelji za pravilno gospodarenje promatranog ribljeg stoka. Time se osigurava normalno biološko obnavljanje, jer se od izlovljavanja čuvaju jedinke tjelesnih dužina manjih od dužine prvog spolnog sazrijevanja tj. mlađ. Ovakva saznanja imaju i praktični značaj jer omogućavaju primjenu zaštitnih mjera u svrhu očuvanja ribljih populacija. Tako je ova vrijednost korištena kod donošenja Naredbe o zaštiti riba i drugih morskih organizama Zakona o morskom ribarstvu, gdje se nalaze minimalne dužine gospodarstveno najvažnijih vrsta ispod kojih je ribolov određene vrste zabranjen. Minimalna lovna dužina za srdelu je 10,0 cm.



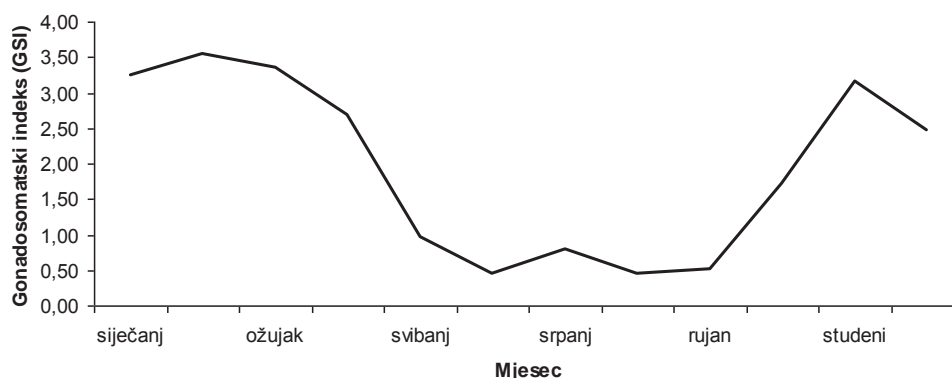
Slika 4.3.40. Dužina prvog spolnog sazrijevanja (učešće najnaprednijih stadija zrelosti gonada tijekom maksimalnog mriješćenja) srdele *Sardina pilchardus* iz uzoraka lovina ostvarenih od prosinca do siječnja u 2002./03., 2003./04. i 2004./05. god. u estuariju rijeke Krke. Izvor podataka: IOR-Split.

Spolni ciklus

S ciljem potpunijeg i detaljnijeg istraživanja reproduktivnog ciklusa i mriješćenja srdele na istraživanom području (istočni dio Jadrana) je analizirano i kolebanje gonosomatskog odnosa svih jedinki prikupljenih tijekom desetogodišnjeg promatranog razdoblja (siječanj-prosinac, 2001. - 2010. god.) (Sl. 4.3.41.). Sa slike 50. uočava se da se mriješćenje srdele



odvija tijekom hladnijeg dijela godine (studeni – ožujak), dok su jedinke srdele u stanju mirovanja od svibnja do rujna odnosno tijekom toplijeg dijela godine.

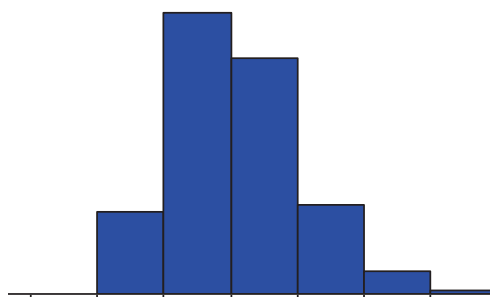


Slika 4.3.41. Kolebanje srednjih mjesečnih vrijednosti gonosomatskog indeksa jedinki srdele ulovljenih na ribolovnom području istočnog Jadrana, siječanj- prosinac, 2001. - 2010. god. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Podaci o vremenu mriješćenja se mijenjaju iz godine u godinu u ovisnosti o kolebanju čimbenika sredine, odnosno o dostupnost i obilnost hrane, o temperaturi i salinitetu. U 2010. godini su prosječne mjesečne vrijednosti gonosomatskog indeksa (GSI) kolebale od 0,26 % (lipanj) do 4,37 % (studeni). Podaci analiziranog materijala u cjelini ukazuju na visoke srednje mjesečne vrijednosti gonosomatskog indeksa tijekom razdoblja od siječnja do ožujka (4,12%). Potom su vrijednosti tijekom travnja (0,83%) opadale, a nakon toga slijedi razdoblje u kojem su se vrijednosti navedenog indeksa zadržale na nižim iznosima. Tijekom listopada uočljiv je porast vrijednosti gonadosomatskog indeksa do studenog kada je ista dosegla i svoju maksimalnu vrijednost (4,37%).

Starosna struktura

U 2010. godini očitavanjem starosti preko otolita srdele je ustvrđeno šest starosnih razreda - od 2 do 7 godina starosti, a najzastupljenije su bile jedinke starosti 3 godine (39,3 %)(Sl. 4.3.42.).



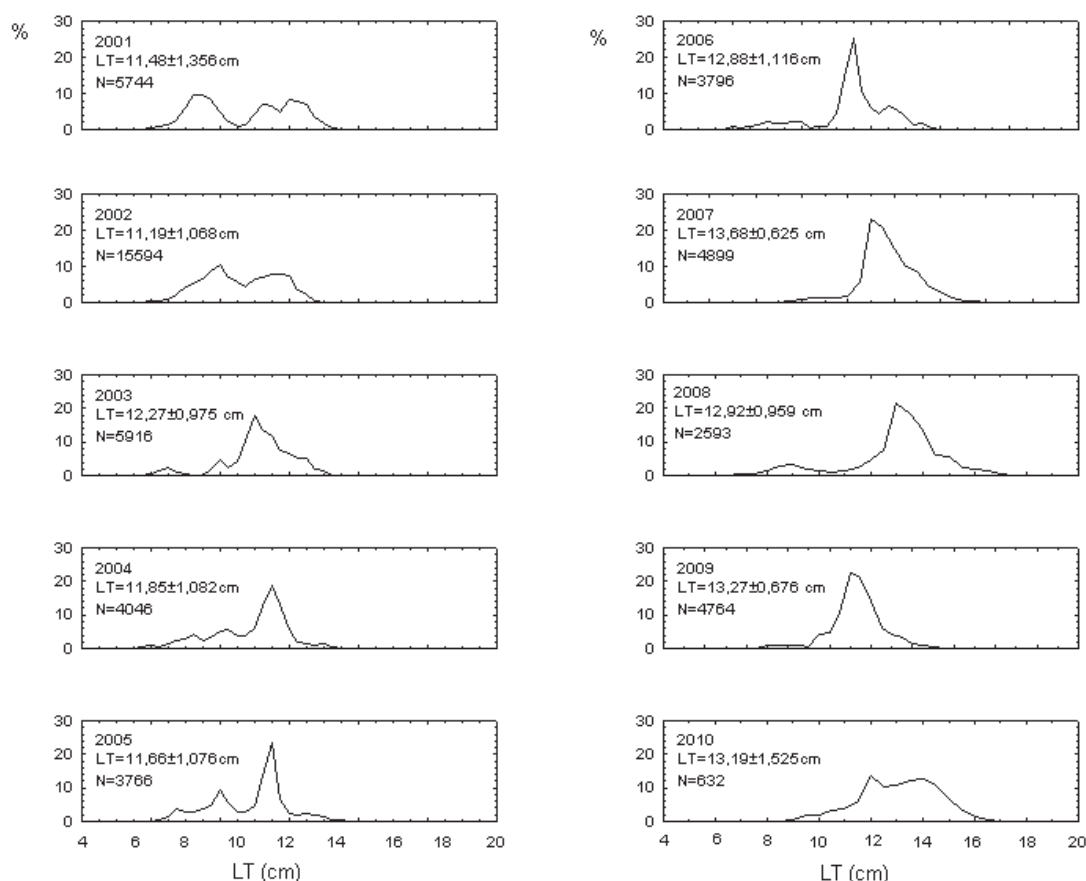
Slika 4.3.42. Raspodjela starosnih grupa srdele prikupljene na ribolovnom području istočnog dijela Jadrana tijekom prvih deset mjeseci istraživanja (siječanj - listopad, 2010. godine). *Izvor podataka: IOR-Split.*



Inćun

Dužinska struktura populacije

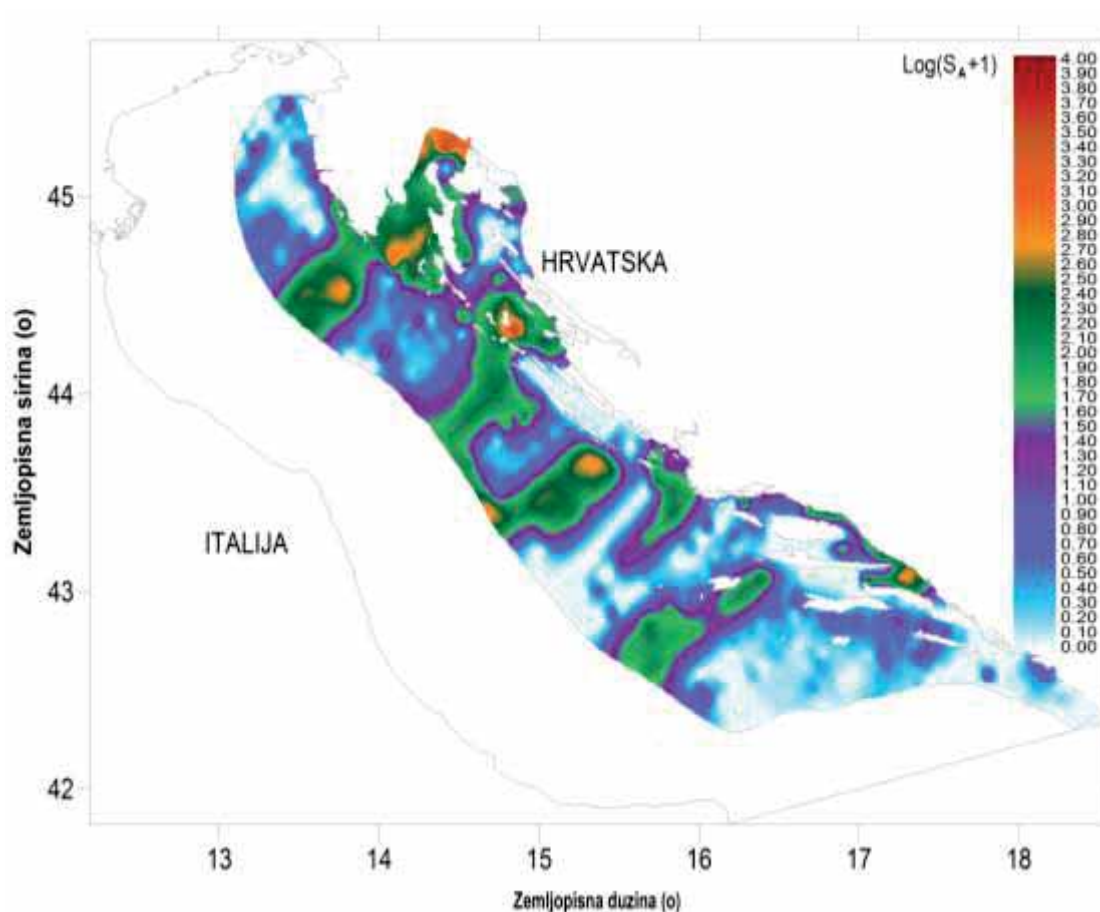
Tijekom zadnjih 10 godina sustavnim praćenjem i istraživanjem je zamjećeno da je srednja vrijednost totalne dužine tijela jedinki inćuna u pojedinim godinama istraživanja varirala (Sl. 4.3.43.). Ako se promatra dužinska raspodjela inćuna tijekom navedenog perioda tada je očito da su raspodjele totalnih dužina tijela bile polimodalne i asimetrične. Najmanja srednja vrijednost totalnih dužina tijela srdele je zabilježena u 2002. godine ($LT=11,19\pm1,068$ cm), dok je najveća uočena u 2007 godini ($LT=13,68\pm0,625$ cm). U 2010. godini vrijednosti totalne tjelesne dužine (LT) su se kretale u granicama od 5,0 cm do 18,0 cm. Srednja je vrijednost totalnih dužina tijela analiziranih jedinki iznosila $13,2\pm0,50$ cm s dominantnom modalnom vrijednošću od 13,0 cm (22,2 %). Tijekom 2010. godine srednja je vrijednost totalne dužine tijela jedinki inćuna neznatno varirala te se uglavnom kretala oko 13,0 cm. Najmanja srednja vrijednost totalnih dužina tijela inćuna je zabilježena u rujnu i iznosila je $12,7\pm0,28$ cm, dok je najveća vrijednost iste zabilježena u svibnju i iznosila je $13,8\pm0,73$ cm.



Slika 4.3.43. Raspodjela dužina inćuna u razdoblju od 2001. do 2010. godine. *Izvor podataka: IOR-Split.*

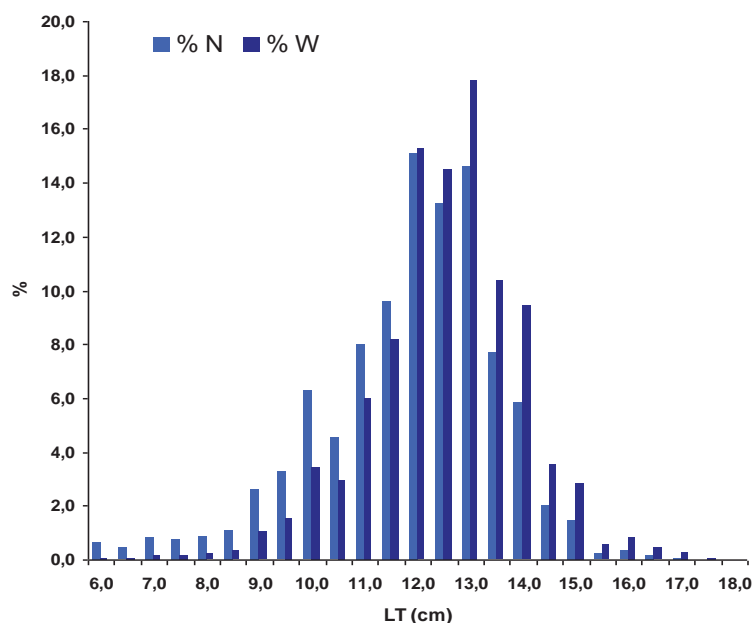


Prostorna raspodjela naselja inćuna, isto kao i kod srdele, ukazuje na neravnomjerno raspodjeljenu gustoću populacije inćuna na istraživanom području. Inćun je također migratorna vrsta koja migrira u potrazi za hranom (trofičke migracije) ili pak područjima pogodnima za mrijest (genetičke migracije). Uslijed tih trofičkih i genetičkih migracija, rasprostranjenost populacije inćuna stalno je podložna promjenama. Prema rezultatima eho-monitoringa provedenog u rujnu 2008., prostorna analiza prikupljenih akustičkih uzoraka (Sl. 4.3.44.) ukazuje na veliku gustoću uglavnom juvenilnog dijela populacije u unutrašnjem moru (Riječki zaljev, Virsko more, Neretvanski kanal).



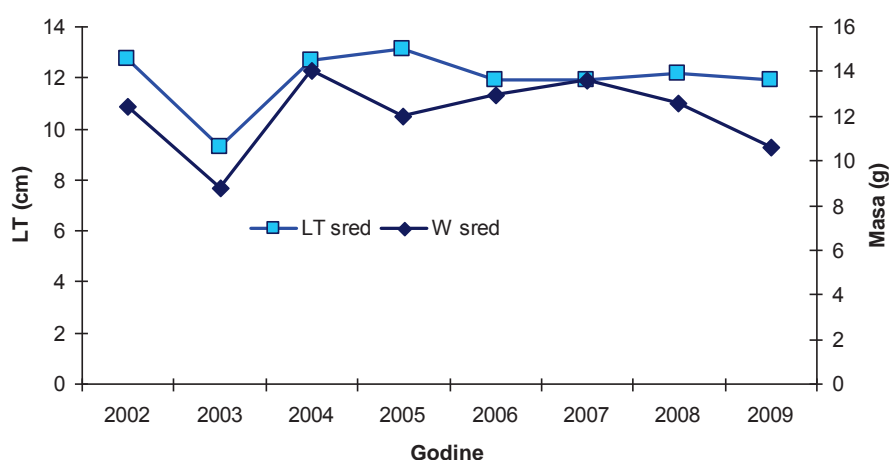
Analiza dužinske strukture promatrane populacije inćuna tijekom rujna 2009. godine, ukazuje na postojanje unimodalne raspodjele (Sl. 4.3.45.), pri čemu su u toj sezoni najbrojniji bili primjerci od 12,0 do 13,0 cm. Kod analize masene strukture populacije, najviše modalne vrijednosti mase su na 13,0 cm. Usporedba višegodišnjeg kolebanja srednjih vrijednosti ukupne dužine i mase inćuna pokazuje proporcionalnu povezanost istih do 2004. godine, a obrnuto proporcionalnu od 2005. godine. I dok srednjak dužine u razdoblju 2006.-2009. godine pokazuje stagnirajući trend rasta, srednjak mase pokazuje negativni trend u zadnje tri godine istraživanja, a 2009. godine je jasno vidljiv (Sl. 4.3.46.).





Slika 4

istraživanom



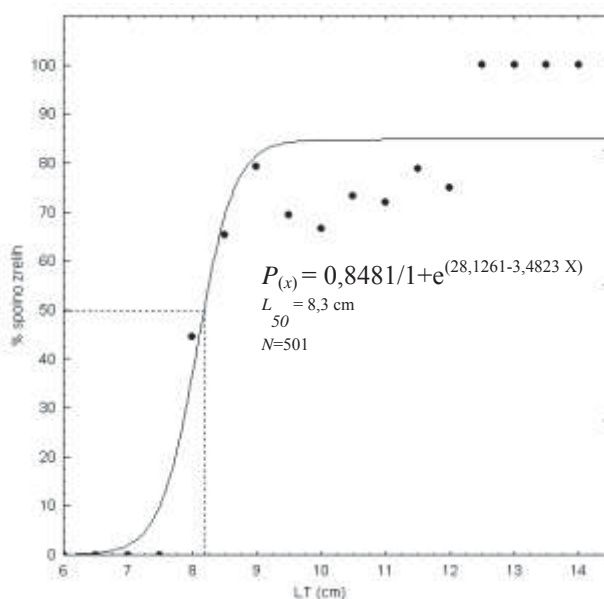
Slika 4.3.40. višegodišnja kolebanja srednjih vrijednosti ukupne dužine i mase populacije inćuna na analiziranom području tijekom rujna. Izvor podataka: IOR-Split.

Prva spolna zrelost

Uzorci inćuna koji su potjecali iz razdoblja najintenzivnijeg mriješćenja (lipanj, 2003.) su korišteni za utvrđivanje totalne tjelesne dužine pri kojoj 50% jedinki populacije dostiže prvu spolnu zrelost u istraživanom području. Pri totalnoj dužini tijela od 6,0 cm su uočene prve jedinke inćuna s najnaprednijim stadijima zrelosti gonada (stadiji V i VI), dok je čitava populacija inćuna bila spolno zrela u dužinskom razredu od 12,5 cm (Sl. 4.3.47.).



Postotak spolno zrelih jedinki incuna se povećavao s porastom totalne dužine tijela. Dobiveni rezultati su u skladu s dosadašnjim rezultatima istraživanja.



Slika 4.3.47. Dužina prvog spolnog sazrijevanja (učesće najnaprednijih stadija zrelosti gonada) incuna *Engraulis encrasicolus* iz uzoraka lovina ostvarenih u Novigradskom moru, 2003. godina. Izvor podataka: IOR-Split

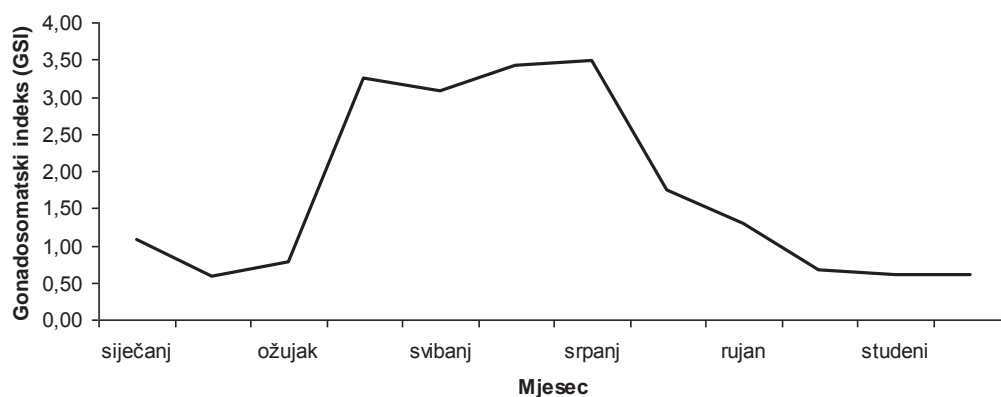
Prva spolna zrelost, odnosno dužina i starost pri kojima jedinke neke vrste po prvi put spolno sazrijevaju direktno utječe na reproduktivni potencijal vrste određujući trajanje razdoblja rasplodivanja svake jedinke, ujedno utječući na količinu reproduktivne mase. Na temelju utvrđene dužine pri kojoj riba dostiže svoju prvu spolnu zrelost se donosi zakonska regulativa o minimalnoj lovnoj dužini u svrhu očuvanja ribljih populacija. Time se osigurava normalno biološko obnavljanje, jer se od izlovljavanja čuvaju jedinke tjelesnih dužina manjih od dužine prvog spolnog sazrijevanja tj. mlađ. Tako je i ova prethodno iznensena vrijednost za incuna korištena kod donošenja Naredbe o zaštiti riba i drugih morskih organizama, Zakona o morskom ribarstvu, gdje se nalaze minimalne dužine gospodarstveno najvažnijih vrsta ispod kojih je ribolov određene vrste zabranjen. Minimalna lovna dužina za incuna je 9,0 cm.

Spolni ciklus

S ciljem potpunijeg i detaljnijeg istraživanja reproduktivnog ciklusa i mriješćenja incuna na istraživanom području (istočni dio Jadrana) je analizirano i kolebanje gonosomatskog odnosa svih jedinki prikupljenih tijekom desetogodišnjeg promatranog razdoblja (siječanj-prosinac, 2001. - 2010. god.) (Sl. 4.3.48.). Sa slike 4.3.48. uočava se da se mriješćenje incuna odvija tijekom toplijeg dijela godine (travnja – srpnja), dok su jedinke srdele u stanju mirovanja od rujna do ožujka odnosno tijekom hladnijeg dijela godine. U 2010. godini su prosječne mjesečne vrijednosti gonosomatskog indeksa (GSI) kolebale od 0,58 % (veljača) do 5,19 % (travanj). Podaci analiziranog materijala u cjelini za 2010. godinu ukazuju na visoke srednje mjesečne vrijednosti gonosomatskog indeksa tijekom razdoblja od travnja, kada je ista dosegla i svoju maksimalnu vrijednost (5,19%), do srpnja (Sl.



4.3.48.). Tijekom hladnijeg dijela 2010. godine odnosno od veljače (0,58%) do ožujka (0,67%) vrijednost promatranog indeksa je bila niska.

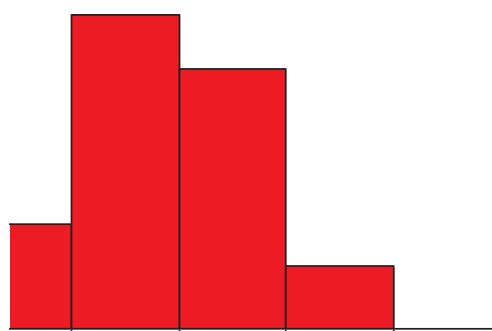


Slika 4.3.48. Kolebanje srednjih mjesečnih vrijednosti gonosomatskog indeksa jedinki inćuna ulovljenih na ribolovnom području istočnog Jadrana, siječanj-prosinac, 2001. - 2010. god. *Izvor podataka: IOR-Split*

Prema do sada objavljenim podacima inćun se u Jadranu mrijesti od travnja do rujna. Ovdje svakako treba imati na umu da se podaci o vremenu mriješćenja mijenjaju iz godine u godinu u ovisnosti od kolebanja čimbenika sredine - dostupnost i obilnost hrane, temperatura i salinitet.

Starosna struktura

U 2010. godini očitavanjem starosti preko otolita inćuna su ustvrđena četiri starosna razreda - od 0 do 3 godina starosti, a najzastupljenije su bile jedinke starosti 1 godine (42,3 %)(Sl. 4.3.49.).



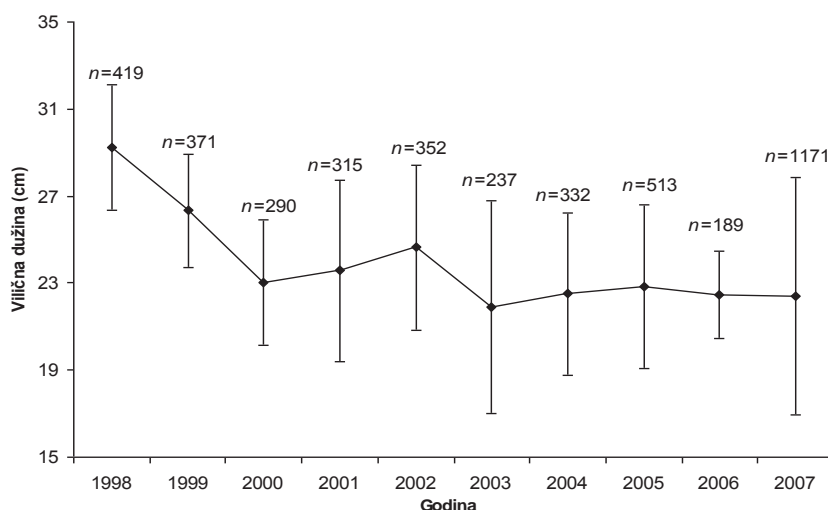
Slika 4.3.49. Raspodjela starosnih grupa inćuna prikupljenih na ribolovnom području istočnog dijela Jadrana tijekom prvih deset mjeseci istraživanja (siječanj - listopad, 2010. god.). *Izvor podataka: IOR-Split*



Lokarda

Dužinska struktura

Tijekom 10 godisnjeg razdoblja istraživanja (1998. – 2007. god.), dužine tijela lokarde su varirale (Sl. 4.3.50.). Tako je uočljivo da se od 1998. godine srednja lovna dužina (29,2 cm) jedinki smanjivala do 2007. godine, sa minimalnom srednjom vrijednošću zabilježenom u 2003. godini (21,9 cm). Ukupno gledajući, u ovom razdoblju lokarda je bila viličnih dužina od 10,4 cm (2001.) do 39,0 cm (2007.), sa srednjom vrijednosti od $23,8 \pm 4,68$ cm.



Slika 4.3.50. Srednje vrijednosti vilične dužine tijela lokarde tijekom razdoblja od 1998. do 2007. god. u istočnom dijelu Jadrana. *Izvor podataka: IOR-Split*

Prva spolna zrelost

Logističkim su modelom temeljem stvarnih vrijednosti učešća jedinki s najnaprednijim stadijima zrelosti gonada (stadiji V, VI i VII) u pojedinim jednocentimetarskim razredima viličnih dužina lokarde dobivene funkcije iz kojih se očitavala vilična dužina pri kojoj je 50 % jedinki, odnosno čitava populacija (100 %) spolno zrelo. Dobivene su jednadžbe:

$$\text{Mužjaci: } P_{LF} = 104,33 / (1 + e^{3,63 - 0,21 LF}); \quad r^2 = 0,695,$$

$$\text{Ženke: } P_{LF} = 99,43 / (1 + e^{9,26 - 0,46 LF}); \quad r^2 = 0,852,$$

$$\text{Ukupno: } P_{LF} = 102,86 / (1 + e^{4,78 - 0,26 LF}); \quad r^2 = 0,789,$$

gdje je P_{LF} omjer između „spolno zrelih“ i ostalih jedinki, a LF vilična dužina tijela lokarde.

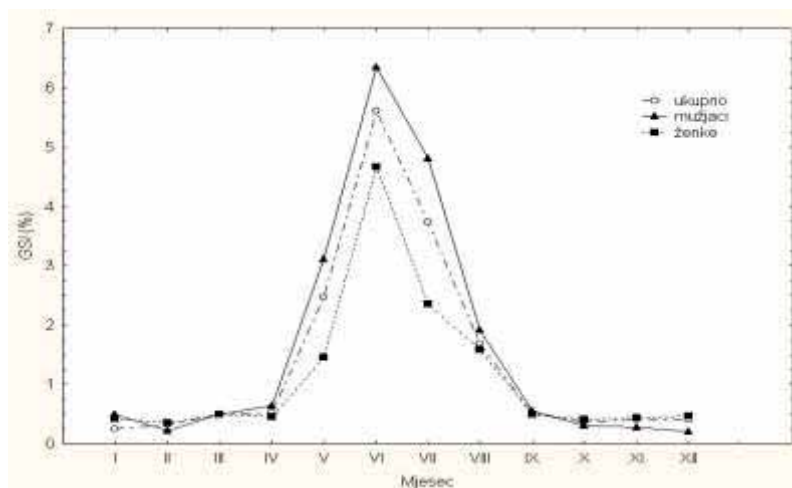
Gledajući ukupni materijal, 50 % jedinki je bilo spolno zrelo pri 18,3 cm vilične dužine. Čitava populacija, tj. 100 % jedinki mužjaka bilo je spolno zrelo u razredu od 28,0 cm vilične dužine, dok je 100% ženki bilo spolno zrelo pri 26,0 cm vilične dužine. Koeficijenti determinacije za izračunati logistički model su bili visoki i značajni ($0,695 < r^2 < 0,852$); stvarne vrijednosti učešća najnaprednijih stadija zrelosti gonada dobro se podudaraju s funkcijom promatranog logističkog modela.

Spolni ciklus

Spolni ciklus lokarde je izučavan analizom stadija zrelosti gonada, mase gonada i gonadosomatičkog indeksa tijekom godine. Temeljem svih ovih parametara je



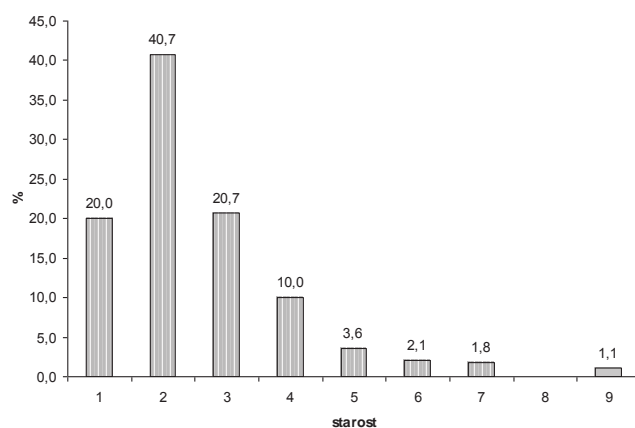
ustanovljeno da se najintenzivnije mriješćenje lokarde u području Jadrana odvija u toplijem dijelu godine, točnije od svibnja do kolovoza (Sl. 4.3.51.). Razmatrajući ukupno analizirani materijal uočljivo je da su srednje vrijednosti gonadosomatskog indeksa kolebale neznatno oko niskih vrijednosti od siječnja do travnja, od $0,32 \pm 0,23$ % do $0,52 \pm 0,58$ %. Nakon toga je uslijedio porast srednjih vrijednosti do maksimalnih vrijednosti zabilježenih u lipnju ($5,61 \pm 3,38$ %). Srednje vrijednosti gonadosomatskog indeksa za ukupni analizirani materijal su padale do rujna ($0,51 \pm 0,57$ %). Nakon toga su iznosi bili niski tijekom zimskog razdoblja; kolebali su oko 0,40 %.



Slika 4.3.51. Kolebanje srednjih mjesečnih vrijednosti gonadosomatskog indeksa mužjaka, ženki i ukupno, uzorci lovina lokarde, istočni dio Jadrana, 1998. - 2007.god.
Izvor podataka: IOR-Split

Starosna struktura

Očitavanjem starosti lokadre preko otolita dobivena je raspodjela starosnih grupa prikazana na slici 4.3.52. Naime, u lovinama je tijekom razmatranog razdoblja prevladavala lokarda starosti 2+ (40,7 %). Jedinke starosti 0+ kao i one 8+ nisu nađene.



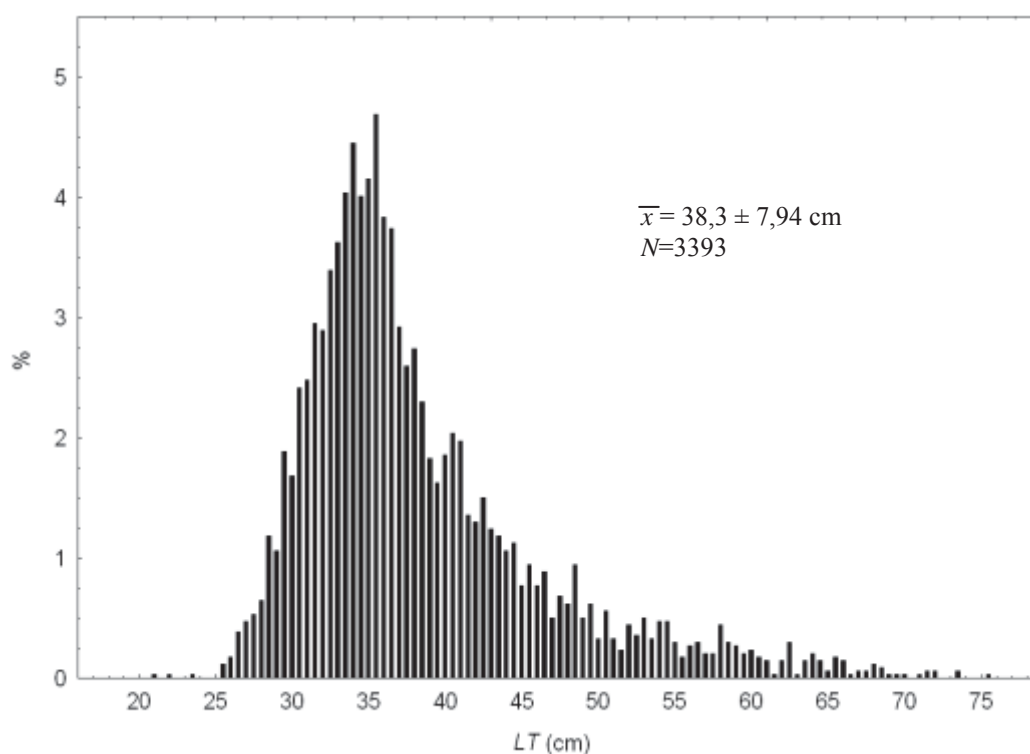
Slika 4.3.52. Raspodjela starosnih grupa lokarde prikupljenih na ribolovnom području istočnog dijela Jadrana tijekom 1998.-2007. god. Izvor podataka: IOR-Split



Iglica

Dužinska struktura

U razdoblju od siječnja 2003. do prosinca 2008. godine na širem ribolovnom području istočnog dijela srednjeg Jadrana su sakupljene i obrađene jedinke iglice, čija se vrijednost totalne tjelesne dužine (LT) kretala u granicama od 20,8 cm do 75,4 cm. Srednja je vrijednost totalnih dužina tijela iglice iznosila $38,3 \pm 7,94$ cm s dominantnom modalnom vrijednošću od 35,5 cm (4,69 %) (Sl. 4.3.53.). U cjelokupnom je materijalu bilo 34,4% mužjaka i 35,2 % ženki, dok kod 30,4 % jedinke nije bilo moguće odrediti spol. Kod mužjaka su se izmjerene vrijednosti totalne dužine kretale u rasponu od 27,7 cm do 62,6 cm, sa srednjom vrijednošću od $37,4 \pm 5,37$ cm i dominantnom modalnom vrijednošću od 35,5 cm (7,8 %). Raspon totalne dužine tijela ženki iglice je varirao u granicama od 27,2 cm do 75,4 cm. Srednja vrijednost totalne dužine tijela ženki je iznosila $43,6 \pm 9,12$ cm, dok je dominantna modalna vrijednost dobivena u dužinskom razredu od 40,5 cm s učestalošću od 3,4 %, a sekundarna od 35,5 cm s učestalošću od 3,4 %. Srednja je vrijednost totalne dužine tijela jedinki iglice u pojedinim godinama istraživanja varirala pa je tako najmanja srednja vrijednost totalnih dužina tijela iglice zabilježena u 2005. godini i iznosila je $35,98 \pm 6,630$ cm, dok je najveća vrijednost iste zabilježena u 2007. godini i iznosila je $43,69 \pm 9,164$ cm (Tab. 4.3.1.).



Slika 4.3.53. Učestalost totalnih tjelesnih dužina (LT) analiziranih jedinki iglice u lovinama ostvarenim u istočnom dijelu srednjeg Jadrana, 2003.– 2008. god. *Izvor podataka: IOR-Split*



Tablica 4.3.1. Raspodjela totalnih dužina (LT) tijela iglice iz uzoraka lovina ostvarenih u istočnom dijelu srednjeg Jadrana u razdoblju istraživanja siječanj 2003. – prosinac 2008. god; minimum (Min), maksimum (Max), te srednja vrijednost (\bar{x}) s pripadajućom standardnom devijacijom (SD) i greškom srednje vrijednosti (SE). *Izvor podataka: IOR-Split*

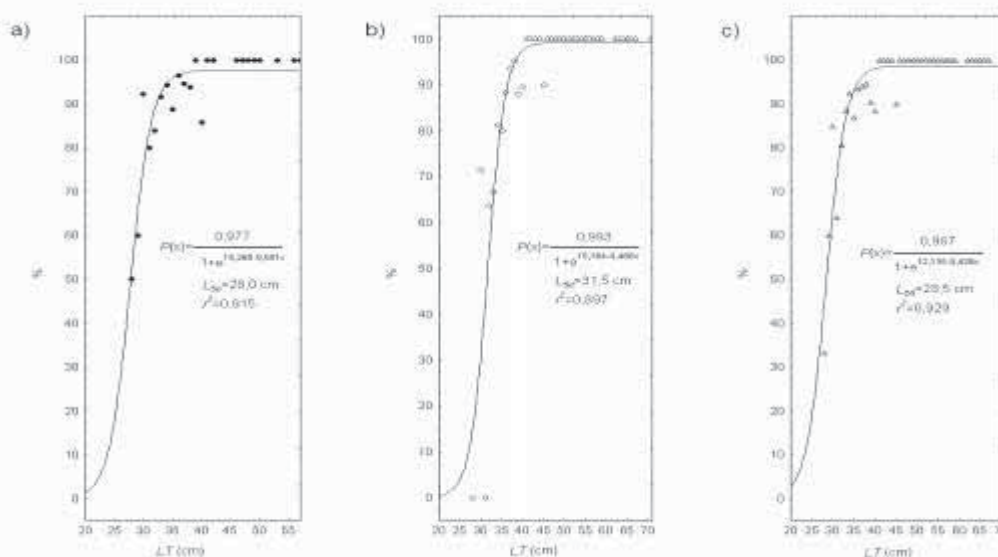
Godina	Min (cm)	Max (cm)	$\bar{x} \pm SD$ (cm)	$\bar{x} \pm SE$ (cm)
2003.	26,1	62,4	$37,99 \pm 5,130$	$37,99 \pm 0,275$
2004.	23,3	59,1	$37,58 \pm 6,024$	$37,58 \pm 0,337$
2005.	20,8	71,4	$35,98 \pm 6,630$	$35,98 \pm 0,171$
2006.	30,0	67,2	$38,26 \pm 7,707$	$38,26 \pm 0,423$
2007.	30,8	75,4	$43,69 \pm 9,164$	$43,69 \pm 0,436$
2008.	27,7	73,7	$41,42 \pm 9,561$	$41,42 \pm 0,430$

Prva spolna zrelost

Logističkim modelom, temeljem stvarnih vrijednosti učešća najnaprednijih stadija zrelosti gonada (V,VI,VII) tijekom razdoblja najintenzivnijeg mriješćenja (ožujak – svibanj), u pojedinim jednocentimetarskim dužinskim razredima iglice je dobiveno da 50% muške odnosno ženske populacije iglice spolno sazrijeva pri ukupnoj dužini tijela od 28,0 cm odnosno 31,5 cm (Sl. 4.3.54.). Za čitavi analizirani materijal iglice je definirana 50% spolna zrelost pri ukupnoj dužini tijela od 28,5 cm.

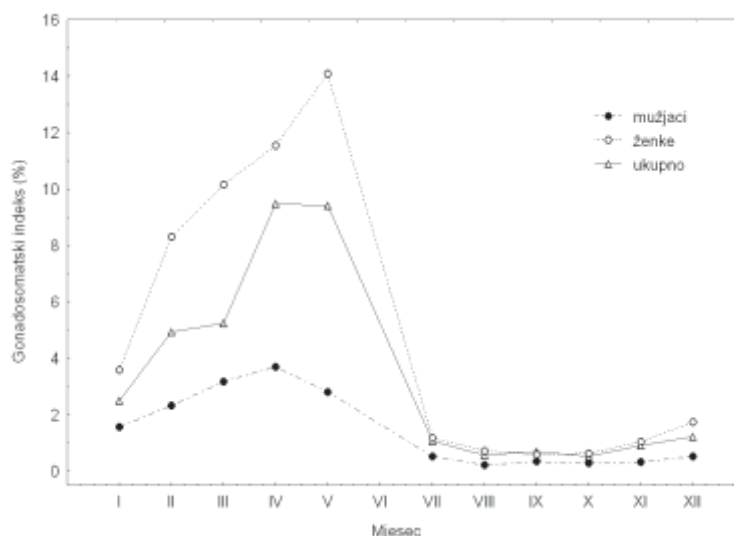
Spolni ciklus

Analizom stadija zrelosti gonada, mase gonada i gonosomatskog indeksa tijekom godine je ustanovljeno da je najintenzivnije mriješćenje iglice u području Jadrana bilo početkom i sredinom proljeća - od ožujka do svibnja, kao i to da je najintenzivnije mriješćenje mužjaka započelo mjesec dana ranije, točnije u travnju, za razliku od ženki (Sl. 4.3.55).



Slika 4.3.54. Učešće najnaprednijih stadija zrelosti gonada iglice (V, VI, VII) promatrano odvojeno za mužjake (a) i ženke (b) te za cjelokupni analizirani materijal (c) sakupljen na širem ribolovnom području srednjeg Jadrana, ožujak – svibanj, 2003.-2008. god. *Izvor podataka: IOR-Split*





Slika 4.3.55. Kolebanje srednjih mjesečnih vrijednosti gonosomatskog indeksa mužjaka i ženki, te u cjelini svih jedinki iglice ulovljenih na širem ribolovnom području srednjeg Jadrana, 2003. – 2008. *Izvor podataka: IOR-Split*

Starost

Analizom starosti iglice preko otolita je uočeno da je najveći broj jedinki iglice bio u dobi od 3+ (45,9%). Dobiveni parametri rasta svih analiziranih jedinki iglice iz istočnog dijela srednjeg Jadrana u razdoblju istraživanja su $L_{\infty}=106,0$ cm, $K=0,11$ god⁻¹, $t_0= - 0,682$ god i $W_{\infty}=2066,5$ g. Parametri rasta mužjaka su iznosili $L_{\infty}=107,0$ cm, $K=0,10$ god⁻¹, $t_0= - 1,266$ god, $W_{\infty}=2143,5$ g, a ženki: $L_{\infty}=108,5$ cm, $K=0,11$ god⁻¹, $t_0= - 0,742$ god i $W_{\infty}=2121,5$ g.

Zaključna razmatranja vezana uz pelagična naselja

Općenito govoreći, biomasa sitne plave ribe u Jadranskom moru od samih početaka sustavnog monitoringa (1975. godine) do danas je izrazito kolebala. Međutim, tijekom zadnjih godina (2000.-2009. godine) je zabilježen pozitivan trend kretanja biomase kako kod srdele tako i kod inćuna. Upravo ovo upućuje na blago obnavljanje populacija navedenih vrsta, koje je vjerojatno uslijedilo kao posljedica nešto jačeg novačenja. Na nešto intenzivnije novačenje ukazuje i većina indikatora, koji opisuju stanje promatranih populacija kao što su kretanje srednje lovne dužine, kolebanje alometrijskog koeficijenta i sl. Imajući u vidu da su srdela i inćun kratkoživuće vrste (spolno sazriju i počnu se razmnožavati već krajem prve godine života) i u stanju su podnijeti višu razinu iskorištavanja od dugoživućih vrsta, obimnost njihovih naselja ovisi o razini ribolovnog pritiska, ali i o uspješnosti njihovog mriješćenja, preživljavanje ranih životnih stadija i godišnjem novačenju (obnovi) populacije. Stoga je kod gospodarenja ovim vrstama, nužno potrebno posvetiti pažnju zaštiti „spawning stock-a“ neposredno prije i tijekom mriješćenja odgovarajućim lovostajem, te osigurati nesmetan razvoj juvenilnih primjeraka u njihovim rastilištima, a time i dobro novačenje (obnovu) populacija. Uzimajući u obzir sve navedeno preporuka je ne povećavati ribolovni napor.



4.3.3. Stanje priobalnih zajednica

Priobalni ribolov, kojim se izlovljavaju priobalne bio-zalihe mora, obavlja se na ograničenom području koje karakterizira različita geomorfološka struktura, različiti sedimentološki pokrov te složen sastav i rasprostranjenje životnih zajednica. Takva ekološka raznolikost biotopa uvjetovala je biološku raznolikost, naseljavanje i zadržavanje velikog broja riba, glavonožaca, rakova i školjkaša te drugih životinjskih vrsta od ribarstveno-ekonomske važnosti na tom području, što je pogodovalo razvoju velikog broja različitih ribolovnih alata i tehnika za izlovljavanje tih bio-zaliha. U priobalnom ribolovu Republike Hrvatske djeluje bez svake sumnje najveći broj ribara i ribolovnih sredstava, a lovine koje se tu ostvaruju kvalitetom nadilaze one ostvarene kočarskim ribolovom, a vjerojatno i one ostvarene pelagijskim i kočarskim ribolovom zajedno.

Priobalno područje i priobalni ribolov (ribolov malim ribolovnim alatima - *small-scale fisheries* ili *artisanal fisheries*) nema standardne definicije. Pod terminom priobalnog područja označava se maritimni ili lagunarni pojas koji se proteže između kopna i dubokog mora. Pri određivanju toga pojasa može se uzeti u obzir više različitih kriterija, tj. geografski (pojas od 3 n.m., koji je najčešći), zatim batimetrijski (samovoljno određena dubina), tehnološki (ribolov malim ribolovnim alatima) ili socio-ekonomski (pojas isključivo obrtničkog ribolova malim ribolovnim alatima). Prema nekim autorima područje priobalnog ribolova uz istočnu obalu Jadrana je pojas uz kopno i otoke uglavnom do 80 m dubine, a širina toga područja eksploatacije, zavisno od konfiguracije dna i dubine, iznosi u prosjeku oko 300 m (50-2000 m). Tu još pripadaju prostori brakova, koji se nalaze dalje od obale. Ovako precizirana zona priobalnog ribolova obuhvaća oko 6% ukupne površine ribolovnog mora Republike Hrvatske, ili oko 14% površine unutrašnjeg ribolovnog mora. Ukoliko se ipak uzme da je područje priobalnog ribolova pojas od oko 3 n.m. od obal kopna ili otoka, kako se to drugdje općenito uzima, onda bi to područje zauzimalo površinu gotovo čitavog unutrašnjeg ribolovnog mora, dakle oko 12500 km², ili gotovo 40% ribolovnog mora Republike Hrvatske.

Ovaj se tip ribolova obavlja na produkcijski najznačajnijem dijelu istočnog Jadrana, što treba prije svega zahvaliti blizini kopna, većem dotoku slatke vode i relativno maloj dubini. Produktivnost je ove zone danas nesumnjivo još i veća zbog pojave eutrofikacije, tj. unošenja većih količina hranjivih soli „izvana“ i to unošenje putem rijeka i otpadnih voda s urbanih područja, može zapravo u moru uvjetovati dvije potpuno oprečne pojave. S jedne strane povećava se produktivnost, a s druge strane ona se može pod određenim uvjetima negativno odraziti na život u moru. Potencijalni negativni učinak se očituje u pojavi anoksije koja nastaje za vrijeme razgradnje naglo nagomilane organske tvari, npr. poglavito tijekom izrazitih i naglih pojava „cvjetanja mora“ i isto tako naglog ugibanja fitoplanktonskih organizama (anoksična stanja u pravilu uzrokuju masovni pomor riba, osobito njihovih najranijih razvojnih stadija, i drugih morskih organizama). Uz istočnojadransku obalu su izrazito eutrofizirana područja Tršćanskog i Kaštelanskog zaljeva, a također i gradska te estuarna područja većih rijeka. Priobalno područje je također pod snažnim utjecajem stalno rastućeg zagađenja mora, ali stvarni utjecaj zagađenja, kao i eutrofikacije na život u moru nije moguće kvantitativno odrediti.

Priobalni ribolov uzduž hrvatske obale ima veliku važnost u okviru ukupnog ribolova Republike Hrvatske na moru. U priobalnom ribolovu se koriste gotovo svi od oko 55 vrsta ribolovnih alata koliko ih je poznato na istočnom Jadranu. i u svjetskim razmjerima ribolov koji se odvija u priobalnom moru malim ribolovnim alatima ima veliko značenje. On sudjeluje s približno polovinom ukupnog svjetskog ulova jestivih organizama u moru i zapošljava negdje oko 90% svih ribara. Lovine koje se ostvaruju u priobalnom području po svojoj raznovrsnosti i kvaliteti svakako nadmašuju one ostvarene dubinskim povlačnim mrežama-koćama u otvorenom moru. Priobalno područje naseljavaju pored riba



karakterističnih za plitko more (porodice Sparidae, Labridae, Scorpaenidae, Sciaenidae, Mugilidae, Atherinidae, Moronidae, Serranidae) i one ribe koje imaju široku ekološku valencu, a inače su karakteristične za dublja morska područja. Gotovo sve vrste velikih morskih rakova, s izuzetkom škampa, dolaze u plićem priobalnom području (jastog, hlap, rakovica, kuka), kao i brojne gospodarski važne vrste glavonožaca (sipa, hobotnica, muzgavac, lignja), te, bez izuzetaka, sve gospodarski značajne vrste školjkaša. Samo, npr. u lovinama mreža poponica, za koje postoje dugogodišnji nizovi podataka (oko 35 godina), zabilježeno je oko 120 vrsta riba, što je iznad $\frac{1}{4}$ poznatih vrsta u Jadranu, zatim 8 vrsta jestivih rakova i 4 vrste glavonožaca.

Istraživanja priobalnih naselja riba, rakova i glavonožaca u priobalnom području istočnog Jadrana su započela relativno kasno, negdje 50-ih godina prošlog stoljeća analizom količine i sastava lovina malih obalnih koćica (tartana) na području srednje Dalmacije. Vrlo slična istraživanja su se provodila i kasnije na lovinama mreže migavice u području Dugog otoka i strašina na splitskom području. Analize lovina mreža poponica sa gledišta sastava i količine te promjena u lovinama započinju 1960. godine na području Dalmacije. Ta su istraživanja nastavljena kasnije i na drugim područjima uz istočnu obalu, a provode se i danas. Tim istraživanjima, koja su se na nekim područjima provodila s manjim ili većim razmacima preko 30 godina (poglavito područje Kornata, Splita i srednjedalmatinskog otočnog područja), obuhvaćena je gotovo čitava istočnojadranska obala od zapadne Istre do Crnogorskog primorja. Također su u novije vrijeme provedene analize lovina brojnih ribolovnih alata: a) strašina na trogirskom području, b) koćice ili tartane na murterskom području i širem području Dalmacije, c) migavice na širem području Dalmacije, d) tramate (ludra, zagonice, fružate) na sjevernom i srednjem Jadranu, e) kogola na području srednjedalmatinskih otoka, f) girarice na području Lošinja, Paga, Omiša i Korčule; f) psara na području Kornata, g) bukvara na području Korčule, h) parangala, i) listarica na području otoka Oliba te uzduž zapadne obale Istre itd.

Od ribolovnih alata (mreža) koji se upotrebljavaju u priobalnom ribolovu postojeća statistika bilježi sljedeće: potegače (migavica, šabakun, girarica, igličare i dr.), povlačne mreže (obalne koćice ili tartane, kogol), stajačice (prostice, gavunare, poponice i pasare), zagonice, ciplare, a od ribolovnog pribora vrše za lov riba i rakova, dredže za lov školjaka, parangale, te ribarske brodice.

Poponice

Zahvaljujući dugogodišnjim analizama lovina mreža poponica (Slika 4.3.56.) uzduž gotovo čitave istočne obale Jadranskog mora dobiven je detaljan uvid u stanje, promjene, tijek i intezitet promjena u priobalnim naseljima riba, glavonožaca i rakova kroz 35-godišnje razdoblje. Promjene u naseljima nužno dovode do promjene u lovinama. Budući su poponice vrlo učinkovit i gotovo neselektivan ribolovni alat, njihove lovine najpotpunije odražavaju stanje i nastale promjene u ribljim naseljima. Poponice se koriste u užem priobalnom području, na svim vrstama morskog dna i različitim dubinama, obično od svega nekoliko pa do nekoliko desetaka metara. Eksperimentalne lovine su ostvarivane uglavnom na dubinama do 30 m, najčešće od 15 do 20 m.





Slika 4.3.56. Mreža poponica

Promjene u lovinama su se očitavale u količini ulova, alternaciji zastupljenosti nekih porodica i vrsta riba te nekih jestivih beskralješnjaka i promjenama dužinske strukture ciljanih (dominantnih) vrsta riba. Na svim područjima za koja postoje dugi nizovi podataka o masi ostvarenih lovina mreža poponica, kao što su područje Kornata, Splita, srednjedalmatinskih otoka i otoka Palagruža mogao se zabilježiti kontinuirani pad ulova. U masu ulova su uzimane u obzir mase riba, glavonožaca i jestivih rakova zajedno. Lovine su ostvarene standardnim načinom ribolova. Na području Kornata prosječna masa lovine po jednoj mreži poponici (odnosno jedinici ribolovnog napora) je iznosila u razdoblju 1960—1964. u prosjeku 1,48 kg. U razdoblju kasnijih istraživanja, između 1977. i 1982., ta se količina smanjila na 0,62 kg, a u razdoblju 1987.-1992. na svega 0,56 kg. Prosječna se lovina po jednoj mreži poponici u razdoblju od 32 godine smanjila za gotovo 63%, ili drugim riječima, današnje lovine na tom području po kvantiteti iznose tek 1/3 lovine iz razdoblja 1960-1964. Na području Splita su se mogle uočiti promjene u kvantitativnom pogledu. U razdoblju 1960.-1964. na tom je području prosječna lovina po jednoj mreži poponici iznosila 0,95 kg. Između 1960.-1964. i 1977.-1979., ta se količina smanjila na 0,5 kg, odnosno došlo je do smanjenja lovine za 47,7%. Opadanje je nastavljeno i nakon 1979. godine, tako da je u razdoblju 1990.-1994. prosječan ulov po jednoj mreži iznosio tek 0,35 kg. Za čitavo promatrano razdoblje smanjenje prosječne lovine je iznosilo 63,2%. Na području srednjodalmatinskih otoka dolazi do sličnih promjena u lovinama. U razdoblju 1960.-1964. postignut je prosječan ulov po jednoj mreži poponici od 1,8 kg. U narednom razdoblju, kada su ista takva istraživanja ponovljena, tj. između 1971. i 1987., lovina se smanjila na 0,7 kg, a u razdoblju 1990.-1994. bilježen je daljnji pad ulova na 0,67 kg. Tijekom čitavog 34-godišnjeg razdoblja prosječan ulov po jednoj mreži je smanjen za gotovo 63%. Na području od otoka Vira do Konavla, gdje se u sklopu kontrole kvalitete obalnog mora istražuju i obalna naselja riba, glavonožaca i rakova, i to na širem području Zadra, Šibenika, Splita, Dubrovnika te kod otoka Visa i u Malostonskom zaljevu, tijekom 1994. i početkom 1995. godine dobivene su prosječne vrijednosti lovina koje su zabrinjavajuće. Naime, za cijelo istraživano područje dobivena je lovina pod jednoj mreži od 0,34 kg, a po područjima kako slijedi: Zadar 0,2 kg, Šibenik 0,23 kg, Split 0,5 kg, Malostonski zaljev 0,31 kg, Dubrovnik 0,32 kg te Vis i Pakleni otoci zajedno 0,44 kg. Prosječne lovine su iznosile od svega 0,05 do 1,3 kg, a zastupljenost lovina ispod 0,5 kg je iznosila između 62,5 i 100%, u zavisnosti od područja. I u području južnog Jadrana, gdje su analize lovina mreža poponica obavljene u 1972. te u 1987. i 1988. godini, zapaženo je smanjenje prosječnog ulova. Tako se 1972. godine zabilježio prosječan ulov od 0,57 kg po jednoj mreži, a 1987.-1988. tek 0,43 kg, što ukazuje na smanjenje od 24,6%.



Smanjenja prosječnih lovina nije zabilježeno samo uz obalu kopna ili kod otočnih skupina bližih kopnu nego i na području udaljenih otoka. Dobar je primjer promjena stanja u naseljima riba, rakova i glavonožaca područje otoka Palagruže za razdoblje od 1961.-1995. godine. Godine 1961. prosječan ulov po jednoj mreži bio je oko 2 kg, a već 1970.-71. on se smanjio na 1,9 kg, a u razdoblju 1987.-1989. na 1,3 kg. To smanjenje se nastavilo i kasnije, jer je 1995. godine ulov iznosio 1,1 kg po mreži, što ukazuje da se ulov smanjio za gotovo 45%.

U svim gore navedenim primjerima došlo je i do smanjenja prosječnog broja primjeraka riba i drugih jestivih organizama u lovinama. Tako na primjer u području Kornata to smanjenje od 1960. do 1992. iznosi približno 52,7%, a na području otoka Palagruže od 1961. do 1995. ono iznosi čak 60%.

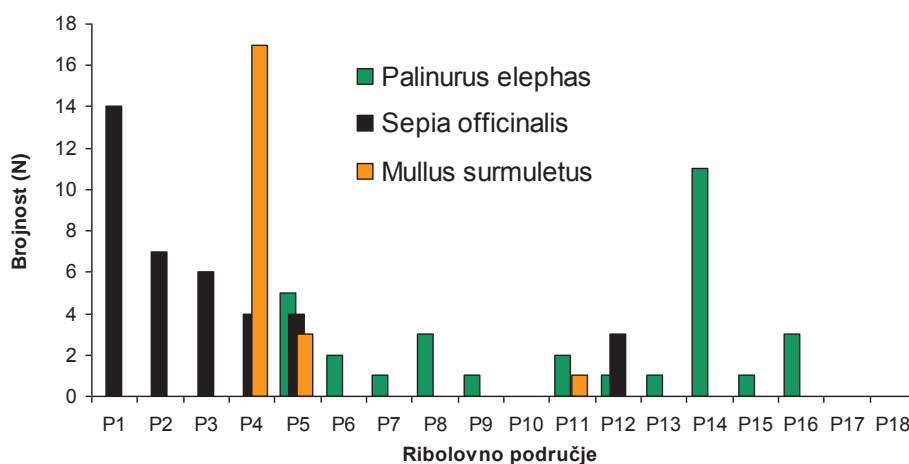
Općenito se može reći da područja udaljenija od obale kopna i priobalnog otočnog pojasa, npr. područje Palagruže, Brusnika, Lastova, Svetog Andrije i sl. Daju bolje lovine. Ova razlika je zapažena tijekom prvih godina analiza lovina mreža poponica na području Dalmacije u razdoblju 1960.-1964., a potvrđena je i tijekom novijih istraživanja. Spomenuta razlika se može moguće objasniti udaljenošću ribolovnih područja i stoga slabijim intezitetom ribolova na njima. No, i ova područja pokazuju znakove općeg osiromašjenja i smanjenja ulova po jedinici ribolovnog napora, te druge promjene, kao i sva ostala područja. Ta razlika je danas manja i na razini manjih nominalnih vrijednosti, jer se danas nigdje ne lovi onoliko koliko se lovilo ranije. Opadanje ulova mreža poponica se očituje i u zastupljenosti kategorija prosječnih lovina po jednoj mreži na istraživanim područjima tijekom razdoblja 1960.-1995. Kvalitativne promjene u lovinama se ogledaju u zastupljenosti porodica i vrsta riba, glavonožaca i rakova tijekom razdoblja istraživanja. Gledano u cijelini na čitavom istraživanom području srednjeg i južnog Jadrana od riba dominiraju u eksperimentalnim lovinama mreža poponica brojem i masom vrste *Scorpaena porcus*, *Symphodus tinca* i *Mullus* sp. (uglavnom masom), zatim od glavonožaca vrste *Sepia officinalis* i *Octopus vulgaris*, a od rakova vrsta *Maja crispata*. Trend brojčane i masene zastupljenosti *Scorpaena porcus*, *Symphodus tinca* te *Maja crispata* je u kontinuiranom porastu za razdoblje 1962.-1993., dok se suprotno (trend opadanja) uočava za vrste iz roda *Mullus* (*Mullus surmuletus*) i glavonošca *Octopus vulgaris*.

Svi navedeni primjeri navode na zaključak da su priobalne bio-zalihe uz istočnojadransku obalu u velikoj mjeri iscrpljene, a za neka područja moguće govoriti čak i problemu prelova. To se osobito odnosi na ona priobalna područja na kojima je prosječan ulov po jedinici ribolovnog napora oko 0,5 kg ili ispod, a to su recimo područja Kornata, šira područja gradova (npr. Zadra, Splita, Šibenika, Dubrovnika), te nekih otoka udaljenih od kopna (Vis), Malostonski zaljev i dr. Ovdje treba naglasiti da su vrijednosti lovina na istraživanim područjima dosta ujednačene, što može ukazivati na općenito loše stanje priobalnih bio-zaliha, te se slično stanje može očekivati i na drugim priobalnim područjima. Na pojavu prelova u priobalnom području ukazuju i neki drugi podaci, kao opadanje prosječnih dužina i mase primjeraka pojedinih vrsta u lovinama, poremećen prijašnji odnos vrsta u lovinama, nestajanje nekih vrsta iz lovina i sl.

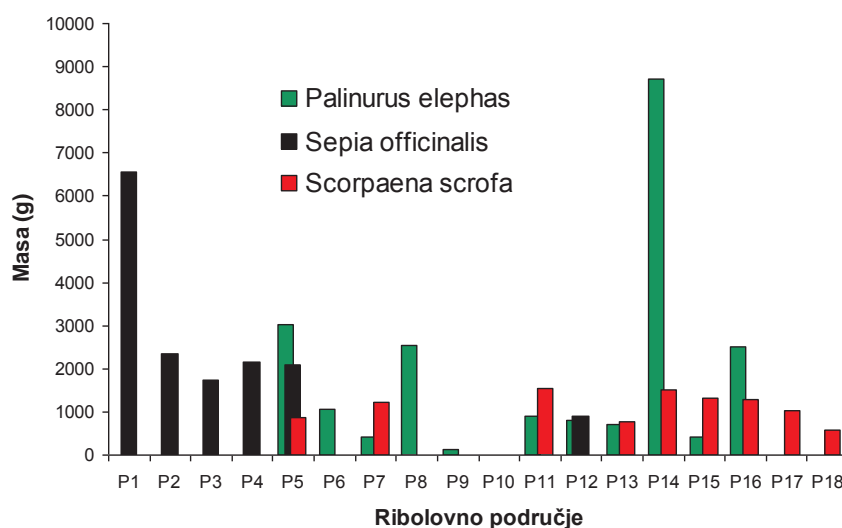
U 18 analiziranih lovina pridnenih troslojnih mreža stajačica – poponica ostvarenih u akvatorijima otoka Oliba, Visa, Biševa, Žirja i Mljeta tijekom 2010. godine ukupno su ulovljene 33 vrste, odnosno 280 jedinki biomase 97,760kg. Ribe su bile najbrojnije zastupljene sa 24 vrste (72,73%) – 170 jedinki (60,71%) biomase 53,409kg (54,63%). Ulovljene su 2 vrste glavonožaca (6,06%) – 39 jedinki (13,93%) biomase 18,043kg (18,46%) i 7 vrsta desetonožnih rakova (Crustacea, Decapoda) (25,36%) – 71 jedinki (25,36%) mase 26,308kg (26,91%).



Analizirajući zastupljenost pojedinačnih vrsta u ukupnoj lovini dobiveno je da je najučestalija vrsta bila sipa, *Sepia officinalis* (Slika 4.3.57.). Njena je masena zastupljenost bila 16,21% (15,843kg), a brojčana 13,57% (38 jedinki) svih ulovljenih, potencijalno iskoristivih, organizama. Vrsta s najvećom masenom zastupljenošću od 21,75% (21,259kg), odnosno brojčanom od 11,07% (31 jedinka), bio je jastog, *Palinurus elephas* (Slika 4.3.58.). Ostale gospodarstveno važnije vrste koje su maseno značajnije bile nazočne su: škrapina (*Scorpaena scrofa*) (10,37%), kovač (*Zeus faber*) (7,01%), tabinja (*Phycis phycis*) (6,92%), grdobina (*Lophius piscatorius*) (5,81%), trlja od kamena (*Mullus surmuletus*) (4,94%) i batovina (*Uranoscopus scaber*) (4,04%).



Slika 4.3.57. Raspodjela brojčano najzastupljenijih vrsta na svim istraživanim lovinama troslojnih mreža stajačica – poponica tijekom 2010. godine na ribolovnom području otoka Oliba, Visa, Biševa, Žirja i Mljeta. Izvor podataka: IOR-Split



Slika 4.3.58. Raspodjela maseno najzastupljenijih vrsta na svim istraživanim lovinama troslojnih mreža stajačica – poponica tijekom 2010. godine na ribolovnom području otoka Oliba, Visa, Biševa, Žirja i Mljeta. Izvor podataka: IOR-Split

Ciljane vrste

Škrapina, *Scorpaena scrofa* (Slika 4.3.59.)

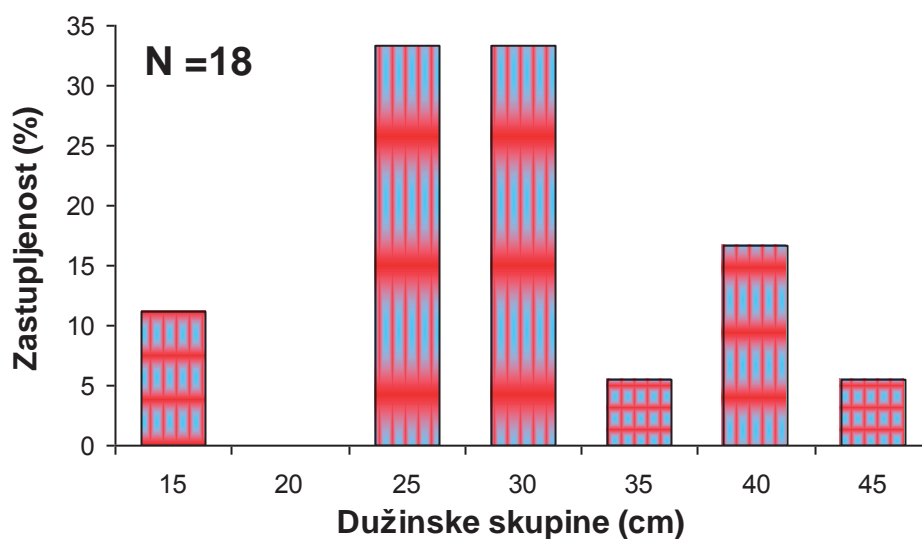
U analiziranim gospodarskim lovinama (18) mreža poponica na istraživanim područjima ulovljeno je ukupno 19 jedinki škrapine ukupne biomase 10,137kg. Raspon ukupne dužine tijela (Lt) ulovljenih riba se kretao od 18,2 do 46,1cm sa srednjom vrijednošću od 29,28 ±



7,867cm, a mase od 104 do 1500g sa srednjom vrijednošću od $533,53 \pm 406,481$ g. Starost ulovljenih jedinki, analizirana na temelju prikupljenih ljustica i dužinsko–starsnog ključa (neobjavljeni podaci autora), kolebala je u rasponu od 2 do 7 godina. Analizirajući štetnost ovog alata na populaciju škrpine (postotak spolno nedoraslih jedinki u lovini, koristeći vrijednost najmanje dozvoljene dužine koja se smije loviti, prevoziti i prodavati (25cm), danom "Naredbom o zaštiti riba i drugih morskih organizama" iz 2007. godine, proizlazi da je u ukupnoj lovini bilo 42,11% (8) spolno nezrelih jedinki. Primjeni li se, u ovom slučaju, međutim, dužina prvog spolnog sazrijevanja ženki ($L_t = 30$ cm) postotak se nedoraslih jedinki penje na 57,89% (ukupno 11) spolno nezrelih jedinki (Slika 4.3.60, Slika 4.3.61.).

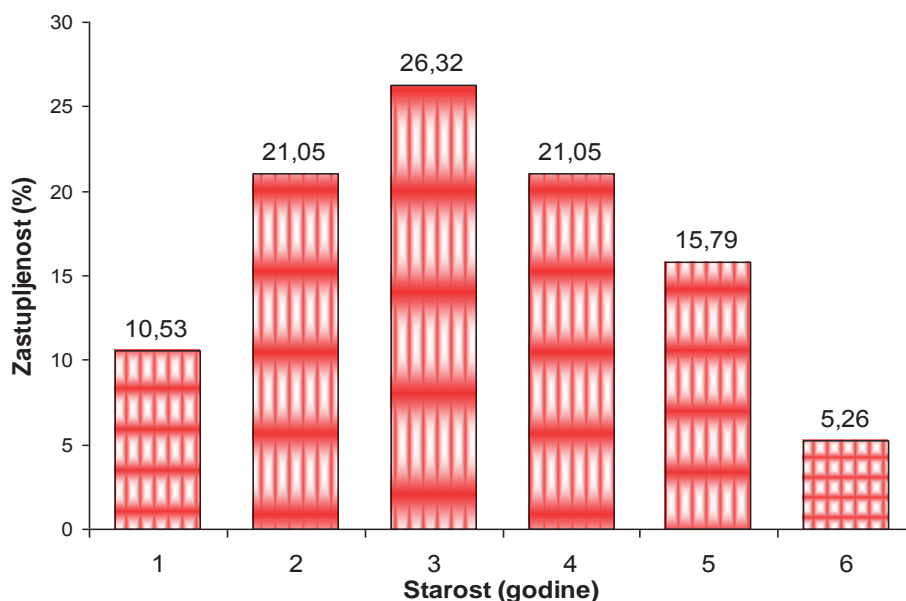


Slika 4.3.59. Škrpina



Slika 4.3.60. Učestalost pojavljivanja ukupnih tjelesnih dužina (L_t) jedinki škrpine, *Scorpaena scrofa*, u svim analiziranim lovinama mreža poponica tijekom 2010. godine na ribolovnom području otoka Oliba, Visa, Biševa, Žirja i Mljeta. Izvor podataka: IOR-Split





Slika 4.3.61. Starosna zastupljenost jedinki škrapine, *Scorpaena scrofa*, u svim analiziranim lovinama mreža poponica tijekom 2010. godine na ribolovnom području otoka Oliba, Visa, Biševa, Žirja i Mljeta. Izvor podataka: IOR-Split

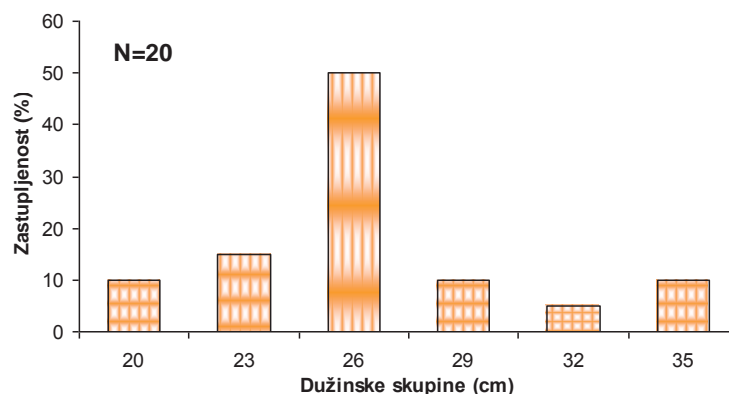
Trlja od kamena, *Mullus surmuletus* (Slika 4.3.62.)

U gospodarskim lovinama mreža poponica na istraživanom području ulovljeno je 20 jedinki vrste, ukupne biomase 4,579kg. Raspon ukupne dužine tijela (Lt) ulovljenih riba je bio od 20,3 do 35,1cm sa srednjom vrijednošću od $25,90 \pm 3,107$ cm, a mase od 110 do 520g sa srednjom vrijednošću od $229,75 \pm 115,637$ g. Starost ulovljenih jedinki, analizirana na temelju prikupljenih ljusaka i dužinsko – starosnog ključa (neobjavljeni podaci autora), kolebala je u rasponu od 3 do 9 godina. Analizirajući štetnost mreža poponica na populaciju ove ribe na istraživanim područjima (postotak spolno nedoraslih jedinki u lovinu), koristeći vrijednost najmanje dozvoljene lovne veličine (11cm) iz "Naredbe o zaštiti riba i drugih morskih organizama" iz 2007. godine i dužinu spolnog sazrijevanja ženki $L_t = 18$ cm, proizlazi da u ukupnoj lovinu nije bilo spolno nezrelih jedinki.



Slika 4.3.62. Trlja kamenjarka





Slika 4.3.63. Učestalost pojavljivanja ukupnih tjelesnih dužina (Lt) jedinki trlje od kamena, *Mullus surmuletus*, u svim analiziranim lovinama mreža poponica tijekom 2010. godine na ribolovnom području otoka Oliba, Visa, Biševa, Žirja i Mljeta. Izvor podataka: IOR-Split

Sipa, *Sepia officinalis*

U analiziranim lovinama mreža poponica na istraživanim područjima ulovljeno je 38 jedinki sipe ukupne biomase 15,843kg. Srednja vrijednost dužine plašta ulovljenih jedinki iznosila je $14,93 \pm 2,682\text{cm}$ (raspon od 11,7 do 23,6cm), a mase $416,92 \pm 210,611\text{g}$ (raspon od 206 do 1184g). Prema dostupnim podacima sipa spolno sazrijeva kod nekih 12-tak cm dužine pa je u ostvarenim lovinama mreža poponica bilo 5 nedoraslih jedinki (10,4%). Ulovljene sipe, vjerojatno, pripadaju, u cijelosti, prvoj i drugoj starosnoj grupi. Ipak, znajući da je životni ciklus sipe veoma kratak i da ženke nakon odlaganja jaja u pravilu ugibaju, smatra se da je štetan utjecaj mreža poponica na naselja ove vrste ipak u prihvatljivim granicama.

Jastog, *Palinurus elephas*

U analiziranim lovinama mreža poponica na istraživanim područjima ulovljena je 31 jedinka jastoga ukupne mase 21,259kg. Srednja vrijednost dužine (od vrha rostruma do kraja repa) ulovljenih jedinki iznosila je $28,70 \pm 3,915\text{cm}$ (raspon od 17,2 do 36,6cm), a mase $685,77 \pm 303,099\text{g}$ (raspon od 121 do 1592g). U lovinama je bila samo jedna jedinka manja od 24cm (3,23%) (najmanja dozvoljena lovna dužina prema "Naredbi o zaštiti riba i drugih morskih organizama", 2007. godina). Jedinki manjih od 28cm što je realna dužina 50% sazrijevanja populacije jastoga u Jadranskom moru bilo je 11 (35,48%).

Potrebno je ne povećavati ribolovni napor, te nastaviti daljnja istraživanja zbog dobivanja cjelovite slika stanja biozaliha te mogućnosti predlaganja odgovarajućih mjera održivog ribolova mrežama poponicama. Problem je kod poponica nazočnost spolno nezrelih jedinki ciljanih vrsta (preko 20% u lovinama).

Budući da se o razini iskorištavanja priobalnih bio-zaliha može približno zaključiti prema kretanju broja ribolovnih alata koji se u priobalnom ribolovu koriste, tj. prema globalnom kretanju ribolovnog napora, može se reći da je ono bilo u stalnom porastu. Isto tako, ako je suditi prema prethodno iznesenim podacima o osiromašenju priobalnih bio-zaliha, ono je već odavno prešlo dopuštenu granicu razumnog gospodarenja.

Budućnost priobalnog ribolova se treba temeljiti na nacionalnoj strategiji razvoja morskog ribarstva i pratećih djelatnosti, koja bi se zasnivala na znanstvenim-gospodarstvenim, sociološko i ribarstveno-biološkim spoznajama. Kao prvi uvjet koji treba ispuniti postavlja



se razumno gospodarenje živim bogatstvima mora. To jednostavno znači da se ne smije loviti onoliko koliko se hoće, nego samo onoliko koliko se može, odnosno koliko to dopuštaju prirodne mogućnosti. Za postignuće tog cilja neophodno je potrebno znati kakve su produkcijske mogućnosti iskorištavanog područja i do koje se razine u iskorištavanju bio-zaliha došlo, da bi se potom odredila optimalno moguća razina rentabilnog iskorištavanja, vodeći uvijek pri tome obzira da preostali dio zaliha zadrži moć obnavljanja i i nadoknade izgubljenog dijela.

S obzirom na stanje bio-zaliha priobalnog područja kakvo je danas, možemo s pravom govoriti o prelovljenosti mnogih područja. Iako se ove tvrdnje temelje na analizi lovina jednog ribolovnog alata – mreže poponice na ograničenom priobalnom području, može se ipak kazati da se radi zaista najboljem „test-alatu“ u odnosu na sve druge koji stoje na raspolaganju zbog njegove upotrebljivosti, lovnosti i male selektivnosti. Trendovi koji su uočeni na temelju dugodišnjih analiza lovina odraz su globalnih zbivanja u priobalnim naseljima riba i drugih morskih organizama.

Migavica

Migavica je najbrojnija i najraširenija od obalnih mreža potegača (Slika 9). Kao što samo ime govori, sastavljena je od posebno, horizontalno postavljenog mrežnog tega koji se lijeska (miga) dok se mreža poteže prema obali, izazivajući tako strah kod riba. Migavica je vrlo učinkovita mreža i sigurno najlovnija od svih potegača. Namijenjena je prvenstveno ulovu gire oblice, *Spicara smaris*, koja u ostvarenim lovinama mora biti zastupljena s najmanje 80%. Migavica je obalna mreža potegača koja je prema "Pravilniku o obavljanju gospodarskog ribolova na moru" (Narodne novine 6/2006. godine) zabranjena od 1. svibnja do 30 rujna, i od zalaska do izlaska sunca. Veličina oka niti u jednom dijelu mreže ne smije biti manja od 12mm. Užad koja se koriste kao nadopuna ribolovu, ne smiju biti duža od 500m sa svake strane.

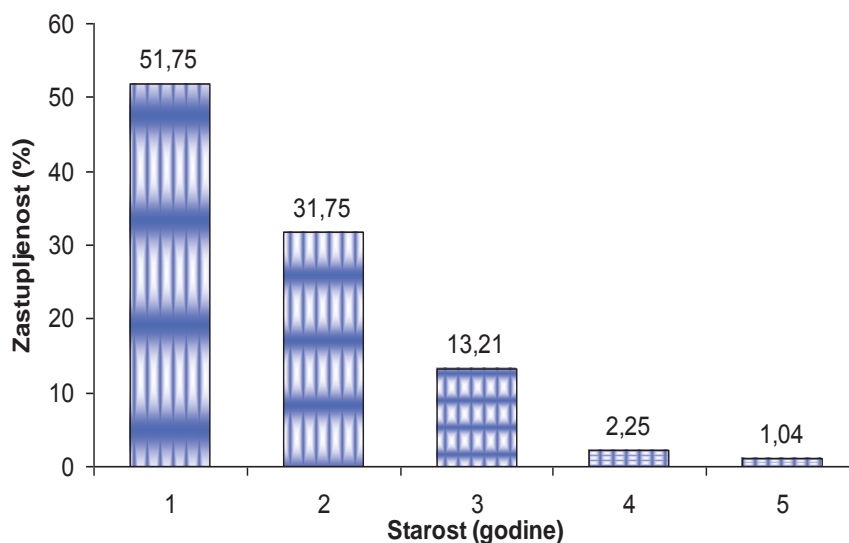


Slika 64. Ribolov migavicom

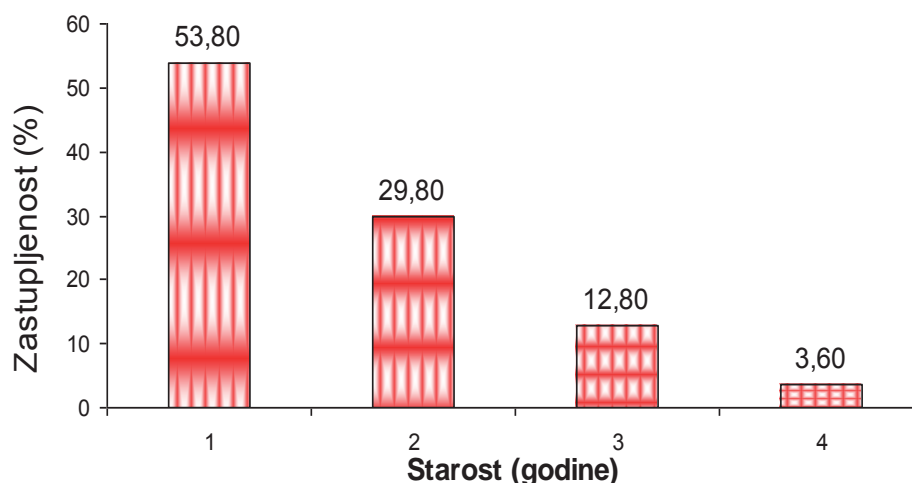
Analizirajući kvantitativni sastav ostvarenih potega migavicom (komercijalne lovine) oni su na cjelokupnom istraživanom području (primoštensko područje) tijekom 2010. godine kolebali od 23,721 do 51,011kg, sa srednjom vrijednošću od $x = 34,258\text{kg} \pm 10,873\text{kg}$. U analiziranim lovinama migavice (6 potega) ulovljeno je ukupno 2885 (32,12%) jedinki gire oblice ukupne biomase 34,229kg (16,65%). Raspon je ukupne dužine tijela (Lt) ulovljenih riba kolebao od 4,2 do 18,0cm (prosječno $10,81 \pm 2,300\text{cm}$), a mase od 0,6 do 48g (prosječno $11,87 \pm 7,178\text{g}$). Na temelju prikupljenih ljustica i dužinsko – starosnog ključa, te prema rezultatima o starosnim grupama gire, utvrđena je starost prikupljenih jedinki gire, u 2010. godini, od 1 do 5 godina, a najviše je bilo jedinki 1. godine (51,75%) (Slika 65). Analizirajući biološku štetnost ovog alata na populaciju gire oblice (postotak



spolno nedoraslih jedinki u lovini) na istraživanom području, proizlazi da je u ukupnoj lovini, tijekom 2010. godine, bilo čak 40,76% nezrelih primjeraka ove vrste (manjih od 10cm ukupne tjelesne) na istraživanom području. U analiziranim lovinama migavice (6 potega) ulovljeno je 500 (5,57%) jedinki trlje od kamena s ukupnom biomasom od 24,484kg (11,91%). Raspon je ukupne dužine tijela (Lt) ulovljenih riba bio od 8,2 do 22,2cm (prosječno $15,23 \pm 3,420$ cm), a mase od 6 do 145 g (prosječno $48,97 \pm 31,641$ g). Starost prikupljenih jedinki, kolebala je u rasponu od 1 do 4 godina, a prevladavale su jedinke 1. godine (53,80%). Analizirajući štetnost ovog alata na populaciju trlje od kamena (postotak spolno nedoraslih jedinki u lovini) proizlazi da su u ukupnoj lovini potencijalno nezrele bile sve jedinke manje od 14cm (56%) (Slika 66).



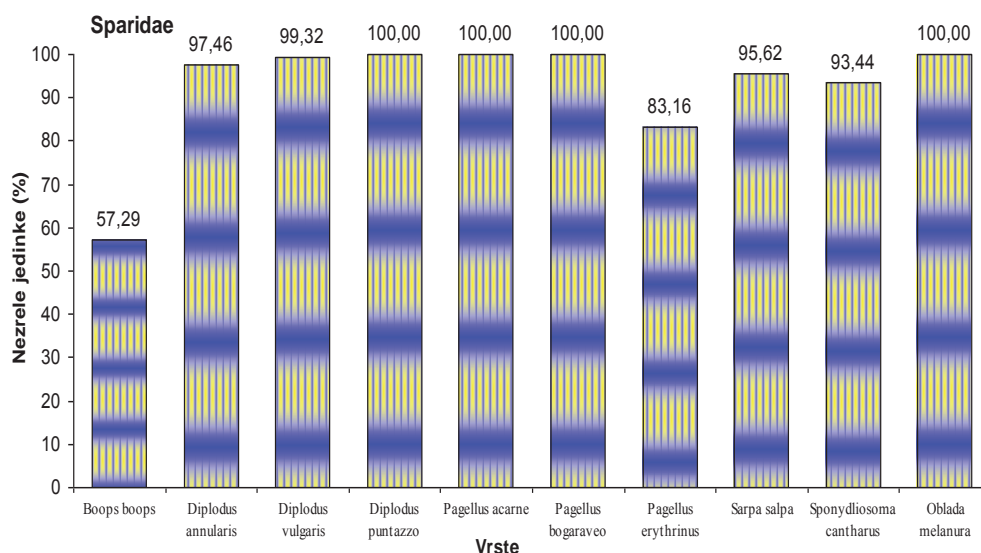
Slika 4.3.65. Starosna zastupljenost jedinki gire oblice, *Spicara smaris* u analiziranim lovinama mreže migavice tijekom 2010. godine na primoštenskom području. Izvor podataka: IOR-Split



Slika 4.3.66. Starosna zastupljenost jedinki trlje od kamena, *Mullus surmuletus* u svim analiziranim lovinama mreže migavice tijekom 2010. godine na primoštenskom području. Izvor podataka: IOR-Split



U lovinama obalne potegače – migavice zabilježeno je ukupno 10 vrsta ljuskavki i to: bukva, *Boops boops*; špar, *Diplodus annularis*; fratar, *D. vulgaris*; pic, *D. puntazzo*; batoglavac, *Pagellus acarne*; arbun okan, *P. bogaraveo*; arbun, *P. erythrinus*; salpa, *S. salpa*, kantar, *Spondylusoma cantharus* i ušata, *Oblada melanura*. Osim prethodno spomenute bukve, u lovinama potegače – migavice, od gospodarski vrjednijih vrsta ljuskavki su značajniji bili zastupljeni i arbun s 297 jedinki (3,31%) i ukupnom masom od 10,079 kg (4,90%), fratar s 1,64% brojčane i 1,02% masene zastupljenosti i salpa s 1,53% brojčane i 1,22% masene zastupljenosti. Sve veće vrste ljuskavki (kantar, salpa, arbun, fratar, pic, arbun okan) su bile u lovinama migavice 100% zastupljene s jedinkama manjim od dužina njihovog spolnog sazrijevanja, a velika većina njih čak i od najmanje dozvoljene veličine izlova (15cm Lt) koja je, prema "Naredbi o zaštiti riba i drugih morskih organizama" (2007.) predviđena za vrste roda *Diplodus* (Slika 67). Iako je ukupna brojčana i masena zastupljenost gospodarski vrjednijih sparidnih vrsta (arbun, pic, fratar, kantar, arbun okan, salpa, ušata) u lovinama potegače – migavice bila razmjerno mala neupitna je vrlo mala selektivnost i velika štetnost ove mreže za vrste porodice Sparidae koje dolaze u infralitoralnom području istočne obale Jadranskog mora.



Slika 4.3. 67. Zastupljenost ljuskavki manjih od 15 cm u svim analiziranim lovinama mreže migavice tijekom 2010. godine na primoštenskom području. *Izvor podataka: IOR-Split*

Iako je prvenstveno namjenjena za lov gire oblice *Spicara smaris*, migavicom se love čak i do 70 različitih vrsta riba te gotovo sve vrste ljuskavki (sparida) i one sačinjavaju oko 27 % ukupnog ulova. Najviše je zastupljena bukva *Boops boops*, vrste iz roda *Diplodus* spp., ušata *Oblada melanura* i arbun *Pagellus erythrinus*. Postotak nedoraslih riba u migavici je oko 34,8 %, zbog čega se migavica smatra umjereno štetnim ribolovnim alatom. No, ukoliko se obrati pozornost na pojedine vrste, ili čak porodicu, kao što je na primjer Sparidae, proizlazi da je čak preko 50%, za neke vrste i 100% jedinki spolno nezrelo (špar, pic, pagar, salpa). Ovakvim pristupom lako se dolazi do zaključka o značajnoj štetnosti ovog alata posebice za spomenute vrste, odnosno njihovo uspješno novačenje. Kako se razdoblje kad je ovaj alat dozvoljen, djelomično ili potpuno preklapa s razdobljem mriješta većine gospodarski važnih vrsta, to može značajno utjecati na stanje u priobalnim



zajednicama riba i drugih morskih organizama, s posebno negativnim učinkom na njihovu dinamiku populacija.

Potrebno je točno odrediti područja koja bi bila pogodna za ulov gire oblice s migavicom kako bi se maksimalno moguće smanjio doprinos ostalih vrsta u ukupnom ulovu ovog alata. Ipak, nikad dovoljno opreza kod davanja bilo kakvih ocjena ribolovnih alata i tehnika, odnosno procjena veličine populacija pojedinih gospodarski interesantnih vrsta riba i posljedično njihovih optimalnih kvota izlova. Migavica je vrlo štetan alat za sparidne vrste. Isto tako, važno bi bilo odrediti područja koja bi bila pogodna za ulov gire oblice (bilo bi također nužno, istraživanjima, precizirati područja koja su pogodna za ribolov ovim ribarskim alatom kako bi se maksimalno moguće povećalo učešće gire oblice, a smanjio doprinos ostalih vrsta u ukupnom ulovu obalne potegače migavice, sve istraživane postaje bile su nepogodne za ribolov migavicom, jer je gire bilo manje od 80%), skratiti razdoblje u kojem je dozvoljen lov migavicom (novo: dozvoliti od 1. studeni do 31. ožujka), te ne dozvoliti povećanje ribolovnog napora. U svakom slučaju potrebno je izraditi plan upravljanja ribolova migavicom.

Listarice

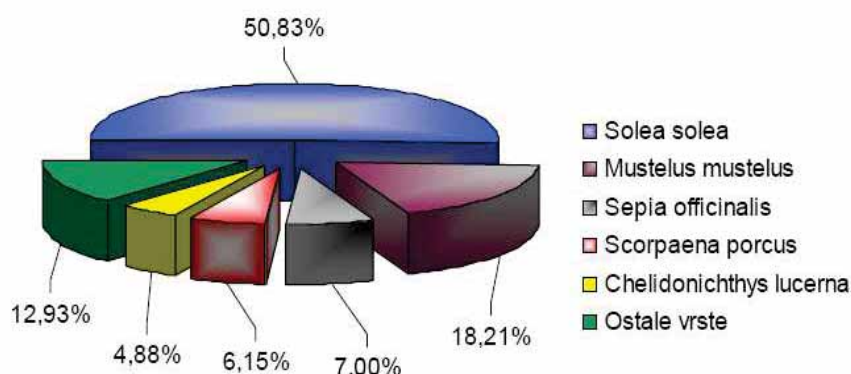
Prema "Pravilniku o obavljanju gospodarskog ribolova na moru" iz 2006. godine (Narodne novine, br. 6 od 13.01.2006) u hrvatskom se ribolovnom moru smiju koristiti mreže listarice središnjeg tega – mahe od najmanje 40mm, odnosno vanjskih slojeva - popona od najmanje 150mm. Ukupna dužina ovih mreža koje se koriste u dnevnom ribolovu može biti najviše 5000m. Mrežom listaricom se ribolov smije obavljati samo na doček i bez upotrebe bilo kakvih sredstava i načina za plašenje ribe. Zabranjen je u cijelom unutarnjem ribolovnom moru Republike Hrvatske, osim ribolovne zona **A**, od 15. svibnja do 10. rujna i od 10. rujna do 15. svibnja unutar akvatorija od jedne morske milje od obale kopna ili otoka ribolovnih zona **C** i **D**. Također je trajno zabranjen ribolov ovim mrežama (i svim ostalim troslojnim stajačicama) u području jedne morske milje oko vanjskih otoka Palagruže, Galijule, Sušca, Brusnika i Jabuke. Mreže listarice smiju koristiti samo ribari velikog gospodarskog ribolova (ribari profesionalci).

Prostorna i vremenska zastupljenost listova, a i ostalih vrsta morskih organizama lovljenih mrežama listaricama na istraživanom području je analizirana na temelju rezultata njihovog ulova po mjesecima kada su se obavljala istraživanja te na temelju rezultata ulova po jedinici ribolovnog napora, koji je u našim istraživanjima sačinjavao masu ulova na jednu mrežu u jednom topljenju, čija je dužina iznosila 18m.

U ožujku 2010. godine u akvatoriju otoka Oliba ukupno je ulovljeno 290 jedinki, odnosno 99,436kg ribe i drugih morskih organizama, a ulov po jednoj mreži (18m) bio je 1,21 jedinki, odnosno 0,416kg ribe i drugih morskih organizama. U ožujku u akvatoriju otoka Oliba nije ulovljena ni jedna jedinka lista, *Solea solea*, a najučestalija vrsta u lovinama je sipa, *Sepia officinalis*, s brojčanom zastupljenošću od 91 jedinke (31,38%) i masenom 18,421kg (18,53%).

U akvatoriju zapadne obale Istre ukupno je ulovljeno 574 jedinke, odnosno 157,769kg ribe i drugih morskih organizama, a ulov po jednoj mreži (18m) bio je 0,28 jedinki, odnosno 0,077g ribe i drugih morskih organizama. Najučestalije vrste u lovinama su bile list obični, *Solea solea*, čija je brojčana zastupljenost iznosila 344 jedinke (59,93%), a masena 802kg (50,83%), zatim, škrapun, *Scorpaena porcus*, s brojčanom zastupljenošću od 55 jedinki (9,58%) i masenom od 9,696kg (6,15%) (Slika 4.3.68.)





Slika 4.3.68. Masena zastupljenost vrsta u analiziranim lovinama mreža listarica u akvatoriju zapadne obale Istre tijekom 2010. godine. *Izvor podataka: IOR-Split*

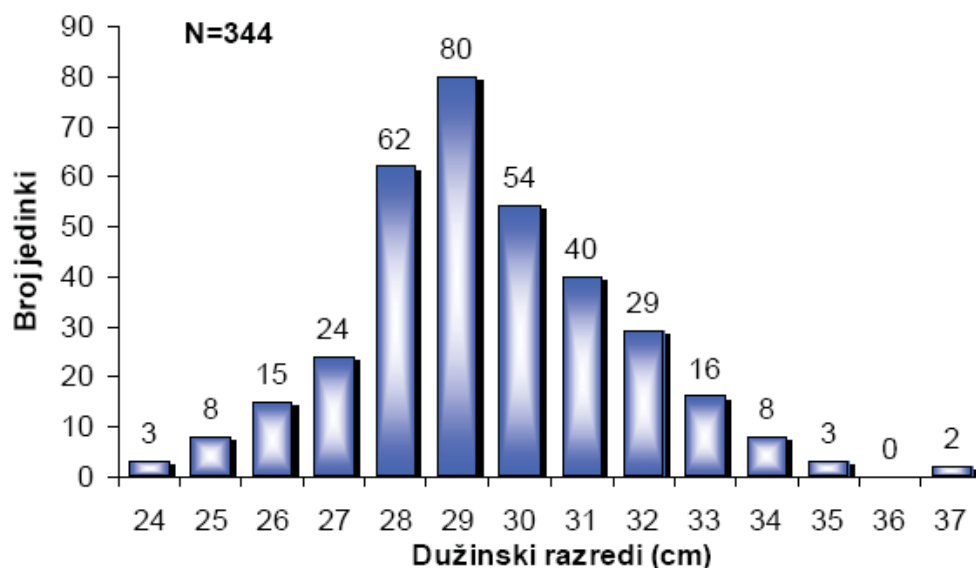
Ukupan ulov na cijelom istraženom području po jednoj mreži je iznosio 0,38 jedinki, odnosno 0,113kg ribe i drugih morskih organizama (ukupno 2279 mreža). Ukupan ulov lista, *Solea solea*, po jednoj mreži (18m mreža) tijekom navedenih mjeseci je iznosio 0,151 jedinki, odnosno 0,0352kg listova.

Ciljane vrste

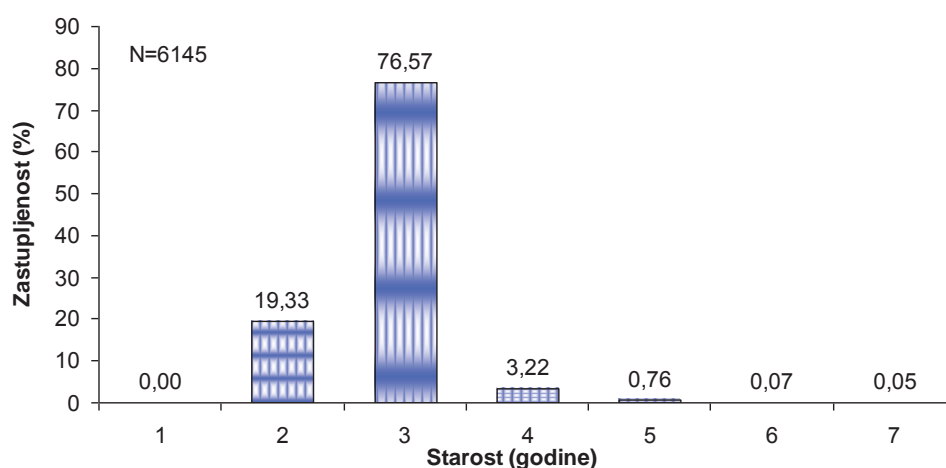
List, *Solea solea*

Ukupno je analizirano 344 jedinke lista ukupne biomase 802kg. Raspon ukupne dužine tijela (Lt) ulovljenih listova kretao se od 23,5 do 36,9cm sa srednjom vrijednošću od $29,398 \pm 2,1583\text{cm}$ (Slika 4.3.69.), a mase od 122 do 597g sa srednjom vrijednošću od $233,1395 \pm 71,8367\text{g}$. Utvrđeno je da u lovljenoj populaciji lista na istraživanom području postoji 5 starosnih grupa (od 20 do 60 starosne grupe). Druga (20) i treća (30) godina su najzastupljenije sa 42,44% i 41,86%, dok na ostale starosne grupe otpada svega 15,70% ulovljene populacije. Usporedimo li to sa istraživanjem tijekom 2007. godine (druga godina bila je zastupljena s 13,8%, a treća godina sa 78,9%) može se utvrditi da je došlo do rasta zastupljenosti jedinki druge godine, a pada zastupljenosti jedinki treće godine što također ukazuje na poteškoće u kojima se nalazi populacija (Slika 4.3.70.).





Slika 4.3.69. Učestalost pojavljivanja ukupnih tjelesnih dužina (Lt) jedinki lista, *Solea solea*, u svim analiziranim lovinama mreža listarica tijekom 2010. godine. Izvor podataka: IOR-Split



Slika 4.3.70. Starosna zastupljenost lista običnog, *Solea solea*, u analiziranim lovinama mreža listarica u akvatoriju sjevernog dijela zapadne obale Istre tijekom 2010. godine. Izvor podataka: IOR-Split

Tijekom istraživanja lovina lista *Solea solea* tijekom 2010. godine proizlazi da je u lovinama mreža listarica bilo 65,70% spolno nezrelih jedinki ove vrste, što je svakako vrijednost koja znatno prelazi 20% spolno nezrelih jedinki u lovinama, što se smatra krajnjom vrijednošću za štetnost ribolovnog alata u tolerantnim granicama. Dakle, izlov lista na istraživanom području se upravo obavlja tijekom njegova ciklusa mrijesta, što dodatno upozorava na stupanj ugroženosti ove vrste na navedenom području. Ukoliko je moguće ograničiti područje izlova, eventualno broj mreža te odrediti godišnje kvote (uskладiti mjere regulacije s talijanskom stranom – problem prelova lista!), te ne povećavati ribolovni napor. Shodno navedenom potrebno je nastaviti daljnja istraživanja kako bi se odredila njegova dozvoljena razina iskorištavanja, kao i uključiti dodatna istraživanja biologije i ekologije vrste kako bi se točno utvrdile njegove migracije (moguće uvođenje markiranja).



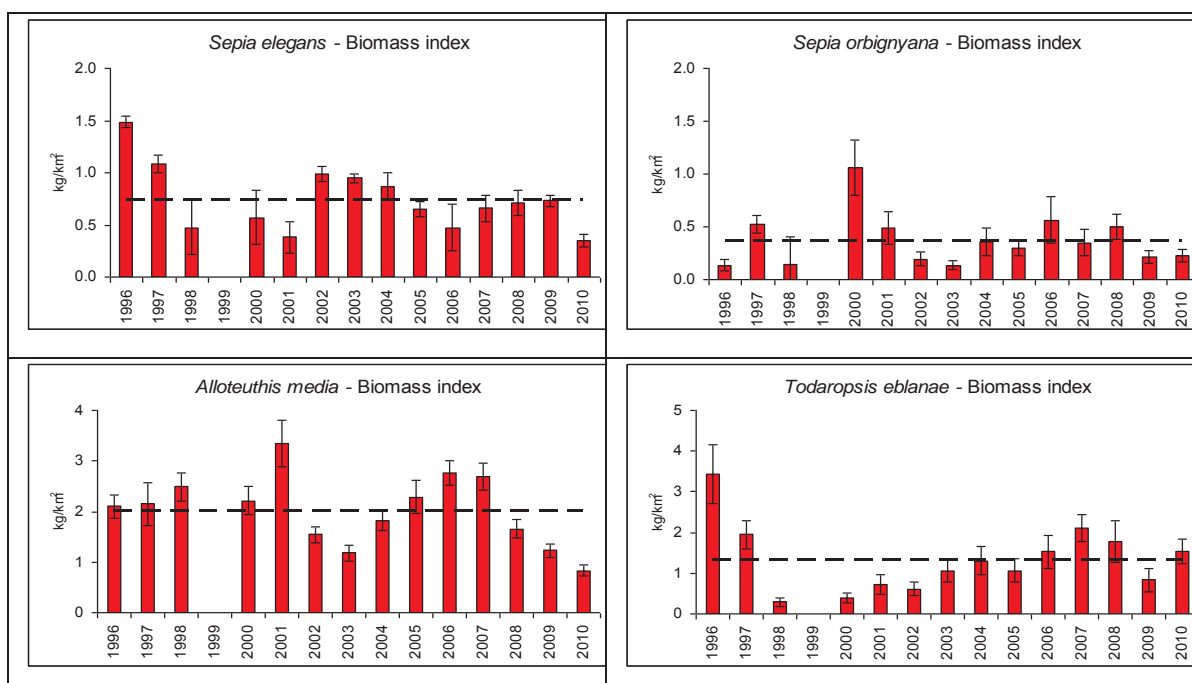
4.3.4. Stanje populacija gospodarski manje važnih ili nevažnih vrsta

Tijekom komercijalne eksploatacije brojne vrste bivaju ulovljene bez obzira što nisu ciljane vrste pojedinih ribolovnih aktivnosti. Takve vrste se nalaze u lovinama kao prilov ili odbačeni ulov. Ovdje spadaju brojni nejestivi beskralješnjaci, ali i gospodarski nevažne vrste ribe, kao i mali primjerci gospodarski nevažnih vrsta.

U tekstu koji slijedi opisati će se trendovi indeksa biomase najvažnijih vrsta u prilovima komercijalnog ribolova u Jadranskom moru.

Glavonošci

Trendovi najzastupljenijih vrsta glavoožaca u prilovu prikazane su na slici 4.3.71. iz koje je vidljivo da za ove vrste postoje velike oscilacije u indeksima biomase, koji su najvećim dijelom posljedica promjene u intenzitetu novačenja. Ipak, kod ovih vrsta, kao i kod gospodarski značajnih vrsta glavonožaca u lovinama, uočavaju se negativni trendvi u indeksima biomase.

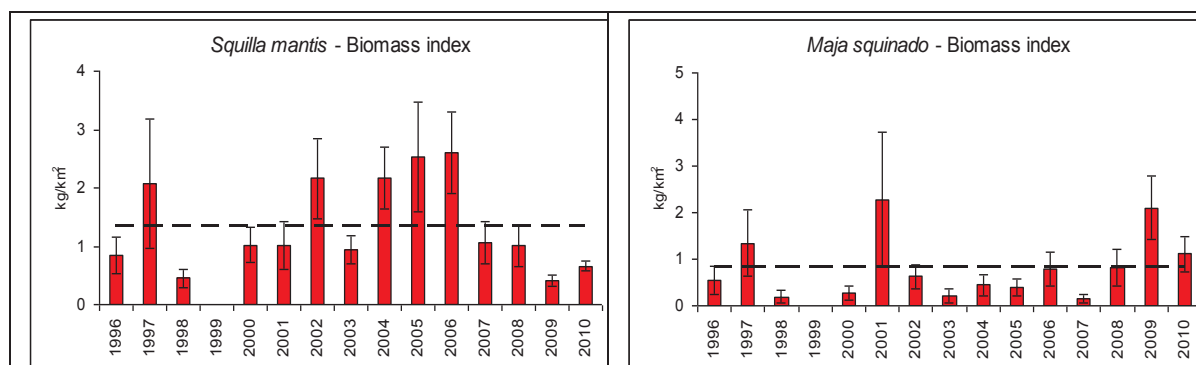


Slika 4.3.71. Kretanje indeksa biomase najvažnijih glavonožaca u prilovu. *Izvor podataka: IOR-Split*

Rakovi

Među rakovima najzastupljenije vrste u u lovinama koje imaju malu ili nikakvu gospodarsku važnost su kanoć i rakovica (slika 4.3.72). Kanoć pokazuje izrazito negativan trend u zadnjih 5 godina, dok su kod rakovice izražene velike fluktuacije u indeksima biomase bez jasnog trenda.



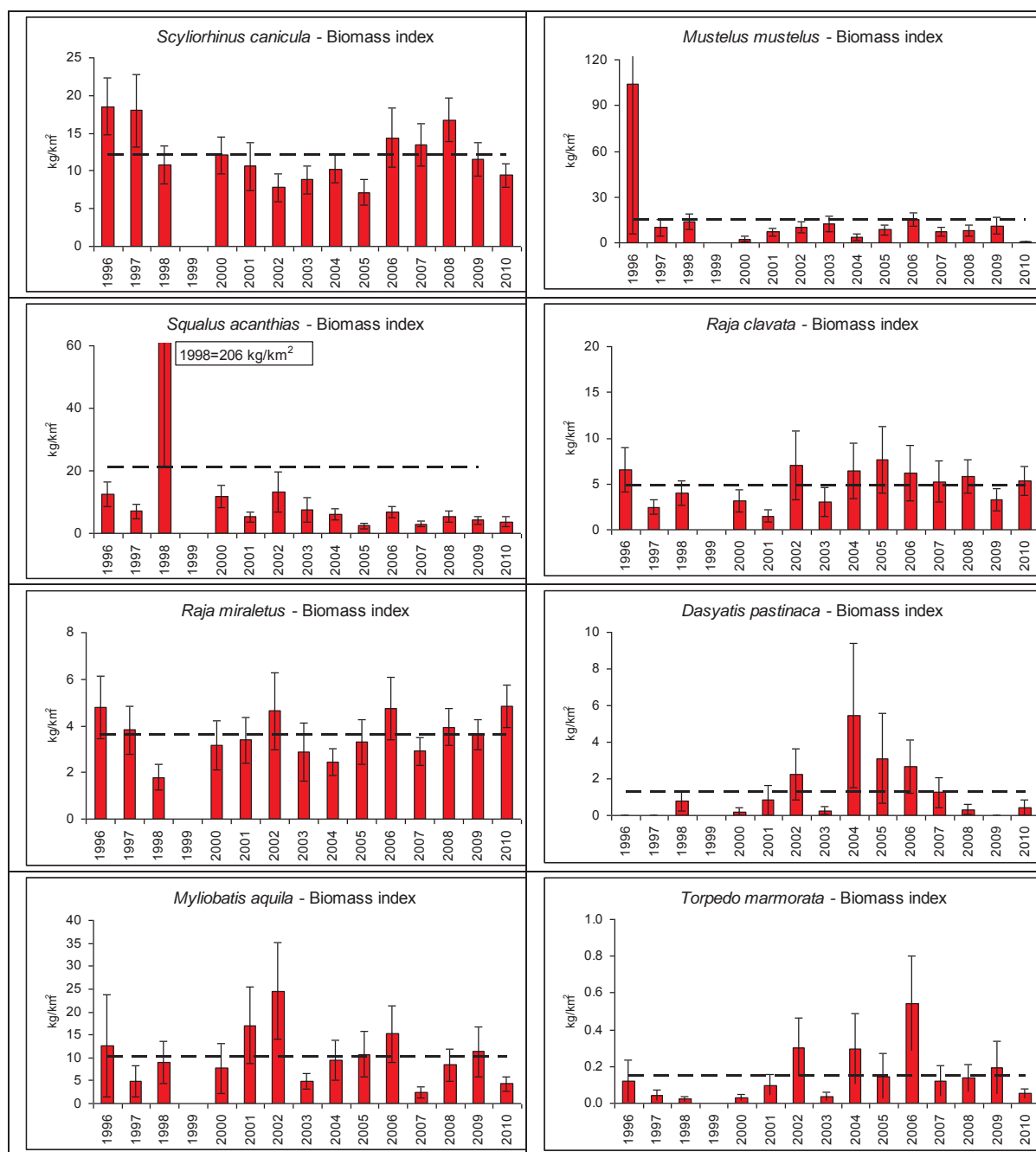


Slika 4.3.72. Kretanje indeksa biomase gospodarski manje važnih rakova u lovinama.
Izvor podataka: IOR-Split

Hrskavičnjače

Hrskavičnjače su poznate kao indikatori prelova naselja zbog svoje velike vulnerabilnosti ribolovnim alatima (velike tjelesne dimenzije, spor rast, slaba reproduksijska moć). Gotovo sve analizirane vrste pokazuju izrazite padove indeksa biomase u Jadranskom moru, izuzevši modropjegu ražu čije je stanje populacije relativno stabilno (slika 4.3.73).



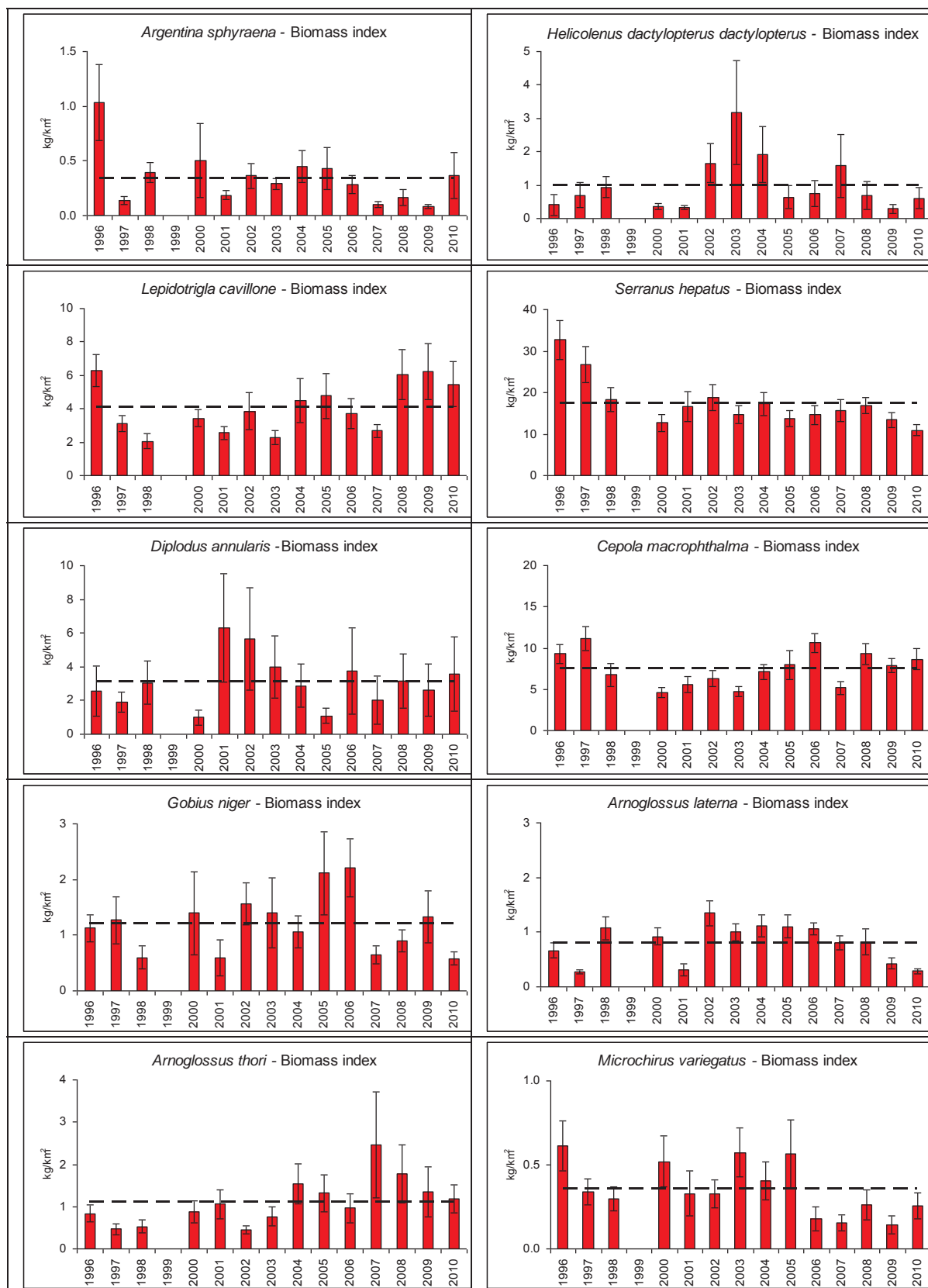


Slika 4.3.73. Kretanje indeksa biomase najučestalijih hrskavičnjača u lovinama. *Izvor podataka: IOR-Split*

Koštunjače

Kao prilov u lovinama se javljaju brojne vrste gospodarski nevažnih koštunjača, a kretanje indeksa biomase najučestalijih vrsta prikazano je na slici (slika 4.3.74). Vidljiva je velika raznolikost u trendovima, ali se u većine vrsta uočavaju negativni trendovi u zadnjim godinama.





Slika 4.3.74. Kretanje indeksa biomase najučestalijih koštunjača u prilovu. *Izvor podataka: IOR-Split*



4.4. MORSKI SISAVCI I GMAZOVİ

Morski sisavci

Svi morski sisavci u Republici Hrvatskoj su strogo zaštićene životinjske vrste. U literaturi je opisano da su se u hrvatskom dijelu Jadrana pojavljivale ili obitavale vrste iz dvije skupine morskih sisavaca, podreda perajara (Pinnipedia) i reda kitova (Cetacea). Sredozemna medvjedica (*Monachus monachus*) je jedina vrsta iz podreda perajara. Od kitova zabilježene su vrste iz podreda kitova usana (Mysiceti) i to veliki sjeverni kit (*Balaenoptera physalus*), patuljasti kit (*Balaenoptera acutorostrata*), crni leđni kit (*Eubalaena glacialis*), a od kitova zubana (Odontoceti) obični dupin (*Delphinus delphis*), dobri dupin (*Tursiops truncatus*), glavati dupin (*Grampus griseus*), sjeverna kljunasta ulješura (*Hyperoodon ampullatus*), crni dupin (*Pseudorca crassidens*), plavobijeli dupin (*Stenella coeruleoalba*), glavata ulješura (*Physeter catodon*), krupnozubi dupin (*Ziphius cavirostris*). Od svih nabrojanih jedini stalno nastanjeni morski sisavac u Jadranskom moru je dobri dupin (*Tursiops truncatus*). Sredozemna je medvjedica (*Monachus monachus*) jedna od najugroženijih i najmalobrojnijih vrsta sisavaca u svijetu. Prema podacima IUCN-a, sredozemna se medvjedica smatra u Hrvatskoj moguće izumrlom vrstom, a prema Crvenoj knjizi sisavaca Hrvatske iz 2006. regionalno izumrlom vrstom (RE) (s obzirom na to da su mladunci posljednji put viđeni početkom 1990-ih: na Mljetu 1992. i na Palagruži 1993. godine). Smatra se da je prije stotinjak godina obitavala u cijelom Jadranu, ali brojnost joj vjerojatno nikad nije bila velika – najviše 30 do 40 odraslih jedinki. U posljednjih 15 godina bilo je dojava da su u hrvatskom dijelu Jadrana viđene odrasle jedinke sredozemne medvjedice. Posljednjih se nekoliko godina intenzitet takvih dojava značajno povećao, a sve ih je više dokumentirano fotografijama i filmskim zapisima. Viđenja su redovita u različitim dijelovima Jadrana, osobito uz istočnu obalu Istre te zapadnu obalu Cresa i Lošinja. Unatoč tome, budući da u Jadranu nema sustavnih istraživanja sredozemne medvjedice (*Monachus monachus*), teško je sa sigurnošću, samo na osnovi njenih pojavljivanja, tvrditi da se ona u Jadranu i razmnožava. Zato je potrebno što prije početi pratiti stanje vrste na lokalitetima gdje se sredozemnu medvjedicu najčešće viđa.

S ciljem utvrđivanja brojnosti i rasprostranjenosti dobrih dupina i drugih vrsta kitova, te vrsta od posebnog interesa za zaštitu Jadrana tijekom ljeta 2010. godine Institut za zaštitu i istraživanje okoliša (ISPRA) iz Rima u suradnji s Institutom za istraživanja mora „Plavi svijet“ iz Malog Lošinja proveli su prvo istraživanje Jadranskog mora iz zraka (Fortuna et al., 2011).

Glavna ciljana vrsta ovih istraživanja bio je dobri dupin (*Tursiops truncatus*), a uz nju i sve ostale zaštićene vrste dupina i kitova, kao i morskih kornjača. Također su prikupljeni i podaci o morskim psima i ražovkama (podrazred Elasmobranchii), među kojima osobito za vrstu golub uhan (*Mobula mobular*).

Područje istraživanja je podijeljeno u dvije velike cjeline: (1) sjeverni Jadran i (2) srednji i južni Jadran. U području sjevernog Jadrana istraživana je serija paralelnih transekata međusobno razmaknutih 10 km, dok su u srednjem i Južnom Jadranu transekti bili razmaknuti 20 km. Pored toga posebno su praćeni Velebitski kanal, uski obalni kanal unutar sjevernojadranske cjeline, gdje su opažanja rađena putem cik-cak transekata, te područje srednjojadranskih otoka koji su istraživani putem paralelnih transekata u razmacima od 10 km. U istraživanjima je korišten zrakoplov Partenavia P-68 koji je imao



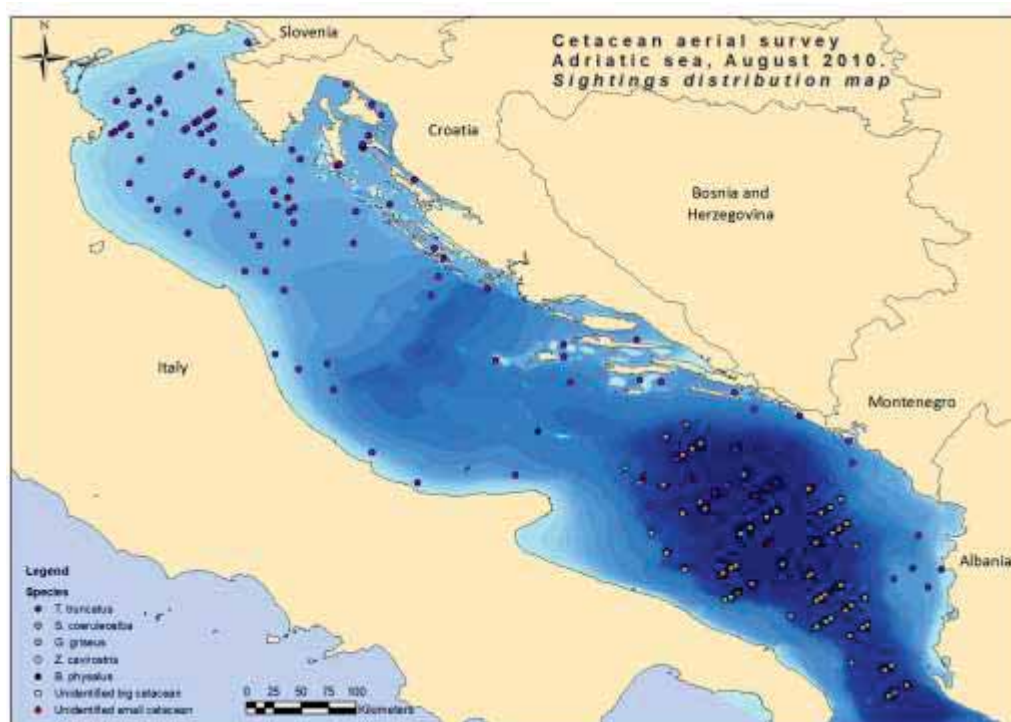
ispupčene prozore koji su omogućavali promatranje. Letovi su se odvijali na visini od 650 stopa i brzinom od 90-100 čvorova.

Tablica 4.4.1. Rezultati opažanja vrsta na čitavom istraživanom području Jadrana (Prema: Fortuna et al., 2011).

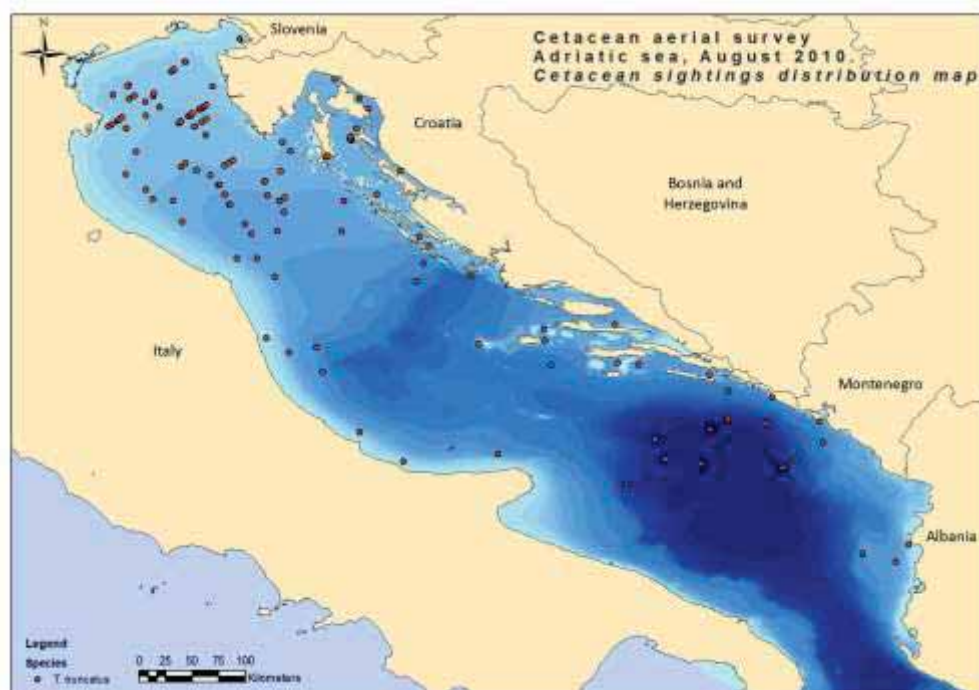
Vrste	Ukupni broj opažanja	Prosječna veličina gupe (SD; raspon)
Dobri dupin (<i>Tursiops truncatus</i>)	126	3.8 (6.3; 1-48)
Prugasti dupin (<i>Stenella coeruleoalba</i>)	85	12.5 (15.3; 1-85)
Glavati dupin (<i>Grampus griseus</i>)	11	4.1 (2.9; 1-10)
Krupnozubi dupin (<i>Ziphius cavirostris</i>)	1	4 (-)
Perajasti kit (<i>Balaenoptera physalus</i>)	1	1 (-)
Morske kornjače, većinom glavata želva (<i>Caretta caretta</i>)	1020	1.0 (0.2; 1-5)
Golub uhan (<i>Mobula mobular</i>)	44	1.2 (0.6; 1-4)

Tijekom istraživanja se ukupno preletjelo 18.000 km duž 64 transekta. U Tablici 4.4.1. prikazani su ukupni rezultati svih opaženih vrsta na čitavom istraživanom području. Rezultati su pokazali značajan stupanj raznolikosti vrsta iz reda Cetacea. Osobito zanimljiva opažanja u srednjem i južnom Jadranu bila su: odrasla jedinka perajastog kita (*Balaenoptera physalus*) opažena u blizini Palgruže, skupina krupnozubih dupina (*Ziphius cavirostris*) (2 adultne jedinke i 2 subadultne jedinke), te 11 skupina glavatih dupina (*Grampus griseus*) s ukupno 45 jedinki opaženih u južnom Jadranu u području izvan kontinentalnog šelfa. Jedina vrsta koja je opažena u cijelom Jadranu bio je dobri dupin (*Tursiops truncatus*) koji je bio i najbrojniji sa 126 opaženih skupina s ukupno 450 jedinki. S obzirom na rezultate čini se da je prugasti dupin (*Stenella coeruleoalba*) vrlo uobičajen u južnom Jadranu gdje je opaženo njihovih 85 skupina s ukupno preko 1000 jedinki. Zanimljivo je da tijekom ovog istraživanja nije opažena nijedna jedinka kratkokljunog običnog dupina (*Delphinus delphis*) vrste koja je nekada opisivana kao vrlo česta u Jadranu (Bearzi i Notarbartolo di Sciara, 1995). Distribucije pojedinih opaženih vrsta prikazane su na Slikama 4.4.1.-4.4.4.



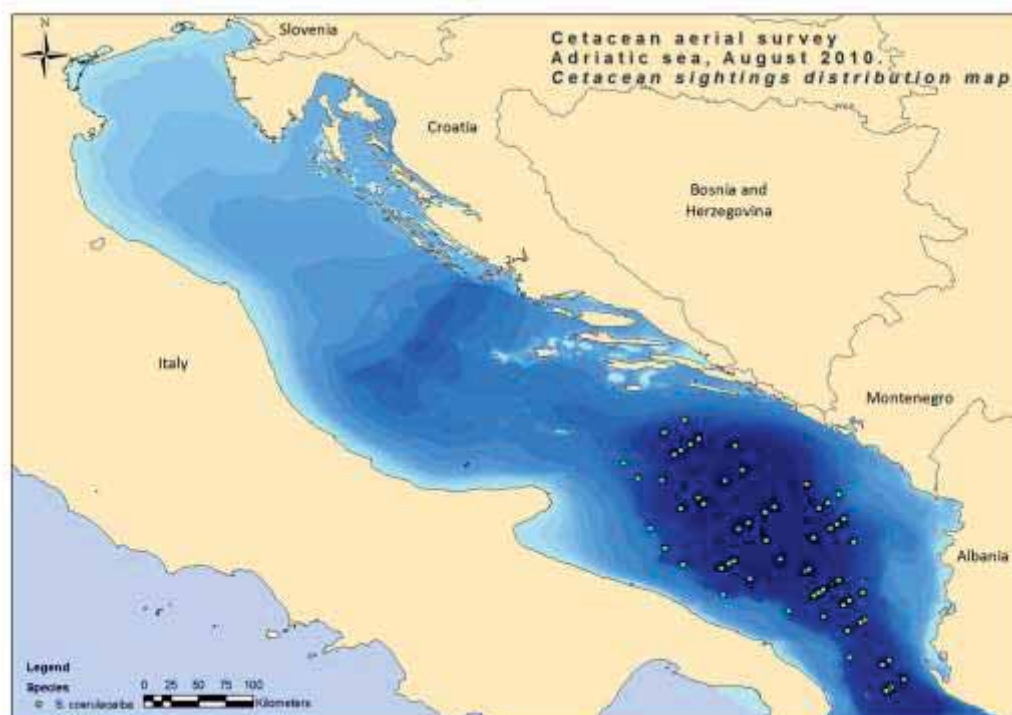


Slika 4.4.1. Distribucija opaženih vrsta dupina i kitova iz reda Cetacea (Prema: Fortuna et al., 2011)

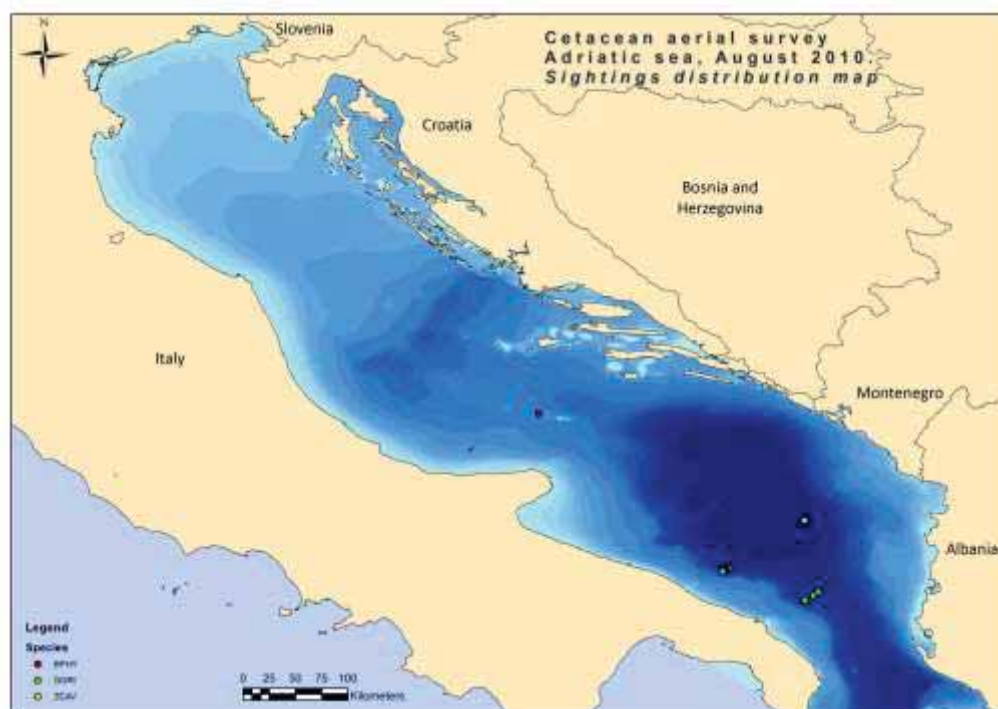


Slika 4.4.2. Distribucija dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) (Prema: Fortuna et al., 2011)





Slika 4.4.3. Distribucija Prugastog dupina (*Stenella coeruleoalba*) (Prema: Fortuna et al., 2011)



Slika 4.4.4. Distribucija krupnozubog dupina (*Ziphius cavirostris*) (žute oznake), glavatog dupina (*Grampus griseus*) (zelene oznake), te perajastog kita (*Balaenoptera physalus*) (crvena oznaka) (Prema: Fortuna et al., 2011)



Morski gmazovi

U Jadranu su zabilježene tri vrste morskih kornjača: glavata želva (*Caretta caretta*), zelena želva (*Chelonia mydas*) i sedmopruga usminjača (*Dermochelys coriacea*). Stalni stanovnik Jadrana je jedino glavata želva (Lazar i Tvrtković, 2003). Iako se glavata želva ne razmnožava u Jadranu, upravo je Jadran jedno od dva najznačajnija područja ishrane i zimovanja ove vrste u cijelom Sredozemnom moru. Plitko područje sjevernog Jadrana, s dubinama <100 m i bogatim pridnenim zajednicama, jedno je od dva najveća i najznačajnija neritička staništa ishrane glavate želve u Sredozemnom moru te pripada tzv. jonsko-jadranskoj jedinici upravljanja (Lazar et al., 2004; Margaritoulis et al., 2004). Upravo su na području sjevernog Jadrana Fortuna i sur. (2011) zračnim opažanjima utvrdili veliku brojnost glavatih želvi, odnosno zabilježeno je preko 1.000 opažanja (Tablica 4.4.1.) Glavna gnjezdišta morskih kornjača u Sredozemlju nalaze se na pješčanim obalama Grčke, Turske, Cipra i Libije. Brojne ljudske aktivnosti ugrožavaju opstanak morskih kornjača: razvoj turizma i uznemiravanje na gnjezdištima, smrtnost pri slučajnom ulovu u ribarske mreže, onečišćenje mora itd. (opisano u poglavlju 4.3. II DIO). Upravo su zbog toga morske kornjače danas jedne od najugroženijih organizama na Zemlji. U Hrvatskoj su zaštićene zakonom i međunarodnim konvencijama čiji je Hrvatska potpisnik.



4.5. MORSKE PTICE

Podaci o pticama izneseni u ovom dijelu izvješća se temelje na istraživanjima Zavoda za ornitologiju i njihovih suradnika provedenih u razdoblju od 1995-2011. godine u okviru aktivnosti Državnog zavoda za zaštitu prirode u provođenju projekta uspostava EU ekološke mreže NATURA 2000, te na osnovi podataka iznesenih u Radović (2010). Podaci o morskim ptičjim vrstama iz Direktive o pticama, prikazani su u Tablici 4.5.1. po područjima koja su predložena kao dijelovi buduće ekološke mreže NATURA 2000 u Hrvatskoj, a kvalifikacijske vrste im uključuju morske ptice.

U području hrvatskog dijela Jadrana obitava nekoliko važnih populacija morskih ptica, mada s relativno malom brojnošću (Radović, 2010). Procjenjuje se da gnjezdeća populacija vrste *Calonectris diomedea* (veliki zovoj - kaukal) koja se nalazi na crvenoj listi ptica Hrvatske broji oko 1200-1750 parova, te da se 100% populacije gnijezdi na dva područja: Lastovskom arhipelagu i Pučinskim otocima koji obuhvaćaju otok Vis i manje otoke oko Visa, te Biševo, Sv. Andriju, Brusnik, Jabuku i Palagružu. Ovo područje je i jedino gnjezdilište Eleonorinog sokola (*Falco eleonora*) sa 65-100 parova u Hrvatskoj, te gregule (*Puffinus yelkouan*) s crvene liste ptica Hrvatske u kategoriji visokog rizika od izumiranja čija gnjezdeća populacija je procijenjena na 300-400 parova.

Jedna od vrsta važnih na međunarodnoj razini je Sredozemni galeb (*Larus audouinii*) s populacijom koja je procijenjena na svega 60-70 parova koji se gnjezde na Lastovskom arhipelagu i otoku Mljetu.

Gnjezdeća populacija malog vranca *Phalacrocorax pygmaeus* s 10-30 parova gnijezdi se jedino u parku prirode Vransko jezero. Brojniju populaciju predstavlja vrsta morski vranac *Phalacrocorax aristotelis* s procijenjenom populacijom od 1600-2000 parova. Gotovo 80% populacije se nalazi na 4 lokacije: Akvatorij zapadne Istre, Kvarnerski otoci, Nacionalni park Kornati i park prirode Telašćica, te Sjeverni dio zadarskog arhipelaga. Dok su populacije na području Kornata i Telašćice stabilne, populacije s otoka Silbe u blizini Zadra drastično opadaju, a istarske populacije su u porastu (Radović, 2010; www.zastita-prirode-animalia.hr/vranac-promicanje.php).

Područje od iznimne važnosti za Bjeloglavog supa (*Gyps fulvus*) su veliki sjeverno jadranski otoci (Cres, Krk, Rab) s okolnim manjim otocima. Na brojnim liticama se gnijezdi posljednja populacija bjeloglavih supova u Hrvatskoj. Posljednjih 15-tak godina populacija je u laganom porastu najvjerojatnije zahvaljujući aktivnim mjerama zaštite, te Radović (2010) navodi brojnost gnjezdeće populacije od 100-110 parova.



Tablica 4.5.1. Podaci o morskim ptičjim vrstama po područjima koja su predložena kao dijelovi buduće ekološke mreže NATURA 2000 u Hrvatskoj (prema: Zavod za ornitologiju i sur., 2011) (G-gnjezdeće populacije, Z-zimujuće populacije, P-preletnice)

PODRUČJE	ZNANSTVENO IME	HRVATSKO STANDARDNO IME	STATUS	Brojnost**	
				Min	Max
Akvatorij zapadne Istre	<i>Gavia arctica</i> *	crnogri plijenor	Z	100	140
	<i>Gavia stellata</i>	crvenogri plijenor	Z	8	12
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	150	180
	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	dugokljuna čigra	Z	60	100
Kvarnerski otoci	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	10	14
	<i>Gavia arctica</i>	crnogri plijenor	Z	250	350
	<i>Gavia stellata</i>	crvenogri plijenor	Z	0	2
	<i>Gyps fulvus</i>	bjeloglavi sup	G	100	110
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	350	400
	<i>Sterna hirundo</i>	crvenokljuna čigra	G	15	25
Sjeverni dio zadarskog arhipelaga	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	dugokljuna čigra	Z	120	200
	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	1	1
	<i>Gavia arctica</i>	crnogri plijenor	Z	0	3
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	500	550
	<i>Sterna albifrons</i>	mala čigra	G	20	35
	<i>Sterna hirundo</i>	crvenokljuna čigra	G	100	150
NP Kornati i PP Telašćica	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	dugokljuna čigra	Z	2	5
	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	7	9
	<i>Gavia arctica</i>	crnogri plijenor	Z	1	5
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	200	250
Sjeverozapadna Dalmacija i Pag	<i>Charadrius alexandrinus</i>	morski kulik	G	12	20
	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	1	1
	<i>Gavia arctica</i>	crnogri plijenor	Z	450	500
	<i>Gavia stellata</i>	crvenogri plijenor	Z	25	35
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	10	30
	<i>Sterna hirundo</i>	crvenokljuna čigra	G	15	20
	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	dugokljuna čigra	Z	8	100
Srednjedamatinski otoci i Pelješac	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	7	10
	<i>Gavia arctica</i>	crnogri plijenor	Z	2	5
	<i>Gavia stellata</i>	crvenogri plijenor	Z	2	4
	<i>Larus audouinii</i>	sredozemni galeb	G	8	10
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	20	50
	<i>Sterna hirundo</i>	crvenokljuna čigra	G	5	10
	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	dugokljuna čigra	Z	5	10
Lastovsko područje	<i>Calonectris diomedea</i>	veliki zovoj	G	450	650
	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	2	3
	<i>Larus audouinii</i>	sredozemni galeb	G	40	45
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	20	30
Pučinski otoci	<i>Puffinus yelkouan</i>	gregula	G	250	300
	<i>Calonectris diomedea</i>	veliki zovoj	G	750	1100
	<i>Falco eleonorae</i>	Eleonorin sokol	Z	65	100
	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	8	10
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	5	10
Sjeverozapadni dio NP Mljet	<i>Puffinus yelkouan</i>	gregula	G	50	100
	<i>Falco peregrinus</i>	sivi sokol	G	1	1
	<i>Larus audouinii</i>	sredozemni galeb	G	12	15
	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	morski vranac	G	25	30

* crvenom bojom označene kvalifikacijske vrste

** brojnosti za gnjezdeće populacije izražene u broju parova, za zimujuće u broju ptica



Nastavak Tablice 4.5.1.

Delta Neretve	Charadrius alexandrinus	morski kulik	G	2	5
	Chlidonias niger	crna čigra	P	-	
	Gavia arctica	crnogrlji plijenor	Z	2	5
	Gavia stellata	crvenogrlji plijenor	Z	1	2
	Phalacrocorax pygmaeus	mali vranac	PZ	20	50
	Sterna hirundo	crvenokljuna čigra	GP	0	3
	Thalasseus sandvicensis	dugokljuna čigra	Z	2	6
Vransko jezero	Chlidonias niger	crna čigra	P		
	Gavia arctica	crnogrlji plijenor	Z	0	13
	Gavia stellata	crvenogrlji plijenor	Z	0	3
	Phalacrocorax pygmaeus	mali vranac	G Z	10	22
	Sterna hirundo	crvenokljuna čigra	P		
	Thalasseus sandvicensis	dugokljuna čigra	Z	0	20

* crvenom bojom označene kvalifikacijske vrste

** brojnosti za gnjezdeće populacije izražene u broju parova, za zimujuće u broju ptica



5. EKOTOKSIČNI METALI (Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Hg), ORGANOKOSITRENI SPOJEVI I POSTOJANE ORGANSKE ONEČIŠĆUJUĆE TVARI (lindan, DDT, PCB) U MORSKOM OKOLIŠU RH

Unos ekotoksičnih metala u morski okoliš odvija se prirodnim i antropogenim putem (iz točkastih i difuznih izvora), dotokom rijekama, taloženjem iz atmosfere ili erozijom stijena kao glavnim načinima unosa. Njihov utjecaj na morski okoliš je dvojak, tj. dok su pojedini prijelazni metali kod niskih koncentracija esencijalni za metabolizam pojedinih morskih organizama, a tek kod povišenih koncentracija postaju toksični, neki drugi metali (Cd, Hg, Pb) nemaju nikakvu biološku ulogu te su toksični već pri niskim koncentracijama. Zbog svoje toksičnosti, ali i svojstva bioakumulacije i biomagnifikacije (povećanja koncentracije u višim članovima prehrambenog lanca koje se pojavljuje kod Hg u formi organoživinih spojeva) pojedini metali nalaze se na listi „core set indikatora“ za morski okoliš (EEA, 2008) (Hg, Cd, Pb), na listi Strategijskog akcijskog programa UNEP/MAP-a (SAP MED) (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb) (www.unepmap.org) te na listi prioritetnih tvari Okvirne direktive o vodama (60/2000/EC) (Cd, Pb, Hg, Ni).

Za razliku od ekotoksičnih metala, koji se u morski okoliš unose i prirodnim putem, pojava postojanih organskih onečišćujućih tvari je rezultat isključivo antropogenog utjecaja i unosa. Glavne osobine ovih spojeva su njihova postojanost prema fotokemijskoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji, dobra topljivost u mastima (koncentriraju se u masnom tkivu organizama) i umjerena halapljivost. Većina postojanih organskih onečišćujućih tvari je umjetno stvorena, tj. nisu prirodni spojevi. Prema svom porijeklu možemo ih podijeliti na spojeve koje su proizvedeni za određenu namjenu ali ne za djelovanje na organizme, zatim na tvari koji se proizvode da bi se djelovalo na organizme (Pesticidi) i na sporedne proizvode, tj. na tvari koje nastaju u raznim procesima kao npr. PAH-ovi, Dioksini i Furani i koje se u morski okoliš unose pretežno atmosferskim putem. Negativne posljedice prisutnosti postojanih organskih onečišćujućih tvari u morskom okolišu proizlaze iz njihove visoke toksičnosti (letalna i subletalna toksičnost, kancerogenost, mutagenost) i visokog stupnja bioakumulacija i biomagnifikacije. Najpoznatije grupe među njima su svakako pesticidi (DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Klordan, Heptaklor, Mireks, Toksafen, Heksaklorbenzen i dr.), industrijski proizvodi kao što su poliklorirani bifenili (PCB) te dioksini i furani. Mnogi od ovih spojeva su u međuvremenu zabranjeni za upotrebu i nalaze se na listama prioritetnih kemijskih onečišćujućih tvari čiji unos u okoliš treba eliminirati (UNEP, 1995; ODV, 2000). Konvencijom „Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants“ zabranjuje se širom svijeta proizvodnja i primjena insekticida, osim u slučajevima borbe protiv epidemija uz posebno odobrenje WHO (svjetske zdravstvene organizacije), 2001.

Rezultati monitoringa ekotoksičnih metala u morskom okolišu RH

Redoviti monitoring ekotoksičnih metala u morskom okolišu Republike Hrvatske provodi se u sedimentu prijelaznih i priobalnih voda jadranskog sliva, u sedimentu morskih voda te u školjkašima vrste *Mytilus galloprovincialis*. Monitoring u sedimentu obavlja se od 1991. godine u sklopu projekta „Kontrola kakvoće priobalnog mora“ (poznatiji kao projekti Vir-Konavle odnosno Pag-Konavle), a istraživanja se provode jedanput godišnje na 7 postaja (Slika i tablica 5.1.). Razine ekotoksičnih metala u mekom tkivu školjakaša *Mytilus galloprovincialis* prate se u sklopu hrvatskog nacionalnog monitoring projekta na 18 priobalnih postaja (Slika i tablica 5.2.) također jedanput godišnje. Uzorci školjaka sa pučinskih otoka (područje morskih voda) nisu obuhvaćeni ovim monitoringom.





Slika 5.1. Postaje na kojima su istraživani maseni udjeli ekotoksičnih metala i organskih onečišćujućih tvari u sedimentu

Tablica 5.1. Oznake i lokacije postaja istraživanja masenih udjela ekotoksičnih metala i postojanih organskih onečišćujućih tvari u sedimentu

Oznaka i lokacija postaje			
Ekotoksični metali		Postojane organska onečišćujuće tvari	
OT01	Dubrovnik	OT02	Gruž
OT05	Luka Ploče	OT04	Sv. Ivan (Ušće Neretve)
OT09a	Split	OT10	Ušće Jadra (Vranjic)
OT13	Vis (Stončica)	OT11	Kaštelanski zaljev (INA-Vinil)
OT16	Šibenski zaljev	OT15	Estuarij Krke (Martinska)
OT19	Zadar	OT25	Limski zaljev (vanjski dio)
OT19a	Pag		



Slika 5.2. Postaje na kojima su istraživani maseni udjeli ekotoksičnih metala i organskih onečišćujućih tvari u školjkašima *Mytilus galloprovincialis*.

Tablica 5.2. Oznake i lokacije postaja istraživanja masenih udjela ekotoksičnih metala i postojećih organskih onečišćujućih tvari u školjkašima *Mytilus galloprovincialis*

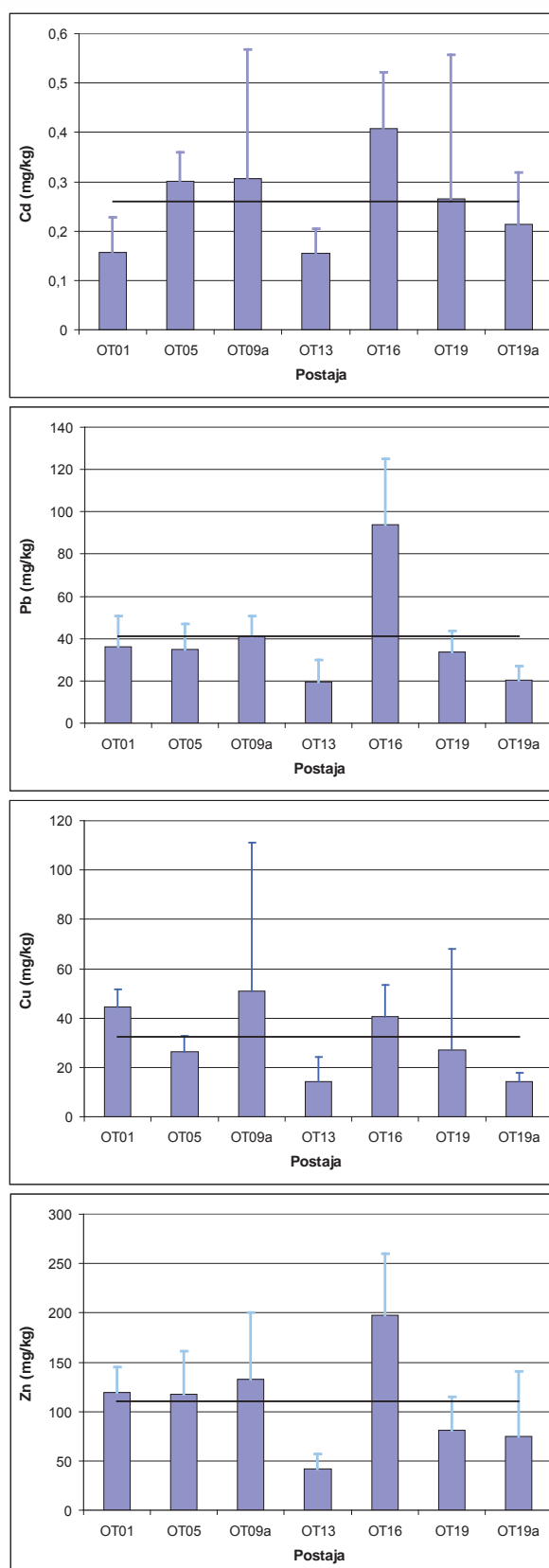
Oznaka i lokacija postaja			
OT02	Gruž	OT17	Srima
OT03	Rijeka Dubrovačka	OT18	Zadar (Rt. Bajlo)
OT04	Sv. Ivan (Ušće Neretve)	OT20	Zadar (Borik)
OT06	Luka Ploče	OT21	Bakarski zaljev (Bakar)
OT07	Ušće Cetine	OT22	Riječki zaljev (Rijeka)
OT10	Ušće Jadrta (Vranjic)	OT23	Kvarner (Brestova)
OT11	Kaštelanski zaljev (INA-Vinil)	OT24	Istra (Pula)
OT14	Ušće Krke (Jadrija)	OT25	Limski zaljev (vanjski dio)
OT15	Estuarij Krke (Martinska)	OT27	Limski zaljev (unutrašnji dio)

Ekotoksični metali (Cd, Pb, Cu, Zn) u sedimentu

Rezultati monitoringa udjela ekotoksičnih metala u sedimentu prikazani su na slikama 5.3 i 5.4, pri čemu je na slici 5.3 prikazano prosječno stanje udjela ekotoksičnih metala za razdoblje od 2000. do 2009. godine, a na slici 5.4 trend za istraženo razdoblje.

Iz prostorne raspodjele udjela ekotoksičnih metala u sedimentu istraženih postaja uočljivo je da su kod svih metala najmanje vrijednosti ustanovljene na postaji OT13 (Vis) dok su maksimumi ustanovljeni u području Šibenske (Cd, Pb, Zn) odnosno Splitske luke (Cu).

Obzirom da se redovita istraživanja udjela ekotoksičnih metala provode samo na ograničenom broju postaja, o stanju u drugim područjima priobalja ili otvorenog mora se ne može sa sigurnošću govoriti.



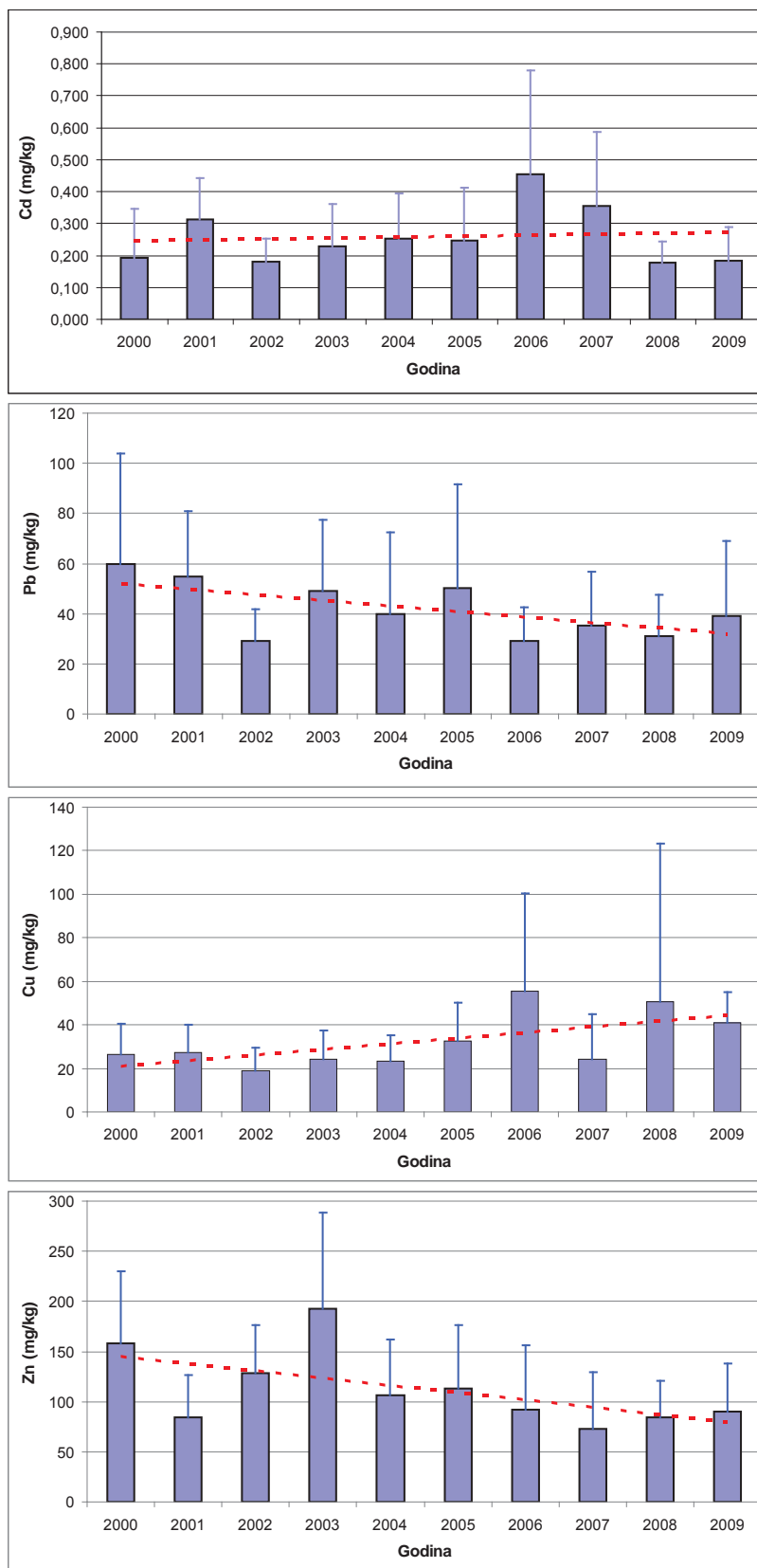
Slika 5.3. Prosječni maseni udjeli (mg/kg suhe mase) kadmija (Cd), olova (Pb), bakra (Cu) i cinka (Zn) u sedimentu istraženih postaja tijekom razdoblja 2000.-2009. Horizontalna crta predstavlja srednju vrijednost masenog udjela izračunatu na osnovi svih raspoloživih podataka. Vertikalna crta predstavlja standardnu devijaciju masenog udjela na pojedinoj postaji. *Izvori podataka: IOR-Split.*



Prema linearnom trendu (Slika 5.4.) udjela ekotoksičnih metala za razdoblje od 2000. do 2009. godine može se zaključiti da se udjeli kadmija i bakra u sedimentu blago povećavaju, dok se udjeli olova i cinka smanjuju. Vremenske promjene udjela ekotoksičnih metala za pojedine postaje nisu prikazani u ovom poglavlju ali se mogu naći na webstranici www.jadran.izor.hr/azo. (Pokazatelj: Opasne tvari u sedimentu, WHS5).

Kod vrednovanja ovih podataka treba uzeti u obzir da su sve postaje (izuzev postaja Dubrovnik i Vis) relativno plitke (< 40 m) i izrazito podložne pojavi resuspenzije sedimenta tako da dobiveni trendovi ne predstavljaju samo promjene intenziteta antropogenog pritiska kao što su povećanje industrijske proizvodnje ili npr. prestanak korištenja olovom obogaćenog goriva (Ujević i sur. 2010) već i stupnja utjecaja fizičkog miješanja na površinski sloj sedimenta. Maseni udjeli teških metala u površinskom sedimentu mogu se tijekom vremena mijenjati uslijed djelovanja procesa taloženja suspendirane tvari različitog podrijetla, bioturbacije, turbulencije, resuspenzije, redoks procesa, otapanja, oksidacije organske tvari, stvaranja teško topljivih taloga, stvaranja kompleksnih spojeva, adsorpcijom i oslobađanjem s aktivnih površina molekula organske tvari. Površinski sediment može djelovati kao mjesto sakupljanja teških metala, ali i kao izvor onečišćenja vodenog stupca teškim metalima, bilo da prijeđu u otopljenu formu ili ostaju vezani na resuspendirane čestice. Nadalje, granulometrijski sastav sedimenta, udio organske tvari, koncentracija otopljenog kisika, kemijski sastav sedimenta i biološke aktivnosti također utječu na sadržaj teških metala sedimentu.





Slika 5.4. Trendovi masenih udjela udjeli (mg/kg suhe mase) kadmija (Cd), olova (Pb), bakra (Cu) i cinka (Zn) u sedimentu istraženih postaja tijekom razdoblja 2000.-2009. Izvori podataka: IOR-Split.



Ekotoksični metali (Cd, Pb, Cu, Zn, Cr i Hg_{TOT}) u školjkašima

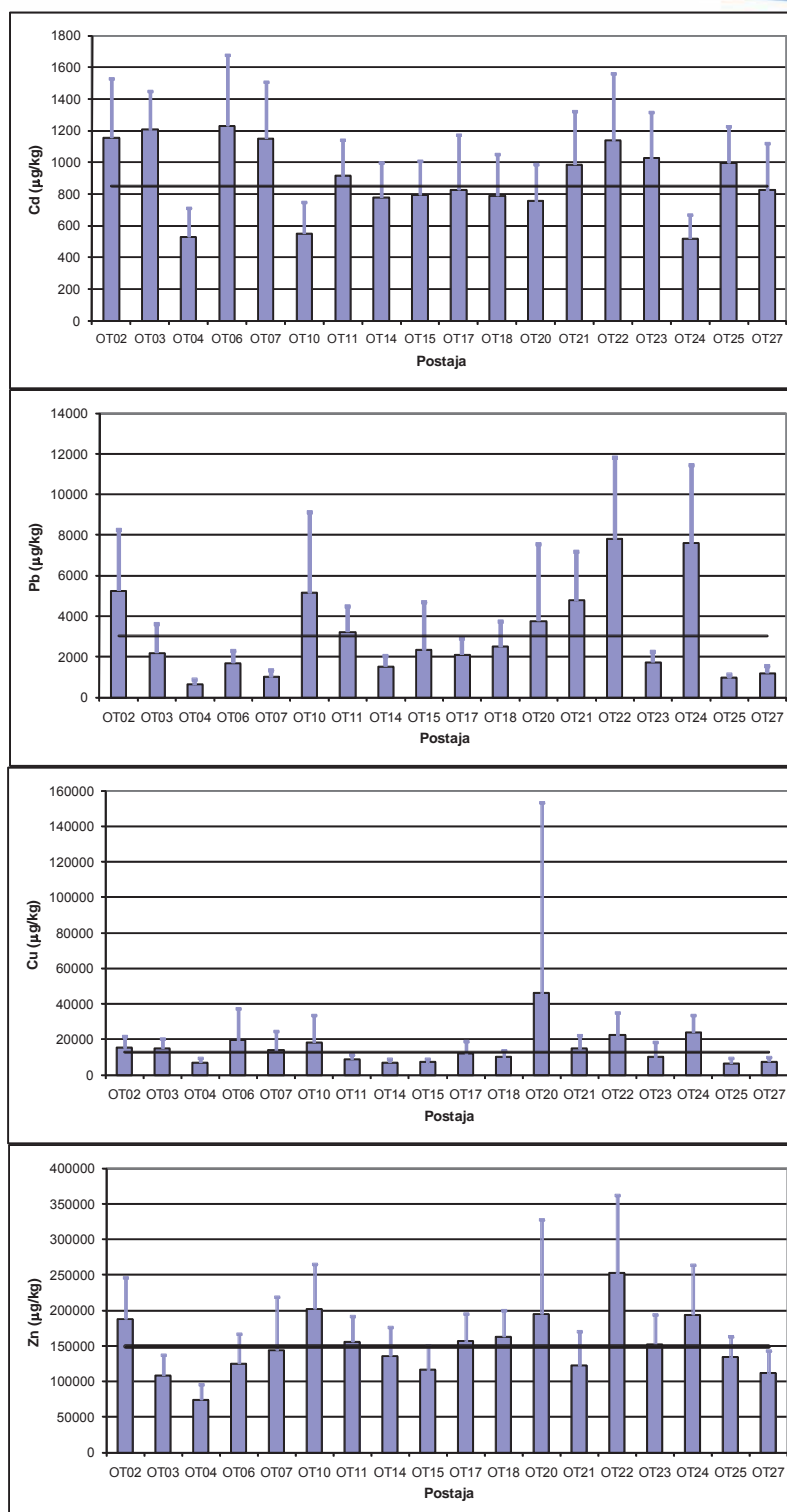
Iako su koncentracije ekotoksičnih metala u sedimentu značajni s stajališta ocjene ukupnog antropogenog unosa u okoliš, istraživanja koncentracija ovih spojeva u školjkašima dobar su pokazatelj dostupnosti metala za unosu u morske organizme, što se prati u sklopu projekta „Jadrana“ preko analize ekotoksičnih metala u mekom tkivu školjkaša *Mytilus galloprovincialis*. Za procjenu stanja obrađeni su podaci s 18 postaja (Tablica 5.2.) za razdoblje od 2000. godine do 2009. godine.

Ocjena relativnog opterećenja pojedinih postaja ekotoksičnim metalima (Cd, Pb, Cu, Zn, Cr i Hg, slike 5.5 i 5.6) utvrđena je usporedbom s prosječnim udjelom ekotoksičnih metala u dagnjama na svim postajama u cijelom istraživanom razdoblju (puna crta na slikama 5.5. i 5.6.), uz klasifikaciju stanja „ispod prosječne vrijednosti“ „u rasponu prosječne vrijednosti ($\pm 10\%$)“, i „iznad prosječne vrijednosti“ (Tablica 5.3.).

Tablica 5.3. Rezultati monitoringa udjela ekotoksičnih metala u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* u prijelaznim i priobalnim vodama jadranskog sliva tijekom razdoblja 2000. do 2009. godine

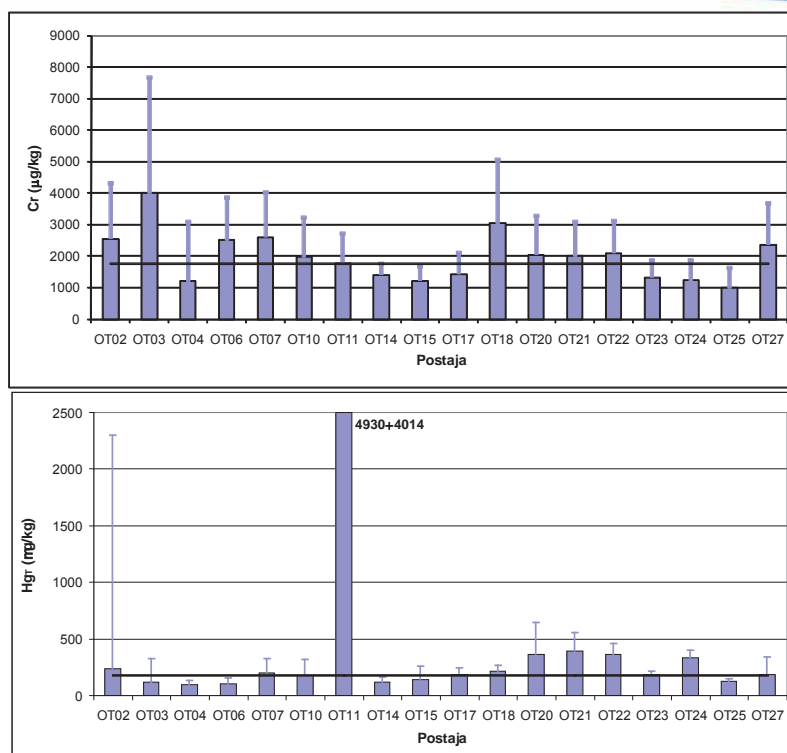
Stanje	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Hg
Ispod prosječne vrijednosti	OT24	OT04	OT25	OT04	OT25	OT04
	OT04	OT25	OT04	OT03	OT04	OT06
	OT10	OT07	OT14	OT27	OT15	OT03
	OT20	OT27	OT15	OT15	OT24	OT14
		OT14	OT27	OT21	OT23	OT25
		OT06	OT11	OT06	OT14	OT15
		OT23	OT23	OT25	OT17	
		OT17	OT18			
		OT03				
		OT15				
		OT18				
U rasponu prosječne vrijednosti $\pm 10\%$	OT14	OT11	OT17	OT14	OT11	OT10
	OT18		OT07	OT07		OT23
	OT15			OT23		OT17
	OT27			OT11		OT27
	OT17			OT17		
	OT11			OT18		
Iznad prosječne vrijednosti	OT21	OT20	OT21	OT02	OT10	OT07
	OT25	OT21	OT03	OT24	OT21	OT18
	OT23	OT10	OT02	OT20	OT20	OT02
	OT22	OT02	OT10	OT10	OT22	OT24
	OT07	OT24	OT06	OT22	OT27	OT20
	OT02	OT22	OT22		OT06	OT22
	OT03		OT24		OT02	OT21
	OT06		OT20		OT07	OT11
					OT18	
					OT03	





Slika 5.5. Prosječni maseni udjeli ($\mu\text{g/kg}$ suhe mase) kadmija (Cd), olova (Pb), bakra (Cu) i cinka (Zn) u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* tijekom razdoblja 2000.-2009. Puna crta predstavlja srednju vrijednost masenog udjela izračunatog na osnovi svih raspoloživih podataka. Vertikalne crte predstavljaju standardne devijacije masenog udjela na pojedinoj postaji. Izvori podataka: IOR-Split.





Slika 5.6. Prosječni maseni udjeli ($\mu\text{g/kg}$ suhe mase) kroma (Cr) i žive (Hg) u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* tijekom razdoblja 2000-2009. Puna crta predstavlja srednju vrijednost masenog udjela izračunatoga na osnovi svih raspoloživih podataka. Vertikalne crte predstavljaju standardne devijacije masenog udjela na pojedinoj postaji. *Izvori podataka: IOR-Split.*

Na osnovi podataka iz tablice 5.3 i prikaza stanja udjela metala u školjkašima po pojedinoj postaji (Tablica 5.4) može se zaključiti da je najbolje stanje ustanovljeno na postajama OT04 (Sv. Ivan), OT15 (Estuarij Krke) i OT25 (Limski zaljev) dok je najlošije stanje ustanovljeno na OT02 (Gruž), OT22 (Riječki zaljev), OT 20 (Zadar) i OT 21 (Bakarski zaljev). Stanje ostalih postaja se mogu ocijeniti kao prosječnim. Zanimljivo je vrlo dobro stanje Šibenskog zaljeva (koji prema podacima o udjelu ekotoksičnih metala u sedimentu spada u skupinu opterećenih područja), a rezultat je gašenja metalne industrije u šibenskom području (TEF, Ivanal-Tvornica aluminija Lozovac i djelomično TLM) te izgradnje sustava prikupljanja, obrade i ispuštanja otpadnih voda u Šibeniku. Razlog tome je raslojenost vodenog stupca u Krki, tj. onečišćenje koje postoji u sedimentu Šibenskog zaljeva ne dopiyeva do dagnji.

Zbog nedostatka standarda kakvoće za udjele ekotoksičnih metala u školjkašima u odnosu na ekološko ili kemijsko stanja, ustanovljene vrijednosti mogu se jedino prema pravilniku o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN 154/08) ocijeniti. Prema MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije) vrijednostima za Hg, Cd i Pb u školjkašima iz ovog pravilnika može se zaključiti da je upotreba školjkaša za ishranu čak i sa opterećenih postaja (Gruž, Riječki zaljev, Bakarski zaljev, Borik) zdravstveno bezopasna, dok za Cu, Zn i Cr ovoj pravilnik ne propisuje MDK vrijednosti.

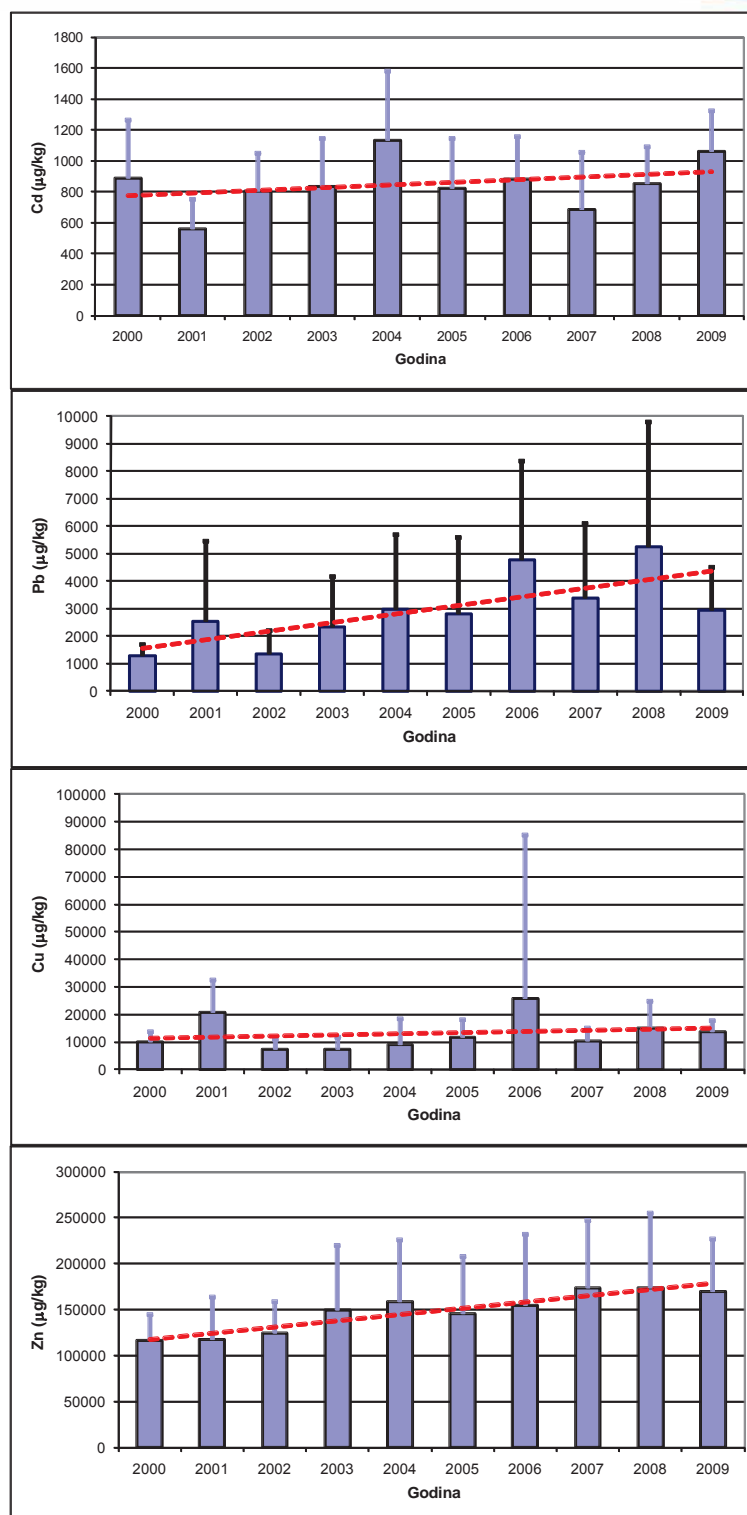


Tablica 5.4. Stanje postaja u odnosu na prosječni udjel ispitivanih metala (Cd, Pb, Cu, Zn, Cr i Hg) u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* za razdoblje 2000. – 2009. godine.

Postaja	Lokacija	Udjeli 6 ekotoksičnih metala u školjkašima		
		Ispod prosječne vrijednosti	U rasponu prosječne vrijednosti $\pm 10\%$	Iznad prosječne vrijednosti
OT02	Gruž	-	-	6
OT03	Rijeka Dubrovačka	3	-	3
OT04	Sv. Ivan (Ušće Neretve)	6	-	-
OT06	Luka Ploče	3	-	3
OT07	Ušće Cetine	1	2	3
OT10	Ušće Jadra (Vranjic)	1	1	4
OT11	Kaštelanski zaljev (INA-Vinil)	1	4	1
OT14	Ušće Krke (Jadrija)	4	2	-
OT15	Estuarij Krke (Martinska)	5	1	-
OT17	Srima	2	4	-
OT18	Zadar (Rt. Bajlo)	2	2	2
OT20	Zadar (Borik)	1	-	5
OT21	Bakarski zaljev (Bakar)	1	-	5
OT22	Riječki zaljev (Rijeka)	-	-	6
OT23	Kvarner (Brestova)	3	2	1
OT24	Istra (Pula)	2	-	4
OT25	Limski zaljev (vanjski dio)	5	-	1
OT27	Limski zaljev (unutrašnji dio)	3	2	1

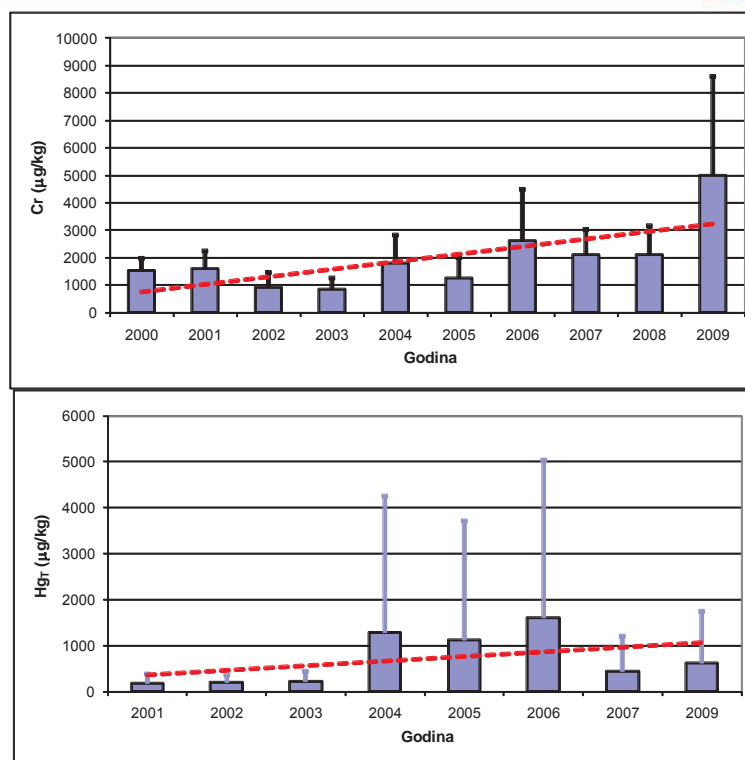
Za razliku od trendova ekotoksičnih metala u sedimentu, stanje u području prijelaznih i priobalnih voda se prema promjenama udjela ekotoksičnih metala u školjkašima (Slike 5.7. i 5.8.) kod svih metala pogoršava. Razlog tome je što sediment u pravilu pokazuje uprosječenu koncentraciju za duže vremensko razdoblje, a školjkaši bolje pokazuju promjene u stupnju onečišćenja u promatranom vremenskom razdoblju. Vremenske promjene udjela ekotoksičnih metala za pojedine postaje se u ovom poglavlju nisu obrađivali ali su vidljivi na webstranici www.jadran.izor.hr/azo. (Pokazatelj: Opasne tvari u morskim organizmima, WHS6).





Slika 5.7. Trendovi masenih udjela ($\mu\text{g/kg}$ suhe mase) kadmija (Cd), olova (Pb), bakra (Cu) i cinka (Zn) u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* tijekom razdoblja 2000.-2009. Vertikalna crta predstavlja standardnu devijaciju masenog udjela tijekom pojedine godine. Vertikalne crte predstavlja godišnje standardne devijacije. Izvori podataka: IOR-Split.





Slika 5.8. Trendovi masenih udjela ($\mu\text{g/kg}$ suhe mase) kroma (Cr) i žive (Hg) u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* tijekom razdoblja 2001-2009. Vertikalne crte predstavljaju godišnje standardne devijacije. *Izvori podataka: IOR-Split.*

Organokositreni spojevi u školjkašima

Organokositreni spojevi prisutni su u okolišu kao posljedica njihove upotrebe u različitim industrijskim primjenama, a poseban problem predstavljaju u morskom okolišu gdje su prisutni zbog njihove upotrebe u protuobraštajnim bojama za brodove. Tributyltin (TBT) karakterizira vrlo visoka toksičnost, tako da već kod koncentracije TBT-a u moru od 1 ng/L dolazi do promjena u endokrinom sustavu morskih puževa i pojave imposeksa. Zbog toga se TBT nalazi na listi prioritarnih onečišćujućih tvari u okviru Europske direktive o vodama, a od siječnja 2008. upotreba TBT-a je u potpunosti zabranjena u Europskim zemljama. Hrvatska je također potpisnica AFS (Anti-fouling system) konvencije, a upotreba protuobraštajnih boja za brodove na bazi organokositrenih spojeva je zabranjena u Hrvatskoj (NN 10/2008). Međutim, kontrola upotrebe TBT-a i stanja onečišćenja okoliša TBT-om u obalnom području se ne provodi, jer do 2009. godine niti jedan laboratorij u Hrvatskoj nije bio osposobljen za mjerenje TBT-a u morskim uzorcima. U periodu između 2002. i 2005. godine izvršena su istraživanja stupnja imposeksa kod puževa i utvrđena je raširena pojava imposeksa u Istri (Garaventa i sur. 2006, 2007) i na obalnom području srednjeg i južnog Jadrana (Prime i sur. 2006).

U ožujku 2009. godine u okviru projekta Jadran sakupljeni su uzorci dagnji na 15 lokacija. Koncentracija organokositrenih spojeva određena je u Laboratoriju za anorgansku geokemiju okoliša, Zavoda za istraživanje mora i okoliša, Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu, tehnikom plinske kromatografije s PFPD detektorom (GC-PFPD). Mjerene su koncentracije TBT-a i njegovih razgradnih produkata (dibutyltin - DBT i monobutyltin - MBT) koji nastaju nakon unosa TBT-a u morski okoliš. Prema tome, ukupna koncentracija butilkositrenih spojeva $\Sigma\text{BuT} = \text{TBT} + \text{DBT} + \text{MBT}$ ukazuje na to koliko se

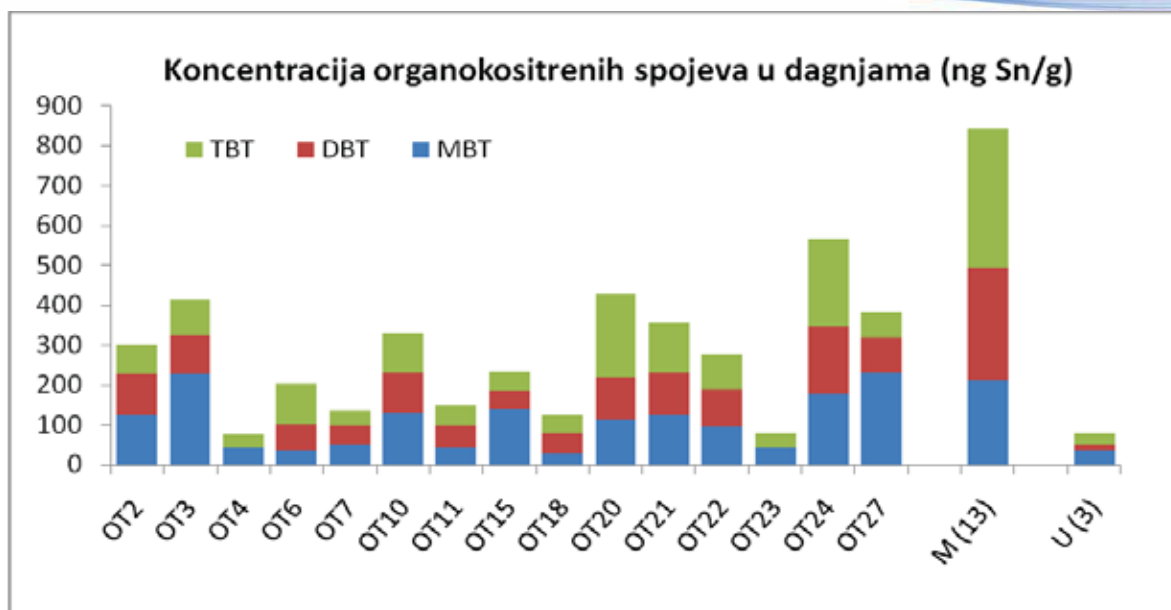


TBT-a unijelo u okoliš, a udio TBT-a u koncentraciji butilkositrenih spojeva (TBT/ Σ BuT) ukazuje na to koliko je vremena prošlo od unosa TBT-a u okoliš. Na slici 10. prikazane su koncentracije butil derivata kositra u dagnjama s tih 15 lokacija, te za usporedbu, srednja koncentracija izmjerena u uzorcima dagnji iz 13 marina i 3 uzgajališta. Dagnje su sakupljene u nekoliko navrata u periodu 2009. - 2010. godine u marinama s područja srednjeg Jadrana (na potezu od Zadra do Splita), a uzgajališta su Bistrina, Mali Ston i jedno uzgajalište iz ušća rijeke Krke. Pojedinačni rezultati prikazani su u radu koji je predan za objavljivanje (Furdek i sur., 2011). Jedino u dagnjama iz uzgajališta u ušću rijeke Krke nisu nađeni organokositreni spojevi. U svim ostalim uzorcima (uključujući uzgajališta u Malostonskom zaljevu) utvrđeno je prisustvo TBT-a i njegovih razgradnih produkata (DBT i MBT), što ukazuje da je onečišćenje organokositrenim spojevima rašireno po cijeloj obali Jadrana. Koncentracije su najviše u marinama, nešto niže u većim lukama (lokacije OT24, OT2, OT3), a najniže u uzgajalištima, što odgovara očekivanom stupnju onečišćenja koje ovisi o intenzitetu broskog prometa u tim područjima. Značajan udio TBT-a u ukupnim butil kositrenim spojevima ukazuje da je TBT nedavno unesen u morski okoliš, što znači da se boje na bazi organokositrenih spojeva kod nas još uvijek koriste, unatoč tome što su zabranjene.

Ne postoji zakonska regulativa za dozvoljenu koncentraciju TBT-a u dagnjama, međutim prema OSPAR-u (2009) se može procijeniti stupanj onečišćenja morskog okoliša (tj. očekivani stupanj imposeksa) iz koncentracije u dagnjama. Koncentracije izmjerene na 15 lokacija prikazanih na slici 5.9. odgovaraju srednjem stupnju onečišćenja (kategorija C prema OSPAR-u), međutim neke druge lokacije (u nekim lukama i gotovo svim marinama) (Furduk i sur., 2011) odgovaraju i znatno većem stupnju onečišćenja (D i E). Prema postojećoj regulativi u Hrvatskoj (NN 137/2008) onečišćenja morskog okoliša treba kontrolirati praćenjem koncentracije butil derivata kositra u morskoj vodi, s time da prosječna godišnja koncentracija mora biti niža od 0,2 ngTBT/L (0,08 ngSn/L), a maksimalna koncentracija ne smije biti viša od 1,5 ngTBT/L (0,62 ngSn/L). Koncentracija organokositrenih spojeva mjerena je u uzorcima morske vode sa 47 lokacija duž Jadranske obale koje su uključivale marine, luke i referentne lokacije (Furduk i sur., 2011). U 44 od 47 uzoraka izmjerena je koncentracija TBT-a koja je bila viša od maksimalno dozvoljene, a u nekim uzorcima koncentracije su bile i do 20 puta više od dozvoljenih, što također ukazuje da je stupanj onečišćenja jadranske obale TBT-om značajan.

Zaključno se može reći da je nužno uvesti kontrolu praćenja stupnja onečišćenja Jadranske obale organokositrenim spojevima u svrhu učinkovite provedbe postojeće zakonske regulative. Monitoring bi trebao uključivati i lokacije na otocima (luke, marine) gdje se takvo onečišćenje također može očekivati.





Slika 5.9. Raspodjela butil kositrenih spojeva (TBT-tributil, DBT-dibutil, MBT-monobutil) u dagnjama uzorkovanim u ožujku 2010. godine na 15 lokacija iz projekta Jadran, te usporedba s prosječnom koncentracijom u marinama (M) i uzgajalištima (U).
Izvori podataka: IRB, ZIMO-Zagreb.

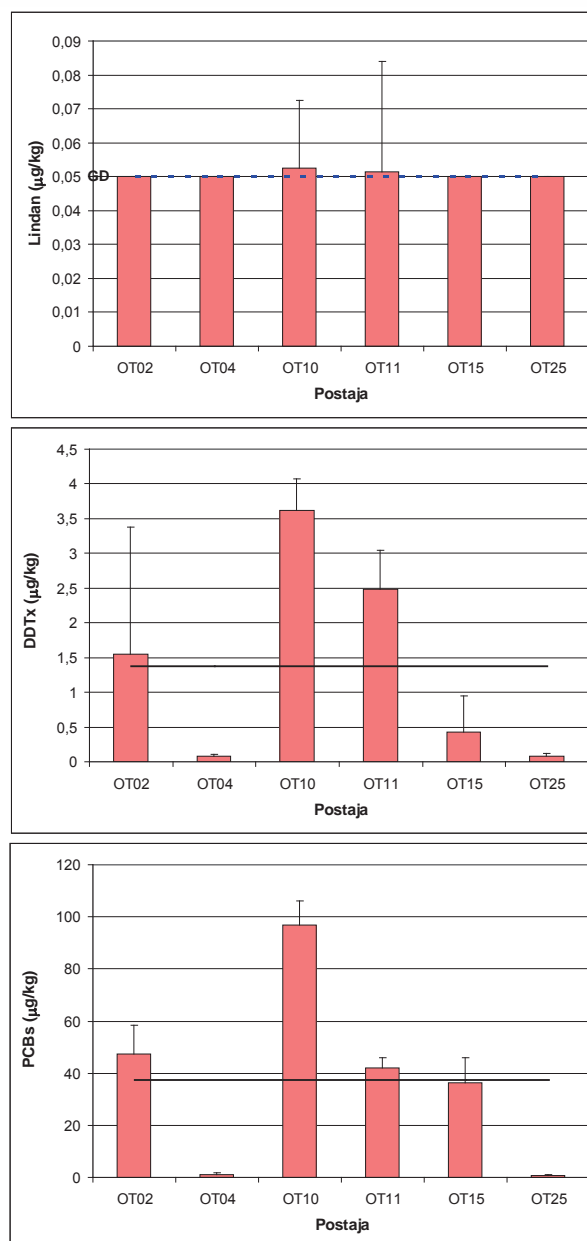
Rezultati monitoringa odabranih postojanih organskih onečišćujućih tvari (lindan, PCBx i DDTx) u morskom okolišu RH

Redoviti monitoring udjela lindana, polikloriranih bifenila i DDT-a u sedimentu i školjkašima *Mytilus galloprovincialis* provodi se, za razliku od monitoringa ekotoksičnih metala, samo u području prijelaznih i priobalnih voda jadranskog sliva (Slike i tablice 5.1 i 5.2). Monitoring postojanih organskih onečišćujućih tvari u sedimentu obavlja se od 2006. godine u sklopu projekta „Kontrola kakvoće priobalnog mora“ (poznatiji kao projekti Vir-Konavle odnosno Pag-Konavle“), a istraživanja se provode jedanput godišnje na 7 postaja (Slika i tablica 5.1.). Razina postojanih organskih onečišćujućih tvari u mekom tkivu školjkaša *Mytilus galloprovincialis* prati se u sklopu hrvatskog nacionalnog monitoring projekta od 1998. godine na 18 priobalnih postaja (Slika i tablica 2) jedanput godišnje. Ovdje je bitno naglasiti da se navedenim monitoring programima stanje postojanih organskih onečišćujućih tvari ne prati u području morskih voda za koje postoje jedino stariji podaci za razdoblje od 1972 do 1992 (Picer and Picer, 1995, odnosno od 1976 do 1992 (Picer and Picer, 1997) koje se neće komentirati.

Postojane organske onečišćujuće tvari (Lindan, PCBx i DDTx) u sedimentu

Rezultati monitoringa udjela organskih onečišćujućih tvari u sedimentu prikazani su na slici 10, pri čemu je prikazano prosječno stanje udjela organskih onečišćujućih tvari za razdoblje od 2006. do 2009. godine.





Slika 5.10. Prosječni maseni udjeli ($\mu\text{g/kg}$ suhe mase) lindana, ukupnog DDT-a (DDTx) i polikloriranih bifenila (PCBx) u sedimentu istraženih postaja tijekom razdoblja 2006-2009. Puna crta predstavlja srednju vrijednost masenog udjela izračunata na osnovi svih raspoloživih podataka. Vertikalna crta predstavlja standardnu devijaciju masenog udjela na pojedinoj postaji. *Izvori podataka: IOR-Split.*

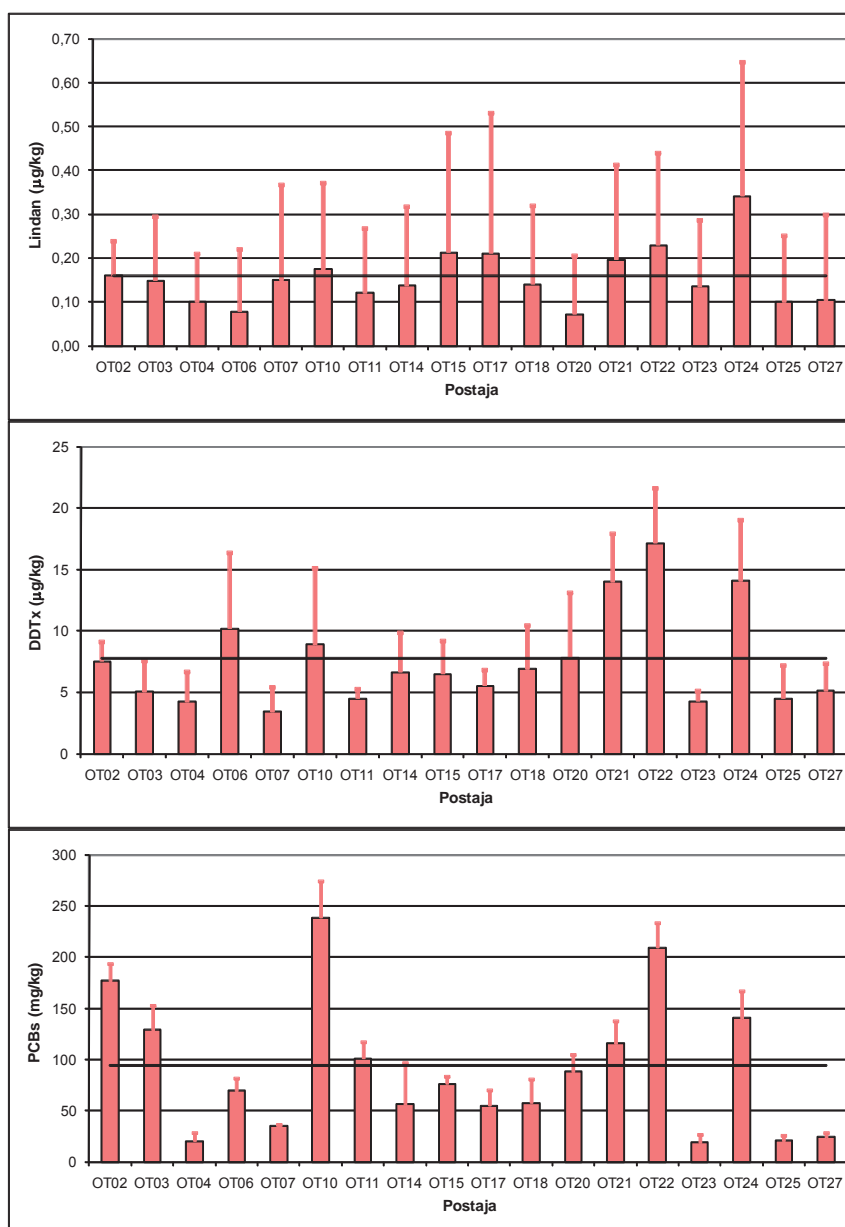
Iz prostorne raspodjele udjela organskih onečišćujućih tvari u sedimentu istraženih postaja uočljivo je da su općenito najmanje vrijednosti DDT i PCB spojeva ustanovljene na postajama OT04 (Ušće Neretve) i OT25 (Limski zaljev). Najveći udjeli ustanovljeni su u području Kaštelanskog zaljeva (OT10, OT11) i Gruža (OT02) uz nešto niže vrijednosti u području estuarija Krke, dakle područjima koja su izložena dugogodišnjim antropogenim djelovanjima. Obzirom na udjele lindana, vrijednosti su bile neznatno iznad odnosno ispod granice detekcije metode određivanja (GD).

Obzirom da se istraživanja lindana te DDT i PCB spojeva u sedimentu obavljaju tek od 2006. godine promjene koncentracija (trendovi) za ovaj kratki period nisu uzeti u obzir za

diskusiju, međutim mogu se vidjeti na webstranici www.jadran.izor.hr/azo. (Pokazatelj: Opasne tvari u morskom sedimentu, WHS5).

Postojane organske onečišćujuće tvari (lindan, PCBx i DDTx) u školjkašima

Rezultati monitoringa organskih onečišćujućih tvari u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* prikazani su na slikama 5.12 i 5.13, pri čemu je na slici 5.11 prikazano prosječno stanje udjela organskih onečišćujućih tvari u razdoblju od 2002. do 2009. godine, a na slici 5.13. trend za istraženo razdoblje.



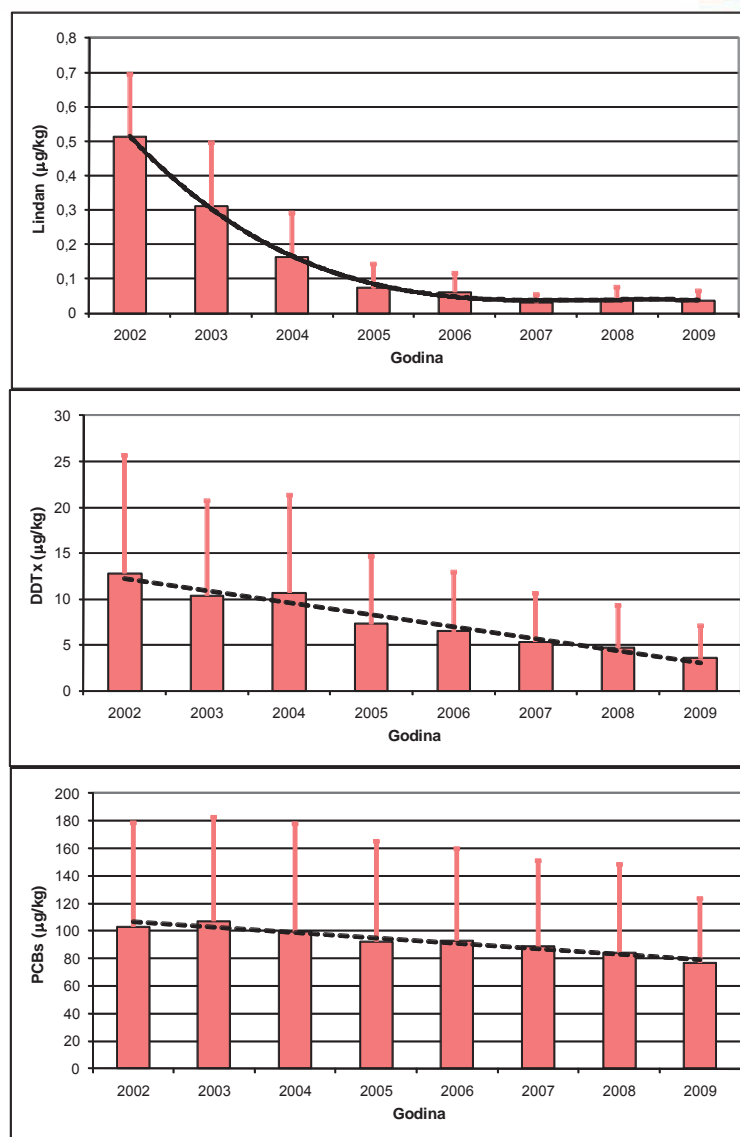
Slika 5.11. Prosječni maseni udjeli ($\mu\text{g/kg}$ suhe mase) lindana, ukupnog DDT-a (DDTx) i polikloriranih bifenila (PCBx) u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* tijekom razdoblja 2002-2009. Puna crta predstavlja srednju vrijednost masenog udjela izračunata na osnovi svih raspoloživih podataka. *Izvori podataka: IOR-Split.*

Iz prostorne raspodjele organskih onečišćujućih tvari u školjkašima istraženih postaja uočljivo je da su udjeli lindana najmanji u odnosu na udjele DDT i PCB spojeva. Iako se

radi o niskim udjelima lindana može se reći da su nešto više vrijednosti ustanovljene u područjima antropogenog djelovanja kao što su Pulska luka, Riječki zaljev, Šibenska luka, Kaštelanski zaljev i Gruška luka. Slična prostorna raspodjela uočena je i za DDT spojeve s povećanim udjelima u području Pulske luke, Riječkog i Kaštelanskog zaljeva i luke Ploče u odnosu na srednju vrijednost udjela DDT spojeva za istraživano razdoblje. Za razliku od kloriranih pesticida PCB spojevi su ustanovljeni u znatno većim masenim udjelima. U odnosu na srednju vrijednost udjela PCB spojeva za istraživano razdoblje, povećani udjeli PCB spojeva ustanovljeni su u području Kaštelanskog i Riječkog zaljeva, Gruške i Pulske luke kao posljedica dugogodišnjeg ispuštanja prvenstveno tehnoloških ali i komunalnih otpadnih voda u priobalno područje. Zbog nedostatka standarda kakvoće ocjena ekološkog ili kemijskog stanja obzirom na razinu organskih onečišćujućih tvari u školjkašima ne može se dati.

Iz vremenske raspodjele srednjih godišnjih udjela organskih onečišćujućih tvari u razdoblju od 2002. do 2009. godine mogu se uočiti trendovi promjena udjela njihovog onečišćenja u istraženom području. U slučaju kloriranih pesticida (lindan, DDT spojevi) smanjenje njihovih udjela je izraženije u odnosu na PCB spojeve, što je i za očekivati budući da je u republici Hrvatskoj uporaba lindana zabranjena 2001. godine a DDT-a 1972. godine (Hamel i sur., 2003). Za PCB spojeve još ne postoje zakonski akti koji zabranjuju njihov uvoz i uporabu (Hrvatski centar za čišću proizvodnju, 2004).





Slika 5.12. Trendovi masenih udjela ($\mu\text{g/kg}$ suhe mase) lindana, ukupnog DDT-a (DDTx) i polikloriranih bifenila (PCBx) u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* tijekom razdoblja 2002.-2009. Izvori podataka: IOR-Split.

Zaključak

Iz rezultata monitoringa ekotoksičnih metala, organokositrenih spojeva i postojanih organskih onečišćujućih tvari možemo zaključiti da njihove razine u morskom okolišu ne predstavljaju opasnost u odnosu na konzumaciju morskih organizama. Najveće koncentracije ovih onečišćujućih tvari u morskom okolišu Republike Hrvatske ustanovljene su u području prijelaznih i priobalnih voda blizu većih urbaniziranih područja te marina i luka. Analiza trendova ukazuje da se koncentracije ekotoksičnih metala u zadnjih 10 godina povećavaju, a postojanih organskih onečišćujućih tvari smanjuju. Redoviti monitoring navedenih onečišćujućih tvari treba nastaviti, a organokositrenih spojeva uvesti.





II. DIO OPTEREĆENJA I UTJECAJI NA STANJE MORA



6. FIZIČKI GUBICI I FIZIČKA OŠTEĆENJA

6.1. Utjecaj ljudskih staništa (urbani prostori svih vrsta) na morski okoliš

Obalna područja najgušće su naseljeni i najintenzivnije korišteni prostori na Zemlji. Takvo koncentriranje stanovništva nije slučajno jer obalna područja imaju mnoge usporedne prednosti za život ljudi. Prirodni izvori i pogodni uvjeti ovih područja osnova su za brojne, u njima koncentrirane djelatnosti: od industrije i proizvodnje energije, preko ribarstva i marikulture do turizma. Sve ove aktivnosti predstavljaju sve veći pritisak na okoliš u kojem djeluju, što postupno vodi njenoj sve značajnijoj degradaciji. Mnogi obalni resursi su kategorija zajedničkog / javnog dobra, što otvara mogućnost konflikta oko njihova korištenja, problem korištenja preko granica održivosti, i sl.

Jadransko more, otoci i obalno područje jedan su od najvrednijih i najosjetljivijih dijelova prostora Republike Hrvatske. Iako su već desetljećima izloženi brojnim negativnim utjecajima ljudskih djelatnosti, zahvaljujući geografskim osobitostima i povijesnim okolnostima još uvijek su, u ekološkom pogledu, u daleko boljem stanju od najvećeg dijela Sredozemnog mora. Ipak, neke gospodarske i druge aktivnosti predstavljaju i sve veći pritisak na morski i kopneni okoliš u kojem djeluju, što postupno vodi njenoj umanjenoj kvaliteti ili vrijednosti. Među najznačajnije i najuočljivije posljedice po kopneni okoliš svakako ubrajamo vizualno narušavanje vrijednosti krajolika (dužobalno širenje naselja, opožarena područja, obalne cestovne prometnice), čestu ugroženost kulturne baštine neprimjerenim gradnjama, gubitak ili umanjenoj vrijednosti poljoprivrednog i šumskog tla, razgrađivanje tradicionalnih načina življenja, preopterećenje obnovljivih morskih resursa, uništenje staništa i drugo.

Ukupna dužina obalne crte u Republici Hrvatskoj je 6.278 km (1.880 na kopnu i 4.398 km na otocima). Tolika dužina obale rezultat je velikog broja otoka, hridi i grebena, kojih je 1.242, od čega su 143 površinom veća od 25 ha. Prema podacima Zavoda za prostorno planiranje (u daljnjem tekstu Zavod), šire obalno područje (teritorij 138 jedinica lokalne samouprave uz morsku obalu) obuhvaća površinu od 11.452 km², a u njemu je 2001. godine u 1.262 naselja živjelo 1.144.052 stanovnika, tj. 80% svih stanovnika jadranskih županija. Stupanj urbanizacije iznosio je 61%, a gustoća naseljenosti bila je 100 stanovnika/km², što je više od hrvatskog prosjeka. Zaštićeno obalno područje (ZOP - proglašeno 2004. god.) obuhvaća sve otoke, pojas kopna u širini od 1.000 m od obalne crte i pojas mora od 300 m od obalne crte, a određeno je radi njegove zaštite, svrhovitog, održivog i gospodarski učinkovitog korištenja. Površina ZOP-a iznosi 4.639 km², zahvaća 608 naselja u kojima je živjelo 918.215 stanovnika.

U razdoblju 1960-2000. godina evidentirano je višestruko (oko 5 x) povećanje urbanizirane obale (od 150 km na 837 km). Prema analizama Zavoda, do 1960. godine bilo je urbanizirano (izgrađeno ili uređeno u naseljima) oko 150 km morske obale. Do 2000. godine dužina urbanizirane morske obale povećala se do 837 km, što je gotovo 15% njezine ukupne dužine. U četrdeset godina evidentirano je povećanje urbanizirane obale od pet puta. Porast urbaniziranosti morske obale (stvarne izgrađene ili planirane za gradnju) u velikom dijelu je posljedica izgradnje u obalnim naseljima (stambeni objekti u funkciji turizma, apartmani, kuće za odmor) ili izvan naselja (kompleksne turističke zone, proizvodne i poslovne zone, infrastrukturni objekti i mreže i dr.).



Od 2004. godine donošenjem novih propisa kojima je regulirano prostorno uređenje i zaštita obalnog prostora intenzivirana je kontrola i očuvanje obalnog i otočnog područja od neprimjerene gradnje. U novim prostornim planovima JLS gradova i općina uočava se proces smanjivanja planske urbanizirane obale a nova gradnja se usmjerava na površine naselja koje su udaljenije od obale. Prema GIS-u Prostornih planova RH dužina obalne crte područja u kojima je novim prostornim planovima planirana (dopuštena) gradnja iznosi 1.477 km. Razvoj naselja (izgrađeni prostori kao i prostori za daljnji razvoj) odvijao bi se uz 979 km obale a za gospodarske djelatnosti izvan naselja planski je osigurano 498 km obale (samo za turističke zone oko 400 km)

Značajni problemi zaštite okoliša, a time i održivog razvitka priobalnog područja i mora su pretjerana gradnja u obalnom području koja često ima lošu komunalnu opremljenost kao i prostorno planiranje u kojem prevladava urbanizam vlasničkih parcela bez prakticirane urbane komasacije. Nadalje, to je nedostatak uređaja za pročišćavanje urbanih i industrijskih otpadnih voda, izlov i prelov ribljeg fonda a posebno značajan utjecaj ima proces bespravne izgradnje u nekim područjima. Taj proces prati i nedostatak političke volje u brojnim JLS da se suprotstavljaju takvoj gradnji i pored svih donesenih strateških dokumenata prostornog uređenja (PPŽ i PPU JLS G/O). Turizam je glavni pokretač gospodarskih aktivnosti na priobalnom području i za određene obalne i otočne zajednice ima cijeli niz pozitivnih gospodarskih učinaka. No, uz pozitivne učinke, turizam nosi i veliko opterećenje za morski okoliš i obalni prostor. Svaki od navedenih problema nosi ozbiljne rizike za okoliš uz moguće značajne ekonomske i socijalne posljedice.

Mjere za očuvanje obalnog i otočnog područja od neprimjerene urbanizacije ne provode se u željenom opsegu i dinamici. I dalje se koncentrira gradnja na kontaktnoj ~~liniji~~ ^{liniji} kopno – more i privatizira pomorsko dobro, što ukazuje na nužnost učinkovitije kontrole provođenja prostornih i urbanističkih planova. Primjerice znatnu očuvanost prirodne obale moguće je postići racionalnijim korištenjem postojećih 300-ak turističkih zona i odmjerenim aktiviranjem samo dijela od oko 350 planiranih turističkih zona. Mnogi prostorni planovi JLS nisu rađeni na načelima održivog razvoja, a programi održivog razvoja, iako doneseni za sve otočne skupine, tek se postupno ugrađuju u novu generaciju dokumenata prostornog uređenja. Zbog nastavka nepoželjnih trendova, Vlada RH donijela je 2004. Uredbu o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora, kojom se intenzivira kontrola i očuvanje obalnog i otočnog područja od neprimjerene gradnje. Spomenuta uredba ugrađena je u Zakon o prostornom uređenju i gradnji 2007. godine, u kojem je posebno obrađeno zaštićeno obalno područje mora. Savjet za prostorno uređenje RH je 2009. godine donio kriterije za planiranje turističkih predjela uz more te se ocjena njihove provedbe tek očekuje.

Unatoč pokušajima posljednjih desetljeća izostalo je planiranje i provođenje cjelovitog upravljanja obalnim područjem. Odluke o zahvatima u moru, na otocima i u obalnom kopnenom pojasu često su donošene bez dovoljne stručne, znanstvene i društvene procjene kako na lokalnoj tako i na državnoj razini. Uzrok takvog stanja je često nepostojanje sektorskih planskih podloga za izradu prostornih planova - iako većina sektora ima obvezu snimati stanje, pratiti trendove i donositi svoje razvojne planove/programme. Nadalje, neki sektori žele da se njihovi planovi provode direktno ili da se rade u sklopu postupka izrade prostornih planova - što značajno poskupljuje i odugovlači postupak izrade i donošenja prostornih planova. Kvalitetno očuvanje i zaštita priobalnog područja, otoka i mora moguća je samo na osnovi vrednovanja društvenih, gospodarskih i ekoloških osobitosti



dijelova priobalja (i mora), te sukladno stručnim analizama razvijanje određenih aktivnosti primjerenih pojedinim postorima.

Tablica 6.1. Urbaniziranost morske obale

Drugi izračun 30-03-2011.		Urbanizirana morska obala (samo naselja i gospodarske zone) - 2010. godine					
Napomena: Prvi izračun o urbaniziranosti hrvatske morske obale obavljen je 2000. godine (7 županijskih Zavoda za prostorno uređenje i Zavod MZOPUG, metoda - R Cimerman)		Metoda: Ratko Cimerman Zavod za prostorno planiranje MZOPUG Izvor i GIS Obrada: GIS Prostornih planova Republike Hrvatske Zavod-MZOPUG i Gisdata Zagreb – Ivan Balent					
Županije	Naselja (u km ²)	Gospodarska namjena (u km ²)	Ukupno (u km ²)	Proizvodna namjena (u km ²)	Poslovna namjena (u km ²)	Ugostiteljsko turistička namjena (u km ²)	Mineralne sirovine (u km ²)
Istarska	98	122	220	1,4	0,7	120,3	0,0
Primorsko-goranska	136	98	234	13,6	2,6	82,1	0,0
Ličko-senjska	30	2	32	0,0	0,0	2,3	0,0
Zadarska	243	88	331	1,7	0,0	86,3	0,4
Šibensko-kninska	93	34	127	0,0	0,0	33,8	0,0
Splitsko-dalmatinska	218	102	320	7,4	3,9	86,2	4,2
Dubrovačko-neretvanska	161	52	213	9,7	0,0	41,7	1,0
Ukupno: Urbana obala 1.477 km	979	498	1477	33,8	7,2	452,7	5,6

Gradnja u obalnom području vjerojatno ima najvažniji negativni utjecaj na biološku i krajobraznu raznolikost Jadranskog mora. Dodatni je problem što su ovakve aktivnosti ireverzibilne jer se nasute obale gotovo nikad ne vraćaju u početno "prirodno" stanje. Gradnja stoga ima neposredan i posredan utjecaj na morski ekosustav i okoliš. Neposredan utjecaj je zatrpavanje kojim se izravno uništavaju nepokretni i slabo pokretni organizmi. Nasipanje često dovodi do promjene vrste supstrata, (npr. šljunkoviti sediment se zamjenjuje čvrstim betonskim), čime se mijenja krajobrazna raznolikost, tip zajednice i organizmi koji naseljavaju takva staništa. Posredni utjecaj se ogleda kroz ispiranje nasutog materijala sa obale koje može dovesti do pojačane sedimentacije u okolnom području, a time i zatrpavanja sesilnih organizama, onemogućavanje procesa filtriranja i disanja ili sprječavanje prihvatanja ranih razvojnih stadija organizama koji u toj fazi razvoja trebaju čvrsti supstrat. Sedimentacija tako može zahvatiti daleko veću površinu od one koja je pokrivena izravnim nasipanjem.

Izgradnja lukobrana dovodi do promjena u fizikalno kemijskim svojstvima područja, pojačava se sedimentacija, smanjuje prozirnost i hidrodinamika u zoni mediolitorala i supralitorala, a može doći do povećanja razine koncentracija hranjivih soli ili neželjenih zagađivala sadržanim u protuobraštajnim zaštitnim premazima. Primjeri nasipavanja i izgradnje lukobrana prikazani su na slikama 6.1.1. i 6.1.2.

Bitni izvori podataka:

- ❖ Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske 2009. (MZOPUG NN 30/09)
- ❖ Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj 2005-2008 (2010.)
- ❖ Izvješće o stanju u prostoru Republike Hrvatske 2003.(MZOPUG)
- ❖ Strategija i Program prostornog uređenja Republike Hrvatske (MZOPUG 1997. i 1999.)
- ❖ Geoinformacijski sustav Prostornih planova Republike Hrvatske (MZOPUG 2004-11.)





Slika 6.1.1. Primjeri izgradnje obale u Omišu i lukobrana u Marini Sukošan



Slika 6.1.2. Područja nasipivanja obale (Kašuni, Žnjan) u Splitu radi dobivanja novih turističko-rekreacijskih površina

6.2. Utjecaj ribarstva - fizička šteta staništa i utjecaj na bioraznolikost

Utjecaj ribarstva na ekosustave u smislu fizičke štete koje nanosi staništu i utjecaj na bioraznolikost, u prvom redu bentoskih organizama, nisu do sada sustavno istraživani u hrvatskom teritorijalnom moru. Međutim, za očekivati je da on postoji i to prvenstveno kod određenih aktivnih ribolovnih alata (priobalne mreže potegače, rampon, koća i sl.).

Prema raspoloživim pokazateljima (*Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva*), udjel cjelokupnog sektora ribarstva u bruto domaćem proizvodu (BDP) Republike Hrvatske kreće se između 0,2% i 0,7%. Ribarstvo značajno sudjeluje u izvozu prehrambenih proizvoda Republike Hrvatske. Ukupna vrijednost izvoza proizvoda ribarstva u 2010. godini bila je 113.119.244 USD (29.375 tona) u dijelu svježe ribe, te 22.276.036 USD (4.575 tona) u dijelu prerađevina (konzervi). Ukupno, izvoz je dakle dosegao vrijednost 135.395.280 USD. Zanimljivo je da izvoz tune (ukupne vrijednosti 42.775.405 USD u 2010. godini) zauzima visoko peto mjesto u ukupnom izvozu poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda Republike Hrvatske. Zajedno s vrijednošću izvoza soljenog incuna (20.762.931 USD, 7.145 tona), vrijednost izvoza ova dva proizvoda

ribarstva nadmašuje vrijednost izvoza obične pšenice, što dosta govori o značaju ribarstva za ukupnu vanjskotrgovinsku bilancu Republike Hrvatske.

Potrošnja ribe u Republici Hrvatskoj procjenjuje se na oko 8 kg „per capita“. Ova je vrijednost daleko niža od vrijednosti u primjerice Španjolskoj ili Italiji, ali odgovara vrijednostima potrošnje za Maltu i Cipar. Ipak, sve postojeće analize pokazuju da postoji značajan prostor za povećanje upravo domaće potrošnje ribe i proizvoda ribarstva.

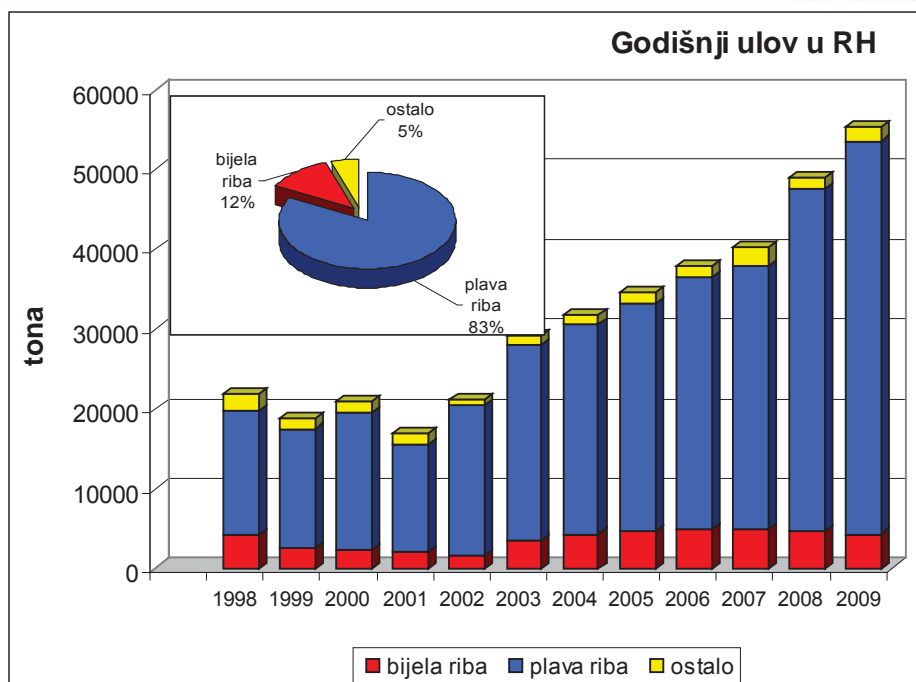
Sektor izravno zapošljava oko 5.000 ljudi (ribari, djelatnici u tvrtkama za ulov, uzgoj i preradu ribe, zaposlenici na plovilima). Pored stalno zaposlenih, provedene ankete pokazuju da postoji i značajan broj sezonskih radnika u ribarstvu, posebno u segmentu djelatnika na ribarskim plovilima. Postoji i dio radne snage koja u ribarstvu sudjeluje ali se ne vodi kao zaposlena radna snaga, poput obitelji obrtnika ili ugovornih djelatnika. Statistike zaposlenosti u ribarstvu složene su u svim državama na Sredozemlju, pa se zaposlenost mahom procjenjuje koristeći različite pokazatelje. Takve analize pokazuju da je u Republici Hrvatskoj za sektor ribarstva u izravno i neizravno povezanim djelatnostima zaposleno oko 25.000 osoba.

S početkom 2011. godine, 3.950 plovila bilo je upisano u Registar ribarske flote Republike Hrvatske. Izričaj „s početkom 2011. godine“ namjerno je korišten, budući da se u Registru često bilježe različite promjene – neka plovila se zamjenjuju, neka plovila izlaze iz ribolova i slično. Najveći postotak flote (83,82 %) čine plovila manja od 12 metara duljine, koja ujedno čine i najveći udio u snazi flote (48,96% kW). S druge pak strane, najveći dio tonaže flote (27,64% GT) zauzima segment od 24 do 30 metara dužine. Uzme li se u obzir i tip plovila, najznačajniji dio ukupne tonaže hrvatske ribolovne flote čine plivarice (42,21% GT), a najznačajniji dio ukupne snage višenamjenska plovila (29,15% kW). Ukupna snaga flote iznosila je 306.444 kW a tonaža 43.452 GT.

Najveći broj plovila registriran je kao višenamjenska plovila (45,01%). Ova plovila tipična su za mediteranski oblik ribolova, u kojemu najčešće nema ciljanih vrsta i u kojemu ribari često mijenjaju alat tijekom godine. Plivarice čine 5,52% (218 plovila) flote i ovim plovilima ostvaruje se najveća količina ulova, dok plovila za kočarski ribolov čine 13,90% (549 plovila) ribolovne flote Republike Hrvatske.

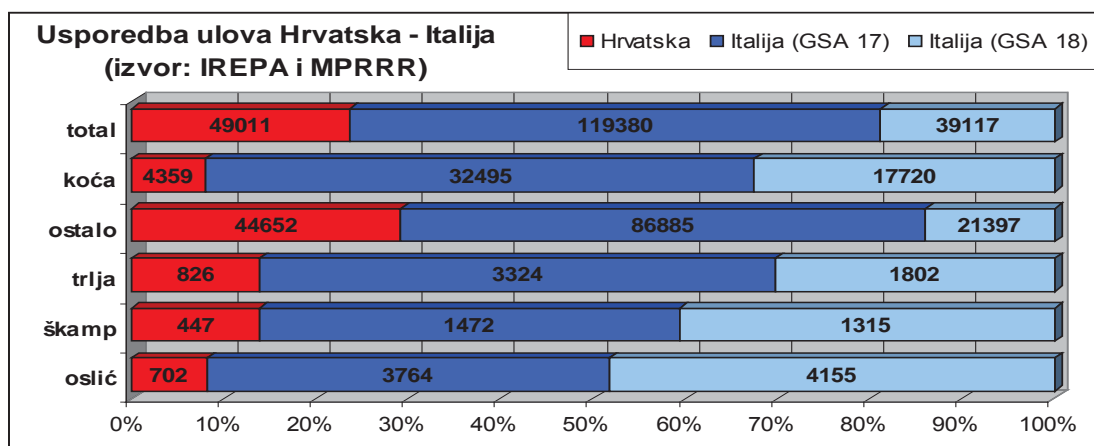
Hrvatsko morsko ribarstvo čini značajnu ekonomsku granu gospodarstva sa izrazitom socijalnom komponentom za stanovništvo u priobalnom području. Ukupan godišnji ulov u morskom ribarstvu u RH prema službenoj statistici u 2009. godini iznosio je oko 55 000 tona, što je za 6 000 tona više nego u prethodnoj godini. Inače, godišnji ulov u zadnjih desetak godina pokazuje permanentan porast, a on je prvenstveno posljedica porasta ulova sitne plave ribe (slika 6.2.1.), a manje ulova pridnenih i priobalnih vrsta. Kočarski ribolov se kretao u navedenom razdoblju oko 4.500 tona/godišnje i nisu zabilježene značajnije promjene ulova. Glavninu morskog ulova u RH čini sitna plava riba, oko 83% (uglavnom srdela i incun), dok je udio bijele ribe u komercijalnom ribolovu iznosio 12%, te ostale vrste (glavonošci, rakovi i školjkaši) oko 5%.





Slika 6.2.1. Statistika morskog ribarstva u RH (Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva)

Kako bi se dobio uvid u razinu eksploatacije obnovljivih resursa u Jadranskom moru i udio Hrvatske u ukupnom ulovu u Jadranu (a samim time i odgovornost za recentno stanje resursa) načinjena je usporedba godišnjeg ulova hrvatskih i talijanskih ribara (slika 6.2.2.). Uočava se ogroman nesrazmjer u godišnjem ulovu, koji za posljedicu ima različitu razinu ribolovnog napora i razinu eksploatacije, što u konačnici rezultira sa velikim razlikama u stanju obnovljivih resursa uzduž istočne i zapadne obale Jadrana. Međutim potrebno je naglasiti kako većina stockova koja se eksploatira u Jadranu spada u skupinu „djeljivih stockova“, tj. riječ je o biološki jedinstvenim populacijama, koje ekonomski eksploatiraju flote različitih zemalja. U takvim uvjetima, preduvjet uspostave dugoročno održivog gospodarenja je uspostava dijaloga između svih sudionika u ribolovu sa ciljem dogovaranja, uspostave i usklađivanja mjera regulacije ribolova i zaštite resursa.

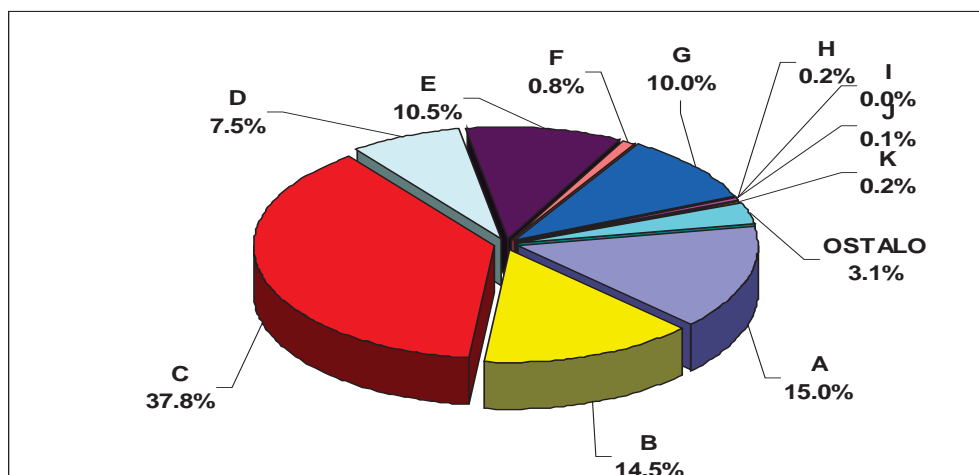


Slika 6.2.2. Usporedba ulova u Jadranskom moru između Hrvatske i Italije



Pridneni ribolov

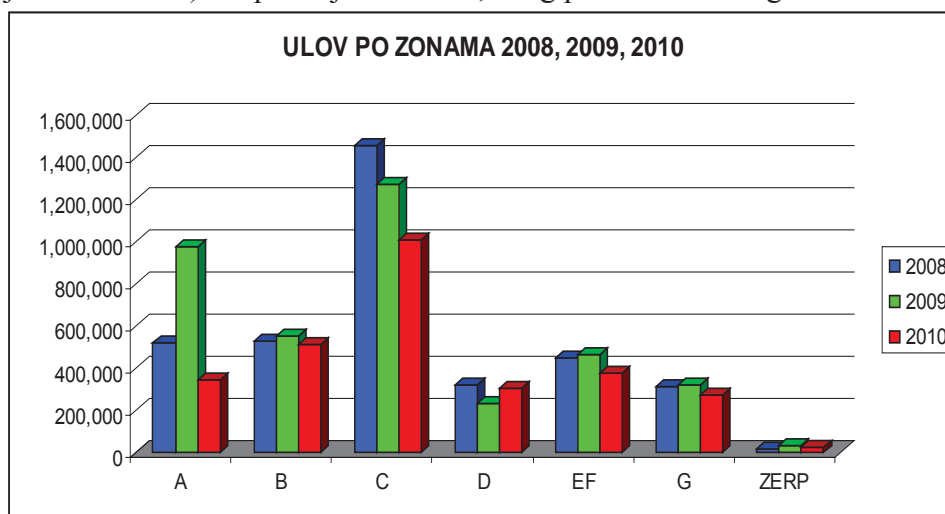
Hrvatski pridneni (kočarski) ribolov se odvija u cijelom teritorijalnom moru RH, te u djelomično i u Zaštićenom ekološko ribolovnom pojasu (ZERP). Međutim, najveći dio ribolova potječe iz unutarnjeg ribolovnog mora i teritorijalnog mora. Na slici 6.2.3. prikazan je udio pojedinih ribolovnih zona u ukupnom kočarskom ulovu u RH. Ribolovna zona A se nalazi uz zapadnu obalu Istre, zona B u teritorijalnom moru sa vanjske strane Dugog otoka, zona C otvoreni srednji Jadran, zona D otvoreni južni Jadran, zone E i F kanalska područja sjevernog Jadrana i zona G – kanalska područja srednjeg Jadrana. Ribolovne zone H, I, J i K nalaze se u ZERP-u (nastavno na zone A, B, C i D).



Slika 6.2.3. Udio pojedinih ribolovnih zona u godišnjem ulovu kočarskog ribolova
(Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva)

Glavnina kočarskog ulova u RH potječe iz ribolovne zone C, tj. iz otvorenog srednjeg Jadrana (37,8%), potom zapadna obala Istre (ribolovna zona A) oko 15%, ribolovna zona B oko 14,5%, kanalska područja sjevernog Jadrana (zone E i F) oko 11,3%, kanali srednjeg Jadrana oko (zona G) oko 10%, te otvoreni južni Jadran oko 7,5%. Udio ulova koji potječe iz ekstrateritorijalnog mora (prvenstveno ZERP) je veoma mali i čini manje od 0.7%.

Ulovi u gotovo svim ribolovnim zonama su u 2010. godini bili manji nego u prethodnim godinama (slika 6.2.4.), a najveći pad je u otvorenom srednjem Jadranu (kao posljedica smanjenja ulova oslića) i zapadnoj obali Istre, zbog pada ulova muzgavca.

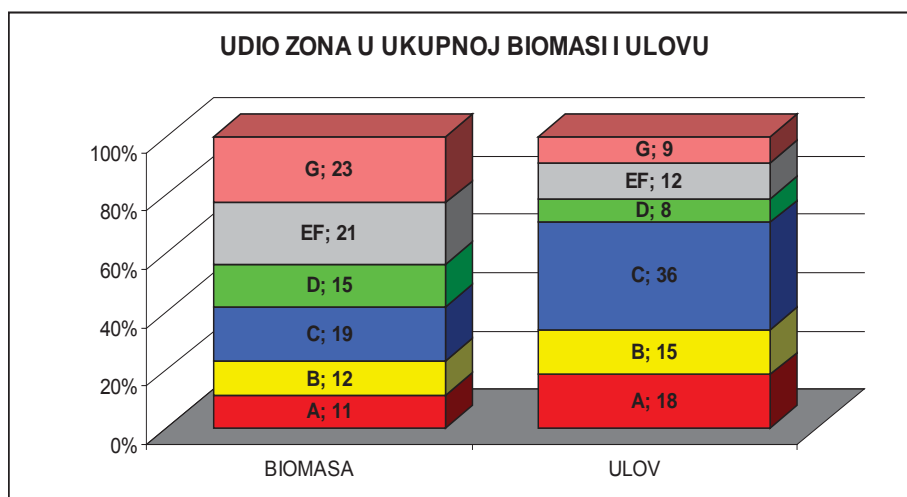


Slika 6.2.4. Statistika kočarskog ribolova u RH po ribolovnim zonama (Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva)



Razina eksploatacije u pojedinim ribolovnim zonama najbolje se vidi iz slike 6.2.5. u kojoj je načinjena usporedba rasprostranjenosti biomase pridnenih resursa u Jadranskom moru na osnovu ekspedicije MEDITS po pojedinim ribolovnim zonama, te ostvareni ulov u svakoj od pojedinih ribolovnih zona.

Najnepovoljnija je situacija otvorenom srednjem Jadranu: na navedenom području nalazi se 19% ukupne biomase, a ostvaruje se 36% ukupnog koćarskog ulova. Slična je situacija i uz zapadnu obalu Istre gdje se nalazi oko 11% biomase pridnenih vrsta, a udio ove ribolovne zone u ukupnom koćarskom ulovu je 18%. Povoljnije je stanje u kanalskim područjima srednjeg Jadrana (ukupno 23% biomase i 9% ulova) i to zbog izrazito restriktivnih prostorno vremenskih mjera regulacije koćarskog ribolova. U kanalima sjevernog Jadrana (zone E i F) ovaj omjer je 21% : 12% i on je prvenstveno posljedica činjenice da je cijeli Velebitski kanal zabranjen za koćarenje, kao i brojna područja u zoni F.

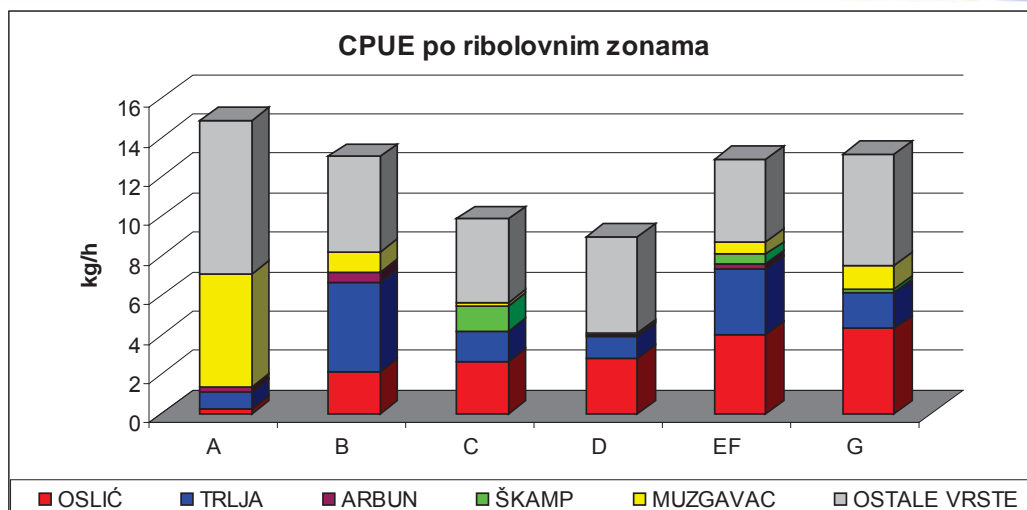


Slika 6.2.5. Usporedba rasprostranjenosti pridnenih resursa u ribolovnim zonama u RH (prema MEDITS-u) i ostvarenog ulova (prema statistici Uprave za ribarstvo Ministarstva poljoprivrede)

Radi standardizacije podataka različitih brodova u različitim zonama, vrijednosti ulova na jedinicu ribolovnog napora (CPUE) su računati na način da su ulovi standardizirani na ulov po satu koćarenja za hipotetski brod od 100 kW, te je na taj način moguće uspoređivati ulove različitih brodova i u različitim područjima (slika 6.2.6.).

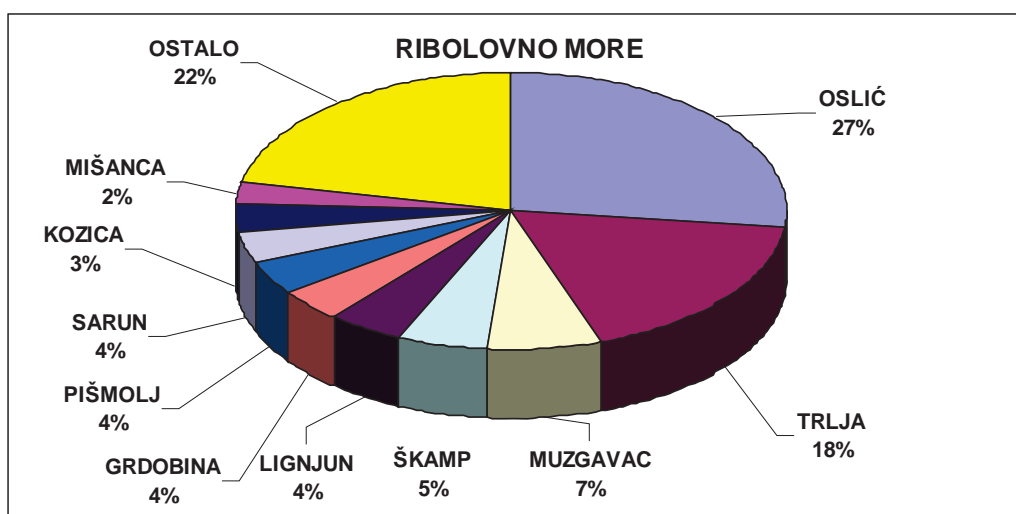
Najveće vrijednosti CPUE su zabilježene uz zapadnu obalu Istre (14,86 kg/h), a slijede ribolovna zona G (13,14 kg/h), zona B (13,00 kg/h), zone E i F (12,89 kg/h), zona c (9,84 kg/h) i zona D (8,97 kg/h). Ove vrijednosti treba uzimati sa oprezom, jer uzorkovanjima nije obuhvaćen reprezentativan dio ribolovne flote, što može imati utjecaje na rezultate. Naime, zbog nemogućnosti ukrcavanja na manje brodove (nedovoljno mjesta za primanje znanstvenika na brod), u uzorkovanjima su dominirali veći brodovi.





Slika 6.2.6. Vrijednosti ulova na jedinicu napora (Kg/h/100 kW) u pojedinim ribolovnim zonama ((Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva)

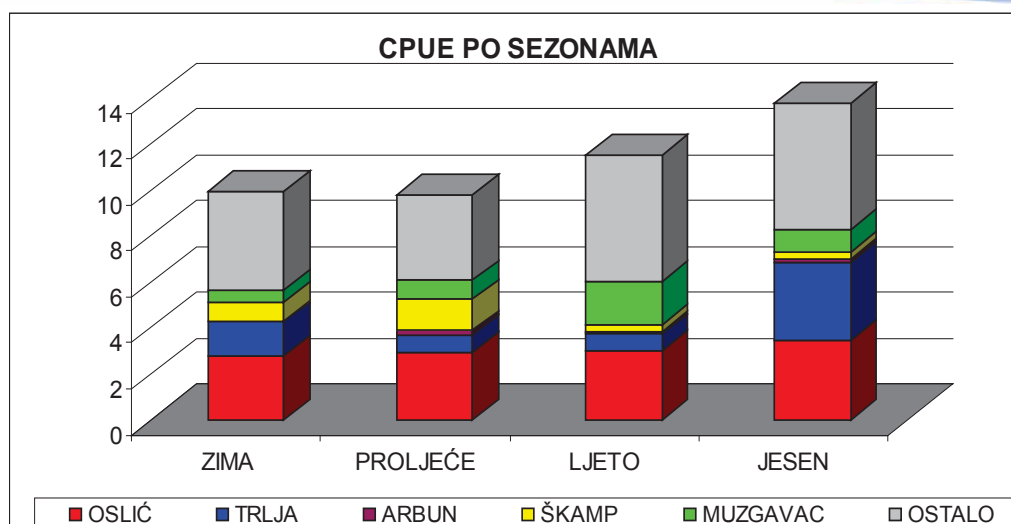
U koćarskim lovinama i prilovu nalazio se veliki broj vrsta (preko 200 vrsta), ali desetak vrsta čini glavninu ulova (slika 6.2.7.). Najzastupljenija i najvažnija vrsta u koćarskim lovinama je oslić sa udjelom od 27%. Potom slijedi trlja blatarica (18%), crni i bijeli muzgavac (7%), te škamp (oko 5%). Sa pojedinačnim udjelom od 3-4 % u lovinama su bile zastupljene vrste lignjun, grdobina, pišmolji i saruni, a ostale vrste su bile zastupljene sa pojedinačnim udjelom manjim od 1%.



Slika 6.2.7. Zastupljenost pojedinih vrsta u koćarskim lovinama u ribolovnom moru RH ((Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva)

Promatrano na razini cjelokupnog ribolovnog mora, najveće vrijednosti ulova na jedinicu ribolovnog napora (CPUE) bilježe su u jesenskom razdoblju i oni su prvenstveno posljedica povećanja ulova trlje blatarice. Vrijednosti ulova oslića su manje-više iste tijekom cijele godine, dok je škamp najzastupljeniji u lovinama u zimu i proljeće. Udio muzgavaca u lovinama bio je najveći u toplijem dijelu godine (slika 6.2.8.).





Slika 6.2.8. Vrijednosti ulova na jedinicu napora (Kg/h/100 kW) u pojedinim sezonama u ribolovnom moru RH ((Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva)

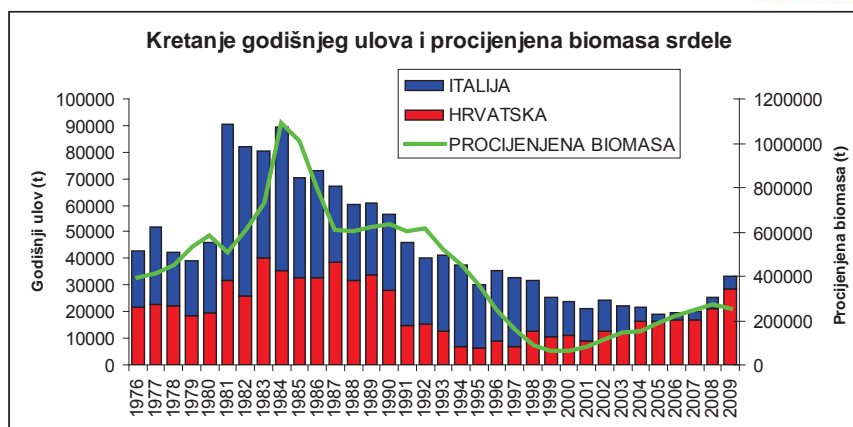
Sitna plava riba

Gospodarski najznačajnije vrste sitne plave ribe koje se putem ribolovnih aktivnosti izravno iskorištavaju su inćun i srdela. U nešto manjem obimu, gospodarski su značajne i druge vrste sitne plave ribe poput iglice, lokarde i papaline. Zbog njihovog gospodarskog značaja, u nastavku se navode detaljniji opisi naselja tih vrsta.

Procijene stanja populacija sitne plave ribe (srdele i inćuna) u Jadranskom moru se obavljaju putem ehodetekcije i VPA analizom iz uzoraka komercijalnih lovina. Procjene VPA analizom imaju dugu seriju podataka (od 1976), a ehodetekcija od 2003. godine. Obje metode se koriste uz istočnu i zapadnu obalu komplementarnom metodologijom te se procijene ukupne biomase daju za cijelo Jadransko more, jer je riječ o migrirajućim vrstama te su procjene biomase stocka besmislene samo za pojedinu obalu.

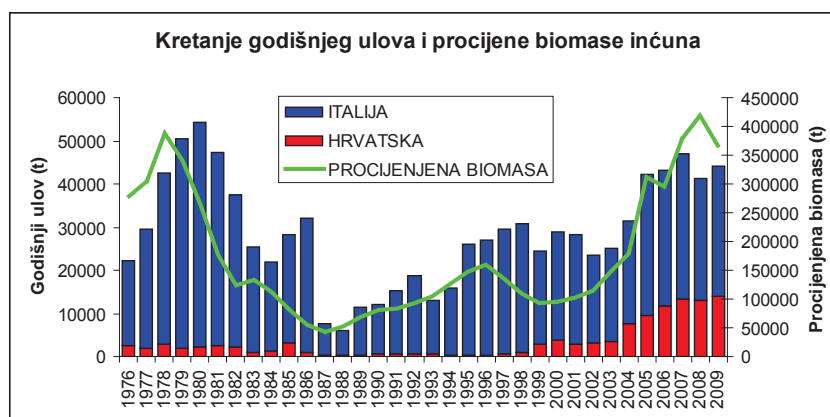
Iz slike 6.2.9. je vidljivo kako postoje dosta dobra poklapanja između procijenjene biomase i ostvarenih godišnjih ulova u Jadranskom moru: ukupan godišnji ulov i procijenjena biomasa srdele pokazuju značajan trend smanjenja tijekom osamdesetih i devedesetih godina, s porastom u zadnjim godinama. U navedenom periodu hrvatski se ulov kretao oko 30-ak tisuća tona i bio je sirovina za razvijenu industriju prerade ribe. Početkom rata i propadanjem tvornica za preradu ribe, dolazi do pada ulova, a on u zadnjim godinama raste i najvećim dijelom se srdela koristi za prehranu tuna. Talijanski ulov u cijelom istraživanom razdoblju se smanjuje i sa gotovo 60-ak tisuća tona pada početkom osamdesetih pada na 3-4 tisuće tona u zadnjim godinama. Osim povećanja godišnjeg ulova srdele u Jadranskom moru, uočljiv je smanjenja srednje lovne dužine primjeraka („pecature“) zbog čega porast ulova ne prati porast financijske dobiti za ribare. Isto tako, povećanje kapaciteta flote, unatoč povećanju ukupnog ulova, dovodi do smanjenja ulova na jedinicu napora (ulov po brodu).





Slika 6.2.9. Kretanje godišnjeg ulova srdele i procjene biomase

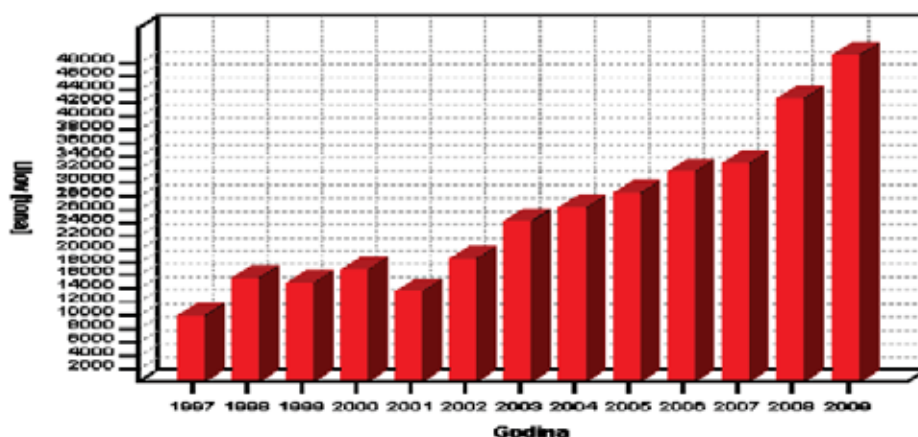
Kretanje ukupnog ulova i procijenjene biomase inćuna (slika 6.2.10.) pokazuje velike oscilacije u promatranom razdoblju. Maksimalne vrijednosti su zabilježene krajem sedamdesetih, nakon čega slijedi izraziti pad do kraja osamdesetih, od kada se stanje populacije popravlja i manje-više je stabilno u zadnjim godinama. Glavnina ulova potječe od talijanske ribolovne flote, ali je i hrvatski ulov porastao sa svega nekoliko stotina tona sredinom devedesetih do oko 13.000 tona u zadnjim godinama. Kao i kod srdele, uočava se značajan pad u srednjoj dužini primjeraka, te pad ulova po brodu zbog povećanja ribolovnog napora (broja brodova).



Slika 6.2.10. Kretanje godišnjeg ulova inćuna i procjene biomase

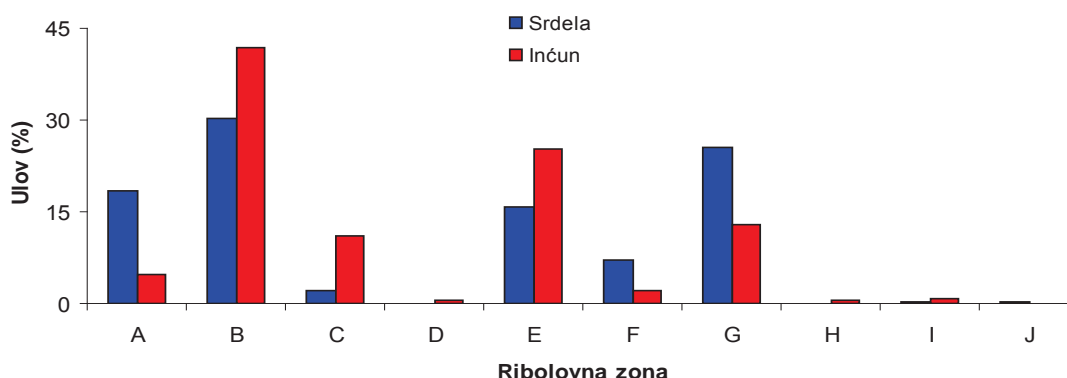
Sudeći prema statističkim podacima, u kvantitativnom smislu ulov sitne plave ribe se zadnjih godina stalno povećava, pa je tako od 10.000 tona iz 1997. dostiglo vrijednosti veće od 48.000 tona u 2009. godini (Sl. 6.2.11.). Dio ovog porasta je rezultat poboljšanja pouzdanosti prikupljanja statističkih podataka i motiviranosti ribara da zbog poticaja ne kriju podatke o stvarnim ulovima, a dio toga se odnosi na stvarno povećanje iskorištavanja resursa obnovljenom ribarskom flotom, u skladu s Strategijom razvoja ribarstva Republike Hrvatske.





Slika 6.2.11. Pregled statističkih podataka o ukupnom ulovu plave ribe u Republici Hrvatskoj (*Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva*)

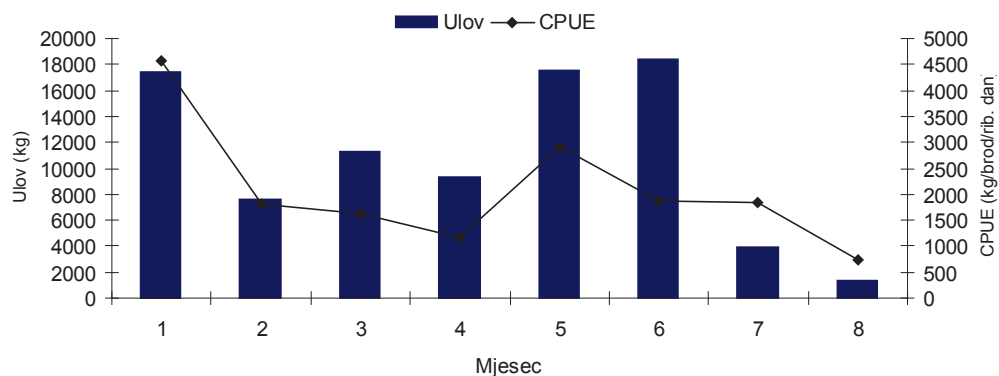
Kako je ribolovno more RH podjeljeno prema ribolovnim zonama, promatran je i ulov sitne plave ribe po ribolovnoj zoni za prvih deset mjeseci 2010. godine. Naime, najveći ulov srdele i inćuna je ostvaren u ribolovnoj zoni B – vanjski sjeverni Jadran, dok su najmanje vrijednosti ulova srdele zabilježene u zoni H, a inćuna u zoni J. Općenito gledajući, najveći ulovi sitne plave ribe se ostvaruju u ribolovnim zonama B, G, E i A (Sl. 6.2.12.).



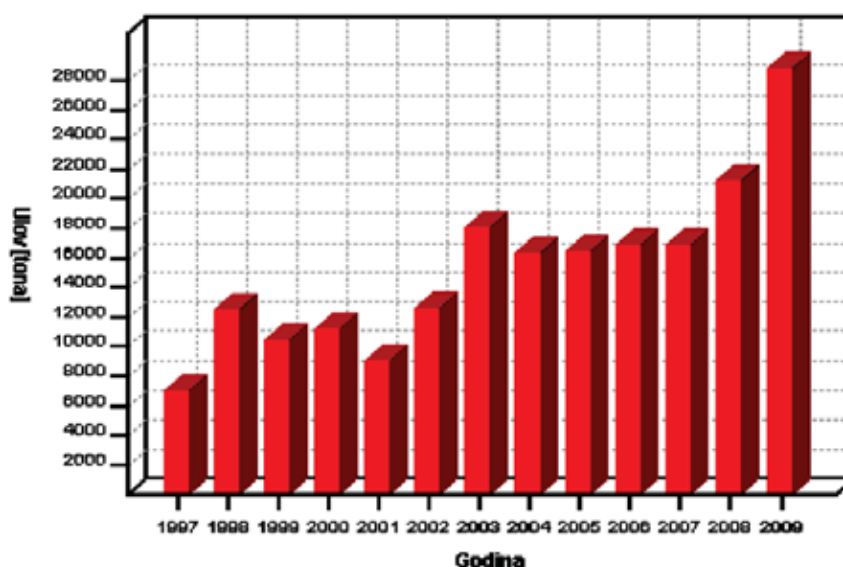
Slika 6.2.12. Kolebanje ulova sitne plave ribe po ribolovnim zonama tijekom prvih deset mjeseci 2010. godine (*Izvor podataka: IOR-Split*)

Tijekom 2009. godine započelo se s anketiranjem ribara, koji obavljaju ribolov u ribolovnoj zoni G – kanalsko područje srednjeg Jadrana. Prema prethodno iznesenim podacima kao i sa slike 68. uočava se da je ribolovna zona G druga po ostvarenom ulovu sitne plave ribe. Od siječnja do srpnja 2010. godine u ribolovnoj zoni G je anketirano približno 20% ribara koji su svoj ulov ostvarili i iskricali u navedenoj ribolovnoj zoni. Na slici 6.2.13. je prikazano i mjesečno kolebanje ribolovnog napora, koji je bio na nešto većoj razini od samog ulova tijekom srpnja i kolovoza. Pregled statističkih podataka o ukupnom ulovu sardale u Republici Hrvatskoj prikazani su na slici 6.2.14.





Slika 6.2.13. Mjesečno kolebanje ulova i ribolovnog napora srdele u ribolovnoj zoni G, siječanj – kolovoz, 2010. godine (Izvor podataka: IOR-Split)

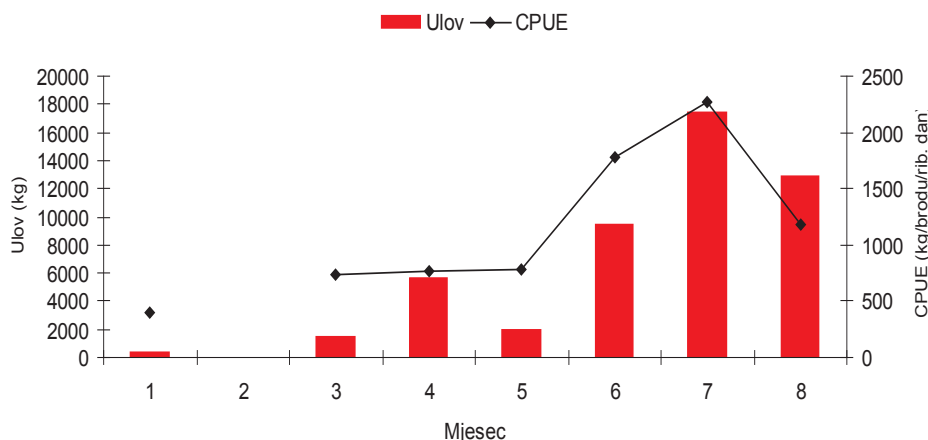


Slika 6.2.14. Pregled statističkih podataka o ukupnom ulovu srdele u Republici Hrvatskoj (Izvor podataka: Ministarstvo poljoprivrede - Uprava ribarstva)

Kao i u slučaju ukupnog ulova plave ribe, tako se isto objašnjenje može navesti i kod srdele, koja predstavlja i njegov najveći udio. Vidljiv je nagli porast ulova srdele nakon 2007. godine.

Prema podacima koji su prikupljeni od ribara iz ribolovne zone G tijekom prvih osam mjeseci 2010. godine najveći zabilježeni ulov inćuna je bio u srpnju, dok je najniža vrijednost ulova inćuna u ribolovnoj zoni G, izuzev veljače kada anketirani ribari nisu ulovili inćuna, za navedeno razdoblje bila u siječnju (Sl. 6.2.15.). Iz grafičkog prikaza na slici 6.2.15. se opaža da su vrijednosti ribolovnog napora za inćuna varirale tijekom mjeseci te su u siječnju, ožujku, svibnju i lipnju bile na nešto višoj razini od ulova.





Slika 6.2.15. Mjesečno kolebanje ulova i ribolovnog napora inćuna u ribolovnoj zoni G, siječanj – kolovoz, 2010. godine (*Izvor podataka: IOR-Split*)

Imajući na umu da su ulovi kako srdela tako i inćuna ostvareni istim ribolovnim alatom – plivaričicom, onda su više vrijednosti ribolovnog napora od ulova tijekom srpnja i kolovoza za srdelu odnosno tijekom siječnja, ožujka, svibnja i lipnja za inćuna objašnjive upravo navedenim. Naime, u promatranom području intenzitet ribolova nije opao već je samo bio usmjeren na vrstu koja je u datom trenutku bila ribarima dostupnija.

Budući da su inćun i srdela kratkožive vrste koje spolno sazriju i počnu se razmnožavati već krajem prve godine života, u stanju su podnijeti višu razinu iskorištavanja od dugoživućih vrsta, koje sporo dosežu spolnu zrelost. Obimnost njihovih naselja u puno većoj mjeri ovisiti će o uspješnosti njihovog mriješćenja, preživljavanje ranih životnih stadija i godišnjem novačenju (obnovi) populacije, nego o razini ribolovnog pritiska. Stoga je kod gospodarenja ovim vrstama, nužno potrebno posvetiti pažnju zaštiti „spawning stock-a“ neposredno prije i tijekom mriješćenja odgovarajućim lovostajem, te osigurati nesmetan razvoj juvenilnih primjeraka u njihovim rastilištima, a time i dobro novačenje (obnovu) populacija.

Indirektni učinci ribolova

Ribolov predstavlja jedan od najvažnijih antropogenih utjecaja na morske organizme, a očituje se kroz direktne i indirektne učinke na pojedine morske organizme, kao i na morski ekosustav u cijelosti. Direktne učinke ribolova ostvaruje se kroz izlov komercijalno važnih organizama sa ciljem njihovog zadržavanja (kao ulova) radi daljnje prodaje ili konzumacije.

Međutim, ribolov ima i druge, indirektne učinke na morske organizme. Naime, u lovinama se osim nalazi i značajan dio organizama koji stradavaju kao „kolateralne žrtve“ zbog neselektivnosti ribolovnih alata. Riječ je o organizmima koji bivaju ulovljeni, ali pošto nemaju komercijalne vrijednosti, bivaju vraćeni u more bilo uginuli, bilo značajno oštećeni čime su im smanjene šanse za preživljavanje. Imajući u vidu prethodno navedeno, ulov ribolovnih alata se u pravilu sastoji od ulova ciljanih vrsta (ulovljene komercijalno važne vrste za koje je određen alat namijenjen), te prilova kojega čine vrste ulovljene slučajno pojedinim ribolovnim alatom.



Prilov u pojedinom alatu čine gospodarski važne vrste organizama koje se nalaze u lovinama, ali nisu ciljane lovine za taj alat. Npr. u mrežama plivaricama (namijenjenim za lov sitne plave ribe) mogu se uloviti i druge gospodarski važne vrste (npr. lignje, trlje, arbut i sl.) i njih ribar zadržava i plasira na tržište. Kako je za većinu ribolovnih alata u RH propisana njihova namjena (tj. gotovo za svaki alat je propisano koje se vrste njime mogu izlovljavati), udio vrsta za čiji izlov dotični alat nije namijenjen ne smije biti veći od 20%. Na ovaj način se sprečava nenamjenskom korištenje alata.

Odbačeni ulov čini više skupina organizama. Jedan dio su primjerci gospodarski važnih vrsta, ali koji su ispod minimalne dužine dozvoljene za izlovljavanje (tzv. nedorasli primjerci), ili primjerci koji su pretjerano oštećeni tijekom ribolova te se bacaju u more. Kako bi se spriječilo izlovljavanje nedoraslih primjeraka, za najveći dio gospodarski važnih vrsta zakonski je propisana minimalna veličina ispod koje se primjerci ne smiju izlovljavati (tzv. MLS), a za pojedine vrste postoji i prostorno vremenska zabrana ribolova pojedinim alatima u razdoblju mrijesta.

Drugi dio prilova čine gospodarski nevažne vrste koje bivaju ulovljene, te potom vraćene u more žive, oštećene ili uginule. Uglavnom je riječ o gospodarski nevažnim vrstama riba, te brojnim gospodarski nevažnim beskralješnjacima. Isto tako, u pojedinim ribolovnim alatima mogu se uloviti i morske kornjače (npr. koća, mreže stajačice i potegače). Ili morske ptice (najčešće tijekom spuštanja parangala)

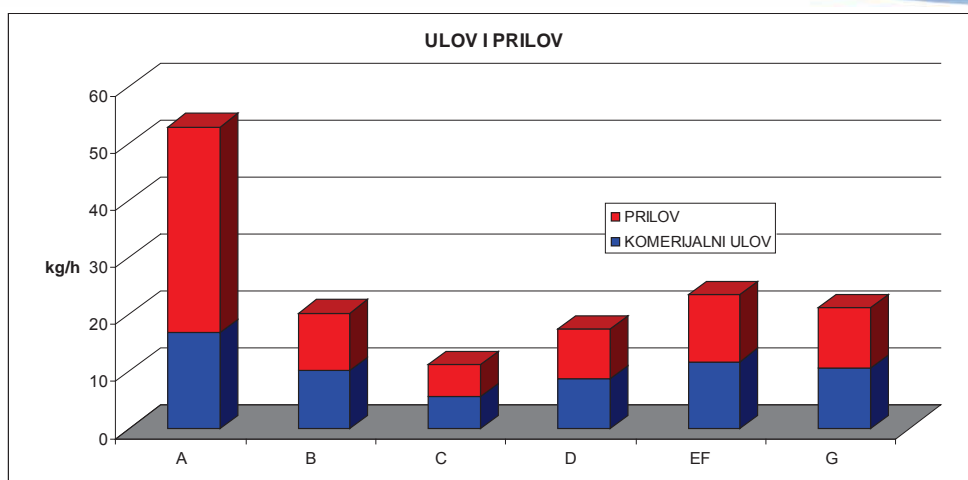
Udio prilova i odbačenog ulova u lovinama i njegova struktura ovisi od ribolovnog alata do ribolovnog alata. U pravilu su povlačni alati izrazito slabo selektivni, te stoga imaju veliki udio u prilova i odbačenog ulova. Među najneselektivnije alate spadaju pridnena povlačna mreža koća, ramponi, dredže, obalne potegače (migavica, girarica).i sl.

U komercijalnom koćarskom ribolovu se, osim ciljanih vrsta (gospodarski važne vrste), love i primjerci drugih vrsta koje nemaju ekonomsku važnost, ali bivaju slučajno ulovljene tijekom ribolovnih aktivnosti. Tijekom monitoringa 2010 udio prilova bio je veći nego komercijalnog ulova u svim ribolovnim zonama (slika 6.2.16.). Najveće količine prilova nalaze se u ribolovnoj zoni A (zapadna obala Istre), a najmanje količine u otvorenom Jadranu (zone C i D).



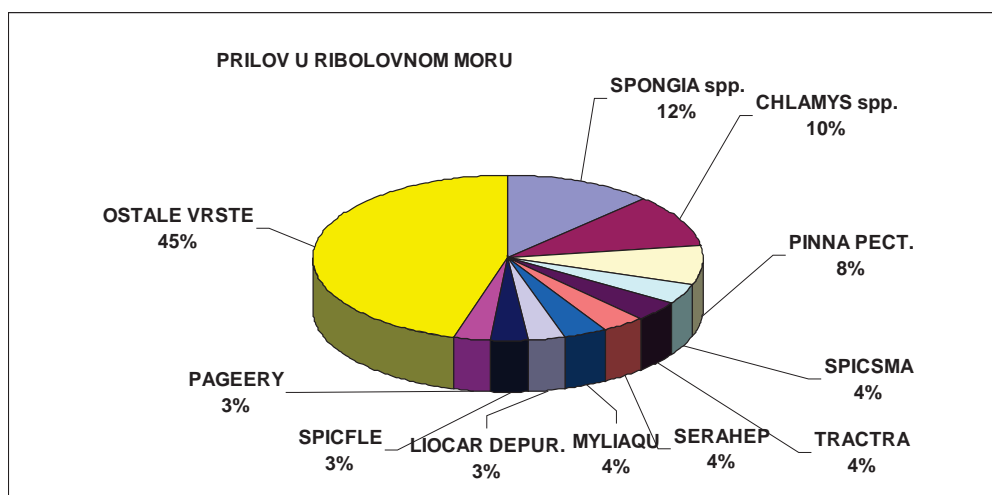
ZONA A	ZONA B
	
ZONA C	ZONA D
	
ZONA E	ZONA F
	
ZONA G	
	<p><i>Fotografije predstavljaju kompletan ulov (komercijalni ulov + prilov) ostvaren u polusatnom potegu tijekom proljetnog znanstvenog monitoringa koćarskih naselja 2006. godine.</i></p>

Slika 6.2.16. Fotografije tipičnih lovina (ulov i prilov) po pojedinim ribolovnim zonama
(Izvor podataka: IOR-Split)



Slika 6.2.16a. Udio ulova i prilova u koćarskim lovinama po ribolovnim zonama (*Izvor podataka: IOR-Split*)

Na razini cijelog ribolovnog mora RH najzastupljenije vrste u prilovu su bile spužve (12%), potom školjkaši iz roda *Chlamys* (10%) i *Pinna* (8%) i to uz zapadnu obalu Istre. Značajan dio prilova činile su i gospodarski manje važne vrste, kao i gospodarski važne vrste, ali malih dimenzija (ispod MLS). Gire su u prilovu bile zastupljene sa 7%, saruni 4%, ćućin (vučić) 4%, golub 4%, rak *Liocarcinus* 3% (u otvorenom Jadranu), a ostale vrste su bile prisutne sa udjelom pojedinačnim manjim od 1% (slika 6.2.17.).



Slika 6.2.17. Struktura prilova u koćarskim lovinama u ribolovnom moru RH (*Izvor podataka: IOR-Split*)

Svaki morski organizam koji je uhvaćen ribolovnim alatom ne mora završiti kao ulov. Tako npr. iz povlačnih mreža značajan dio organizama pobjegne kroz oka mreže. Često puta su ti primjerci toliko oštećeni da nisu u stanju preživjeti. Isto tako, do oštećenja riba dolazi i kod udičarskih alata, kada se riba otrgne sa udice. Dakle, ribolovom biva oštećen dio organizama koje mi i ne vidimo.

Dodatni problem predstavljaju oštećeni ili izgubljeni alati koji trajno ostaju u moru. Ovakvi alati nastavljaju i dalje aktivno loviti duži vremenski period nakon što su napušteni (tzv. „ghost fishing“). U nas ne postoje posebna istraživanja koja obrađuju ovu problematiku, ali prema informacijama ronilaca značajan dio ovih alata (prvenstveno mreža stajačica i potegača) se nalazi na brakovima u priobalnom području. Velike



probleme čine i izgubljene vrše (prvenstveno za lov škampa) u području kanala sjevernog Jadrana (gdje se najintenzivnije i koriste).

Osim utjecaja na morske organizme, pojedini ribolovni alati imaju i izrazito negativan utjecaj na staništa morskog dna i na morski sediment. Ovakav utjecaj je najviše izražen kod pridnene povlačne mreže – koće, ali i kod obalnih potegača, prvenstveno onih koje se vuku po livadama morskih cvjetnica (girarica, migavica). Izrazito destruktivne su različite vrste dredža, i to poglavito hidraulička dredža „vongolara“. Ovaj ribolovni alat fizički razbija morski sediment do desetak cm dubine, te uništava zajednice morskog dna. Veliki broj ovakvih dredža nalazi se uz talijansku obalu, dok je kod nas zakonska regulacija za vongolare izrazito restriktivna, tako da u Hrvatskoj postoje samo 2 ovakva alata koja rade samo uz zapadnu obalu Istre.

Izraziti negativan učinak pojedini alati mogu imati ukoliko se koriste u posebno osjetljivim područjima, kao što su mrijestilišta i rastiilišta, gdje problem uz izlov predstavlja i uznemiravanje organizama.

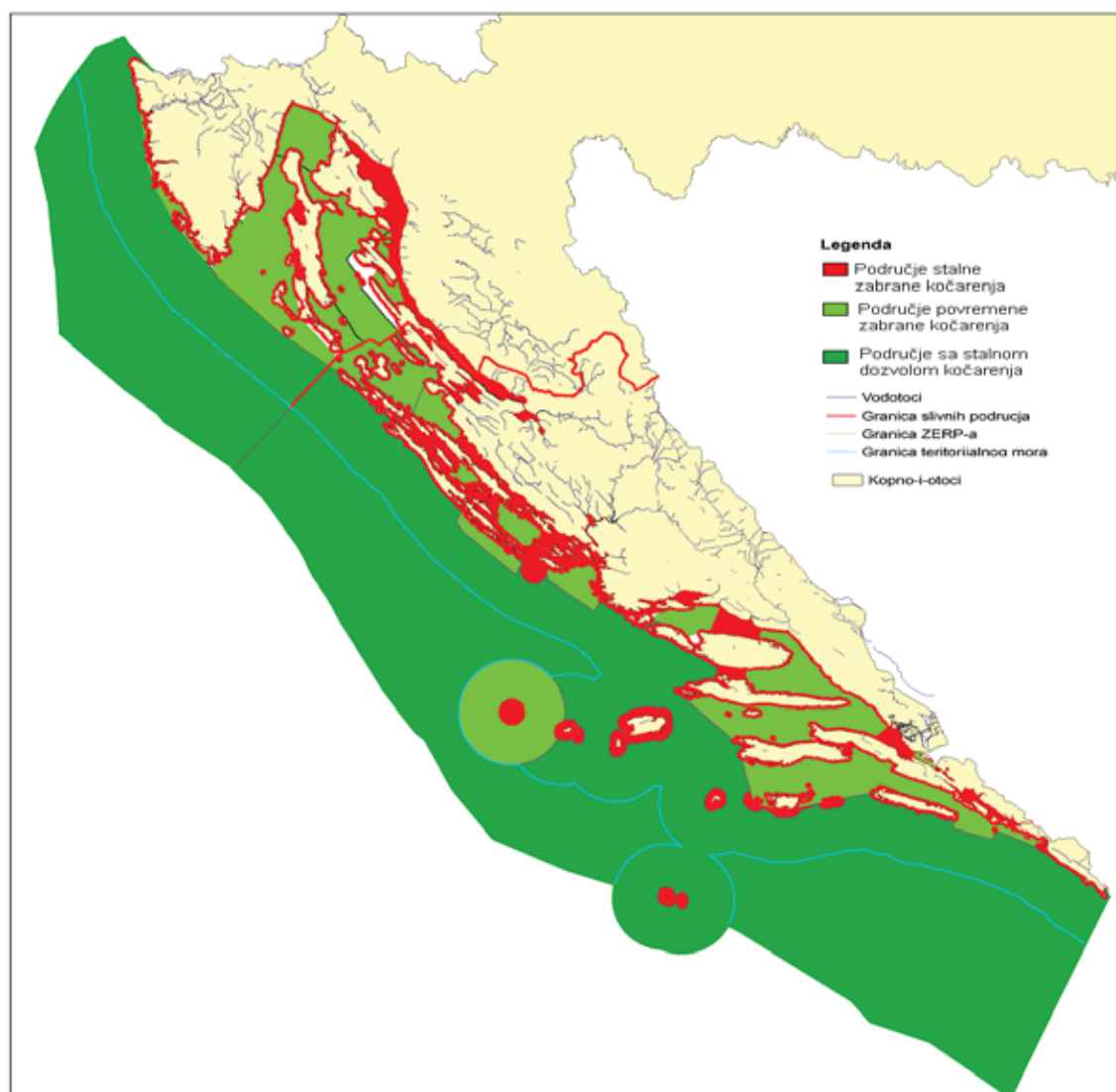
Općenito se može reći kako kod nas, ali i u većini drugih zemalja Mediterana indirektni utjecaji ribarstva na morske organizme i morski okoliš nisu dobro istraženi, te je to područje kojem bi u budućnosti trebalo posvetiti posebnu pozornost, prvenstveno imajući u vidu intenciju uspostave upravljanja resursima a putem gospodarenja kompletnim ekosustavima (tzv. „ecosystem approach in fisheries“).

Utjecaj ribarstva na ekosustave u smislu fizičke štete koje nanosi staništu i utjecaj na bentos nisu do sada sustavno istraživani u hrvatskom teritorijalnom moru. Međutim, za očekivati je da on postoji i to prvenstveno kod određenih aktivnih ribolovnih alata (priobalne mreže potegače, rampon, koća i sl.). Fizičke štete su izraženije kod povlačnih ribolovnih alata koji se koriste u infralitoralnom području (priobalni ribolov), nego kod pridnene povlačne mreže koće kojom se eksploatacija obavlja u dubljim dijelovima mora na kojima je sediment muljevit ili pjeskovit bez prisustva morske flore.

Kod pridnenog kočarskog ribolova dolazi do negativnog utjecaja na bentosku faunu beskraljeznjaka (trpovi, mješince, ježinci, školjkaši, puževi, zvjezdice, rakovi i sl.) koji se love kao prilov. Najveće količine ovog prilova se nalaze uz zapadnu obalu Istre (školjkaši), ali i u otvorenom srednjem Jadranu (trpovi, mješince, zvjezdice, ježinci), te u unutrašnjem teritorijalnom moru. Međutim, kako se radi o organizmima koji nemaju gospodarske važnosti, oni se bacaju ponovno u more (najvećim dijelom živi i neoštećeni).

Važan negativni učinak imaju i u moru izgubljeni ribolovni alati ili njihovi dijelovi (mreže, vrše i sl.) u koje organizmi bivaju ulovljeni i ugibaju. Utjecaj povlačnih alata (koća, rampon, dredža i dr.) osobito je izražen u odnosu na BEK (Beskraljeznjaci koji čine značajan dio ribarskog prilova) dok bi zbog zakonske zabrane kočarenja u zoni od 1 NM od obale (NN 56/2010 i 63/2010), utjecaj na BEK, staništa *Posidonia oceanica* i makroalge trebao biti zanemariv. Međutim, do ugrožavanja makroalgi ipak dolazi na koraligenskim dnima gdje im povlačni alati uništavaju zajednice. Osim potpune zabrane kočarenja u zoni od 1 NM, zakonodavac je zaštitio i druge dijelove priobalja potpunom ili djelomičnom zabranom kočarenja (Slika 6.2.18.).



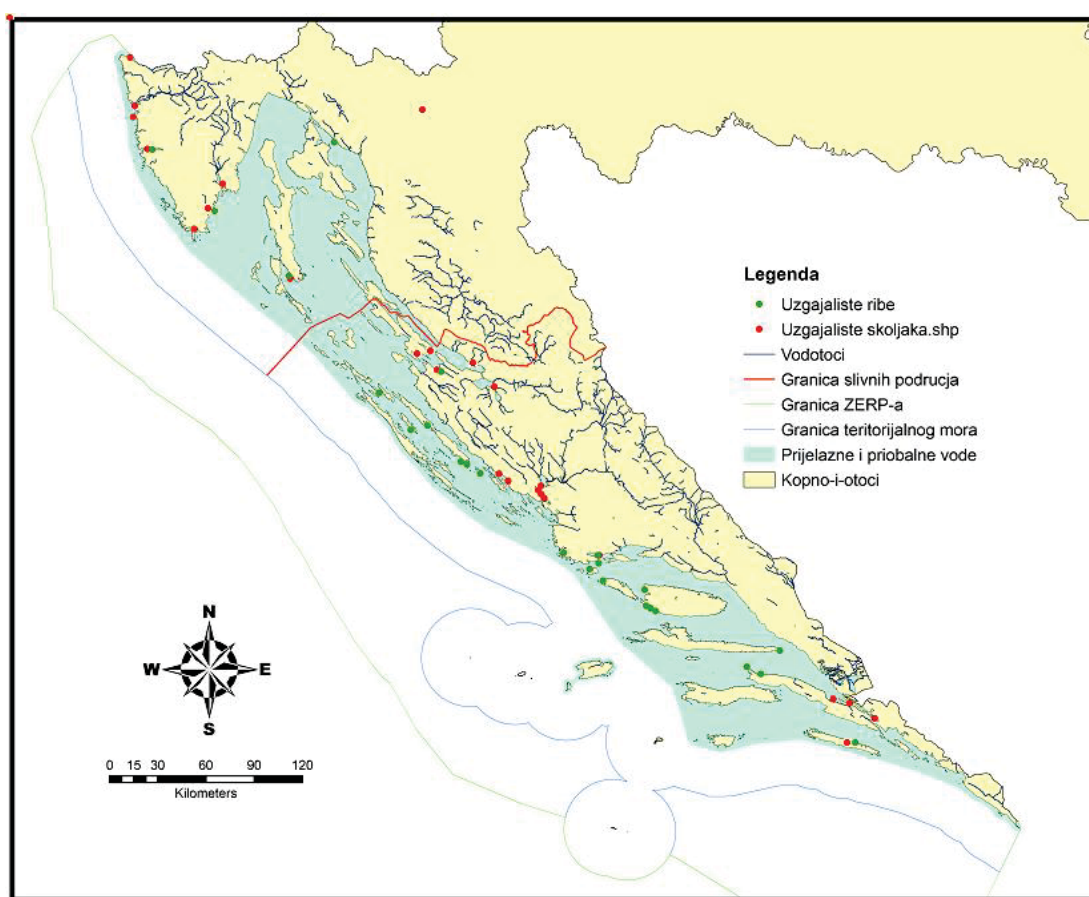


Slika 6.2.18. Zone u kojima je ribolov povlačnim alatima dozvoljen stalno ili privremeno, te stalno zabranjen (*Izvor podataka: IOR-Split*)



6.3. Utjecaj uzgoja školjkaša i ribe na morski okoliš

Marikultura u RH uključuje uzgoj bijele ribe, plave ribe i školjkaša. Ukupna godišnja proizvodnja iznosi oko 12000 tona. U uzgoju bijele ribe dominiraju lubin (*Dicentrarchus labrax*) i koštica (*Sparus aurata*) i to u količinama od oko 5000 tona godišnje. Istovremeno se u hrvatskim mrijestilištima proizvodi oko 20 milijuna komada mlađi lubina i komarče godišnje. Uzgoj plave ribe podrazumijeva uzgoj tuna (*Thunnus thynnus*) u plutajućim kavezima na poluzaštićenim i otvorenim područjima srednjeg Jadrana. Uzgoj se temelji na ulovu manjih divljih tuna (8-10 kg) i njihovom daljnjem uzgoju do tržišne veličine (30 kg). Godišnja proizvodnja iznosi od oko 3500 tona do oko 4000. Uzgoj školjkaša uključuje dagnje (*Mytilus galoprovincialis*) i kamenice (*Ostrea edulis*) na pergolarima u posebno kontroliranim područjima koja su pod stalnim monitoringom. Godišnja proizvodnja iznosi oko 2000 tona dagnji i oko 1 milijun komada kamenica i plasira se isključivo na domaćem tržištu. Područja uzgoja školjkaša i ribe u jadranskom slivnom području prikazana su na slici 6.3.1.



Slika 6.3.1. Područja uzgoja školjkaša i ribe u jadranskom slivu. Izvor podataka: IOR-Split.

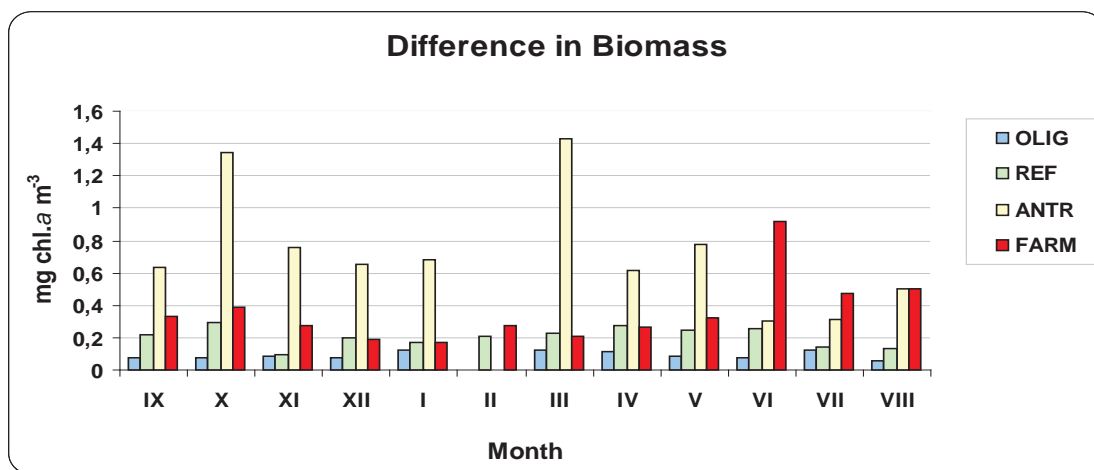
Glavna opterećenja koja proizlaze iz ove djelatnosti dobro su opisana u CIESM monografiji „Impact of mariculture on coastal ecosystems” (CIESM, 2007), a pojedinačni opisi opterećenja i utjecaja zabilježenih u području jadranske podregije su :

⇒ Fizičko uništavanje livada *Posidonia oceanica* uslijed sidrenih lanaca uzgajališta (Slika 6.3.2.).



Slika 6.3.2. Uništavanje livade morske cvjetnice *Posidonia oceanica* uslijed sidrenih lanaca.

⇒ Promjene sadržaja kisika i koncentracija hranjivih soli u području uzgoja i posljedično promjene u biomasi fitoplanktonske zajednice (Slika 6.3.3.).

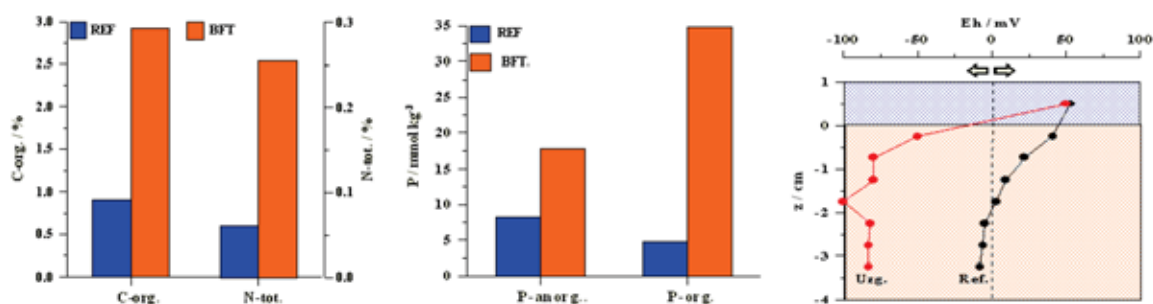


Slika 6.3.3. Usporedba biomase klorofila a u području jednog uzgajališta (FARM), na referentnoj postaji uzgajališta (REF), postaji pod antropogenim utjecajem (ANTR) i postaji oligotrofnog mora (OLIG). Izvor podataka: IOR-Split.

⇒ -Povećana sedimentacija partikularne organske tvari (Slika 6.3.4.) na morsko dno, promjena granulometrijskog sastava, redoks-potencijala i sadržaja hranjivih soli u sedimentu (Slika 6.3.5.) te promjene sastava bentoskih zajednica (Slika 6.3.6.), a osobito degradacija BEK *Posidonia oceanica* (Slika 6.3.7.).



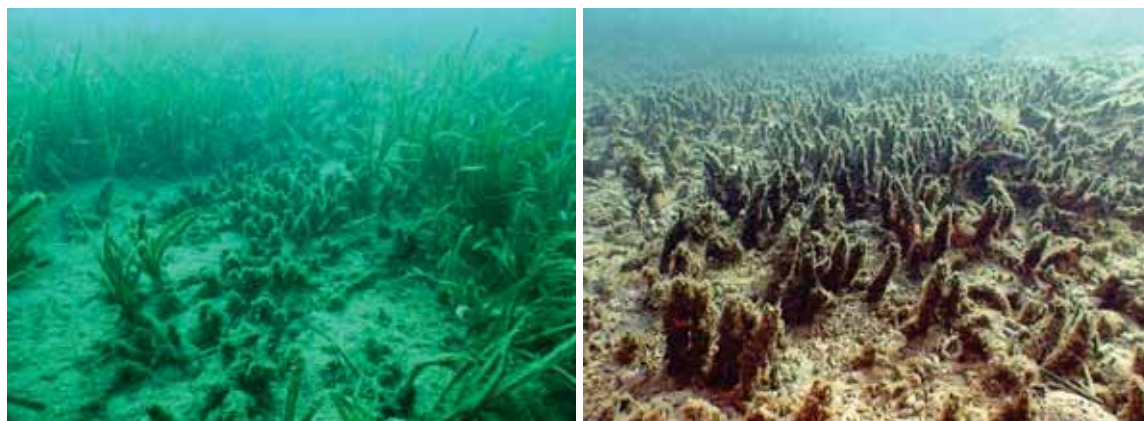
Slika 6.3.4. Ostaci hrane ispod jednog uzgajališta.



Slika 6.3.5. Koncentracije organskog ugljika, ukupnog dušika i fosfora u sedimentu i vertikalna raspodjela redoks-potencijala u sedimentu postaje ispod uzgajališta tuna (BFT, Uzg.) i referentne postaje (REF). Izvor podataka: IOR-Split.



Slika 6.3.6. Autohtone bentoske alge prekrivene nitima alge *Acinetospora crinita* na području uzgajališta tuna.

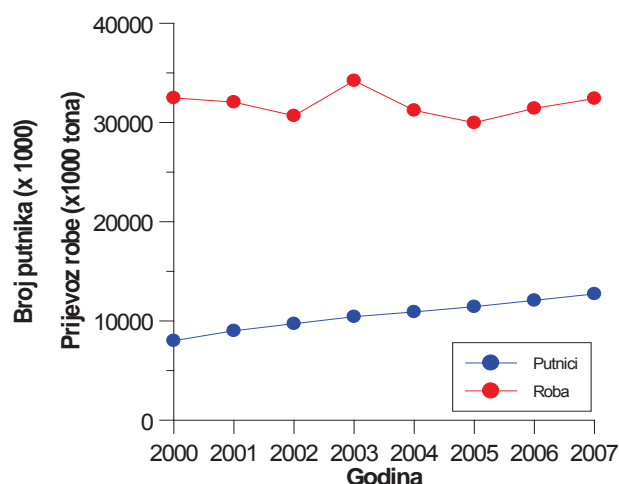


Slika 6.3.7. Uginuli čuperci u djelomično ili potpuno degradiranim livadama morske cvjetnice *Posidonia oceanica* na području uzgajališta ribe.

Potrebno je naglasiti da su navedeni utjecaji ipak ograničenog karaktera i ustanovljeni su samo na području uzgajališta ribe i do 300 m oko uzgajališta.

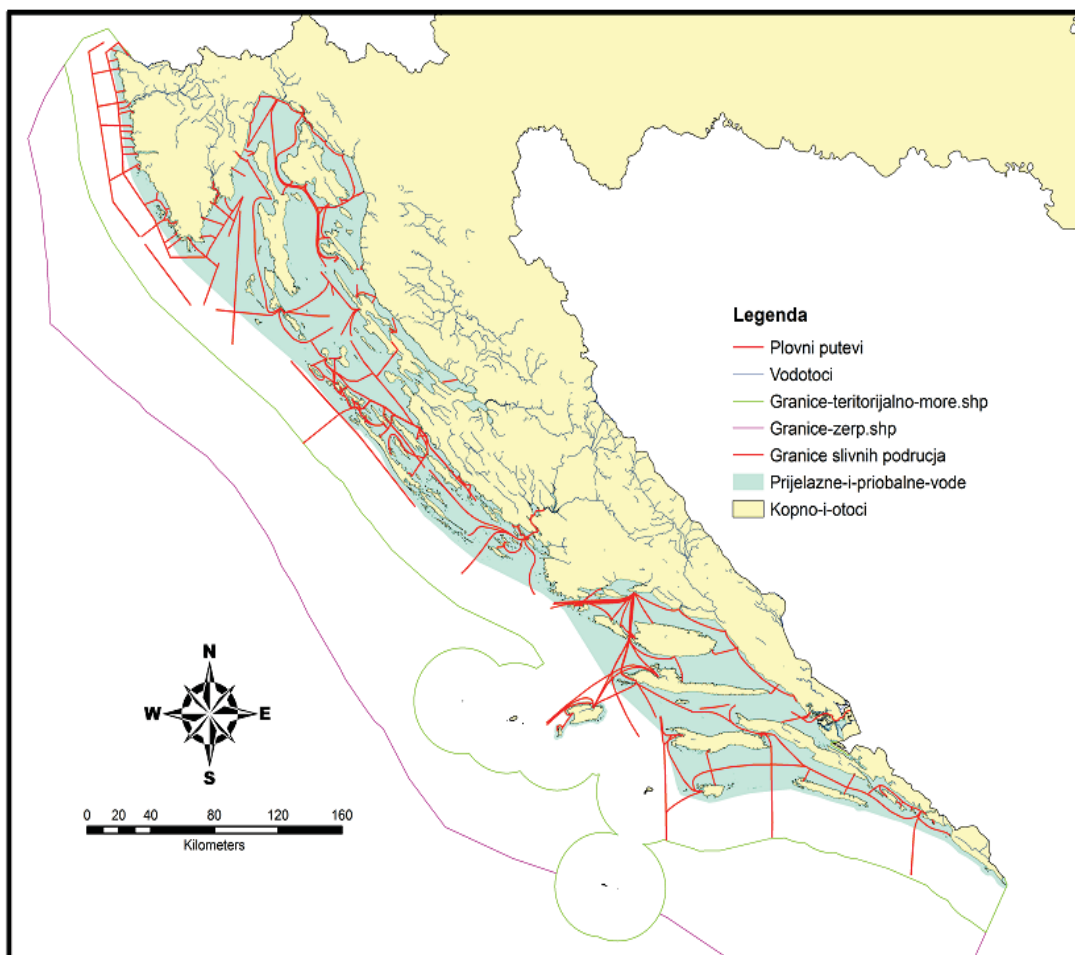
6.4. Utjecaj plovidbe na morski okoliš

Prijevoz putnika i robe predstavlja značajnu gospodarsku granu u RH. Prema podacima STAT-2008 u pomorskom i obalnom prijevozu 2007. godine je prevezeno oko 12 milijuna putnika i 32 milijuna tona robe. Ustanovljeni trend putničkog prijevoza je rastući (Slika 6.4.1.), a za prijevoz robe relativno stabilan, dok se u budućnosti očekuje porast.



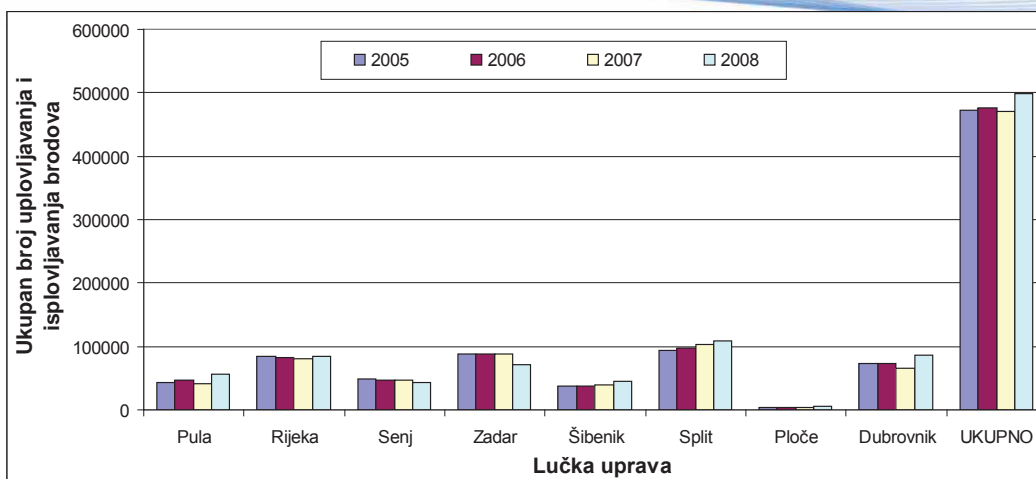
Slika 6.4.1. Prijevoz putnika i robe u pomorskom prometu za razdoblje 2000. do 2007. godine. Izvor podataka: Statistički ljetopis.

Plovni putevi u području jadranskog sliva prikazani su na slici 6.4.2., a podloge je izradila Radna grupa za izradu zakloništa u hrvatskom dijelu Jadrana za potrebe Ministarstva mora, prometa i infrastrukture.

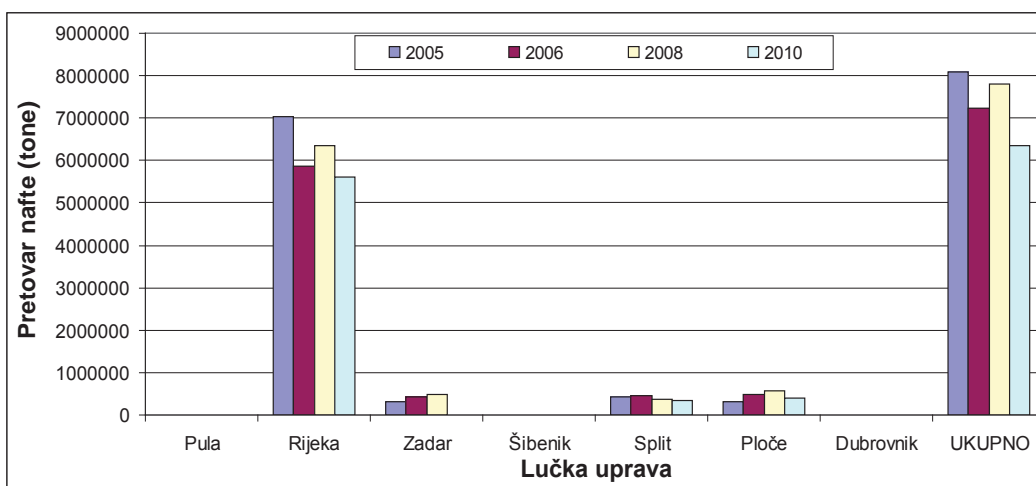


Slika 6.4.2. Prikaz plovnih puteva u području jadranskog sliva. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture (Izradio: IOR-Split).*

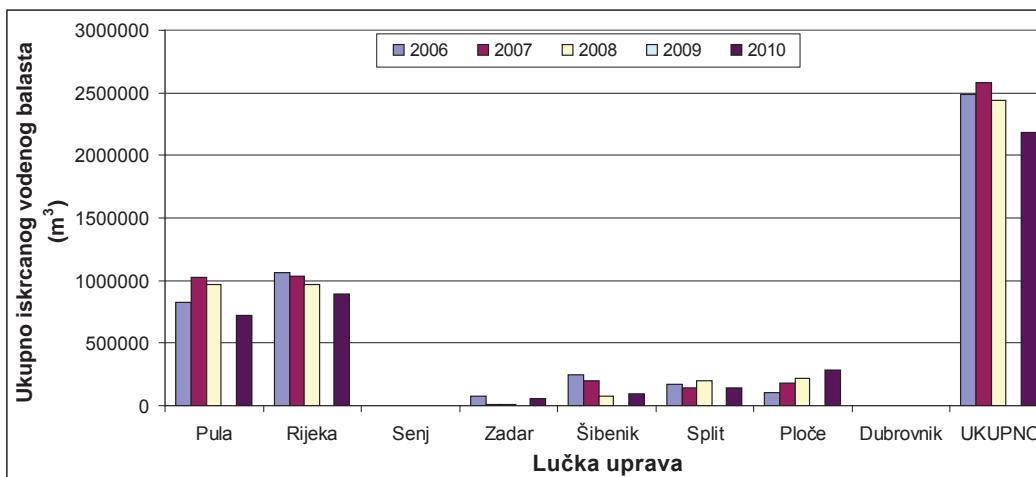
Opterećenja morskog okoliša vezana za plovidbu u ovom su izvješću prikazana kroz podatke o: ukupnom broju uplovljavanja i isplovljavanja brodova (Sl. 6.4.3), pretovaru nafte (Sl. 6.4.4), ukupnom iskrcanom vodenom balastu (Sl. 6.4.5), pretovaru opasnog tereta (Sl. 6.4.6), opasnom teretu u tranzitu (Sl. 6.4.7), različitim vrstama otpada prikupljenog s brodova u obalnom području od 2006. do 2010. godine (Tablica 6.4.1), te učestalosti onečišćenja mora i pomorskog dobra s plovniha objekata, s kopna i iz nepoznatih izvora (Sl. 6.4.8). Osim navedenog, fizičko miješanje vodenih masa u plitkim lukama narušava strukturu morskog dna, a time utječe i na bentoske zajednice.



Slika 6.4.1. Broj uplovljavanja i isplovljavanja domaćih i stranih brodova tijekom razdoblja od 2005. do 2008. godine. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.*



Slika 6.4.4. Količine pretovarene (ukrcane ili iskrcane) nafte tijekom razdoblja od 2005. do 2010. godine. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.*



Slika 6.4.5. Volumen iskrcanog vodenog balasta tijekom razdoblja od 2006. do 2010. godine. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.*

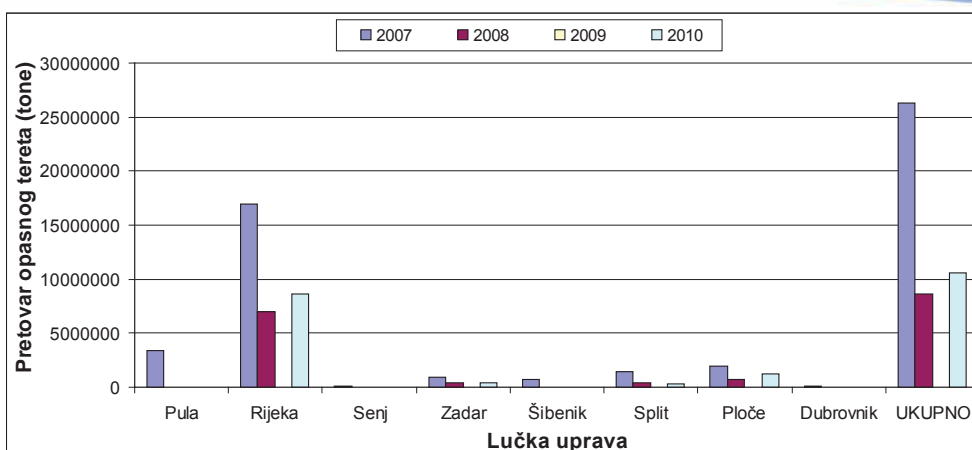


Podaci za vodeni balast prikupljaju se sukladno Pravilniku o upravljanju i nadzoru vodenog balasta (NN 55/07) temeljem kojega svi tankeri od 150 BT i veći, te svi drugi brodovi od 300 BT i veći imaju obvezu ispunjavanja Obrasca izvješća o balastnim vodama (Ballast Water Reporting Form – BWRF). Kvaliteta podataka ovisi o točnosti ispunjavanja Obrasca s obzirom da Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture ne provjerava točnost unesenih podataka.

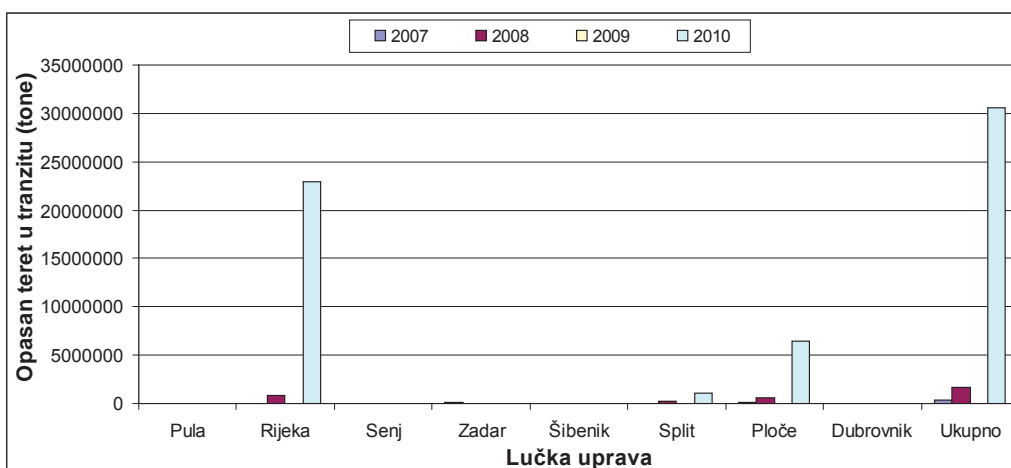
Onečišćenje mora balastnim vodama iznimno je ozbiljan problem s kojim se danas susreće većina obalnih država. Svjesna navedene činjenice Međunarodna pomorska organizacija (IMO) donijela je 2004. godine Međunarodnu konvenciju o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima. Ova konvencija predstavlja prvi sveobuhvatni međunarodni pravni instrument koji regulira problematiku prijenosa štetnih morskih organizama. Problem balastnih voda koji se u zadnje vrijeme aktualizirao i u Hrvatskoj je zapravo problem koji je postojao i do sada, ali mu se nije pridavala posebna pozornost. Usporedo s porastom ekološke svijesti u Hrvatskoj, ali također i u skladu sa preporukama EU-a, odnosno zahtjevima MSFD-a, nadležne institucije u Hrvatskoj (MMPI, MZOPUG, Državna uprava za vode, HV) usklađuju državne propise s nadolazećim potrebama i razvijaju mehanizme kontrole, kojim bi se izbjeglo moguće onečišćenje mora. U tom cilju je izrađen i Pravilnik o upravljanju i nadzoru vodenog balasta (NN 55/07), koji se započeo primijenjivati, ali zbog nedostatka sredstava ne primijenjuje se redovito, te je dosadašnji broj cjelovitih analiza balastnih voda u Hrvatskoj razmjerno nizak. Moramo napomenuti, da niti ostale Jadranske zemlje, pa čak niti one koje su članice EU-a, nemaju redovite kontrole balastnih voda, te je broj podataka o sastavu balastnih voda za Jadran veoma malen.

U Hrvatskoj je u nekoliko navrata napravljena cjelovita analiza balastnih voda, a u pravilu se radilo o vodi koja je ukrcana u talijanskim lukama, te je neizmijenjena, ili samo djelomično izmijenjena donesena u naše vode (Pula, Split, Ploče). Sniženi salinitet, povećane količine hranjivih soli i suspendirane tvari su ukazivali da se radi o lučkoj vodi. Postoji čitav niz podataka iznesenih u raznim znanstvenim radovima, koji nisu direktno vezani za analize balastnih voda, ali su indirektno vezani za ovu problematiku, jer se odnose na vrste za koje se pretpostavlja da su u Jadran mogle biti unesene balastnim vodama. Najpoznatiji alohtoni invazivni organizam u Jadranu je zelena alga *Caulerpa taxifolia*, za koju postoji sumnja da je mogla biti unesena balastnim vodama, iako je vjerojatnije da je u Jadran prenesena putem obraštaja (sidrenje). Unos plavog raka *Callinectes sapidus*, australskog crva *Ficopomatus enigmaticus*, kao i unos većeg broja ribljih vrsta, veoma se često pripisuje balastnim vodama. To se sa dosta velikom sigurnošću može tvrditi i za čitav niz fitoplanktonskih i zooplanktonskih mikroskopski sitnih organizama (*Alexandrium minutum*, *Karenia brevis*, *Pselodinium vaubanii*, *Penilia avirostris*, *Muggiaea atlantica*), od kojih se mnoge vrste prenose u obliku trajnih cista, te u takvom obliku mogu duže vrijeme preživjeti i izuzetno nepovoljne uvjete u balastnim vodama. Poseban problem predstavljaju one vrste čije su ciste iznimno otporne (dinoflagelati), te mogu preživjeti čak i obradu balastnih voda.

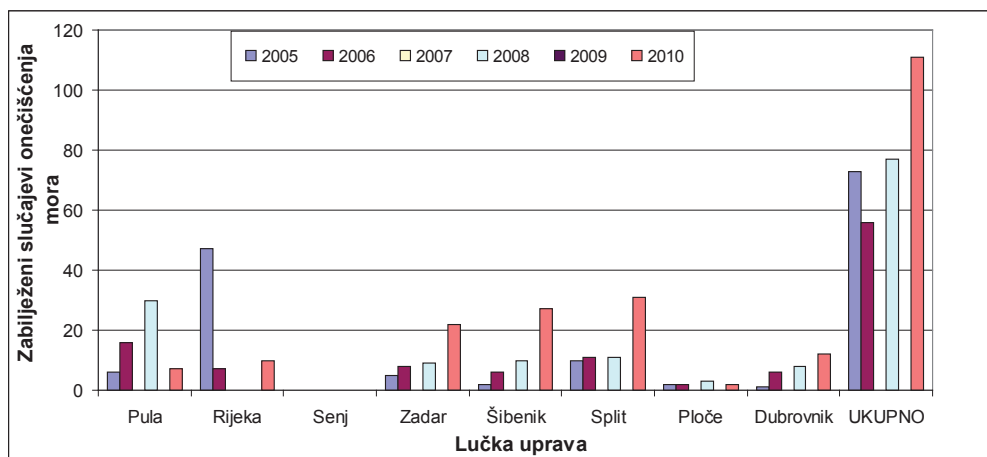




Slika 6.4.6. Ukupne količine pretovarenog (ukrcanog ili iskrcanog) opasnog tereta (klase 1 do 9 prema međunarodnom pomorskom kodu opasnog tereta) tijekom razdoblja od 2007. do 2009. godine. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture*



Slika 6.4.7. Količine opasnog tereta (klase 1 do 9 prema međunarodnom pomorskom kodu opasnog tereta) u tranzitu tijekom razdoblja od 2007. do 2009. godine. *Izvoei podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.*



Slika 6.4.8. Učestalost (broj slučajeva) onečišćenja mora i pomorskog dobra/voda tijekom razdoblja od 2005. do 2010. godine. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.*



Tablica 6.4.1. Količine različitih vrsta otpada s brodova prikupljenog u obalnom području tijekom razdoblja od 2006. do 2010. godine. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.*

LUČKA UPRAVA	KALJUŽE (m ³)				
	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
PULA	26,4	4,14	7,4	2,4	n.p.*
RIJEKA	811,1	186	840	0	463,4
SENJ	0	0	0	0	0
ZADAR	318,68	302,4	359,14	277	n.p.
ŠIBENIK	0	0	0	0	0
SPLIT	1662,62	871,39	924,42	1380069	904,135
PLOČE	0	0	0	0	23
DUBROVNIK	119,5	90,88	95,05	83,54	145
UKUPNO	2938,3	1454,81	2226,01	1380515,48	1535,54

LUČKA UPRAVA	OTPADNA ULJA (m ³)				
	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
PULA	5,8	18,955	10,56	3,71	0
RIJEKA	n.p.	537,43	n.p.	493,4	31,6
SENJ	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
ZADAR	9,72	4,2	9,867	7,46	305
ŠIBENIK	165,82	179,6	81,7	9,598	6,6
SPLIT	101,47	98,82	78,98	46,6	72,655
PLOČE	n.p.	n.p.	30	5,3	4
DUBROVNIK	2	2,52	7,35	6,65	0
BRODOGRADILIŠTA	69,789	118,1	48,05	2568,7	342,12
UKUPNO	354,599	959,625	266,507	3141,42	761,975

LUČKA UPRAVA	SMEĆE(m ³)				
	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
PULA	75	145	170	77	n.p.
RIJEKA	911,8	818,052	850,1	n.p.	n.p.
SENJ	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
ZADAR		730		730	730
ŠIBENIK	n.p.	504	686	10	10
SPLIT	89	8022	n.p.	828,33	1500
PLOČE	39		180	180	133
DUBROVNIK	3762	6769	n.p.	5869	6287
BRODOGRADILIŠTA	23594,5	23527	26017,5	11684,6	11623,1
UKUPNO	28471,3	40515,1	27903,6	19378,9	20283,1

*nema podataka



Nastavak Tablice 6.4.1.

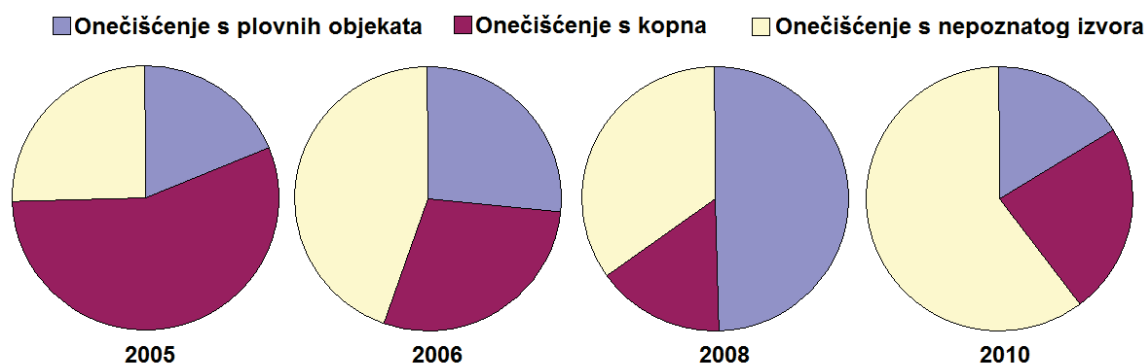
LUČKA UPRAVA	PLASTIKA (m ³)				
	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
PULA	57	90	80	55	n.p.*
RIJEKA	490,6	417	305	365	260
SENJ	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
ZADAR	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
ŠIBENIK	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
SPLIT	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
PLOČE	30	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
DUBROVNIK	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
BRODOGRADILIŠTA	140	2,6	n.p.	0	n.p.
UKUPNO	717,6	509,6	385	420	260

	ZAULJENE VODE (m ³)				
	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
BRODOGRADILIŠTA	1791,94	3341,73	1647,93	740,7	6970,61
UKUPNO	1791,94	3341,73	1647,93	740,7	6970,61

	FEKALNE VODE (m ³)				
	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
BRODOGRADILIŠTA	543,54	519,85	326,278	9030	32702
UKUPNO	543,54	519,85	326,278	9030	32702

*nema podataka

Analizom izvora onečišćenja mora i pomorskog dobra za razdoblje od 2005. do 2010. godine utvrđeno je da je tijekom 2005. godine najveća učestalost onečišćenja mora i pomorskog dobra bilo onečišćenje s kopna, tijekom 2008. godine onečišćenja s plovnih objekata, a 2006. i 2010. godine onečišćenja su bila najučestalija iz nepoznatog izvora (Sl. 6.4.9).



Slika 6.4.9. Izvori onečišćenja mora i pomorskog dobra. *Izvor podataka: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture*



7. ONEČIŠĆENJE OPASNIM TVARIMA

Sredstva za zaštitu poljoprivrednih kultura (pesticidi, antivegetativna sredstva)

Procjenjuje se da danas postoji preko 650 različitih kemijskih spojeva koji se koriste za zaštitu usjeva i nasada od korova i različitih štetočina, ali i za sprječavanje bolesti ljudske populacije koje se prenose pomoću kukaca, naročito u vlažnim i močvarnim područjima. Ukupna godišnja potrošnja svih zaštitnih sredstava se prema Pimentel i sur. (1993) procjenjuje na 2,5 milijuna tona. Prema podacima iz *Izvješća o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj* (AZO, 2007) u 2004. godini u RH je proizvedeno 3 840 tona sredstava za zaštitu bilja. Prema istom izvoru, pouzdanih podataka o potrošnji tih sredstava nema, ali se njihova potrošnja procjenjuje na 2,5-3 kg aktivne tvari po hektaru obradive površine.

Među ovim spojevima se prema toksičnosti, postojanosti u okolišu i svojstvu bioakumulacije posebno ističe grupa organokloriranih spojeva, čija je primjena već zabranjena u mnogim zemljama. Negativni utjecaji ovih spojeva na morske organizme su relativno dobro opisani (npr. Epifanio, 1971; Portmann, 1975; Ernst, 1980), a na slici 7.1. prikazani su zabilježeni efekti depigmentacije kože morskih sisavaca (u priobalju Kine) i tumorske izrasline kod riba (u priobalju SAD).



Slika 7.1. Vidljivi negativni efekti organokloriranih spojeva na morske organizme u pojedinim dijelovima priobalja Kine i SAD-a.

Literaturni podaci o potrošnji ovih spojeva su oskudni, ali prema Voldner i Yi-Fan Li (1995) dosadašnja kumulativna potrošnja pojedinih spojeva iz ove skupine iznosi 450000 tona za toksafen, 1500000 tona za DDT, 550000 tona za heksaklorocikloheksan i 72000 tona za lindan. Opasnost organoklorinih spojeva u odnosu na morski okoliš prepoznat je i od Programa za okoliš Ujedinjenih Naroda (UNEP) prema kojem su 1995. godine DDT, aldrin, dieldrin, endrin, klordan i heptaklor stavljeni na listu onečišćujućih tvari čiji unos u okoliš treba ukloniti, a UNEP-ovim Strategijskim Akcijskim Programom za Mediteran iz 1997. (SAP-MED; kojeg je RH kao potpisnica Barcelonske konvencije dužna poštovati) lista je nadopunjena s mireksom, toksafenom i heksaklorbenzenom.

Okvirna direktiva o vodama EU (ODV) i dodaci direktive (Dodaci IX. i X.) među 33+8 prioritarnih tvari također navode nekoliko pesticida (Tablica 7.1.) za koje su određeni i standardi kvalitete okoliša (Environmental quality standards; Direktiva 2008/105/EC). Svi spojevi na ovoj listi također spadaju u grupu organokloriranih spojeva uz izuzetke trifluralina (2,6-dinitro-*N,N*-dipropil-4-(trifluorometil) anilina) i izoproturona (3-(4-izopropilfenil)-1,1-dimetilurea).

Tablica 7.1. Standardi kvalitete okoliša ($\mu\text{g/L}$) propisani za pesticide za prosječnu godišnju koncentraciju (PGK) i maksimalno dozvoljenu koncentraciju (MDK) za slatke (SV) te prijelazne i priobalne vode (PPV).

Grupa	Prioritetna tvar	SKO ($\mu\text{g/L}$)			
		PGK		MDK	
		SV	PPV	SV	PPV
Pesticidi	Alaklor	0,3	0,3	0,7	0,7
	Endosulfan	0,005	0,0005	0,01	0,004
	Heksaklorcikloheksan	0,02	0,002	0,04	0,02
	DDT (total) = p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD	0,025	0,025	-	-
	p,p'-DDT	0,01	0,01	-	-
	Aldrin	$\Sigma \square \neq 0,01$	$\Sigma \square \neq 0,005$	-	-
	Endrin				
	Isodrin				
	Dieldrin				
	Trifluralin	0,03	0,03	-	-
	Klorfenvinfos	0,1	0,1	0,3	0,3
	Klorpiriphos (-etil)	0,03	0,03	0,1	0,1
	Atrazin	0,6	0,6	2,0	2,0
	Diuron	0,2	0,2	1,8	1,8
	Izoproturon	0,3	0,3	1,0	1,0
	Simazin	1	1,0	4,0	4,0

Iako se u RH ovi spojevi spominju u nekoliko zakona, uredbi i pravilnika sustavni monitoring onečišćenja od ostataka sredstava za zaštitu bilja ne postoji, tako da se zaključci o uporabi ovih sredstava u poljoprivredi i njihovom biogeokemijskom kruženju u hidrosferi mogu donijeti samo indirektno, pomoću rezultata postojećih monitoringa vodotoka (Tablica 7.2.) i školjkaša iz područja prijelaznih i priobalnih voda (Poglavje 5).



Tablica 7.2. Rasponi koncentracija organokloriranih pesticida ustanovljenih tijekom 2007. na postajama Mirne (Mi), Raše (Ra), Zrmanje (Zr), Krke (Kr) i Cetine (Ce).
Izvor podataka: Hrvatske vode.

Vodotok	Mi			Ra			Zr	Kr		Ce						
Mjerna postaja	31010	31011	31012	31020	31021	31024	40210	40416	40421	40101	40103	40105	40109	40110	40133	40135
Broj mjerenja	12	6	4	2	4	12	13	1	5	3	1	2	1	4	2	2
Raspon koncentracije (µg/L)																
<i>O.K.Pesticidi uk.</i>	0- 0,0097	0,0003- 0,0036	0- 0,0033	0,0002- 0,0192	0- 0,0074	0- 0,0103	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0062- 0,108
<i>Lindan γ HCH</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0182- 0,0212
<i>DDT</i>	<0,0005- 0,0403	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005 - 0,0054	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0172- 0,0182
<i>4,4' DDE</i>	<0,0005- 0,0054	<0,0013 -0,0036	<0,0005 -0,0033	NP	<0,0005 - 0,0074	<0,0005 - 0,0058	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0098- 0,0112
<i>4,4' DDD</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005 - 0,0007	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0-0,0382
<i>α HCH</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0
<i>β HCH</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0
<i>Endrin</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NP
<i>Hephtaktor</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NP
<i>Aldrin</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0157- 0,0171
<i>Dieldrin</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NP
<i>Endosulfan</i>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NP	<0,0005	<0,0005	NP	NP	NP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NP



Analiza podatka o organokloriranim pesticidima u vodotocima slivova Jadranskog mora za 2007. godinu (baza podataka Hrvatskih voda - prikazani kao rasponi koncentracija u tablici 7.2.) i usporedba s PGK i MDK vrijednostima iz tablice 2.1, pokazuju da su ustanovljene koncentracije za pojedine tvari sljedeće:

- Endosulfan; na svim postajama ispod granice detekcije i ne prelaze granične vrijednosti;
- Heksaklorcikloheksan (α , β , γ); na svim postajama ispod granice detekcije (osim na postaji 40135-Krka). Za usporedbu s graničnim koncentracijama nedostaju podaci o koncentraciji δ HCH;
- DDT + 4,4' DDE + 4,4'DDD; u Mirni i Raši u rasponu od ispod granice detekcije do 0,0103 $\mu\text{g/L}$ dok za Zrmanju i Krku nema podataka. Na postajama 40101-40133 (Cetina) su vrijednosti ispod granice detekcije, a na postaji 40135 od 0,027 do 0,068 $\mu\text{g/L}$. Kako u tablici 2.2.4. prikazani DDT predstavlja sumu 4, 4' DDT i 1, 4' DDT, onda sve ustanovljene koncentracije ne prelaze graničnu vrijednost od 0,025 $\mu\text{g/L}$, s izuzetkom koncentracija s postaje 40135.
- Aldrin, endrin i dieldrin je na svim istraženim postajama imao koncentracije ispod granice detekcije uz izuzetak aldrina na postaji 40135 na Cetini (0,0157-0,0171 $\mu\text{g/L}$). Iako na postajama nije određen isodrin (u tablici 2.2. daje se suma koncentracija Aldrina + Endrina + Dieldrina + Isodrina), vrijednosti na postaji 40135 su iznad graničnih koncentracija.

Iz prikazanih vrijednosti se može zaključiti da je u vodotocima slivova Jadranskog mora tijekom 2007. godine samo na jednoj postaji (40135 na Cetini) ustanovljeno nezadovoljavajuće kemijsko stanje pojedinih prioritarnih tvari iz grupe pesticida.

Prema rezultatima monitoringa školjkaša (Poglavje 5) smatramo da postojeći unos ovih spojeva nije takvog intenziteta da bi ugrozio dobro kemijsko stanje područja priobalnih voda i voda otvorenog mora. Višegodišnji trendovi promjena udjela organoklorovih pesticida u školjkašima podupiru ovu pretpostavku.

Farmaceutski proizvodi

Podataka o unosu farmaceutskih proizvoda u morski okoliš za sada nema.

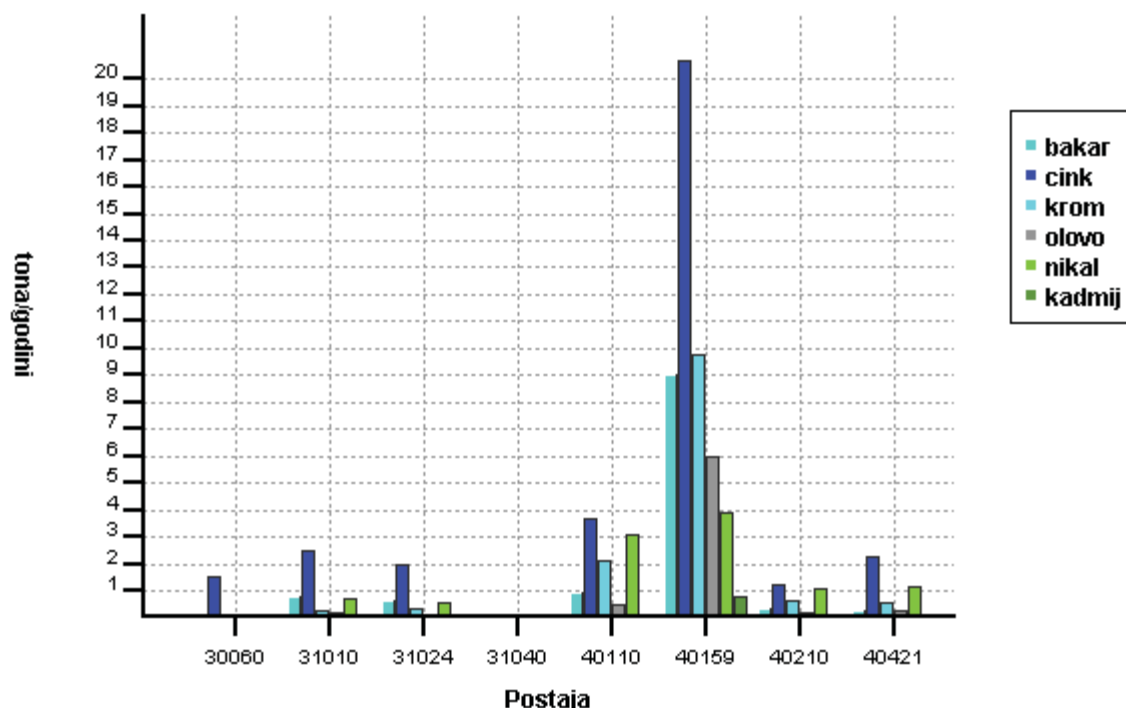
Teški metali

Raspoloživi podaci o unosu teških metala u morski okoliš Republike Hrvatske odnose se na unos putem točkastih izvora (tehnološke i komunalne otpadne vode) te putem vodotoka. Podaci o unosu iz difuznih izvora onečišćenja ili iz atmosfere nisu raspoloživi. Količine teških metala koje putem rijeka dopijevaju u prijelazne ili priobalne vode (Slika 7.3, Tablica 7.3) nalaze se u rasponu od 801 (Cd) do 33817 kg (Zn).





AGENCIJA ZA ZAŠTITU OKOLIŠA

Teški metali (Cu, Zn, Cr, Pb, Ni, Cd)

Slika 7.3. Unos teških metala (t/god) rijekama Dragonja (31040), Mirna (31010), Raša (31024), Rječina (30060), Zrmanja (40210), Krka (40421), Cetina (40110) i Neretva (40159) u priobalne vode tijekom 2009. god. *Izvor podataka: Hrvatske vode.*

Tablica 7.3. Unos (kg) teških metala vodotocima u priobalje tijekom 2009. godine. *Izvor podataka: Hrvatske vode.*

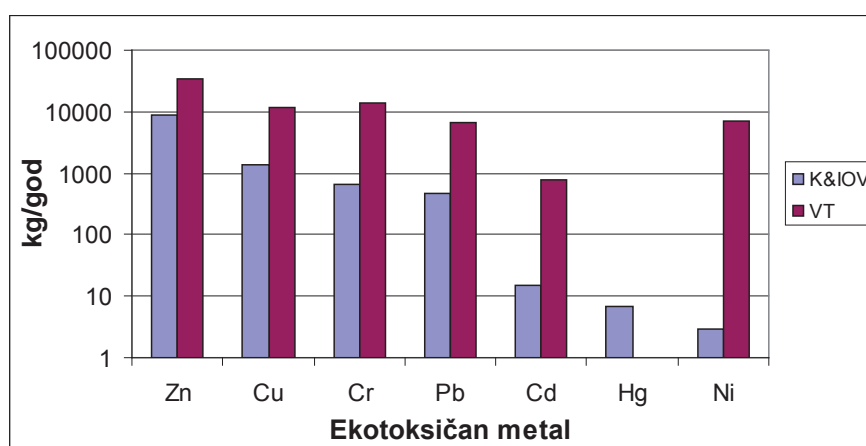
Teški metali	Ukupni unos (kg)
Zn	33817,2
Cu	11986,1
Cr	13767,4
Ni	6990,5
Pb	6493,7
Cd	801,3

Ako ove vrijednosti usporedimo s količinama teških metala koje otpadnim vodama dopijevaju u područje teritorijalnog mora Republike Hrvatske (Tablica 7.3) (*Baseline Budget for year 2008, Republic of Croatia*, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2009) jasno je vidljivo (iako se podaci ne odnose na istu godinu) da se unos teških metala u priobalne vode RH uglavnom odvija putem vodotoka, a tek manjim dijelom putem otpadnih voda (Slika 7.4).



Tablica 7.4. Količine teških metala koje su sustavima javne odvodnje tijekom 2008. dospjele u priobalne vode Republike Hrvatske. *Izvor podataka: Hrvatske vode.*

Onečišćujuća tvar	Ukupni unos (kg)
Cd	15
Cr	664
Cu	1 356
Pb	477
Hg	7
Ni	3
Zn	9062



Slika 7.4. Unos (kg/god) ekotoksičnih metala u priobalje RH putem komunalnih i tehnoloških otpadnih voda (K&IOV) te vodotoka (VT). *Izvor podataka: Hrvatske vode.*

Stupanj onečišćenja teškim metalima duž istočne obale Jadrana praćen je analizom njihovih masenih udjela u sedimentu i ukupnom mekom tkivu školjkaša (*Mytilus galloprovincialis*) (Poglavlje 5, I. dio izvještaja).

Ocjena izmjerenih vrijednosti u sedimentu može se izvršiti:

- ⇒ Usporedbom s literaturnim podacima za obalna područja Europe i svijeta (Tablica 7.5), gdje bi općenito mogli zaključiti da su maseni udjeli svih metala u površinskom sedimentu na većini postaja, uz neke iznimke (Ina-vinil, Vranjic i Šibenska luka) u skladu s 'prirodnim sadržajem' metala za Jadran (Martinčić i sur., 1989; Bogner i sur., 2004, 2005), a u rasponu su vrijednosti karakterističnih za malo i umjereno onečišćena područja Mediterana (UNEP/FAO/WHO, 1989, 1996; UNEP, 1994, 1996). Naši rezultati upućuju na zaključak da hrvatsko obalno područje nije značajno onečišćeno analiziranim metalima. Onečišćenje je, ako postoji, ograničeno na vrlo uska obalna područja u neposrednoj blizini izvora onečišćenja.
- ⇒ Usporedbom s prijedlogom graničnih vrijednosti koje dijele morske i slatkovodne sedimente na onečišćene i ne onečišćene, a koji za kadmij i živu iznose 0.5×10^{-6} ,



za olovo, krom, bakar kobalt i nikal 50×10^{-6} , za cink i vanadij 100×10^{-6} , te za barij i mangan 500 odnosno 1000×10^{-6} (Salomons i Forstner, 1984; Bryan i Langston, 1992; Palanques, 1994; Palanques i sur., 1995).

⇒ Usporedbom s prirodnim sadržajem metala „background concentrations“ u sedimentima različitih tipova voda predloženih od raznih autora, objedinjenih od Johnston i sur. (2002) (Tablica 7.5.).

Primjenom „graničnih vrijednosti“ ili „background koncentracija“ već navedeni zaključak o stanju našeg priobalnog područja se ne mijenja.

Tablica 7.5. Prirodan sadržaj kadmija, žive i olova u različitim okolišima

Kadmij (Cd)		
Okoliš	Koncentracija	Referenca
Slatka voda, podzemna voda, voda za piće	<1 µg/L	USPHS 1997, WHO 1992
Morska voda (otvoreni ocean)	0.02-0.12 µg/L	Sadiq 1992, Bryan i Langston 1992
Morska voda (obalne vode)	0.01-0.17 µg/L	Bryan i Langston 1992
Morski sediment	<1 mg/kg	Sadiq 1992, Salomons i Forstner 1984
Estuarijski sediment	0.2 mg/kg	Bryan i Langston 1992
Riječni sediment	1 mg/kg	Salomons i Forstner 1984
Tlo	0.01-2.0 mg/kg	USPHS 1997, Alloway 1990
Olovo (Pb)		
Okoliš	Koncentracija	Referenca
Morska voda (estuariji UK i Walesa)	24-880 ng/L	Law i sur., 1994
Morska voda (otvoreni ocean)	5 ng/L 1-14 ng/L 20-71 ng/L	UPHS 1997 Bryan i Langston 1992 Law i sur., 1994
Slatka voda (srednja vrijednost od 39 490 mjerenja)	3.9 µg/L	USPHS 1997
Voda za piće	<5-30 µg/L	USPHS 1997
Tlo	10-30 mg/kg	Alloway 1990
Slatka voda/morski sediment	2-30 mg/kg	USPHS 1997
Živa (Hg)		
Okoliš	Koncentracija	Referenca
Morska voda (otvoreni ocean)	0.001-0.004 µg/L 0.02 µg/L	Bryan i Langston 1992; WHO 1989; USPHS 1997;
Slatka voda	<0.005 µg/L	USPHS 1997
Morski sediment	0.02-0.1 mg/kg	WHO 1989
Slatkovodni sediment	0.2-0.35 mg/kg	Salomons i Forstner 1984
Tlo	0.02-0.625 mg/kg	Alloway 1990; WHO
Ribe	<0.2 mg/kg	USPHS 1997



Rezultati analiza žive, kadmija i olova (kao najopasnijim ekotoksičnim elementima) u ukupnom mekom tkivu školjkaša sa istraženih postaja uzduž istočne obale Jadrana pokazuju da su na većini postaja maseni udjeli metala slični vrijednostima izmjerenima u ne onečišćenim i umjereno onečišćenim priobalnim područjima Jadrana i Mediterana (Kljaković-Gašpić i sur., 2006; Martinčić i sur., 1984; Vukadin i sur., 1995; Wright i Mason, 1999; Rainbow i sur., 2000; Kosta i sur., 1978; Bebianno i sur., 1997; Fowler i Oregioni, 1976; Jeftić i sur., 1990; Martinčić i sur., 1987; Martinčić i sur., 1992; Claisse, 1989; Mikac i Picer, 1985; Mikac i sur., 1985; Catsiki i Florou, 2006; Kljaković-Gašpić i sur. 2007). Ova tvrdnja najbolje je ilustrirana činjenicom da izmjerene vrijednosti za Cd, Pb i Hg na velikom broju postaja nisu značajno više od vrijednosti izmjerenih u uzgajalištima školjkaša u Lirskom kanalu i Malostonskom zaljevu (Kljaković-Gašpić i sur., 2007), udaljenih od vidljivih antropogenih izvora onečišćenja ovim metalima. To znači da se, uz određene iznimke, vrijednosti izmjerene u ruralnim i gradskim područjima međusobno preklapaju, pa je prilično teško odrediti koji su to prirodni maseni udjeli, a koji bi se udjeli mogli smatrati posljedicom onečišćenja uslijed isključivo ljudske aktivnosti. Povišene vrijednosti pojedinih metala zabilježene su u blizini gradskih i lučkih središta, bilo zbog velikog intenziteta prometa, bilo zbog utjecaja specifičnih izvora onečišćenja, kao što su industrijske i komunalne otpadne vode, lučke vode, ali i riječni donosi uslijed ispiranja stijena na kopnu. Općenito, naši rezultati upućuju na zaključak da je ekološki sustav istočno-jadranske obale umjereno opterećen analiziranim metalima.

Iako se sadržaj metala u tkivu školjkaša u Hrvatskoj sustavno istražuje, još se ne može definirati prirodni sadržaj za Jadran iz više razloga. Jedan od razloga je sam dizajn eksperimenta, koji nije puno drugačiji od dizajna sličnih eksperimenata u svijetu, bar što se tiče odabira lokacija. Naime, u trenutku kada je Projekt „JADRAN“ pokrenut, duž hrvatske obale su definirane postaje u blizini velikih gradova i industrijskih centara tj. ‘vrućih točaka’, ali i na nekim lokacijama za koje se prema prethodnim saznanjima smatralo da bi mogle biti ‘ne onečišćene’ (nije bilo vidljivih antropogenih izvora onečišćenja u blizini). Naknadno se pokazalo da je sediment na tim lokacijama ipak obogaćen određenim metalima (npr. Cd u Malostonskom zaljevu) radi prirodnih procesa ispiranja s polja u zaleđu i specifične geološke strukture stijena u zaleđu. S obzirom na tu činjenicu može se zaključiti da niti jedna od postaja koje su odabrane za praćenje stanja i trendova onečišćujuće tvari duž hrvatske obale Jadrana nije potpuno izolirana od onečišćenja teškim metalima. Takvo stanje posljedica je činjenice da su izvori metala brojni, bilo da su prirodni (atmosferski donos, ispiranje tla i sl.) ili industrijski, pa je vrlo teško pronaći lokaciju duž naše obale (ali i na Mediteranu) koja bi se mogla nazvati ‘kontrolnom’ odnosno ne onečišćenom. Ono što bi se iz raspoloživih podataka vjerojatno moglo definirati bila bi klasifikacija u grupe s niskim, srednjim i visokim koncentracijama, kao što je napravila NOAA pomoću klaster analize na nacionalnoj razini u Sjedinjenim Američkim Državama (<http://ccma.nos.noaa.gov/about/coast/nsandt/welcome.html>). Predložena klaster analiza u osnovi klasificira podatke u skupine na način da su podaci unutar jedne skupine slični i da se značajno razlikuju od koncentracija u ostalim skupinama. Naravno, kvaliteta klaster analize raste s dužim vremenom monitoringa. Druga mogućnost statističke obrade do sada dostupnih podataka je definiranje vrijednosti ispod 10-tog percentila (donjih 10% podataka) kao niskih (prirodnih) vrijednosti, a iznad 85-tog ili 90-tog percentila (gornjih 10 ili 15% podataka) kao visokih vrijednosti.



Tablica 7.6. Rezultati statističke analize (Med=Medijan, Min=Minimum, Max=Maksimum, Sred=Sredina, STD=Standardna devijacija, KV=Koeficijent varijacija, PK=Prvi kvartil, TK=Treći kvartil, 10-ti P=10-ti Percentil, 85-ti P=85-ti Percentil) sirovih podataka o sadržaju metala u ukupnom mekom tkivu školjkaša *Mytilus galloprovincialis* uzorkovanih na 17 postaja duž istočne obale Jadrana u razdoblju od 2001. do 2007. godine. Izvor podataka: IOR-Split.

	Med (x 10 ⁻⁶)	Min (x 10 ⁻⁶)	Max (x 10 ⁻⁶)	Sred (x 10 ⁻⁶)	STD (x 10 ⁻⁶)	KV (%)	PK (25% pod.) (x 10 ⁻⁶)	TK (75% pod.) (x 10 ⁻⁶)	10-tiP (x10 ⁶)	85-ti P (x 10 ⁻⁶)
Cd	0,773	0,190	2,010	0,831	0,373	45	0,565	0,987	0,438	1,164
Hg	0,186	0,040	10,916	0,488	1,514	310	0,100	0,292	0,082	0,379
Pb	2,107	0,272	15,060	3,321	3,145	95	1,239	4,190	0,900	6,422

Usporedba naših podataka s podacima iz dva dugoročna programa monitoringa onečišćenja gdje su školjkaši korišteni kao biološki indikatori (NS&T i RNO) prikazana je u tablici 7.6. U navedenim monitoring programima predloženo je da se medijan i 85-ti percentil (vrijednost ispod koje leži 85% svih podataka) podataka iz NS&T i RNO programa koristi za uspoređivanje rezultata monitoring programa iz cijelog svijeta, odnosno kao indikator mogućeg onečišćenja na drugim područjima (Cantillo, 1998). Rezultati u tablici 7.7. upućuju na zaključak da je stanje hrvatskog priobalnog područja s obzirom na kadmij najbolje, jer su sve vrijednosti za Cd bile niže od predložene NS&T 'granične' vrijednosti. Stanje onečišćenja s Hg i Pb je prema predloženom indikatoru manje dobro, jer je čak jedna trećina podataka viša od predloženih 'graničnih' vrijednosti. Europska Agencija za Okoliš (European Environment Agency) je predložila uvođenje još jednog indikatora koji bi ukazivao na stanje u okolišu, a zove se ERI (Ecological Reference Index) (Baan i sur., 2002). ERI je omjer između godišnjeg medijana koncentracije onečišćujućih tvari i 'referentne koncentracije' (BRC-Background Reference concentration) koja je definirana OSPAR/MON konvencijom (OSPAR/MON Summary Report, 1998). Prema definiciji, vrijednost omjera koja je veća od 1 indicira mogući ekološki rizik za određeno područje, dok se područja s vrijednostima omjera manjima od 1 mogu smatrati ekološki relativno sigurnima. Rezultati usporedbe naših podataka za Cd, Hg, Pb s vrijednostima BRC (Tablica 1.3.5. u I. dijelu Dokumenta) pokazuju da područja duž hrvatske obale za sva tri elementa pokazuju potencijalni ekološki rizik, i to osobito za Hg (čak i u slučaju kada se iz proračuna izostave podaci o koncentracijama Hg na postaji Ina-vinil (IN), koja je smještena u blizini povijesnog izvora onečišćenja anorganskom živom u Kaštelanskom zaljevu (Mikac i sur., 1985; Odžak i sur., 2000; Kljaković-Gašpić i sur., 2006).



Tablica 7.7. Usporedba masenih udjela metala ($\times 10^{-6}$) u školjkašima iz hrvatskog obalnog područja s 85-tim percentilom podataka iz NS i T programa koji indiciraju onečišćenje, te s vrijednosti ERI (Ecological Reference Index). ERI je omjer godišnjeg medijana koncentracije i 'referentne koncentracije' onečišćujuće tvari (BRC-Background Reference concentration). Vrijednost ERI >1 indicira postojanje ekološkog rizika. *Izvor podataka: IOR-Split.*

Metal	85-ti percentil koncentracija iz NS i T programa ($\times 10^{-6}$)	Maseni udio kovina u školjkašima u Hrvatskoj ($\times 10^{-6}$)		Postotak naših podataka >85-tog percentila iz NS i T (%)	BRC vrijednost* ($\times 10^{-6}$)	ERI
		Raspon	85-ti percentil			
Cd	3,7	0,19-2,01	1,16	0	0,55	1,41
Hg	0,23	0,04-0,92	0,38	33,3 (28,0 bez IN)	0,05	3,72 (3,54 bez IN)
Pb	3,2	0,27-15,06	6,42	32,4	0,95	2,22

*Gornja granica BRC raspona za štetne tvari u školjkašima roda *Mytilus* prema OSPAR/MON konvenciji.

Radionuklidi

(*Izvor podataka: Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost*)

Mjerenje vrste i aktivnosti radionuklida u moru provodi se u okviru nacionalnog programa monitoringa radioaktivnih tvari u okolišu a prema Pravilniku o uvjetima, načinu, mjestima te rokovima sustavnog ispitivanja i praćenja vrste i aktivnosti radioaktivnih tvari u zraku, tlu, moru, rijekama, jezerima, podzemnim vodama, krutim i tekućim oborinama, vodi za piće, hrani i predmetima opće uporabe te stambenim i radnim prostorijama (NN 60/2008). Pravilnikom je predviđeno praćenje radionuklida u morskoj vodi, bioti - indikatorskim organizmima te sedimentu. Ispitivanja provode ovlašteni laboratoriji, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (od 1959. godine) te Institut Ruđer Bošković. Rezultati ispitivanja prikazuju se u godišnjim izvješćima koja se od 2000. g. dostavljaju Državnom zavodu za zaštitu od zračenja, odnosno od 2010. godine Državnom zavodu za radiološku i nuklearnu sigurnost.

Koncentracije aktivnosti umjetno stvorenih fisijskih radionuklida stroncija i cezija (^{90}Sr i ^{137}Cs) u površinskoj vodi istočne obale Jadranskog mora do 1990-tih prikazali su Franić i Bauman (1993). Ustanovljeno je da su glavni izvori radioaktivne kontaminacije fisijskim radionuklidima Jadranskog mora u tom periodu radioaktivne oborine kojima je istaložen materijal unesen u atmosferu eksplozijama nuklearnog oružja koje su bile najintenzivnije 1960-tih godina (Slika 2.4.), te černobilska nesreća 1986 g. (Slika 7.5.).

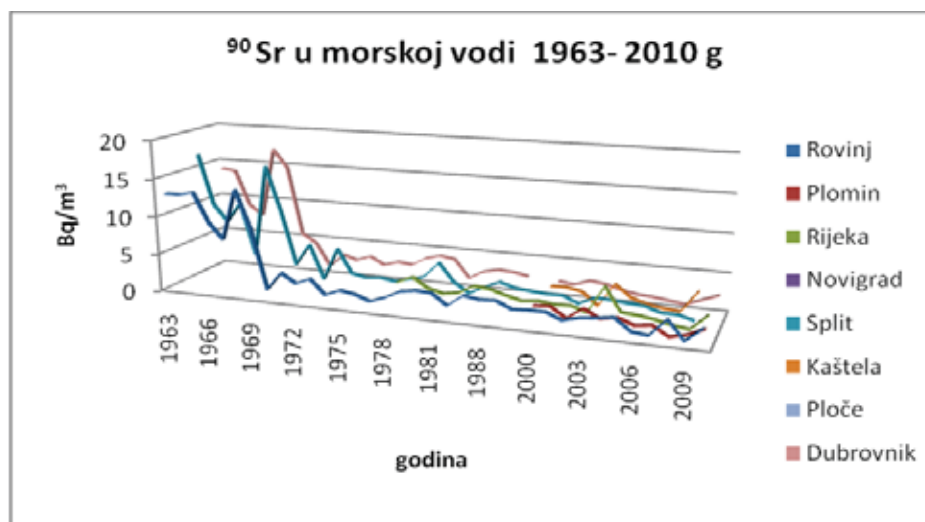
Koncentracije aktivnosti fisijskih radionuklida ^{90}Sr i ^{137}Cs u oborinama i morskoj vodi eksponencijalno padaju te su njihove vrijednosti u zadnjih 10 godina vrlo niske i kreću se oko 2-4 Bq/m³ te predstavljaju varijacije unutar osnovnih vrijednosti.

Gornje granice koncentracije aktivnosti ^{137}Cs izmjerene u indikatorskim organizmima srdelama (*Sardina pilchardus*), muzgavcima (*Ozaena moschata*) i dagnjama (*Mytilus galloprovincialis*) bile su 0,25 Bq/kg, 0,1 Bq/kg i 0,5 Bq/kg.

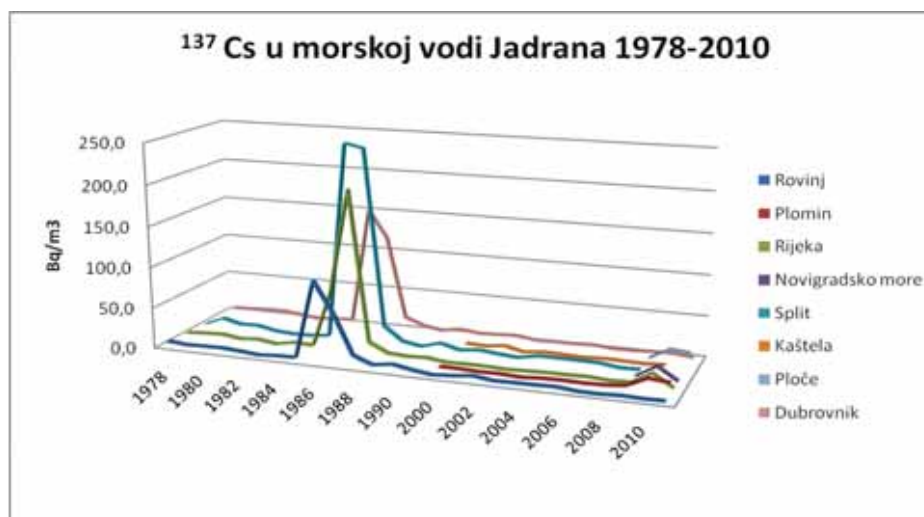


Koncentracije aktivnosti prirodnih radioniuklida, ^{232}Th (^{228}Ra), ^{238}U i ^{226}Ra , izmjerene tijekom 2008., 2009. i 2010. godine u dagnjama izrazito su niske i gotovo redovito se kreću ispod granica detekcije.

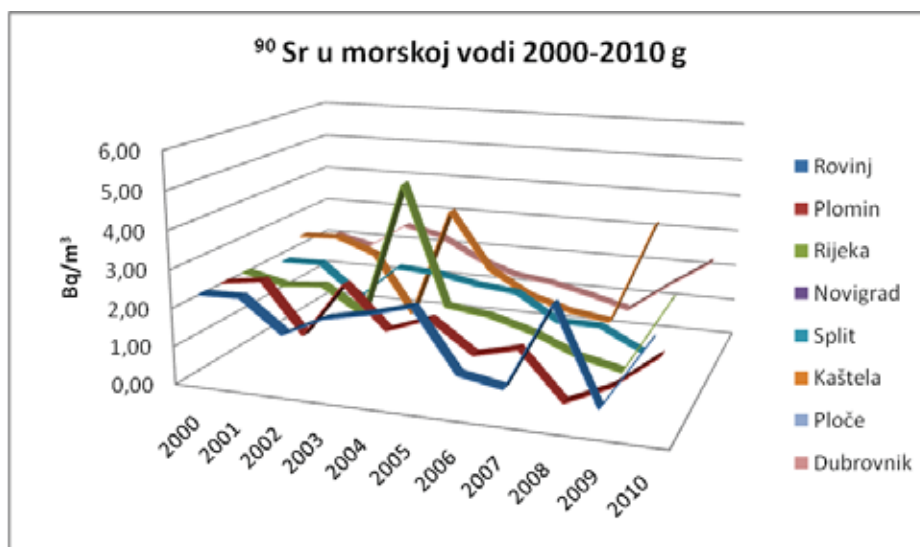
Istraživane su i koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u sedimentima u blizini otoka Vela Palagruža, Jabuka te u južnojadranskoj kotlini (Branko Petrinc, 2010). Koncentracije aktivnosti su bile najveće u prvom sloju (0-2 cm) te su iznosile 4 i 5 Bq/m³ kod Palagruže i Jabuke te oko 10 Bq/m³ u sedimentima južnojadranske kotline. Srednja dubina prodiranja cezija u sedimente je na lokaciji Južnojadranske kotline procijenjena na oko 4 cm.



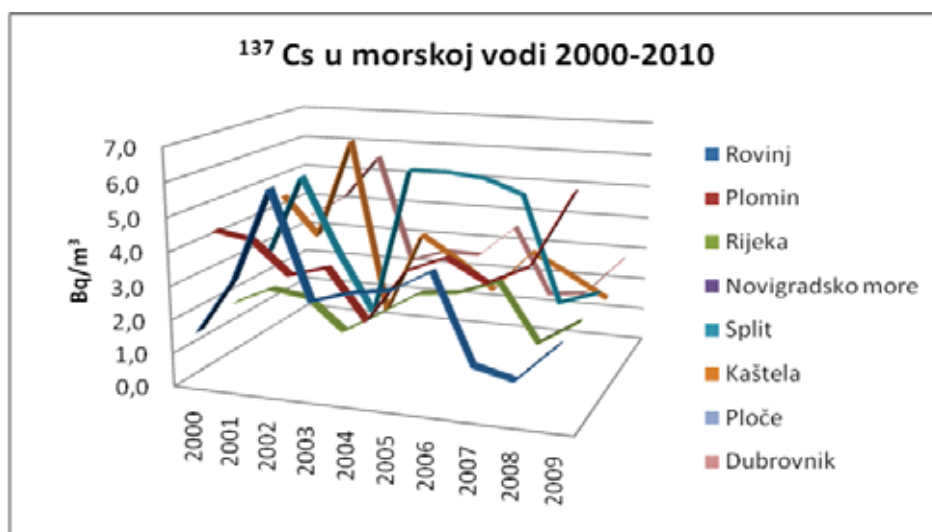
Slika 7.4. Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u površinskoj vodi istočne obale Jadranskog mora 1963-2010 g. (Izvor podataka: Franić, Z., Bauman A., 1993.; Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost - Rezultati mjerenja radioaktivnosti životne sredine u RH, godišnji izvještaji 2000-2010 g.)



Slika 7.5. Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u površinskoj vodi istočne obale Jadranskog mora za razdoblje 1978.-2010. godine (Izvor podataka: 1978- 1991: Franić, Z. i Bauman A., 1993; Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost - Rezultati mjerenja radioaktivnosti životne sredine u RH, godišnji izvještaji 2000-2010 g.)



Slika 7.6. Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u površinskoj vodi istočne obale Jadranskog mora za razdoblje 2000.-2010. godine. Izvor podataka: Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost



Slika 7.7. Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u površinskoj vodi istočne obale Jadranskog mora za razdoblje 2000.-2010. godine. Izvor podataka: Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost

8. OBOGAĆIVANJE HRANJIVIM I ORGANSKIM TVARIMA

Unosi hranjivih tvari u morski okoliš odvija se putem depozicije iz atmosfere, difuzno iz procesa ispiranja zemljišta, dotokom rijekama i podmorskim izvorima slatke vode te točkastim ispustima komunalnih i tehnoloških otpadnih voda.



Depozicija dušikovih spojeva NO_x iz atmosfere

Porijeklo tvari koje putem depozicije iz atmosfere onečišćuju morski okoliš je većinom iz kućanstava, prometa, poljoprivrede i industrije (SO_2 , NO_x , NH_3 , kadmij, olovo, arsen, živa te brojni organskih spojevi kao dioksini, PCB-ovi, PAH-ovi itd.) Glavne onečišćivajuće tvari iz pojedinih industrijskih proizvodnih procesa prikazani su u tablici 8.1.

Tablica 8.1. Unos onečišćujućih tvari iz pojedinih industrijskih procesa u atmosferu.

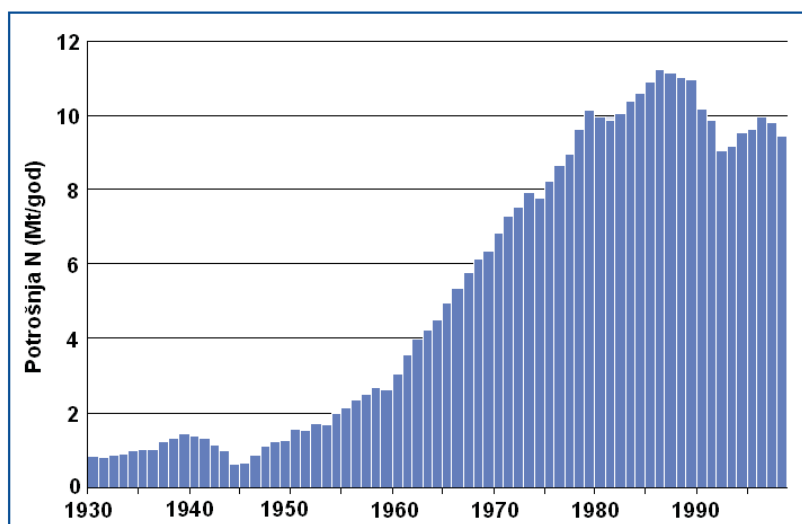
Industrija	Emisija u atmosferu
Rafinerija nafte	VOC, PAH
Prerada ribe	H_2S , Trimetilamin
Prerada jestivog ulja	Heksan
Proizvodnja alkoholnih pića	VOC
Proizvodnja NP gnojiva	NH_3 , VOC, F
Metalurgija	SO_2 , PCDD/PCDF, VOC, Hg, Cd, Pb
Proizvodnja tekstila	VOC
Proizvodnja PVC-a	Vinilklorid, VOC, PCDD/PCDF,
Proizvodnja boja	VOC
Proizvodnja cementa	As, Cd, Cr, Cu, F, HCl, Hg, NH_3 , Pb, Benzen, Benzopiren

O značaju absorpcije i depozicije dušikovih spojeva iz atmosfere (NO_x) u Jadran za sada ne postoje saznanja, međutim može se pretpostaviti da ovi procesi predstavljaju važan način ulaska dušika u Jadran. Ovo mišljenje u suglasju je s istraživanjem koja su pokazala da se depozicija dušika tijekom prošlog stoljeća na sjevernoj hemisferi deseterostruko povećala. Swackhamer i sur. (2004) izračunali su da je trenutna depozicija atmosferskog dušika u istraženim područjima unutrašnjih i priobalnih voda EU i SAD u rasponu od 400 do $> 1\,200\text{ kg/ha}$ i da ovaj unos dušika predstavlja značajnu frakciju u novom (antropogenom) dušiku ovih voda estuarija, priobalnih i morskih voda.

Onečišćenje hranjivim tvarima iz difuznih izvora

Porijeklo onečišćenja priobalnih voda iz difuznih izvora uglavnom je vezano uz ispiranje različitih vrsta zemljišta (poljoprivrednog, biljnog i šumskog pokrova itd.) kao i umjetnih površina (gradovi, naselja, industrijske zone). Za većinu zemalja EU najvažniji izvor difuznog onečišćenja predstavljaju područja sa intenzivnom poljoprivrednom aktivnošću s kojih se u područja prijelaznih i priobalnih voda unose spojevi porijeklom iz dušičnih i fosforinih gnojiva i pesticidi. Ovaj je utjecaj prepoznat sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a nitrati su označeni kao glavna opasnost za površinske i podzemne vode.





Slika 8.1. Potrošnja dušikovih gnojiva (u milijunima tona) na području Europe od 1930.-1999. god. (Izviješće Glavne uprave za okoliš Europske komisije, 2000: *Implementation of Council Directive 91/676/EEC, concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources Synthesis from year 2000 Member States reports.*)

Prve Direktive koje su trebale donijeti poboljšanja bile su Direktive Vijeća 75/440/EEZ od 16. lipnja 1975. o kakvoći površinske vode namijenjene zahvaćanju vode za piće u državama članicama, izmijenjene i dopunjene direktivama o kakvoći vode za ljudsku uporabu (79/869/EEZ, 80/778/EEZ i 98/83/EC koja je stupila na snagu 05.12. 1998. godine).

Obzirom na nastavak rasta potrošnje dušičnih gnojiva (Slika 8.1.) kao i na loše rezultate monitoringa koji su pokazali da je u EU više od 20 % podzemnih voda suočeno sa značajnim porastom koncentracije nitrata, te da su u 30-40 % rijeka i jezera ustanovljeni simptomi eutrofikacije, kao i da postoji ozbiljan problem daljnjeg prijenosa dušika u područje prijelaznih i priobalnih voda 1991. donesena je Direktiva o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla (91/676/EEZ; Nitratna direktiva).

Temeljem odredbi Nitratne direktive svaka zemlja članica Europske unije mora, temeljeno na monitoringu podzemnih i površinskih voda, na svom teritoriju odrediti zone ranjive na nitrate i na njima primijenjivati akcijski program(e). Cilj mjera akcijskih programa je smanjiti onečišćenje ili onemogućiti povećanje onečišćenja voda nitratima poljoprivrednog podrijetla. Osnovni parameter za određivanje zona ranjivih na nitrate je onečišćenost podzemnih i površinskih voda nitratima uz prisutnost nitrata u vodama u količinama većim od 50 mg/L. Republika Hrvatska će, s danom pristupanja Europskoj uniji početi s primjenom akcijskog programa na zonama ranjivim za nitrate koje će biti proglašene Odlukom Vlade Republike Hrvatske, donesenom temeljem Zakona o vodama, NN br. 153/09, 130/11.

Od 2008. godine, a temeljem Zakona o gnojivima i poboljšivačima tla, NN 163/03, 40/07, donesen je Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi i korištenju gnojiva, NN 56/08 kojim su definirana opća načela dobre poljoprivredne prakse u korištenju gnojiva, razdoblje u



tijeku godine kada nije dozvoljena primjena gnojiva na poljoprivrednim tlima, način primjene gnojiva na nagnutim terenima, vodom zasićenim tlima, plavljenom, smrznutom ili snijegom prekrivenom tlu, uvjeti za primjenu gnojiva blizu vodotoka, postupci primjene mineralnog i organskog gnojiva, veličina i i svojstva spremnika za stajski gnoj.

Određivanje onečišćenih voda i voda kojima prijeti onečišćenje nitratima omogućuju kriteriji navedeni u Dodatku I Nitratne direktive :

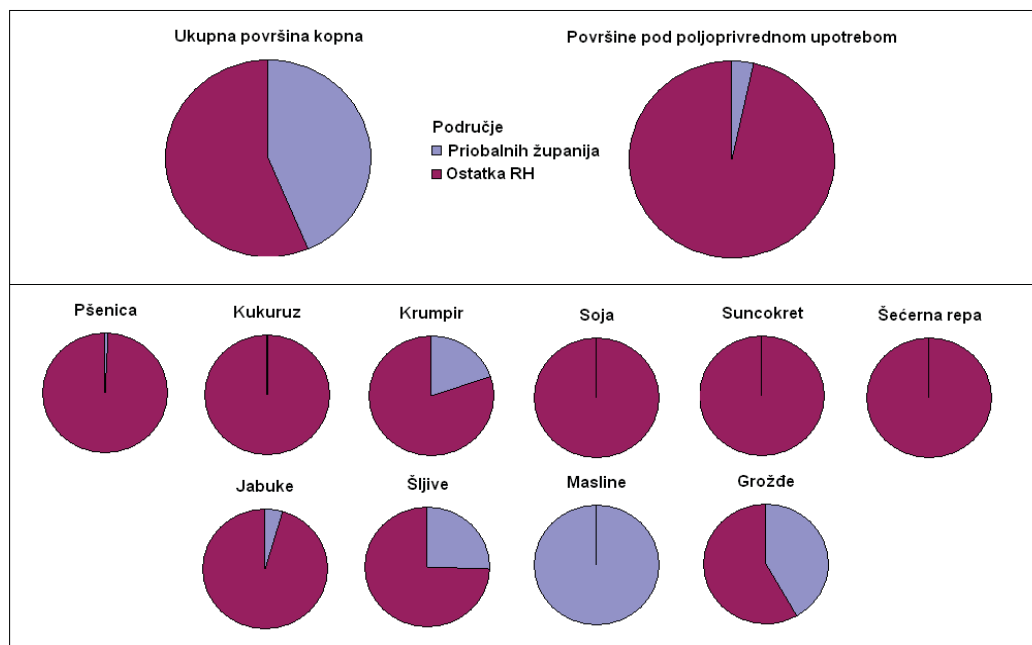
- Površinske slatke vode, a posebno one koje se koriste ili su namijenjene zahvatu vode za piće, sadrže ili bi mogle sadržavati veću koncentraciju nitrata od one utvrđene u skladu s Direktivom 75/440/EEZ, ukoliko se ne poduzmu radnje iz članka 5;
- ako podzemne vode sadrže nitrata više od 50 mg/L ili bi mogle sadržavati više od 50 mg/L nitrata, ukoliko se ne poduzmu radnje iz članka 5.;
- utvrdi li se da su prirodna slatkovodna jezera, ostale slatke vode, estuariji, obalne i morske vode eutrofna ili bi u skoroj budućnosti mogla postati eutrofna, ukoliko se ne poduzmu radnje iz članka 5.

Smanjenje utjecaja onečišćenja porijeklom iz ispiranja umjetnih površina predviđena je Direktivom o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ). Prema ovoj Direktivi se određuje obveza odgovarajućeg pročišćavanja otpadnih komunalnih voda (ovisno o utvrđenoj osjetljivosti recipijenta) za sve aglomeracije veće od 2 000 ES, kao i pročišćavanje otpadnih voda pojedinih industrijskih sektora. Obveza pročišćavanja onečišćenih voda iz procesa ispiranja površina jasno je označena u članku 1 i 2 Direktive. Ova je Direktiva nadopunjena 1998. godine Direktivom 98/15/EC koja pojašnjava zahtjeve Direktive 91/271/EEZ vezane za ispuštanje pročišćenih voda u osjetljiva područja koja su podložna eutrofikaciji. U cilju smanjenja ove vrste difuznog onečišćenja organizirano je više radionica o sektorskim izvorima ovog onečišćenja (Defra, EEA, 2004), kao i o pristupu održivog komunalnog sustava odvodnje (Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS (http://www.euwfd.com/html/sources_of_pollution_-_diffuse.html) i izradi matrica tvori i utjecaja iz „ne - poljoprivrednog“ difuznog onečišćenja (<http://www.defra.gov.uk/environment/water/quality/diffuse/non-agri/research/documents/diffusepollutionreview.xls#Data!A1>).

Utjecaj ovog oblika difuznog onečišćenja na ekološko i kemijsko stanje prijelaznih i priobalnih voda te morskih Republike Hrvatske može se procijeniti kao slabo, što podupire nekoliko činjenica:

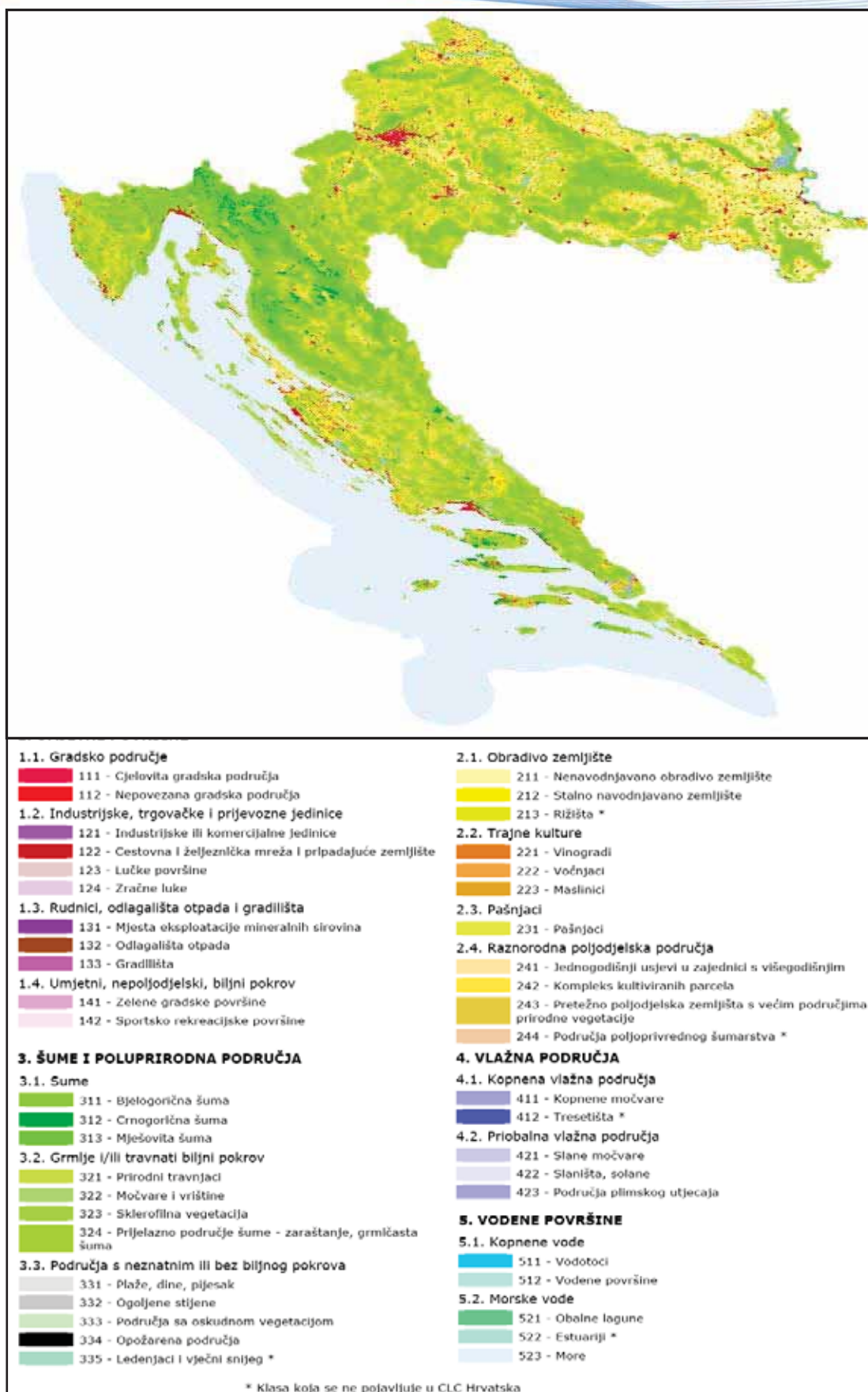
- Iz raspoloživih podataka o poljoprivrednom zemljištu u priobalnim županijama (Slika 8.2) vidljivo je da su površine pod poljoprivrednom uporabom, i pored velikog udjela od 44 % u ukupnoj kopnenoj površini RH, vrlo male. Značajnije cjeline poljoprivrednih zemljišta u priobalnom području su jedino u području Ravnih kotara u Zadarskoj županiji te na Istarskom poluotoku (prema prikazima „Land Corine Cover,“(<http://corine.azo.hr/viewer.htm>; Slika 8.3.);
- Vrlo mali udio u proizvodnji važnijih usjeva i nasada (Slika 8.2.), s izuzetkom proizvodnje maslina i grožđa, koje spadaju u ekstenzivnu poljoprivredu.





Slika 8.2. Udjeli površina priobalnih županija u ukupnoj površini i u površinama pod poljoprivrednom uporabom RH kao i udjeli u ukupnoj proizvodnji važnijih usjeva i nasada. *Izvori podataka: Statistički ljetopis.*



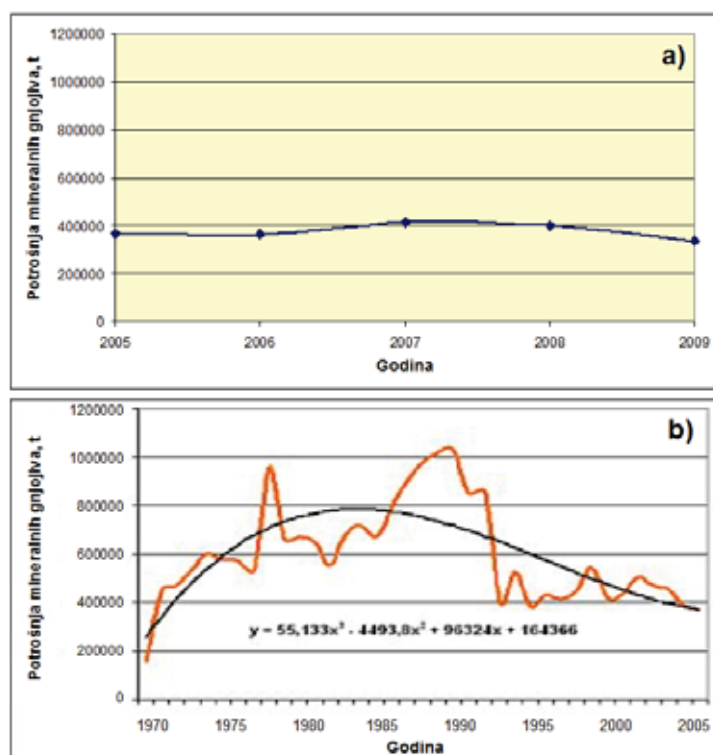


Slika 8.3. „Corine Land Cover,, klase u području Jadranskog sliva. Izvor podataka: <http://corine.azo.hr/viewer.htm>



Unos hranjivih tvari iz difuznih izvora onečišćenja- poljoprivreda

Potrošnja mineralnih gnojiva za čitavo područje RH iznosila je u 2009. godini oko 337 000 tona (Statistički ljetopis, 2010). Navedena potrošnja je zadnjih godina relativno stabilna (Slika 8.4.a), međutim znatno je manja u odnosu na razdoblje od 1974. do 1991. godine (Slika 8.4.b) (Agencija za zaštitu okoliša, www.azo.hr). Prema količini djelatne tvari u gnojivu najzastupljeniji je dušik (42 %), zatim kalij (34 %) i fosfor (24 %) (Statistički ljetopis, 2010). Distribucija djelatne tvari različita je u pojedinim dijelovima Hrvatske, pri čemu se veće količine koriste na područjima intenzivne poljoprivrede dok je njihova uporaba u području Jadranskog sliva značajno manja. Na to upućuju podaci o intenzitetu gnojidbe po jedinici poljoprivredne površine koja u Vukovarsko-srijemskoj županiji iznosi 476 kg gnojiva/ha, a u Primorsko-goranskoj županiji samo 6 kg/ha (www.azo.hr). Iako podaci za druge priobalne županije u izvješćima Agencije za zaštitu okoliša nisu navedeni, vjerujemo da se ne razlikuju značajnije od podataka za Primorsko-goransku županiju.

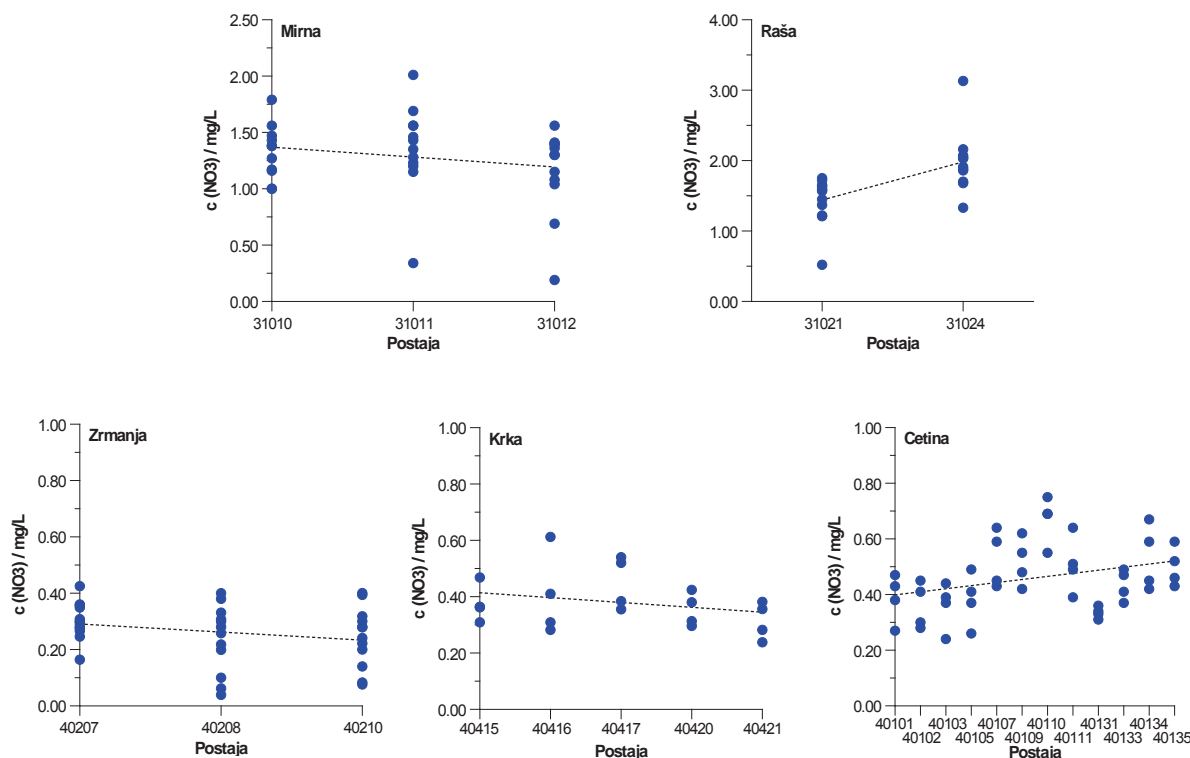


Slika 8.4. Potrošnja mineralnih gnojiva u RH u razdoblju od 1968. do 2004.

Da bi se ispitao utjecaj difuznog onečišćenja hranjivim tvarima iz mineralnih gnojiva na prijelazne i priobalne vode jadranskog sliva, istražene su:

- promjene koncentracija nitrata (kao glavnog uzročnika problema eutrofikacije u Europskoj zajednici) u slatkovodnom dijelu većine rijeka jadranskog sliva od izvora do njihovog ušća;
- koncentracije ukupnog anorganskog dušika u priobalnim vodama blizu značajnijih poljoprivrednih površina u području slivova Jadranskog mora.

U svrhu određivanja promjena koncentracija nitrata uzduž vodotoka (Slika 8.5.) analizirani su svi raspoloživi podaci za 2007. godinu i određene su „linije trenda“ na osnovi godišnjih srednjaka za pojedinu rijeku. Za rijeke Mirnu, Zrmanju i Krku mjesečni trendovi su u svim slučajevima bili negativni. Za Cetinu je u tri slučaja trend bio pozitivan, u jednom ga slučaju nije bilo dok je za rijeku Rašu trend promjene koncentracija nitrata uvijek bio pozitivan.



Slika 8.5. Koncentracije nitrata na postajama uzduž rijeka Mirne, Raše, Zrmanje, Krke i Cetine s prikazom trenda godišnjih srednjaka za pojedinu rijeku tijekom 2007. godine. Izvori podataka: Hrvatske vode.

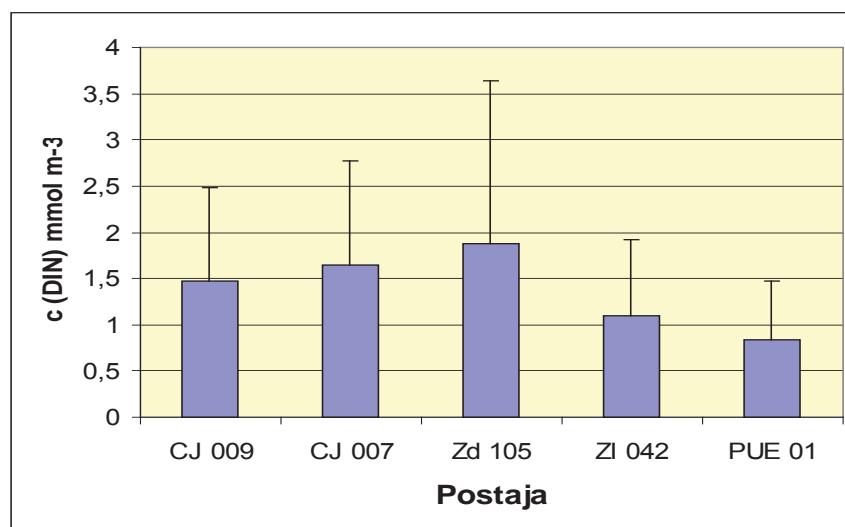
U odnosu na vrijednosti propisane Nitratom direktivom, koncentracije nitrata određene tijekom 2007. godine u rijekama slivova Jadranskog mora, su i na postajama blizu ušća toliko niske (Raspon = 0,007 – 3,2; $\text{SV} \pm \text{STD} = 0,67 \pm 0,56$ mg/L), da zadovoljavaju sve kriterije Direktive koje se odnose na površinske vode i površinske vode namijenjene vodi za piće ($c(\text{NO}_3) < 50$ mg/L; Klasa A1- obavezno) kao i ($c(\text{NO}_3) < 25$ mg/L; Klasa A1-preporučeno, Direktiva Vijeća 75/440/EEZ).

Analiza koncentracija ukupnog anorganskog dušika u priobalnim vodama blizu značajnijih poljoprivrednih površina (zaleđe Biograda i Vranskog jezera te Pule) (Slike 3.6. i 3.7.) pokazuje da su prosječne koncentracije na postaji Zd105 za 0,23-0,40 mmol m^{-3} više u odnosu na usporedne postaje u Splitskom kanalu (CJ007) i postaje kod otoka Visa (CJ009). Iako ovi podaci ukazuju na mogući difuzni dotok dušika s poljoprivrednih površina, treba sagledati i drugi potencijalni izvor dušika s ovog područja, Vransko jezero, čije vode (s koncentracijama dušika za 1 do 2 reda veličine višim u odnosu na morsku vodu – Podaci IOR, Split) kroz veliki broj podzemnih kanala dopijevaju u priobalne vode. Rezultati mjerenja anorganskog dušika na postaji PUE01 ipak ukazuju na nešto niže prosječne koncentracije dušika u odnosu na usporednu postaju ZI042.





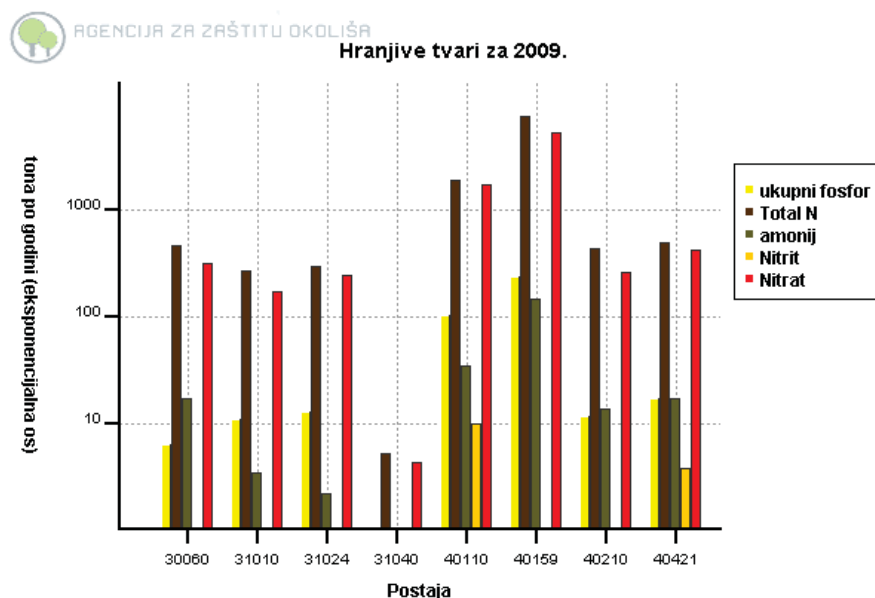
Slika 8.6. Lokacija postaja Zd105 i PUE01 u blizini Biograda i Pule i usporednih postaja CJ007 (Splitski kanal) i CJ009 (kod otoka Visa) ZI042.



Slika 8.7. Prosječne koncentracije sa standardnim devijacijama otopljenog anorganskog dušika (DIN) u sloju od površine do 10 m za razdoblje 1998.-2008. (osim za postaju PUE: 1998.-2002.). Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj

Unos hranjivih tvari rijekama i otpadnim vodama

Godišnji dotok ukupnog dušika i fosfora vodotocima iznosio je, prema podacima Agencije za zaštitu okoliša (www.jadran/izor/azo) 11250 tona ukupnog dušika i 397 tona ukupnog fosfora za 2009. godinu (Slika 8.8.).



Slika 8.8. Unos hranjivih tvari (t/god) rijekama Dragonja (31040), Mirna (31010), Raša (31024), Rječina (30060), Zrmanja (40210), Krka (40421), Cetina (40110) i Neretva (40159) u priobalne vode tijekom 2009. godine. *Izvor podataka: Hrvatske vode.*

Ako ove vrijednosti usporedimo s količinama iz otpadnih voda (Tablica 8.2) (Izviješća *Baseline Budget for year 2008, Republic of Croatia*, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2009) može se zaključiti da se glavina ukupnog dušika (oko 77%) u područje prijelaznih i priobalnih vode unose putem vodotoka, dok se oko 66% ukupnog fosfora unosi putem otpadnih voda.

Tablica 8.2. Količine onečišćujućih tvari koje su sustavima javne odvodnje tijekom 2008. dospjele u prijelazne i priobalne vode. *Izvor podataka: Hrvatske vode.*

Onečišćujuća tvar	Ukupni unos (kg)
BPK5	14 549 860
Ukupni N	3 218 637
Ukupni P	516 357

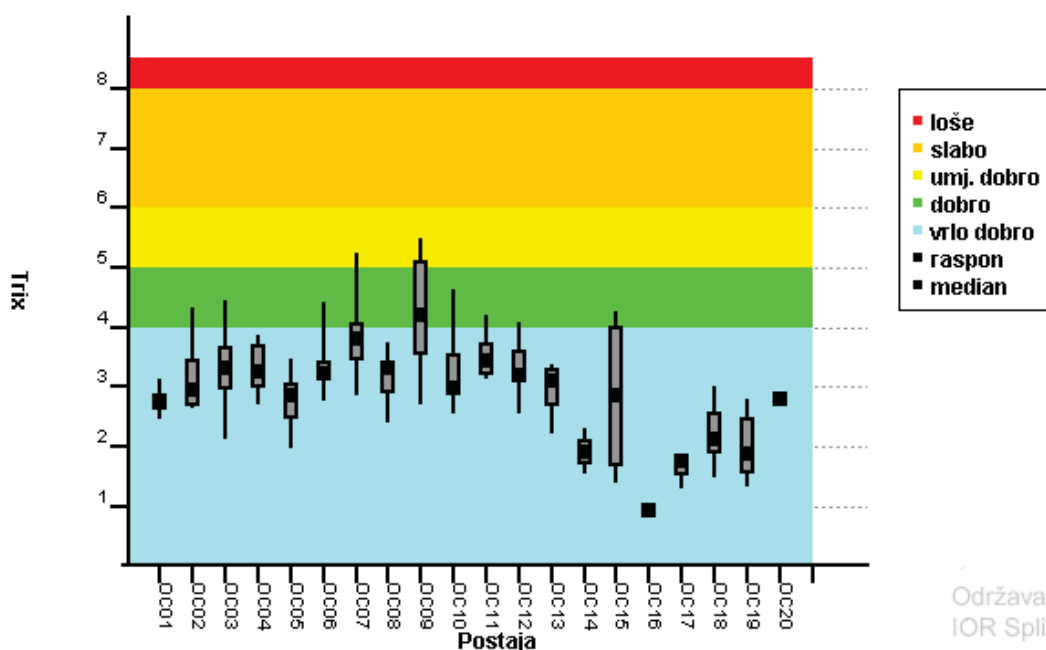
Utjecaj unosa hranjivih soli putem točkastih izvora onečišćenja na fizikalno-kemijske parametre i biološku kakvoću prijelaznih i priobalnih voda značajno ovisi o količini i sastavu otpadnih voda, stupnju pročišćavanja, mjestu i dubini ispuštanja te hidrografskim karakteristikama recipijenta. Kod sustava gdje se preklapaju negativni utjecaji više čimbenika, posljedice za morski okoliš mogu postati vrlo ozbiljne. Primjer takvog sustava



je Vranjic smješten u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva. U taj plitki poluzatvoreni dio zaljeva se od 70-ih godina prošlog stoljeća do 2004. godine ispuštalo gotovo 2/3 nepročišćenih otpadnih voda grada Splita koje su ljeti u uvjetima slabe izmjene vodenih masa redovito izazivale izražene pojave eutrofikacije. To se manifestiralo kroz višestruki porast planktonske biomase, promjene sastava planktonskih zajednica, pojave monospecifičnih cvatnji *Gonyaulax polyedra*, hipoksije i anoksije, pomora ribe i bentoskih organizama (Marasović, 1989, Marasović i sur., 1991; Kušpilić i sur., 1991). Izgradnjom sustava Split-Solin u sklopu projekta „Eko-Kaštelanski zaljev“ ekosustav vranjičkog bazena se počeo oporavljati, a promjene su postale vidljive kroz smanjenje gustoće heterotrofnih bakterija (jedan od primarnih indikatora raspoložive otopljene organske tvari u moru; smanjenje koncentracija hranjivih soli, smanjenje fitoplanktonske biomase, izostanak jesenskih hipoksija i pomora bentoskih organizama (Podaci „Projekt JADRAN“).

Ocjena ekološkog stanja priobalnog mora na osnovi TRIX indeksa

Kako je kvalitativno i kvantitativno opisivanje morskog okoliša nedovoljno za objektivno, usporedivo i međunarodno usklađeno izražavanje ekološkog stanja pojedine sastavnice morskog sustava, uvedeni su različiti indeksi za pojedine biološke elemente kakvoće (AMBI, M-AMBI, EFI, BENTIX...). Jedan od njih je indeks za opisivanje trofičkog stanja vodenog stupca (TRIX) predložen od Vollenweider i sur. (1998) koji uključuje podatke o zasićenju vodenog stupca kisikom, koncentracijama hranjivih soli dušika i fosfora te koncentraciji klorofila *a*. Određivanje trofičkog stanja preko TRIX-a se primjenjuje uglavnom na površinski sloj vodenog stupca od 0 do 10m dubine, a rezultati dobiveni za obalne postaje područja sjevernog i srednjeg Jadrana tijekom 2009. godine su prikazani na slici 8.9.



Slika 8.9. TRIX indeks u vodenom stupcu istraživanih postaja u Jadranu (stanje za 2009. godinu). Izvori podataka: IOR-Split, CIM-Rovinj.



Prema kriterijama trofičkog indeksa TRIX ekološko stanje (u nastavku stanje) u području priobalnih voda južnog Jadrana (postaje OC01 do OC03) se može opisati kao oligotrofno tj. kao stanje obilježeno niskom primarnom proizvodnjom, dobrom prozirnošću, niskim koncentracijama hranjivih soli i klorofila *a* te odsutnošću hipoksije. Osobito značajno za ovo područje je vrlo dobro stanje ustanovljeno i na postaji OC03 koja se nalazi ispred ušća rijeke Neretve (koja je po protoku treća rijeka u Jadranu) i luke Ploče, što ukazuje da je antropogeni pritisak na ovo područje za sada prihvatljiv. Stanje priobalnih voda srednjeg Jadrana (postaje OC04 do OC13) se također može opisati kao vrlo dobro, osim na postajama OC07 u Vranjicu (Kaštelanski zaljev) i OC09 u šibenskoj luci na kojima je stanje povremeno za klasu slabije, tj. dobro. Među postajama s vrlo dobrim stanjem posebno treba istaknuti postaje OC04 (ispred ušća Cetine i grada Omiša), OC06 (u središnjem dijelu Kaštelanskog zaljeva) i OC10 (u vanjskom dijelu estuarija rijeke Krke) koji su bez sumnje pod određenim antropogenim utjecajem. Međutim, višegodišnje nepromijenjeno vrlo dobro stanje na ovim postajama ukazuje na prihvatljivu razinu pritiska na ova područja. Razmotri li se stanje na „kritičnim“ postajama u ovom dijelu Jadrana, tj. u poluzatvorenim područjima estuarija rijeke Jadrana (OC07, Vranjic) i Krke (OC09, šibenska luka) može se reći da je stanje na postaji OC07 u Vranjicu posljednjih godina (2003. do 2009.) bilo između vrlo dobrog i dobrog stanja, što je znatan napredak u odnosu na razdoblje devedesetih godina prošlog stoljeća kada je stanje u ovom području povremeno bilo i vrlo loše. Razlog je tom poboljšanju provedba projekta „EKO-Kaštelanski zaljev“ kojim su od 2004. otpadne vode iz ovog područja preusmjerene u područje Bračkog kanala. Postizanje još boljeg (vrlo dobrog) stanja se očekuje nakon što se svi privredni objekti kao i oborinske vode u ovom području priključe na mrežu prikupljanja i odvodnje otpadnih voda, ali i nakon što morski okoliš prođe fazu „samopročišćavanja“, tj. ispuštanja i uravnoteženja u sedimentu akumuliranih hranjivih soli. Najlošije stanje (umjereno dobro) u području srednjeg Jadrana ustanovljeno je u šibenskoj luci (postaja OC09) i istovjetno je stanju za razdoblje od 2006. do 2008., a lošije je u odnosu na razdoblje od 2003. do 2006. (vrlo dobro - dobro). Kako je prije nekoliko godina u ovom području provedena rekonstrukcija kanalizacijske mreže kojom se prikupljene otpadne vode grada Šibenika obrađuju i odvođuju u Kanal sv. Ante kod otoka Zlarina očekivalo se znatno poboljšanje stanja zaljeva. Međutim uslijed daljnjeg unosa otpadnih voda pojedinih dijelova grada Šibenika i okolnih naselja (Rasline, Zaton, Bilice, Meterize, Dolac) trenutno stanje u zaljevu još uvijek nije zadovoljavajuće ali je znatno bolje u odnosu na razdoblje 1980. – 2000. kada su tijekom ljetnih mjeseci često bilježene izražene pojave eutrofikacije. U području sjevernog Jadrana trofički indeks je tijekom 2009. bio u rasponu od 1 do 3 što odgovara vrlo dobrom stanju, tj. oligotrofnom stupnju eutrofikacije, uz izuzetak postaje OC15 u Bakarskom zaljevu (dobro ekološko stanje) gdje je vođeni stupac uslijed podmorskih dotoka slatke vode (obogaćene hranjivim solima) nešto produktivniji u odnosu na druge postaje u ovom području.



9. BIOLOŠKE SMETNJE

9.1. Kakvoća mora za kupanje

(Unošenje mikrobnih patogena)

Podaci o unošenju mikrobnih patogena u morski okoliš ne postoje te su u ovom dijelu izvješća prikazani podaci o sanitarnoj kakvoći mora na plažama koji se temelje na ispitivanju indikatora fekalnog onečišćenja. Naime, glavni su izvor mikrobiološkog onečišćenja mora otpadne vode fekalnog porijekla koje iz različitih izvora (domaćinstva, hoteli, kupališta, industrijska postrojenja i sl.) dospijevaju u more. Zbog svojih fizikalno-kemijskih osobina otpadne se vode šire po površini mora na dosta velike udaljenosti od izvora onečišćenja u zavisnosti od površinskih struja i vjetrova. Upravo su indikatori fekalnog onečišćenja (do 2009. godine fekalni koliformi i fekalni streptokoki, od 2009. godine *Escherichia coli* i crijevni enterokoki) i pokazatelji prisustva patogena u moru s obzirom da su značajke indikatora da su uvijek prisutni kada su prisutni i patogeni u moru i da su prisutni u koncentraciji koja je uglavnom proporcionalna koncentraciji patogena. Stoga se na osnovi ocjena sanitarne kakvoće mora može procijeniti i eventualno prisustvo patogena.

Stanje sanitarne kakvoće priobalnog mora prikazano je rezultatima desetogodišnjeg razdoblja (2001-2010) praćenja bakteriološke kakvoće mora na morskim plažama duž hrvatske obale, tijekom kojega se ukupni broj ispitivanih plaža kretao od 728 do 913. Rezultati su prikazani po županijama, te ukupno za cijelu obalu.

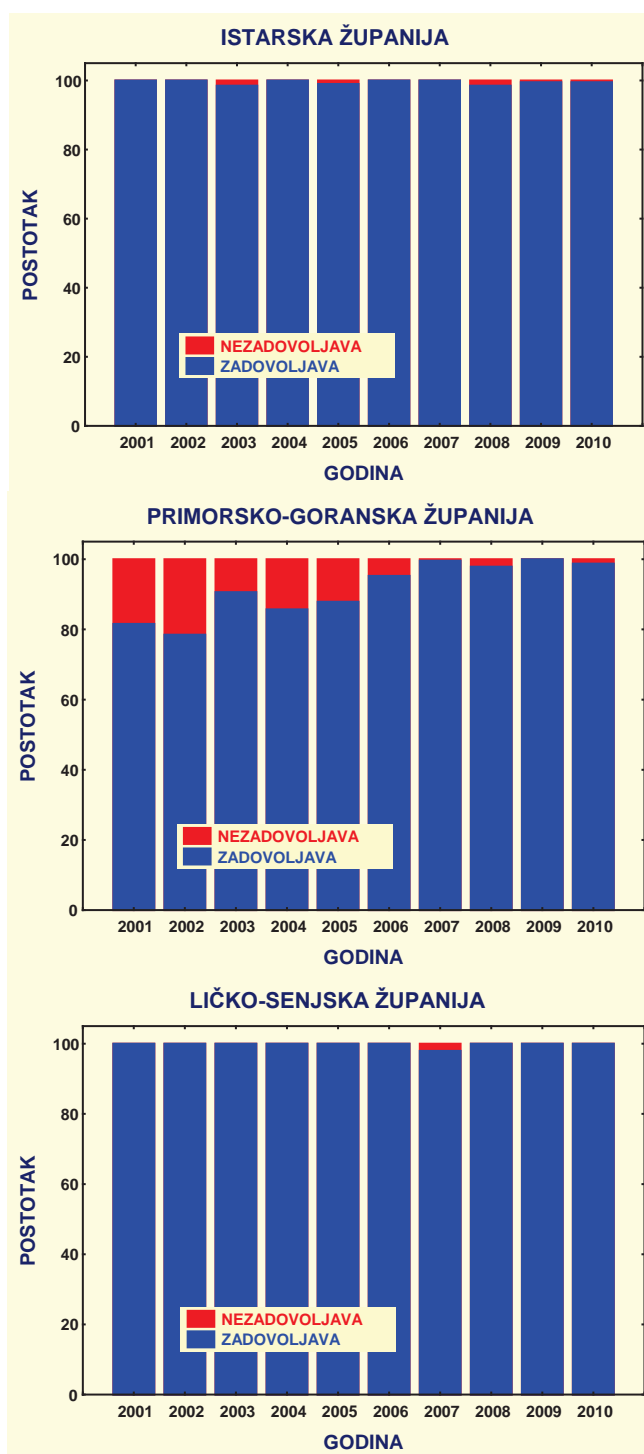
Postotni udio plaža koje su zadovoljavale postojeće nacionalne kriterije kretao se od 98.49 - 100% u Istarskoj županiji, 78.51 - 100% u Primorsko-goranskoj županiji, 97.96 - 100% u Ličko-senjskoj županiji, 92.73 - 100% u Zadarskoj županiji, 76.66 - 100% u Šibensko-kninskoj županiji, 95.38 - 100% u Splitsko-dalmatinskoj županiji, 89.41 - 99.01% u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, te 89.70 - 99.55% za cijelu obalu (Slike 9.1.1.-9.1.3.).

Godine 2009. donesena je nova Uredba o kakvoći mora za kupanje (Narodne Novine, br. 73, 2008), koja propisuje nove indikatore i standarde za ocjenu kakvoće mora. Uredba predviđa četiri kategorije kakvoće mora za kupanje: *izvrsna*, *dobra*, *zadovoljavajuća* i *nezadovoljavajuća*. Tijekom 2009. i 2010. godine najveći udio ispitivanih plaža (gotovo redovito > 90%) u svim županijama imao je *izvrsnu* kakvoću mora (Slika 9.1.4.).

Desetogodišnja analiza ukazuje na jasan trend smanjenja udjela plaža koje ne zadovoljavaju postojeće zakonske kriterije u svim županijama (Slika 9.1.5.). Ovakav pozitivan trend rezultat je povećanja broja izgrađenih ispusta otpadnih voda fekalnog porijekla duž jadranske obale tijekom ispitivanog razdoblja.

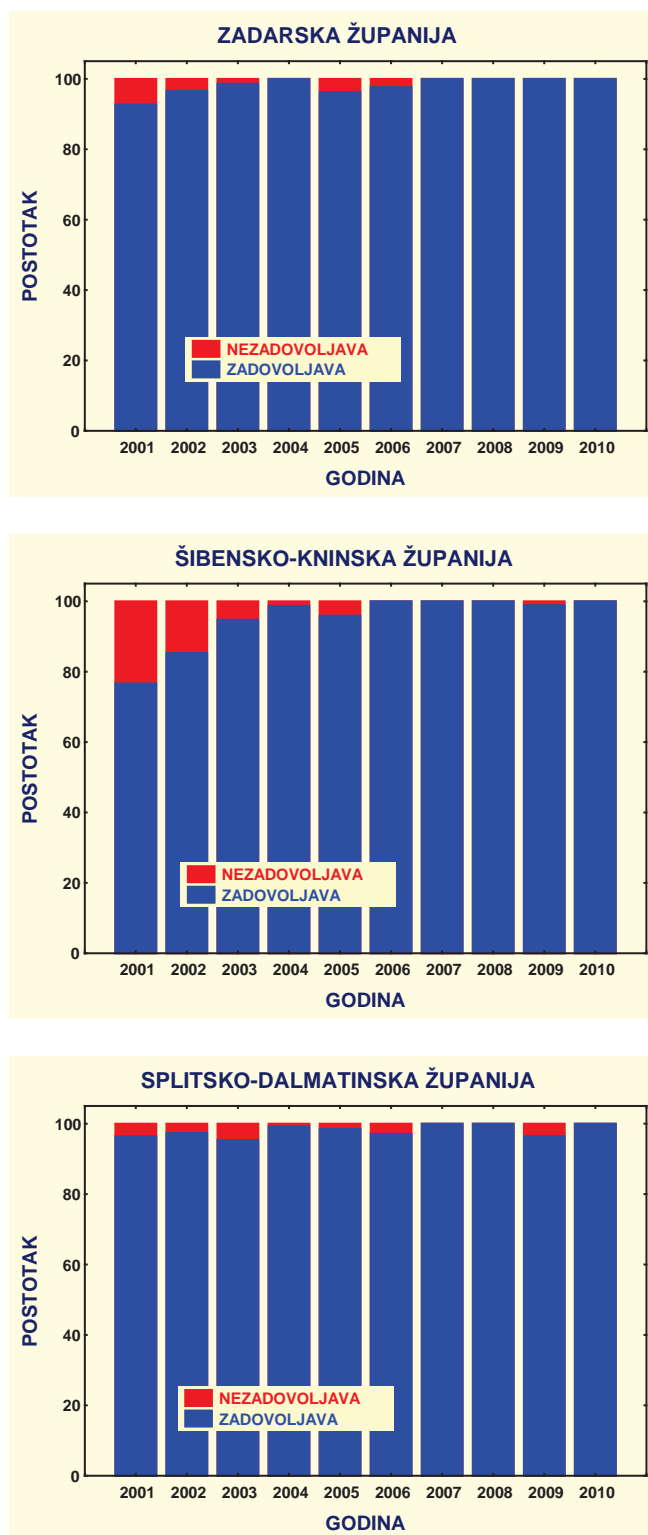
Može se zaključiti da je sanitarna kakvoća mora na morskim plažama duž hrvatske obale vrlo visoka. Glavni razlog povremeno povišenih koncentracija indikatora fekalnog onečišćenja na pojedinim plažama leži u činjenici da se na pojedinim lokacijama otpadne vode fekalnog podrijetla još uvijek direktno ulijevaju u morski okoliš bez prethodne obrade.





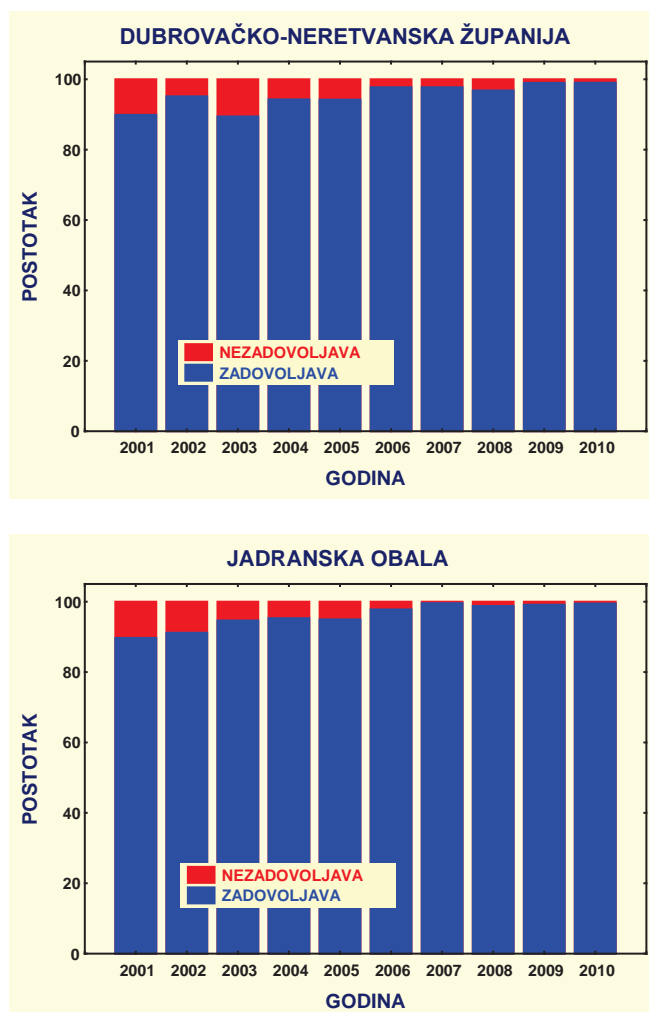
Slika 9.1.1. Postotni udio plaža koje su zadovoljavale nacionalne kriterije za kakvoću mora na morskim plažama na području Istarske (broj ispitivanih plaža tijekom 10-godišnjeg razdoblja kretao se u rasponu N = 122-203), Primorsko-goranske (N = 228-237) i Ličko-senjske (N = 42-49) županije. Izvor podataka: Ministarstvo zaštite okoliša i prirode





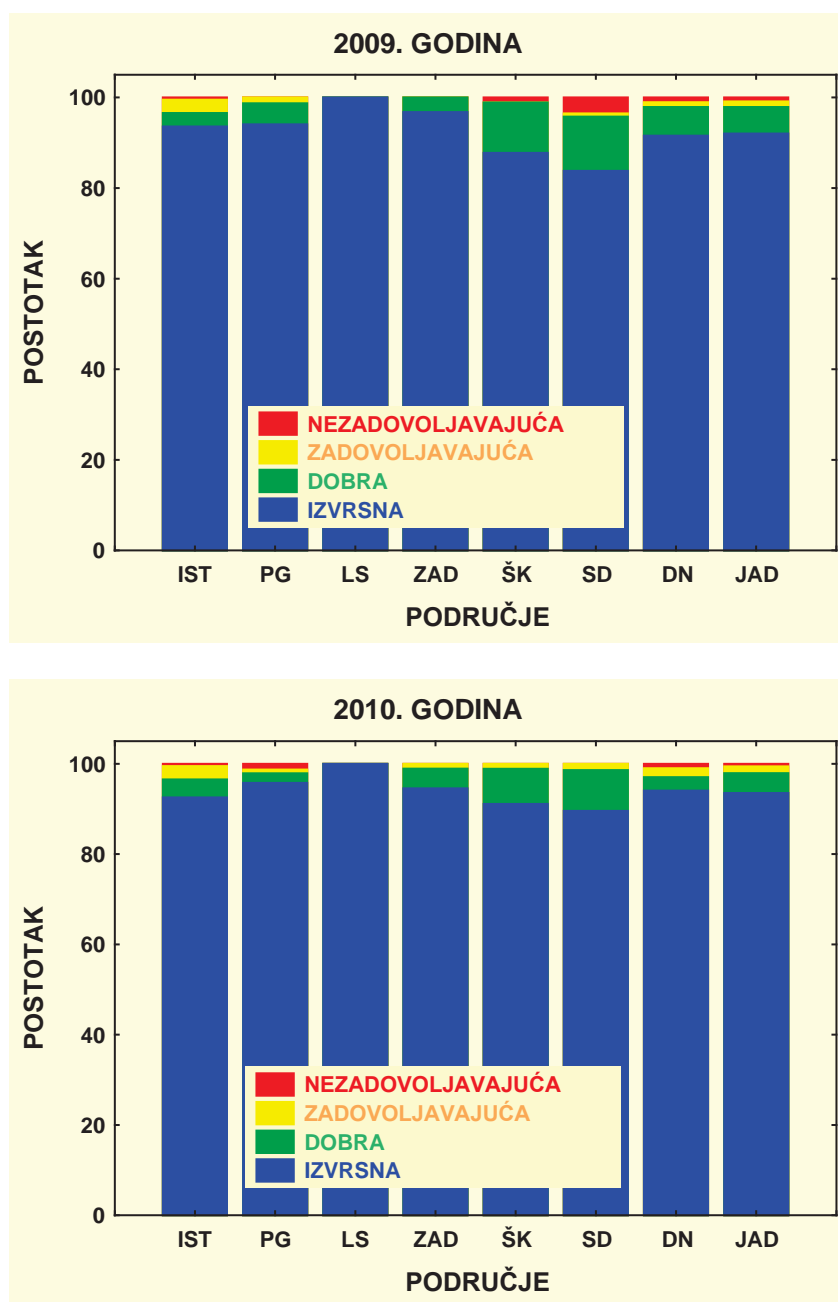
Slika 9.1.2. Postotni udio plaža koje su zadovoljavale nacionalne kriterije za kakvoću mora na morskim plažama na području Zadarske (N = 55-93), Šibensko-kninske (N = 60-90) i Splitsko-dalmatinske (N = 112-144) županije. *Izvor podataka: Ministarstvo zaštite okoliša i prirode*





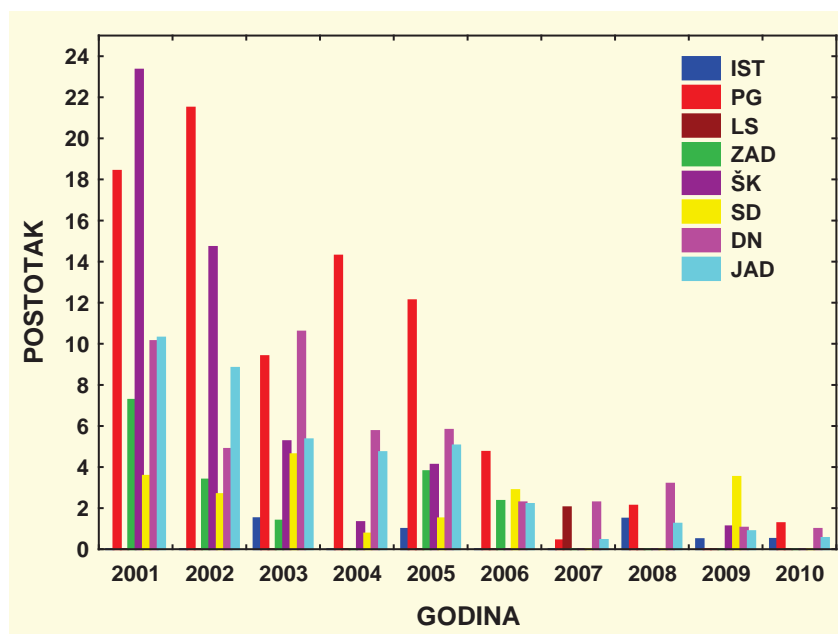
Slika 9.1.3. Postotni udio plaža koje su zadovoljavale nacionalne kriterije za kakvoću mora na morskim plažama na području Dubrovačko-neretvanske županije (N = 79-101), te duž cijele hrvatske jadranske obale (N = 728-913). *Izvor podataka: Ministarstvo zaštite okoliša i prirode*





Slika 9.1.4. Postotni udio plaža na kojima je konačna godišnja ocjena kakvoće mora bila *izvrsna, dobra, zadovoljavajuća i nezadovoljavajuća* za 2009. i 2010. godinu (IST – istarska županija; PG – Primorsko-goranska županija; LS – Ličko-senjska županija; ZAD – zadarska županija; ŠK – Šibensko kninska županija; SD – Splitsko-dalmatinska županija; DN – Dubrovačko-neretvanska županija; JAD – cijela hrvatska obala). *Izvor podataka: Ministarstvo zaštite okoliša i prirode*





Slika 9.1.5. Postotni udio plaža koje nisu zadovoljavale postojeće nacionalne kriterije tijekom desetogodišnjeg razdoblja ispitivanja (IST – istarska županija; PG – Primorsko-goranska županija; LS – Ličko-senjska županija; ZAD – zadarska županija; ŠK – Šibensko kninska županija; SD – Splitsko-dalmatinska županija; DN – Dubrovačko-neretvanska županija; JAD – cijela hrvatska obala).



9.2. Unošenje stranih vrsta

Globalizacija ima za posljedicu prijenos mnogih bioloških vrsta u područja do kojih nisu mogle dospjeti prirodnim širenjem. U morskom su ekosustavu glavni načini njihovog prijenosa pomoću brodova (obraštaj, balastne vode, sidrenje). Probijanjem Sueskog kanala 1869. godine, spojilo se Crveno i Sredozemno more, omogućivši tako zbog smjera morskih struja, masovni upliv tropskih organizama u Sredozemlje. Uzgoj nezavičajnih organizama često dovodi do njihovog bijega ili se s njima unose i tzv. "slijepi putnici". Čak je i akvaristika jedan od bitnih načina unosa stranih vrsta kao što je primjer s algom *Caulerpa taxifolia*. Jadran je zadnjih desetljeća postao nova životna sredina za mnoge strane, a među njima i invazivne vrste. Drugi abiotski čimbenici kao što su eutrofikacija i zagrijavanje morske vode pomogli su stranim vrstama da nađu svoju nišu u ekosustavu te da se, često na štetu autohtonih vrsta, uspješno adaptiraju u novim uvjetima.

Strane vrste makroalga

Do danas je u Jadranskom moru zabilježeno oko 650 svojti bentoskih makroalga. U posljednja dva desetljeća zabilježen je određeni broj alohtonih i često vrlo invazivnih svojti alga, a tijek nekih invazija je praćen više ili manje redovno od vremena prvog nalaza do danas. Postoji više razloga za brzo i uspješno širenje ovih stranih svojti. Neke, poput alga roda *Caulerpa*, nemaju prirodnog ili učinkovitog predatora koji bi kontrolirao njihove populacije. Druge, poput vrste *Womersleyella setacea*, stvaraju vrlo guste prevlake po morskom dnu i brzo se šire vegetativnim rastom koji im daje prednost nakon poremećaja u okolišu. Sve do sada zabilježene invazivne svojte morskih alga imaju mogućnost vrlo značajno negativno utjecati na prirodne zajednice i staništa u Jadranskom moru.

Caulerpa taxifolia

Zelena alga *Caulerpa taxifolia* podrijetlom je najvjerojatnije iz umjereno toplog područja istočne Australije. Smatra se da se Sredozemnim morem širi od 1984. kada je slučajno ispuštena iz akvarija Oceanografskog muzeja u Monacu. Do danas je pronađena na više od 100 udaljenih područja uzduž Azurne obale, talijanske obale Tirenskog mora, Mesinskog prolaza, Balearskog otočja, Tunisa i Hrvatske (Meinesz i sur., 2001). U Sredozemnom moru se razmnožava jedino vegetativno, otkidanjem fragmenata i njihovim obnavljanjem u nove alge. Fragmenti alge tonu pa ih struje i valovi mogu odnijeti najviše nekoliko stotina metara. Na velike udaljenosti alga se prenosi na sidrima brodova i u ribarskim mrežama. Zbog toga je zabranom sidrenja i ribolova na algom zahvaćenim područjima moguće spriječiti njeno daljnje prenošenje. U prosječnim temperaturnim uvjetima Sredozemnog mora ova vrsta razvija gusta naselja (do 14000 listića na površini kvadratnog metra) od površine do tridesetak metara dubine. Razvija se na svim tipovima morskoga dna, potiskujući pri tome autohtone organizme, prvenstveno autohtone alge na kamenitom dnu. Posljedica njenog širenja je drastična promjena biološke, ekološke i krajobrazne raznolikosti koja nastaje ujednačavanjem zajednica različitih tipova dna: zajednice pjeskovitog, muljevitog ili stjenovitog dna, nakon naseljavanja alge *Caulerpa taxifolia* mijenjaju se u "livade" ove invazivne alge (Slika 9.2.1.).

Razlozi njenog brzog širenja su iznimno uspješno razmnožavanje i brzi rast, cjelogodišnji talus i nepostojanje herbivornog organizma koji bi hraneći se algom značajno kontrolirao njeno širenje. Osnovni makroherbivori u Sredozemnom moru su riba salpa

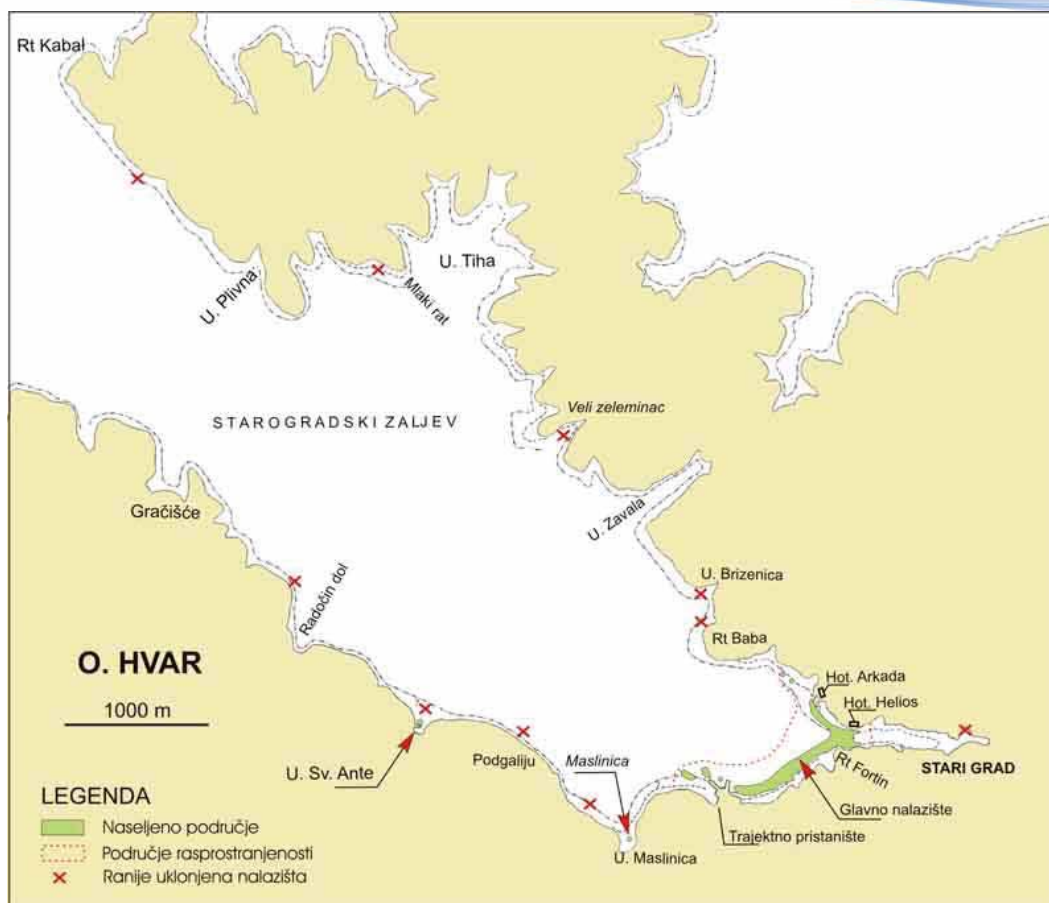


Sarpa salpa i hridinski ježinac *Paracentrotus lividus*. Ovi herbivori se algom *Caulerpa taxifolia* uglavnom ne hrane jer alga proizvodi niz toksičnih i repelentnih (odbijajućih) spojeva. Jedina dva sredozemna organizma koji se bez posljedica mogu hraniti algom *Caulerpa taxifolia* su askoglosni puževi *Lobiger serradifalci* i *Oxynoe olivacea*. Ovi puževi su evolucijski prilagođeni hranjenju isključivo algama roda *Caulerpa*. Do pojave alohtonih kaulerpi, njihova je jedina hrana bila zavičajna sredozemna alga *Caulerpa prolifera*. Puževi se hrane kaulerpama tako da isisavaju njihovu gigantsku citoplazmu, a otporni su na algine toksine koje biomodificiraju u još toksičnije spojeve. Ovi puževi međutim imaju planktonski razvojni stadij zbog čega rijetko mogu izgraditi guste populacije. Rijetke populacije ovih puževa zbog specifičnog načina hranjenja algom *Caulerpa taxifolia*, koje rezultira fragmentiranjem alge, pospješuju njeno vegetativno razmnožavanje i širenje naselja (Žuljević i sur., 2001).

Caulerpa taxifolia je prema saznanjima na kraju 2009. godine prisutna jedino na području Starograskog zaljeva. Na području Malinske zadnji su fragmenti alge sakupljeni krajem 2005., a u Barbatskom kanalu 2001. godine. U Starograskom je zaljevu na kraju 2009. alga prisutna na području tzv. glavnog nalazišta i na jednom tzv. izdvojenom nalazištu (Slika 9.2.2). Na glavnom je nalazištu algom zahvaćena površina oko 70 ha. Međutim, tijekom 2008. je algom prekrivena površina na glavnom nalazištu bila značajnije manja nego proteklih godina, a ove smanjene vrijednosti bile su i tijekom 2009. Iz još nepoznatog razloga došlo je početkom 2008. godine do iznimnog smanjenja prekrivene površine na muljevitom, pjeskovitom i stjenovitom tipu dna. Unutar livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica* razvijenoj dublje od 10 m, koju je zbog prorijeđenosti naselila alga *Caulerpa taxifolia*, nije zabilježeno smanjenje gustoće alge. Na izdvojenom nalazištu u uvali Maslinica, alga je krajem 2009. prekrivala manje od desetak kvadratnih metara morskoga dna.



Slika 9.2.1. Starograski zaljev, uvala Veli Zeleminac. Naselje alge *Caulerpa taxifolia* na pjeskovitom dnu na dubini od 10 m u rujnu 2007.



Slika 9.2.2. Rasprostranjenost invazivne alge *Caulerpa taxifolia* u Starogradskom zaljevu na kraju 2009. godine

Caulerpa racemosa var. *cylindracea*

Invazivni varijetet tropske alge *Caulerpa racemosa* (Slika 9.2.3.), pronađen je u Sredozemnom moru 1990. godine u Libiji. Do 2000. godine alga se proširila gotovo cijelim Sredozemljem pokazujući pri tome značajke iznimno invazivnog organizma. Genetička istraživanja pokazala su kako ova alga ima australsko podrijetlo, ali način njenog unosa u Sredozemno more nije poznat. Još sa sigurnošću nije utvrđen mehanizam njenog širenja na velike udaljenosti, ali sve ukazuje na to da hidrodinamika mora (struje i valovi) ima najvažniji utjecaj (Žuljević i Antolić, 2004). Na to ukazuje brzina širenja Sredozemnim morem kao i mjesta pojavljivanja. Alga se razmnožava vegetativno fragmentima, a spolni način razmnožavanja još sa sigurnošću nije potvrđen. Na opasnost od ove alge, ukazali su još 1999. znanstvenici svih sredozemnih država, koji su dali preporuke o potrebi praćenja širenja i utjecaja na postojeće ekosustave, te potrebi uklanjanja naselja ove vrste ukoliko je to moguće, a posebno na područjima od iznimne biološke i kulturne važnosti (UNEP, 1999).

Caulerpa racemosa var. *cylindracea* je do kraja 2009. godine pronađena na ukupno 91 lokalitetu u hrvatskom primorju (Slika 9.2.4). Tijekom 2009. godine, pronađeno je 6 novih lokaliteta (Slika 4.2.5). Dva su nova lokaliteta posebno zabrinjavajuća, a to su uvala Lukovac sa istočne strane Cresa i Punta Luke u Malostonskom zaljevu. Lokalitet na Cresu je prvi nalaz u području Kvarnera, a ukazuje kako će se alga početi ubrzano širiti i tim područjem Jadrana.

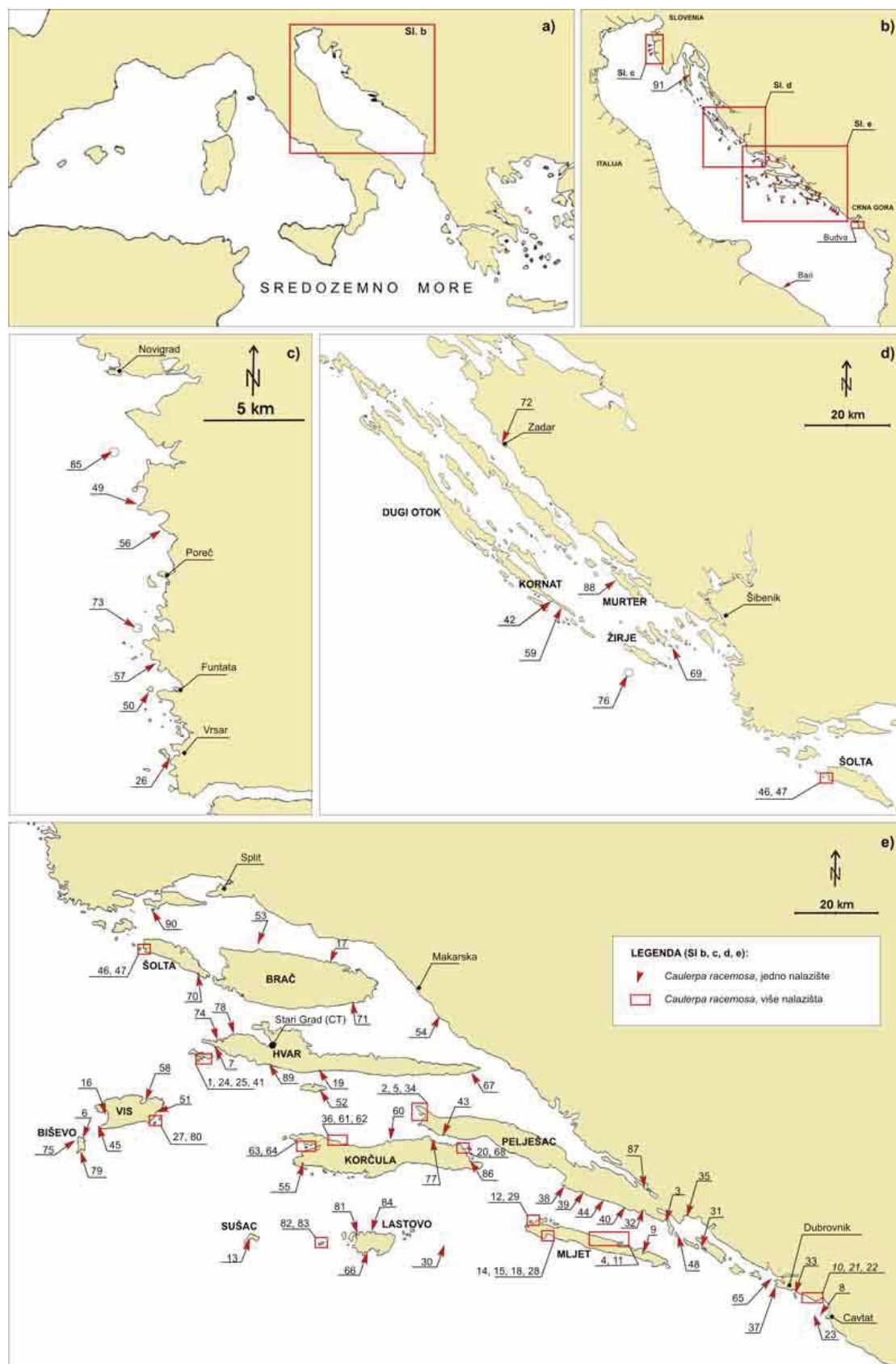


U područjima pod zaštitom, *Caulerpa racemosa* je već ranije poznata u nacionalnim parkovima "Kornati" i "Mljet" te u Parku prirode "Lastovo", a tijekom 2009. utvrđena je u Malostonskom zaljevu.

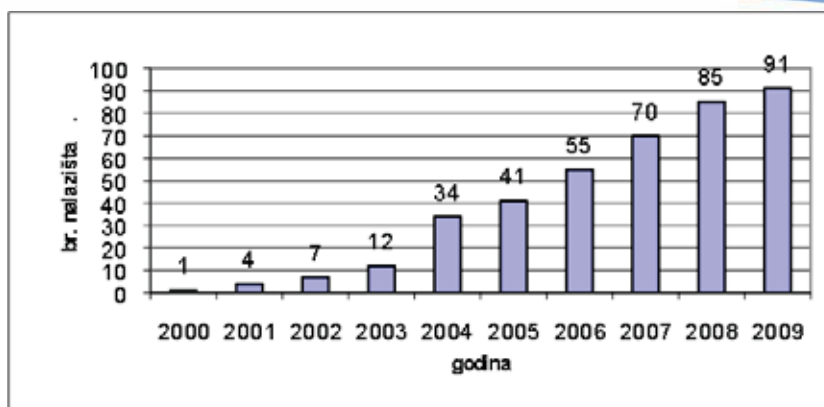


Slika 9.2.3. Gusto naselje invazivne alge *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*

Dinamika širenja potvrđuje prijašnje hipoteze da se alga primarno širi morskim strujama, dok je širenje sidrima i mrežama od zanemarivog značenja.



Slika 9.2.4. Rasprostranjenost invazivne alge *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* u Jadranskom moru na kraju 2009. godine



Slika 9.2.5. Broj nalazišta invazivne alge *Caulerpa racemosa* se povećao na 90 u 10 godina nakon prvog nalaza

Utjecaj na zajednice morskog dna

Dosadašnja su istraživanja pokazala da alga uspješno raste na svim tipovima morskoga dna od površine do dublje od 50 m dubine. Pri tome razvija gusta naselja, ponegdje na četvornom metru s preko 2700 m puzajućeg stabalca i 28000 listića (Žuljević i sur., 2003). Ovakav gusti splet alge dovodi do pojačane sedimentacije, te razvoja anoksičnih uvjeta u sedimentu. Osim toga, alga prerasta i zagušuje autohtone alge, životinje i morske cvjetnice, a što na kraju rezultira drastičnim promjenama biološke, ekološke i krajobrazne raznolikosti.

Posebno je uočljiva sklonost razvoja ove alge na spužvama. Na područjima zahvaćenim algom *Caulerpa racemosa* često se pronalaze različite vrste morskih spužava koje su djelomično ili potpuno prerasle algom. Potpuno prerasla spužva nalikuje lopti načinjenoj od filoida alge. Premda alga 100% prekriva spužvu, kamenito dno u neposrednoj blizini spužve alga obično nije prekrivala tako gustim obraštajem. Između isprepletenih kauloida uz površinu spužve, mogu se primijetiti bijele prevlake sumporne bakterije *Beggiatoa* sp. Sve sakupljene spužve imale su karakterističan miris sumporovodika, što je posljedica nekrotičnih procesa u spužvi.

Kao i kod vrste *Caulerpa taxifolia*, osim dviju vrsta askoglosnih puževa (*Lobiger serradifalci* i *Oxynoe olivacea*), ne postoje makroherbivori koji bi se uspješno hranili ovom algom i tako kontrolirali njeno širenje.

Za razliku od vrste *Caulerpa taxifolia* koja se na udaljena područja širi antropogeno pa je zabranom sidrenja i ribolova moguće spriječiti njeno prenošenje, zabrana sidrenja i ribolova na algom *Caulerpa racemosa* zahvaćenim područjima ne bi spriječila njeno širenje, jer se alga širi morskim strujama. Uklanjanje alge *Caulerpa racemosa* pokazalo se daleko zahtjevnijim nego uklanjanje alge *Caulerpa taxifolia*. Razlog su sitniji i teže uočljivi fragmenti, za razliku od relativno krupnih, fluorescentno zelenih i lakše primjetnih fragmenata alge *Caulerpa taxifolia*. Uklanjanje alge *Caulerpa racemosa* na Paklenim otocima u jesen 2000. godine u samom početku njenog širenja nije rezultiralo uspjehom. Međutim, zbog iznimne agresivnosti, uklanjanje ove vrste se preporuča na područjima od iznimne kulturne i biološke vrijednosti i to ako su naselja manjih dimenzija (nekoliko desetaka kvadratnih metara). Takav je slučaj s nalazištem alge *Caulerpa racemosa* u Velikom jezeru u Nacionalnom parku Mljet, neposredno uz najveći koraljni greben u Sredozemnom moru. Na kraju 2004. godine, na području N.P. Mljet poznato je 5 nalazišta, međutim uklanjanje je pokrenuto jedino na nalazištu u Velikom jezeru i kanalu Soline. Alga je uklanjana fizičkim metodama, ručnim sakupljanjem, isisavanjem podvodnim sisaljka i prekrivanjem plastičnim folijama. Ovim se pokušava spriječiti širenje alge područjem Velikog jezera koji je jedinstven ekosustav neprocjenjive biološke vrijednosti i



stoga je potrebno poduzeti sve mjere za njegovu zaštitu. Međutim, ispred kanala Soline koji povezuje otvoreno more i Veliko jezero nalazi se naselje alge (nalazište Gonoturska) kojeg više nije moguće ukloniti, a s kojega se morskim strujama neprestano u kanal Soline i Veliko jezero donose fragmenti alge. Samim tim trajno uklanjanje u kanalu i jezeru nije moguće. Međutim alga bi se bez uklanjanja u kratkom vremenu proširila jezerom i uništila jezerski ekosustav i koraljni greben.

Asparagopsis taxiformis

Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevisan de Saint-Léon (Rhodophyta, Bonnemaisoniales, Bonnemaisoniaceae) je crvena alga s tropskim i suptropskim rasprostranjenjem (Bonin i Hawkes 1987; Huisman i Walker 1990). Prvi put je opisana u Egiptu 1813. godine, što pokazuje da je bila prisutna u Sredozemnom moru i prije prokopa Sueskog kanala. Andreakis i sur. (2004) vjeruju da su se dogodile dvije odvojene introdukcije u Sredozemno more. Prva se dogodila ranije, iz Atlantskog oceana, odakle potječu populacije u jugoistočnom dijelu, a druga, nedavna introdukcija iz indopacifika donijela je invazivne populacije u sjeverni dio Sredozemnog mora. Istraživanje koje su proveli Ní Chualáin i sur. (2004) dijeli *A. taxiformis* u dva temperaturan ekotipa ili kriptične vrste. Gametofitska faza vrste *A. taxiformis* se širi strujama ili obraštajem brodova i smatra se invazivnom u sjevernom Sredozemlju (Boudouresque and Verlaque, 2002). U Jadranskom moru pronađena je 2000. godine u Dubrovniku na stjenovitom dnu između 1 i 10 metara dubine, a također je pristuna i na Mljetu. Uz otočić Glavat na Mljetu ova vrsta je iznimno rijetka te od 2002. godine ima tendenciju povlačenja. S druge strane, u Dubrovniku na lukobranu Porporela, alga gradi iznimno gusta naselja i ne pokazuje znakove nazadovanja, ali ni daljnjeg širenja naselja (Slika 9.2.6.).



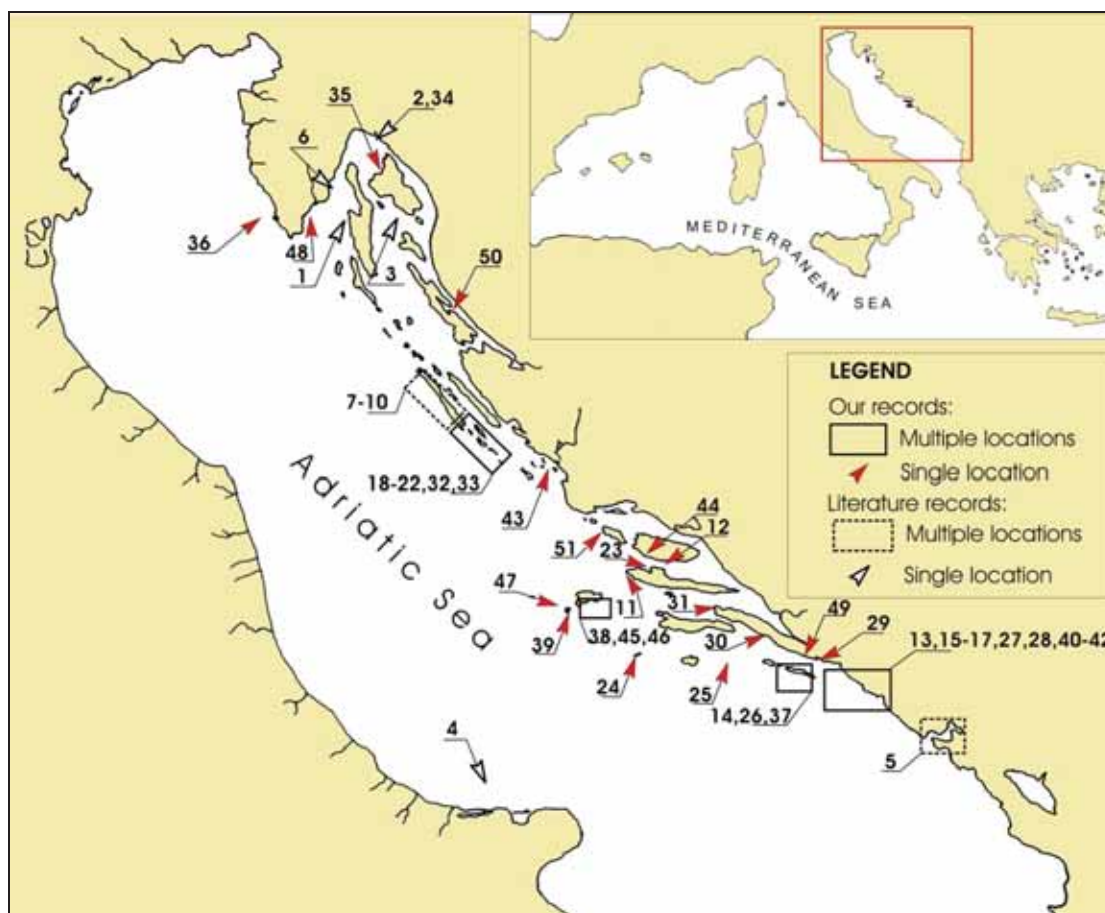
Slika 9.2.6. Alohtona crvena alga *Asparagopsis taxiformis* na lukobranu Porporela u Dubrovniku

Womersleyella setacea

Womersleyella setacea je crvena nitasta indo-pacifička alga zabilježena prvi put u Sredozemnom moru 1989. godine u Italiji. Do danas je pronađena u Egejskom i Jadranskom, te u zapadnom dijelu Sredozemnog mora gdje se ubrzano širi (Airoldi i sur., 1995; Athanasiadis, 1997), vjerojatno obraštajem brodova, ribarskim mrežama i strujama. Nije poznato kada je ova vrsta naselila Jadransko more, no prvi put je zabilježena 1997. godine (Batelli i Arko-Pijevac, 2003) u području Riječkog zaljeva. U Jadranskom moru prekriva stjenovito dno, obrasta rizome morske cvjetnice *Posidonia oceanica* i taluse autohtonih algi (Slika 9.2.7.). Pronađena je na dubinama od 7 do 72 metra. Najgušća naselja razvija između 20 i 40 metara dubine. Ispod nekoliko centimetara debelih nitastih naslaga dolazi do pojačane sedimentacije, što negativno djeluje na razvoj autohtonih svojiti alga. U zapadnom dijelu Sredozemnog mora, ova je alga ocijenjena kao iznimno invazivna vrsta (Boudouresque i Verlaque, 2002). Istraživanjima koje je proveo IOR od 2005. do 2009. godine zabilježena je na 40 novih nalazišta, a ukupni broj područja zahvaćenih algom je 50 (Slika 4.2.8.) (Nikolić i sur., 2010). Kvalitativno i kvantitativno istraživanje utjecaja ove vrste posebno je zahtjevno zbog velikih dubina, ali i zbog nemogućnosti pronalaska bliskog referentnog područja bez ove alge, a što govori o njenoj iznimnoj raširenosti.



Slika 9.2.7. Utjecaj crvene alge *Womersleyella setacea* na prirodne zajednice makroalga u infralitoral, prije invazije (lijevo) i poslije invazije (desno)



Slika 9.2.8. Rasprostranjenost alge *Womersleyella setacea* u Jadranskom moru na kraju 2009. godine (Nikolić i sur., 2010)

Acrothamnion preissii

Acrothamnion preissii (Sonder) Wollaston (Rhodophyta, Ceramiales, Ceramiaceae) je tropska nitasta alga rasprostranjena u Japanu, Južnoj Africi i Australiji. Prvi put je za Sredozemno more zabilježena u Italiji 1969. godine (Cinelli i Sartoni, 1969). Do danas se proširila podmorjem Italije i Francuske (Cinelli i sur., 1984; Bianchi i Morri, 1994; Verlaque, 1994).

U Jadranskom moru prvi put je pronađena 2007. godine u Dubrovniku (Slika 9.2.9.). Ova strana vrsta ima veliki utjecaj na zavičajne zajednice bentoskih alga i epifite na rizomima morske cvjetnice *Posidonia oceanica* (Piazzi i sur., 1996; 2002).

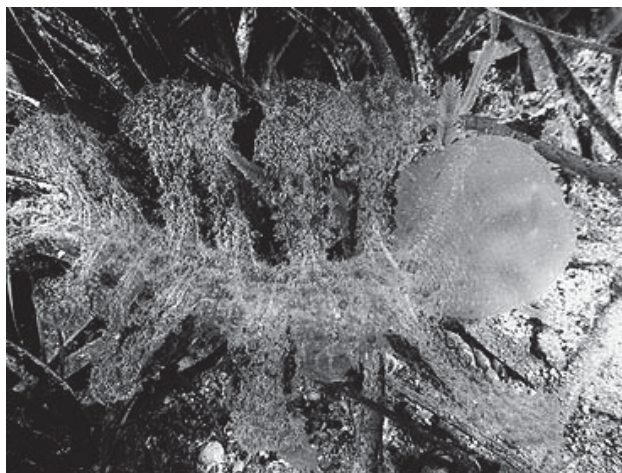


Slika 9.2.9. Alohtona invazivna alga *Acrothamnion preisii* na lukobranu Kaše u Dubrovniku

Strane vrste bentoskih beskralješnjaka

Fauna beskralješnjaka Jadranskog mora broji 5427 svojti (NN, 1999). Ovaj broj bit će još veći s napretkom istraživanja nekih tasksonomskih skupina i istraživanjem nedovoljno poznatih staništa. Posljednjih godina zamijećena je i pojava sve većeg broja bentoskih alohtonih svojti zbog utjecaja čovjeka i promjena u okolišu.

Melibe fimbriata Alder and Hancock, 1864 (Mollusca, Gastropoda, Opisthobranchia) je indopacifička vrsta zabilježena prvi put 1982. godine u Jonskom moru (Thompson i Crampton, 1984), a pretpostavlja se da je tamo došla iz Crvenog mora. Do sada je ova vrsta zabilježena u više područja Sredozemnog mora, uključujući Grčku, Tunis i Italiju (Zenetos i sur., 2003). U Jadranskom moru vrsta *Melibe fimbriata* je pronađena 2001. godine u Starigradskom zaljevu na otoku Hvaru, što je najsjeverniji nalaz u Sredozemnom moru (Slika 9.2.10.) (Despalatović i sur., 2002). Velik broj jedinki ($1/100 \text{ m}^2$) je zabilježen u livadama morskih cvjetnica *Cymodocea nodosa* i *Posidonia oceanica* od 2 do 15 metara dubine, a promatrano je i razmnožavanje (Despalatović i sur., 2002). U sljedećim godinama vrsta nije pronađena u tom području i ne postoji niti jedan drugi nalaz uz istočnu obalu Jadranskoga mora.



Slika 9.2.10. Beskralješnjak *Melibe fimbriata* u Starogradskom zaljevu, 2001. godina

Bursatella leachii de Blainville, 1817 (Mollusca, Gastropoda, Opisthobranchia) je rasprostranjena u umjereno toplim i tropskim morima (Slika 9.2.11.). Prije Jadranskog mora, zabilježena je u Turskoj, Malti, Siciliji itd. (Zenetos i sur., 2003). U Jadranu je zabilježena kod Barija (Vaccarella i Pastorelli, 1983), a zatim i u sjevernom dijelu u Veneciji, Trstu i Rovinju (Cesari i sur., 1986; Jaklin i Vio, 1989; De Min i Vio, 1998). Posljednjih nekoliko godina vrsta je povremeno zabilježena i u srednjem Jadranu u području Splita i otoka Hvara.



Slika 9.2.11. Vrsta *Bursatella leachii* zabilježena u srednjem Jadranu

Aplysia dactylomela Rang, 1828 (Mollusca, Gastropoda, Opisthobranchia) je vrsta rasprostranjena u svjetskim tropskim i umjereno toplim morima (Slika 9.2.12.). Prvi nalaz u Sredozemnom moru je onaj s otoka Lampeduse (Trainito, 2003), a nakon toga nađena je i u Grčkoj, Cipru, Turskoj i Italiji (<www.seaslugforum.net>; Yokes, 2006). Prvi nalaz u Jadransko moru je s područja otoka Sušca 2006. godine (Turk, 2006), a iste godine primijećena je i u podmorju Mljeta.



Slika 9.2.12. Vrsta *Aplysia dactylomela* pronađena u području otoka Sušca i Mljeta

Siphonaria pectinata (Linnaeus, 1758) (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) naseljava mediolitoralni pojas stjenovite obale u toplijem pojasu Atlantskog oceana, od Portugala do Kameruna i u području Floride (Voss, 1959; Ocaña i Emson, 1999). U Sredozemnom moru vrsta je rasprostranjena u Alboranskom moru, uz obalu Alžira i na jugu Španjolske. Nicolay (1980) je zabilježio vrstu u zaljevu Saronikos u Egejskom moru gdje se još uvijek može naći, prema Gofas i Zenetos (2003).

U Jadranskom moru prvi put je zabilježena u području Splita u proljeće 2003. godine s već ustanovljenom značajnom populacijom. Vjerojatno je unesena brodovima koji pristaju u putničkim i teretnim lukama. *S. pectinata* i dalje uspješno obitava u širem području Splita. U 2008. godini zabilježena je kod Trogira i Omiša te na otoku Braču. U području plime i oseke danas postoje veće populacije srednje gustoće od 33,4 jedinke po površini kvadrata od 400 cm². Vrsta dominira nad autohtonim priljepcima roda *Patella*, a 2007. godine zamijećena su i položena jaja (Slika 9.2.13.).



Slika 9.2.13. Vrsta *Siphonaria pectinata* s položenim jajima, Split

Strane vrste riba

U Jadranu je posljednjih nekoliko godina sve učestalija pojava «egzotičnih» ribljih vrsta (Tablica 9.2.1.), poglavito onih koje vode podrijetlo iz Crvenog mora i Indo-Pacifika (lesepsijski migranti - sveukupno zabilježeno 12 vrsta iz ove skupine, u posljednjih 10 godina – 6 vrsta). Iako se većina vrsta iz ove skupine može smatrati jako rijetkim jer se radi uglavnom o pojedinačnim nalazima, potrebno je spomenuti slučaj vrste *Fistularia commersonii* koja se velikom brzinom proširila po Mediteranu, a trenutna tri nalaza ove vrste upućuju da bi se njena populacija u bližoj budućnosti mogla uspostaviti i u Jadranu.

Nadalje, sve je češća pojava i nekih autohtonih mediteranskih vrsta koje ranije nisu bile zabilježene u Jadranu. Radi se, naime, o toploljubnim vrstama karakterističnim za područja južnog Mediterana koje su vjerojatno zbog zatopljenja mora počele širiti svoj areal rasprostranjenja prema sjevernijim područjima.

Nalazi nekih vrsta mogu se povezati sa antropogenim unosom, a glavni vektor unosa u većini slučajeva su balastne vode iako su zabilježeni i slučajevi prebijega iz marikulture, a postoji i mogućnost da su neke vrste unešene i pražnjenjem ili bijegom iz akvarija. Za neke vrste kao što je *Terapon theraps* teško je odrediti da li se radi o antropogenom unosu ili pak o aktivnoj migraciji.

Iako za sada nema dokaza o negativnim posljedicama prisutstva stranih vrsta na ekološke prilike u Jadranu, primjeri iz nekih drugih mediteranskih područja gdje takve vrste imaju značajan utjecaj, mogu barem indicirati da je takav scenarij u budućnosti moguć.

Najveći utjecaji se ipak mogu očekivati od nekih autohtonih jadranskih vrsta poput srijelka (*Pomatomus saltatrix*) ili žutousne barakude (*Sphyrna viridensis*) koje su u posljednje vrijeme doživjele naglo povećanje svojih populacija uz istovremeno širenje prema sjeveru.

Posebna pozornost se treba posvetiti i vrstama iz porodice Tetraodontidae: *Lagocephalus lagocephalus* i *Sphoeroides pachygaster* zbog posjedovanja otrova tetrodotoksina u svojem tkivu. Ukoliko se ove dvije vrste nepravilno pripreme za ishranu može doći do trovanja i smrti konzumenta. Takav se slučaj odigrao u nekim zemljama istočnog Mediterana gdje je došlo do konzumacije vrste *Lagocephalus sceleratus* (srodnica prethodno navedenim vrstama te novootkriveni lesepsijski migrant za istočni Mediteran) i umiranja ljudi uslijed trovanja spomenutim otrovom.

Tablica 9.2.1. Strane vrste riba u Jadranu (Izvor podataka: IOR-Split)

Vrsta	Vrijeme prvog nalaza	Mjesto prvog nalaza
<i>Equulites klunzingeri</i> – riba sapunar	Ljeto, 2000.	Otok Mljet (Saplunara)
<i>Sphyrna chrysotaenia</i> – tupousna barakuda	Kolovoz, 2000.	Molunat
<i>Mycteroperca rubra</i> – češljasta kirnja*	Rujan, 2000.	Dubrovnik
<i>Siganus rivulatus</i> – bodljikava mramornica	Jesen, 2000.	Otok Bobara (Cavtat)
<i>Cyclopterus lumpus</i> – kvrgavi prasac	Rujan, 2004.	Molunat
<i>Lagocephalus lagocephalus</i> – oceanska napuhača	Rujan, 2004.	Molunat
<i>Pagrus major</i> – japanski pagar*	Rujan, 2004.	Otok Molat
<i>Fistularia commersonii</i> – plavotočkasta trumpetača*	Ljeto, 2006.	Otok Sv. Andrija (Dubrovnik)
<i>Caranx crysos</i> – plavi trkač	Kolovoz, 2008.	Kod Poreča
<i>Elates ransonnetii</i> – patuljasti patkoglavac	Ožujak, 2010.	Kaštel Sućurac
<i>Enchelycore anatina</i> – šiljatozuba murina	Ljeto, 2010.	Otok Sušac
<i>Lobotoes surinamensis</i> – trorepan	Lipanj, 2010.	Otok Biševo
<i>Siganus luridus</i> – tamna mramornica*	Studenj, 2010.	Otok Mljet

* vrsta je zabilježena više od jednog puta



9.3. Utjecaj slučajnog ulova na velike morske kralješnjake

Jedan od najvećih problema suvremenog ribarstva danas je slučajni ulov dugoživućih vrsta morskih kralješnjaka niskog reproduktivnog potencijala, poput morskih kornjača, morskih sisavaca, pučinskih ptica te nekih vrsta morskih pasa (Lewison et al., 2004). Morske kornjače jedne su od najčešćih slučajnih ulova u raznim ribolovnim alatima u svim svjetskim morima (Lewison et al., 2004; Wallace et al., 2004).

Morske kornjače

Plitko područje sjevernog Jadrana, s dubinama <100 m i bogatim pridnenim zajednicama, jedno je od dva najveća i najznačajnija neritička staništa ishrane glavate želve u Sredozemnom moru te pripada tzv. jonsko-jadranskoj jedinici upravljanja (engl. *Management Unit*) (Lazar et al., 2004; Margaritoulis et al., 2004). Gustoća populacije u sjevernom Jadranu usporediva je s drugim poznatim kritičnim morskim staništima ove ugrožene vrste u svijetu (Casale et al., 2004). Kako je kontinentalna podina Jadrana ujedno i područje intenzivnog ribarstva, slučajni ulov morskih kornjača u sjevernom Jadranu je među većima u Sredozemlju, posebice u pridnene koće i mreže stajačice.

Pridnene koće

Slučajni ulov glavate želve u pridnene koće u istočnom Jadranu procijenjen je na najmanje 2500 ulova godišnje, s višim jediničnim ulovom (engl. Catch Per Unit Effort, CPUE) u sjevernom nego u središnjem i južnom Jadranu (10 ulova/plovilo/god. vs. 3-4 ulova/plovilo/god.) (Lazar & Tvrtković, 1995). Rezultati istraživanja provedenog u talijanskim vodama sjevernog Jadrana potvrdili su problem visokog slučajnog ulova u Jadranu, a slučajni ulov talijanske kočarske flote procijenjen je na 4273 ulova godišnje (95% C.I. 2186 – 8546), s CPUE većim preko 10 puta u istočnim (0.0548 kornjača/standardizirani poteg) naspram zapadnim vodama istraživanog područja (0.0037) (Casale et al., 2004).

Neposredna smrtnost u pridnenim kočama u istočnom Jadranu je relativno niska (12.5%) [9], ali viša od smrtnosti u talijanskim kočama (9.4%) (Casale et al., 2004), najvjerojatnije zbog dužeg trajanja potega (srednje vrijeme trajanja potega u Hrvatskoj: 367 ± 57 min; srednje vrijeme trajanja potega u Italiji 111 ± 45 min) (Casale et al., 2004; Lazar et al., 2010). Zbog dužeg vremena potega, naknadna (potencijalna) smrtnost u Hrvatskoj vjerojatno je viša od 43% zabilježene u talijanskim kočama (Casale et al., 2004). Vremensko-prostorne analize slučajnog ulova ukazuju na statistički značajnu učestalosti prilova želvi u pridnene koće tijekom hladnog perioda godine (studen-travanj, $\chi^2 = 10.87$, $p < 0.001$, d.f. = 1), ukazujući na postojanje zimovališta glavate želve u vanjskim vodama Jadrana, u područjima južno od 45° SGš, s temperaturama mora $>11-12^\circ\text{C}$ (Lazar et al., 2003).

Mreže stajačice

Slučajni ulov glavatih želvi u mreže stajačice u sjevernom Jadranu procijenjen je na najmanje 658 ulova godišnje, uz neposrednu smrtnost od 74.7% (Lazar et al., 2006). CPUE troslojnih mreža stajačica bio je 3-4 puta veći od jednoslojnih mreža, a slučajni ulov statistički je asociran s toplim periodom godine (svibanj – listopad) (Lazar et al., 2006). Uz glavatu želvu, slučajni ulov u mreže stajačice u Hrvatskoj zabilježen je i za zelenu želvu



(*Chelonia mydas*) (Lazar et al., 2004; Lazar et al., 2008) i sedmoprugu usminjaču (*Dermochelys coriacea*) (Lazar et al., 2008).

Udičarski alati (parangali)

Kvantificirani podaci o slučajnom ulovu morskih kornjača na parangale za sada ne postoje, ali je nekoliko glavatih želvi pronađeno s udicom u ustima ili probavnom traktu.

Morski sisavci

Podatke o uginulim morskim sisavcima u teritorijalnom moru RH prikuplja Zavod za anatomiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Institut za istraživanje i zaštitu mora Plavi svijet iz Velog Lošinja. Središnju nacionalnu bazu vodi Državni zavod za zaštitu prirode, a podaci se također prosljeđuju u *Mediterranean Database of Cetacean Strandings* (MEDACES).

Najveći broj uginulih primjeraka odnosi se na dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) kao jedine preostale zavičajne vrste morskih sisavaca u Jadranu. Povremeno se pronalaze i primjerci drugih vrsta kitova koji naseljavaju Sredozemno more, no njihova smrtnost u Jadranu vjerojatno nema većeg utjecaja na regionalne populacije. Uzroci smrtnosti dobrih dupina povezani s ribarstvom uključuju zaplitanje u mreže stajačice, gušenje zbog gutanja dijelova mreže te ubijanje dinomitom prilikom izlova plave ribe. Iako rijetko, dupini su pronađeni i kao slučajni ulov u koćama. U najvećem broju takvih pronalazaka radi se o već prije uginulim životinjama, no u nekim slučajevima postoje naznake da se radi o slučajnom ulovu zbog ulaska dupina u samu mrežu.

Prosječan broj pronađenih uginulih dobrih dupina tijekom godine je između 15 i 20 životinja. Od tog broja oko 30% smrtnosti uzrokovano je aktivnostima povezanim s ribarstvom, no održivost takve stope smrtnosti na dobre dupine u Jadranskom moru za sada nije moguće utvrditi. Detaljniji podaci o slučajnom ulovu morskih sisavaca po jedinici ribolovnog napora i trendovima slučajnog ulova ne postoje.



10. OPĆI ZAKLJUČCI

Jadransko more je relativno plitko i poluzatvoreno more koje je duboko usječeno u europsko tlo ukupne površine od 138.595 km². Predstavlja izduženi bazen dužine oko 800 i širine oko 250 km, položen približno u smjeru jugoistok-sjeverozapad s nerazvedenom zapadnom i vrlo razvedenom istočnom obalom (jednom od najrazvedenijih u svijetu) s velikim brojem otoka, otočića i hridi čiji najveći dio pripada Republici Hrvatskoj kojoj pripada i oko 40% ukupne površine Jadranskog mora, od čega otpada oko 31000 km² na teritorijalno more i oko 23000 km² na ZERP.

Jadransko more se zbog posebnih morfoloških osobitosti obično dijeli na tri bazena: plitki sjeverni bazen od Tršćanskog zaljeva do spojnice Ancona-Zadar, srednji bazen od spojnice Ancona-Zadar do palagruškog praga s Jabučkom kotlinom i duboki južnojadranski bazen od Palagruškog praga do Otrantskih vrata (širine 72 km i s podmorskim pragom dubine oko 74 m) koja Jadran povezuju s Jonskim morem. Dok plitki sjeverni i nešto dublji srednji bazeni koji zauzimaju 45% površine čitavoga Jadrana sadrže samo oko 20% njegove ukupne količine vode, južni bazen s najvećom dubinom od preko 1200 metara sadrži preko 80% vode Jadrana. U unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske nalazi se 1246 otoka, otočića i hridi.

Najvažniji utoci rijeka u Jadransko more su rijeke Drim, Neretva, Cetina, Krka i Zrmanja na istočnoj obali i rijeka Po na sjevernoj obali. Rijeke s dotocima velikih količina vode u more donose i različite organske i anorganske tvari koje se raznose i na dnu mora talože. U obalnom području mora tj. uskom pojasu neposredno uz kopno, prevladavajuću geološku ulogu ima mehaničko razorno djelovanje valova uzrokovanih vjetrom. Zbog toga u obalnom području, suprotno ostalim morskim područjima, prevladava razaranje i odnošenje materijala nad sedimentacijom.

Što se tiče sedimenata, u užem dijelu uz istočnu obalu Jadrana koji se od albanskog dijela širi prema vanjskim otocima hrvatskog i većem dijelu sjevernog Jadrana te uskom pojasu sjeverno od poluotoka Gargano uz talijansku obalu prevladavaju pjeskovita dna, dok u relativno uskom području od delte rijeke Po pa do Jabučke kotline, njenom većem dijelu, na Palagruškom pragu i u južnom Jadranu prevladavaju muljevita dna.

S obzirom na zemljopisni položaj Jadranskoga mora (duboko usječeno u europsko kopno s uzdužnom osi nagnutoj 45° u smjeru SE-NW), njegov oblik (dužina 800 km i prosječna širina 200 km) i spoj s Mediteranom preko Otrantskih vrata (širine 72 km), te geomorfološke osobine (plitki sjeverni i duboki južni dio) i sile uzročnice u njemu se generira takvo gibanje vodenih masa da ulazne struje od Otranta teku uz hrvatsku obalu prema sjeverozapadu, a izlazne struje teku uz talijansku obalu od sjeverozapada prema Otrantu.

Jadran je specifičan bazen. U njegovom sjevernom dijelu u zimama intenzivnog ohlađivanja i učestalih epizoda bure formira se sjevernojadranska voda koja je odgovorna za opću cirkulaciju Jadrana. Za vrijeme ekstremnih vremenskih situacija, npr. za vrijeme jakih epizoda bure gubitak topline s površine mora je izrazit. Ovaj proces u graničnom sloju uzrokuje dvije, za termohalinu cirkulaciju (THC) vrlo bitne stvari: 1) hlađenje površinskog sloja mora jer se procesom isparavanja gubi toplina; 2) postupni porast saliniteta površinskog sloja mora jer procesom isparavanja površinski sloj mora gubi vlagu. Ovo su preduvjeti stvaranja guste vode, čije je formiranje u Jadranu povezano s

njegovom mezoskalnom dinamikom na vremenskim skalama od sinoptičke, sezone, interdekadne i klimatske. U ovisnosti o zimskim uvjetima nad Jadranom njegova termohalina cirkulacija može biti dvojaka: u godinama toplijih zima izmjena vode sa Sredozemljem je slabija (neingresione godine), dok je u razdobljima hladnih zima izmjena intenzivnija čime se povećava temperatura i salinitet intermedijalnih voda srednjeg Jadrana (ingresione godine). Međugodišnja varijabilnost temperature i saliniteta atmosferski je kontrolirana prisustvom veće ili manje količine Levantinske vode. Promjene u polju tlaka zraka nad Sjevernim Atlantikom, Europom i Mediteranom određuje mezoskalnu aktivnost te utječe na količinu intermedijalne vode u tom području. Ovo dovodi do različitog stupnja izmjene između Jadrana i istočnog Mediterana. Jadran je toplo more s izraženim godišnjim hodom površinske temperature mora. Prosječna godišnja temperatura iznosi 11°C. Zimi se temperature kreću od 7°C na sjeveru do 16°C na jugu (Otrantska vrata). U proljeće more postaje sve toplije, pa površinska temperatura raste do 18°C. Ljeti temperature mora dosežu visoke iznose, čak 22-25°C, a u godinama izrazito zagrijane atmosfere i do 27°C. Krajem ljeta i početkom jeseni počinje hlađenje površinskog sloja mora, temperature se kreću od 10 do 21°C. U obalnim, dobro razvedenim vodama istočnog Jadrana termohaline osobine mora pod znatnim su utjecajem slatkovodnih dotoka s kopna, malih su dubina te stoga pod značajnim utjecajem atmosfere. Općenito vrijednosti temperature i saliniteta u obalnim vodama znatno su varijabilnije nego u vodama otvorenog mora. U estuarijima, područjima permanentne halokline površinski sloj mora posebno se izdvaja kao sloj izrazite promjenjivosti temperature mora i saliniteta.

Na osnovi podataka za razdoblje od 1994. do 2010. godine izvršena je analiza prostorne i vremenske raspodjele pH vrijednosti, otopljenog kisika i hranjivih soli u vodenom stupcu priobalja i otvorenog mora južnog, srednjeg i sjevernog Jadrana. Rezultati analize pokazuju da je:

- ⇒ kod pH vrijednosti na većini postaja ustanovljena uobičajena raspodjela, a značajnija su odstupanja s većim rasponima vrijednosti ustanovljena na priobalnim postajama (u Vranjičkom bazenu i šibenskoj luci) u srednjem Jadranu te na postaji OC19a u području otvorenog mora sjevernog Jadrana. Analiza dugogodišnjih podataka za ovaj parametar upućuje na trend smanjivanja pH vrijednosti na istraženim postajama;
- ⇒ kod otopljenog kisika utvrđena nešto viša zasićenost priobalnih voda srednjeg Jadrana u odnosu na područje otvorenog mora, dok su u sjevernom Jadranu ove razlike slabije izražene. Najveći rasponi zasićenja ustanovljeni su na postajama u Vranjičkom bazenu i Šibenskoj luci. Analiza zasićenosti pridnenog sloja priobalnih i otvorenih područja Jadrana kisikom pokazala je da se stanje u oba područja može ocijeniti vrlo dobrim jer nisu ustanovljene kritično niske vrijednosti (2-3 mg l⁻¹) koje bi mogle imati negativan utjecaj na život organizama u morskoj sredini. Obradom podataka također je ustanovljeno da na većini postaja nije prisutan značajniji trend u odnosu na zasićenje osim na postaji u Kaštelanskom zaljevu i ispred Rovinja gdje je ustanovljen pozitivan, odnosno negativan trend zasićenja;
- ⇒ kod hranjivih soli (ukupno otopljeni anorganski dušik i ortosilikat), ustanovljena je izražena sezonska promjenjivost koncentracija, dok su promjene kod ortofosfata bile nešto slabije izražene. Najviše su koncentracije hranjivih soli ustanovljene, slično pH vrijednostima i otopljenom kisiku, na postajama pod neposrednim antropogenim utjecajem (Vranjički bazen i Šibenska luka), ali i na dubljim postajama otvorenog mora južnog i srednjeg Jadrana na kojima koncentracije u pridnenom sloju (zbog prirodnog procesa razgradnje sedimentirane organske tvari)

mogu značajno porasti. Povišene koncentracije hranjivih soli zabilježene su također u području otvorenog mora sjevernog Jadrana (OC19a), gdje je uz procese remineralizacije u sedimentu ključan utjecaj rijeke Po na ovo područje. Prema izračunatim N/P omjerima može se ustvrditi da je ortofosfat u čitavom priobalju Republike Hrvatske kao i u otvorenim vodama kritična hranjiva sol u odnosu na primarnu proizvodnju organske tvari. Analiza višegodišnjih promjena koncentracija hranjivih soli pokazala je za anorganski dušik i ortosilikat različite trendove na pojedinim postajama dok je kod ortofosfata ustanovljen jednoznačan trend smanjenja koncentracija.

Analiza prikupljenih podataka o koncentracijama organske tvari u sjevernom Jadranu tijekom razdoblja 1998.-2010. pokazuje:

- ⇒ da su izražena sezonska i prostorna kolebanja DOC i PAT NF različitog intenziteta karakteristična za područje sjevernog Jadrana te su najizraženija u produktivnoj eufotičkoj zoni;
- ⇒ da je dugogodišnjim ispitivanjima DOC i PAT detektiran vidljivi trend promjena sadržaja, svojstava i kolebanja organske tvari. Značajno smanjenje sadržaja DOC i PAT od 1998. do 2006. upućuje na važan proces oligotrofikacije u sjevernom Jadranu, a koji potvrđuju i druga komparativna istraživanja u istom ekosustavu. Porast sadržaja DOC i PAT od 2007. do 2010. vjerojatno je posljedica novog ciklusa akumulacije organske tvari, koja, uz druge povoljne uvjete, može dovesti do ponavljanja štetnih pojava iz razdoblja 1998.-2004. (prekomjerno cvjetanje mora s pojavama sluzavih nakupina);

Analiza brojnosti bakterija i bakterijske proizvodnje na istraživanim postajama srednjeg i južnog Jadrana jasno ukazuju na umjereni trofički stupanj najvećeg dijela priobalnog mora, dok su otvorene vode oligotrofne. Povišene vrijednosti bakterijske abundancije i proizvodnje u priobalnim vodama, koje upućuju na viši trofički stupanj, utvrđene su u područjima koja su bogatija hranjivima zbog prirodnih razloga (estuarska područja) i/ili antropogenih utjecaja (npr. područje Šibenika i istočni dio Kaštelanskog zaljeva). Višegodišnje fluktuacije broja bakterija na svim priobalnim postajama pokazuju blagi trend smanjenja bakterijske brojnosti (za analizirano razdoblje od 1995.-2010.). Za razliku od srednjeg i južnog Jadrana u sjevernom dijelu Jadrana brojnost bakterija raste od obalnog mezotrofnog, a povremeno čak i oligotrofnog područja, prema otvorenim postajama smještenim bliže ušću rijeke Po koje su okarakterizirane kao eutrofne.

Na osnovu analize koncentracije klorofila *a*, brojnosti i sastava fitoplanktonske zajednice te indeksa raznolikosti najveći dio postaja u obalnim vodama, kao i sve postaje u otvorenim vodama srednjeg i južnog Jadrana se mogu okarakterizirati kao oligotrofne. Izuzetak su Kaštelanski i Šibenski zaljev koji se zbog utjecaja slatke vode i različitih ljudskih aktivnosti mogu okarakterizirati kao mezotrofno odnosno eutrofno područje. Visoki stupanj trofije karakterizira i otvorene vode sjevernog Jadrana, što je rezultat utjecaja rijeke Po, ali i ostalih velikih talijanskih rijeka.

Sastav i brojnost fitoplanktonske zajednice mijenja se tijekom vremena. Značajni porast biomase fitoplanktona, praćen promjenom sastava zajednice zabilježen je u razdoblju od sredine 80-tih do sredine 90-tih. U tom je razdoblju porasla brojnost dinoflagelata, a intenzivne dinoflagelatne cvatnje bile su česta pojava u obalnim vodama. Slične promjene zabilježene su i u sjevernom Jadranu, ali i u Atlantiku što ukazuje na utjecaj klimatskih promjena na fitoplanktonsku zajednicu.

Analiza biomase fitoplanktonske zajednice u razdoblju od 2000. do 2010. pokazala je trend porasta u obalnim i otvorenim vodama. Iako je zabilježen trend porasta, vrijednosti biomase u obalnim vodama još su uvijek niže od onih iz razdoblja sredine 80-tih i 90-tih godina kada je zabilježen značajni porast biomase fitoplanktona. Cvatnje dinoflagelata koje su obilježavale Kaštelanski i Šibenski zaljev u ljetnom razdoblju, zamijenjene su cvatnjama dijatomeja. Najčešće su to cvatnje vrsta roda *Chaetoceros* u proljetnom razdoblju, *Leptocylindrus minimus*, *L. danicus*, *L. adriaticus* u ljetnom razdoblju i *Pseudonitzschia* spp. koja je najbrojnija krajem ljeta. Dijatomeja *Skeletonema costatum* koja visoku brojnost postiže u eutrofnim područjima, nije u većem broju zabilježena u obalnim vodama posljednjih godina. Najveća brojnost ove vrste javlja se u Šibenskom zaljevu.

U Jadranskom moru su se zbog položaja u odnosu na Sredozemno more, te specifičnih batimetrijskih, hidrografskih i proizvodnih značajki razvili gotovo svi poznati tipovi zooplanktonskih zajednica: estuarijska, obalna, oceanska površinska, mezopelagična i dubokomorska. Za relativno malo more kao što je Jadransko, vrlo je velika raznolikost od oko 850 pravih zooplanktonskih vrsta ili holoplanktonata, te 20 puta više povremenih ili meroplanktonata, odnosno ličinki bentoskih organizama i riba. S ukupno zabilježenih 850 vrsta zooplankton Jadranskog mora je vrlo raznolik i sadržava gotovo 8 % poznatih holoplanktonata u svim morima i oceanima. Gotovo 80 % vrsta je registrirano posljednjih 50 godina. Također u posljednje vrijeme su otkrivene i opisane nove vrste kopepoda i jedna vrsta iz skupine tunikata.

Gotovo svi prirodni i poluprirodni stanišni tipovi koji su zastupljeni u Hrvatskoj zaštićeni su europskim propisima. To ukazuje na vrijednost i bogatstvo biološke raznolikosti Republike Hrvatske, ali ujedno i na velike obveze - kako zaštite prirode, tako i svih korisnika prostora i prirodnih dobara. Neki tipovi staništa, poput mediolitoralnih muljeva i pijesaka, špilja, vrulja, kraških tvorevina i estuarija, su u Hrvatskoj vrlo rijetki ili su specifični za ovu biogeografsku regiju. Međutim, takva staništa su ujedno i najslabije istražena i valorizirana te je za kvalitetnu primjenu odrednica ODMS potrebno višestruko povećati razinu znanja o njima jasnim poticanjem znanstvenih istraživanja u takvim područjima. Prema odrednicama ODMS, za očuvanje stanišnih tipova vrlo je važno uspostavljanje mreže zaštićenih područja. U tom dijelu se odredbe ODMS preklapaju s odredbama Direktive o staništima, tj. uspostavljanjem Natura 2000 mreže te uspostavljanjem drugih zaštićenih morskih područja prema međunarodnim sporazumima (npr. SPAMI područja prema Barcelonskoj konvenciji) i nacionalnom mrežom zaštićenih morskih područja.

Prema dosadašnjim saznanjima u hrvatskom dijelu Jadrana je zabilježeno 638 svojiti bentoskih alga, što predstavlja ukupno 60% od oko 1100 svojiti makrofitobentoske flore u Sredozemnom moru, te 5427 vrsta beskralješnjaka što čini oko 80% broja svojiti koje se navode za Sredozemno more. Stanje otvorenih voda Jadranskog mora, prema dostupnim podacima o stanju makroalga i bentoskih beskralješnjaka prikazanim u ovom izvješću, može se smatrati općenito dobrim. U priobalnim vodama postoje izdvojena područja s izraženim negativnim utjecajem na prirodno stanje zajednica uslijed povećanog onečišćenja zbog blizine velikih urbanih cjelina, luka, industrije i lokalnih geomorfoloških posebnosti (zatvoreni zaljevi, ušća rijeka i sl.). To se u prvom redu odnosi na područje Zadra, Šibenika i Kaštelanskog zaljeva. Unatoč relativno dobrom stanju u cijelom Jadranskom moru, vrlo je malo potpuno netaknutih područja gdje funkcioniranje ekosustava nije na neki način poremećeno. Unatoč relativno dobrom stanju u cijelom

Jadranskom moru, vrlo je malo potpuno netaknutih područja gdje funkcioniranje ekosustava nije na neki način poremećeno. Trenutne prijetnje (urbanizacija, nasipavanja i betoniranja, eutrofikacija, izlov ribe i prstaca, onečišćenje, invazivne vrste, turizam) su rezultat ljudskih aktivnosti i potrebna je povećana pažnja i strože upravljanje kako bi se održalo prirodno funkcioniranje ekosustava u budućnosti.

U Jadranu obitavaju četiri vrste cvjetnica (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* i *Zostera noltii*), a najznačajnija i najrasprostranjenija je *Posidonia oceanica*, endem Sredozemnog mora. Njene livade smatraju se najznačajnijom životnom zajednicom priobalnog dijela Sredozemlja. U široko rasprostranjenim livadama morske cvjetnice *Posidonia oceanica* mnoge se vrste organizama hrane, razmnožavaju ili nalaze zaklon. Međutim, zajednice morskih cvjetnica su ugrožene mnogim ljudskim aktivnostima koji su posljedica intenzivnog naseljavanja priobalnog pojasa, onečišćenja, nasipavanja, izgradnje obale, sidrenja, te ribolova povlačnim mrežama. Na globalnoj skali je zabilježen pad populacija morskih cvjetnica, te su zajednice morskih cvjetnica prepoznate kao značajno i ugroženo stanište prema svim međunarodnim sporazumima. U Hrvatskoj su sve morske cvjetnice zaštićene kao strogo zaštićene zavičajne svojte, a naselja posidonije imaju status ugroženoga staništa. U tijeku je definiranje konačnog prijedloga "Natura 2000" morskih područja koja bi trebala obuhvatiti važna područja za morske cvjetnice u Jadranskom moru. Barcelonska konvencija predviđa osnivanje tzv. SPAMI područja (Specially Protected Areas of Mediterranean Importance) koja trebaju pridonijeti očuvanju važnih staništa za bioraznolikost Sredozemnog mora. Svi navedeni propisi i mehanizmi zaštite trebaju spriječiti degradaciju staništa morskih cvjetnica i očuvati najvažnija područja gdje se takve zajednice nalaze u svom izvornom, gotovo netaknutom obliku.

Stanje pridnenih naselja riba i rakova u Jadranskom moru može se opisati kao izrazito nepovoljno u zadnjih nekoliko godina. Razlog ovakvom stanju prvenstveno je posljedica niskog intenziteta novačenja velikog broja vrsta, među kojima su neke od gospodarski najvažnijih (kao npr. oslić, škamp, grdobina, arbun i sl.). Slabom novačenju u pravilu mogu biti dva uzroka:

- a) nepovoljne hidrografske prilike u moru koje rezultiraju velikom prirodnom smrtnošću novaka i
- b) smanjenje intenziteta novačenja kao posljedica smanjenja (prelovljenosti) matičnog stocka (tzv. „recruitment overfishing“).

Na osnovu dostupnih podataka, u Jadranskom moru su najvjerojatnije prisutna oba ova uzroka: preintenzivna eksploatacija je dovela do smanjenja matičnog stocka koji u godinama nepovoljnih hidrografskih prilika rezultira izrazito lošim novačenjem. Sve ovo u konačnici dovodi do pada biomase kako mladih primjeraka, tako i odraslih.

Situacija je znatno nepovoljnija u ekstrateritorijalnim vodama Jadranskog mora u kojima je ribolovni napor najintenzivniji. Istovremeno u tim područjima se nalaze i najvažnija rastilišta i mrijestilišta velikog broja gospodarski važnih pridnenih vrsta organizama. Navedeno za posljedicu ima da su u ekstrateritorijalnim vodama vrijednosti indeksa biomase i abundancije izrazito niski, a njihovi trendovi u zadnjim godinama izrazito nepovoljni. Ovi negativni trendovi se donekle kompenziraju migracijama organizama iz hrvatskog unutarnjeg i teritorijalnog mora, gdje je situacija povoljnija.

Važno je napomenuti kako većina indikatora (koji opisuju stanje populacija i stanje zajednica) ukazuje na veliki pad indeksa novačenja u zadnjim godinama, što će

najvjerojatnije u dogledno vrijeme rezultirati dodatnim padom biomase juvenilnih i odraslih primjeraka. Stoga je od ključne važnosti čim prije započeti s restriktivnijim mjerama regulacije ribolova i zaštite obnovljivih bogatstava i to prvenstveno u najugroženijim područjima (otvoreni srednji Jadran i ekstrateritorijalno more). Prijedlog konkretnih mjera zaštite za područje otvorenog srednjeg Jadrana (Jabučka kotlina) već je načinjen od strane hrvatskih i talijanskih znanstvenika u okviru projekta FAO AdriaMed, i trebalo bi čim prije započeti s njegovom implementacijom.

Imajući u vidu opisano izrazito negativno stanje većine pridnenih resursa Jadranskog mora, radi uspostave dugoročno održivog gospodarenja i zaštite resursa, nameću se sljedeće preporuke:

- ⇒ Ne povećavati ribolovni napor – Trenutno stanje obnovljivih resursa je takvo da bi bilo kakvo povećavanje ribolovnog napora moglo dovesti do preloma ili kolapsa velikog broja već sada preintenzivno eksploatiranih stockova.
- ⇒ Zaštita posebno osjetljivih područja – Imajući u vidu činjenicu da je novačenje velikog broja stockova izrazito loše, posebnu pozornost trebalo bi posvetiti zaštiti kritičnih područja za repopulaciju (rastilišta i mrijestilišta) pojedinih vrsta.
- ⇒ Uspostava zaštićenih ribolovnih područja – može biti jedan od važnih mehanizama zaštite rastilišta i mrijestilišta. Predlaže se uspostava zaštićenog ribolovnog područja sa „no-take“ zonama na širem području Jabučke kotline, koja predstavlja jedno od najvažnijih rastilišta i mrijestilišta u Jadranu.
- ⇒ Preispitati recentnu prostorno vremensku regulativu – rezultati komercijalnog monitoringa i rezultati znanstvenih ekspedicija pokazuju kako je stanje resursa znatno bolje u područjima sa restriktivnom prostorno-vremenskom regulacijom (npr. kanalska područja srednjeg Jadrana). Stoga bi slične mjere trebalo razmotriti i eventualno uspostaviti u ostalim dijelovima ribolovnog mora (prvenstveno kanalska područja sjevernog Jadrana).
- ⇒ Preispitati i po potrebi povećati minimalne lovne dužine (MLS) – Iako su važeće MLS u hrvatskoj zakonskoj regulativi usklađene sa onima koje propisuje EU (osim u slučaju oslića), imajući u vidu stanje resursa u Jadranskom moru, trebalo bi preispitati postojeće MLS i po potrebi ih povećati (ovo se prvenstveno odnosi na vrste sa izrazito slabim novačenjem kao što su oslić, škamp, grdobina, arbun,...).
- ⇒ Promjene oka na saki mreže (GFCM) – jedan od značajnih načina smanjivanja ribolovne smrtnosti je i povećavanje oka na saki pridnene povlačne mreže, što značajno povećava selektivnost i omogućuje preživljavanje nedoraslih primjeraka. Prema preporukama GFCM-a sve zemlje članice dužne su zabraniti upotrebu oka manjih od 40 mm (dijagonalno) na svim dijelovima pridnen koče, a od 2012. godine povećati oka na saki mreže na 40 mm kvadratno oko ili 50 mm „diamond mesh size“.
- ⇒ Sređivanje tržišta ribom – predstavlja jedan od važnih segmenata hrvatskog ribarstva, jer u uvjetima nesređenog tržišta ribom od ribolova najmanju korist imaju sami ribari.
- ⇒ Uspostava djelotvornije kontrole provođenja mjera regulacije ribolova - broj ribarskih inspektora u RH je nedostatan za provođenje adekvatne kontrole u svim segmentima ribarstva, te bi čim prije trebalo povećati njihov broj i učinkovitost.

- ⇒ Uspostava monitoringa prema DCF-u – je jedan od ključnih preduvjeta za donošenje adekvatnih mjera za regulaciju ribolova i zaštitu resursa i postojanje točnih i vjerodostojnih podataka o ribolovu i ribolovnom naporu kojim je ostvaren, kao i stanju obnovljivih bogatstava.
- ⇒ Dogovaranje i usklađivanje mjera na razini Jadrana – Većina pridnenih stockova u Jadranskom moru su biološki jedinstvene populacije, te stoga sve mjere regulacije ribolova i zaštite obnovljivih resursa moraju biti dogovarane, usklađivane i provedene od strane svih sudionika u ribarstvu.

Za razliku od stanja pridnenih naselja riba, tijekom zadnjih godina (2000.-2009. godine) je zabilježen pozitivan trend kretanja biomase kako kod srdele tako i kod inćuna. Upravo ovo upućuje na blago obnavljanje populacija navedenih vrsta, koje je vjerojatno uslijedilo kao posljedica nešto jačeg novačenja. Na nešto intenzivnije novačenje ukazuje i većina indikatora, koji opisuju stanje promatranih populacija kao što su kretanje srednje lovne dužine, kolebanje alometrijskog koeficijenta i sl. Imajući u vidu da su srdela i inćun kratkoživuće vrste (spolno sazriju i počnu se razmnožavati već krajem prve godine života) i u stanju su podnijeti višu razinu iskorištavanja od dugoživućih vrsta, obimnost njihovih naselja ovisi o razini ribolovnog pritiska, ali i o uspješnosti njihovog mriješćenja, preživljavanje ranih životnih stadija i godišnjem novačenju (obnovi) populacije. Stoga je kod gospodarenja ovim vrstama, nužno potrebno posvetiti pažnju zaštiti „spawning stock-a“ neposredno prije i tijekom mriješćenja odgovarajućim lovostajem, te osigurati nesmetan razvoj juvenilnih primjeraka u njihovim rastilištima, a time i dobro novačenje (obnovu) populacija. Uzimajući u obzir sve navedeno preporuka je ne povećavati ribolovni napor.

Svi morski sisavci i gmazovi u Republici Hrvatskoj su strogo zaštićene životinjske vrste. Rezultati praćenja sisavaca u Jadranu ukazuju na značajan stupanj raznolikosti vrsta iz reda Cetacea, međutim jedini stalno nastanjeni morski sisavac u Jadranskom moru je dobri dupin (*Tursiops truncatus*). Sredozemna medvjedica (*Monachus monachus*) je jedina vrsta iz podreda perajara (Pinnipedia) za koju se smatra da je prije stotinjak godina obitavala u cijelom Jadranu. Danas je jedna od najugroženijih i najmalobrojnijih vrsta sisavaca u svijetu. Prema podacima IUCN-a, sredozemna se medvjedica smatra u Hrvatskoj moguće izumrlom vrstom, a prema Crvenoj knjizi sisavaca Hrvatske iz 2006. regionalno izumrlom vrstom. Od morskih gmazova u Jadranu su zabilježene tri vrste morskih kornjača: glavata želva (*Caretta caretta*), zelena želva (*Chelonia mydas*) i sedmopruga usminjača (*Dermochelys coriacea*). Stalni stanovnik Jadrana je jedino glavata želva. Iako se ne razmnožava u Jadranu, upravo je Jadran jedno od dva najznačajnija područja ishrane i zimovanja ove vrste u cijelom Sredozemnom moru. Plitko područje sjevernog Jadrana, s dubinama <100 m i bogatim pridnenim zajednicama, jedno je od dva najveća i najznačajnija neritička staništa ishrane glavate želve u Sredozemnom moru te pripada tzv. jonsko-jadranskoj jedinici upravljanja..

U području hrvatskog dijela Jadrana obitava nekoliko važnih populacija morskih ptica, mada s relativno malom brojnošću. Procjenjuje se da gnjezdeća populacija vrste *Calonectris diomedea* (veliki zovoj-kaukal) koja se nalazi na crvenoj listi ptica Hrvastke broji oko 1200-1750 parova, te da se 100% populacije gnjezdi na dva područja: Lastovskom arhipelagu i pučinskim otocima koji obuhvaćaju otok Vis i manje otoke oko Visa, te Biševo, Sv. Andriju, Brusnik, Jabuku i Palagružu. Ovo područje je i jedino gnjezdilište Eleonorinog sokola (*Falco eleonora*) sa 65-100 parova u Hrvatskoj, te

gregule (*Puffinus yelkouan*) s crvene liste ptica Hrvatske u kategoriji visokog rizika od izumiranja čija gnjezdeća populacija je procijenjena na 300-400 parova. Jedna od vrsta važnih na međunarodnoj razini je Sredozemni galeb (*Larus audouinii*) s populacijom koja je procijenjena na svega 60-70 parova koji se gnjezde na Lastovskom arhipelagu i otoku Mljetu. Gnjezdeća populacija malog vranca *Phalacrocorax pygmaeus* s 10-20 parova gnjezdi se jedino u parku prirode Vransko jezero. Brojniju populaciju predstavlja vrsta morski vranac *Phalacrocorax aristotelis* s procijenjenom populacijom od 1280-1530 parova. Gotovo 80% populacije se nalazi na 4 lokacije: Zapadna obala Istre, Kvarnerski otoci, Nacionalni park Kornati i park prirode Telašćica, te zapadni dio zadarskog arhipelaga. Nadalje, područje od iznimne važnosti za Bjeloglavog supa (*Gyps fulvus*) su veliki sjeverno-jadranski otoci (Cres, Krk, Rab) s okolnim manjim otocima. Na brojnim liticama se gnjezdi posljednja populacija bjeloglavih supova u Hrvatskoj s gnjezdećom populacijom od 80-85 parova. Posljednjih 15-tak godina populacija je u laganom porastu najvjerojatnije zahvaljujući aktivnim mjerama zaštite.

Iz rezultata monitoringa ekotoksičnih metala, organokositrenih spojeva i postojanih organskih onečišćujućih tvari može se zaključiti da njihove razine u morskom okolišu ne predstavljaju opasnost u odnosu na konzumaciju morskih organizama. Najveće koncentracije ovih onečišćujućih tvari u morskom okolišu Republike Hrvatske ustanovljene su u priobalju većih urbaniziranih područja te marina i luka. Analiza trendova ukazuje da se koncentracije ekotoksičnih metala u zadnjih 10 godina povećavaju, a postojanih organskih onečišćujućih tvari smanjuju. Redoviti monitoring navedenih onečišćujućih tvari treba nastaviti, a organokositrenih spojeva uvesti.

Analizom opterećenja i utjecaja na stanje morskog okoliša može se zaključiti sljedeće:

Značajni problemi zaštite okoliša, a time i održivog razvitka priobalnog područja i mora su prekomjerna gradnja u obalnom području koja često ima lošu komunalnu opremljenost kao i prostorno planiranje u kojem prevladava urbanizam vlasničkih parcela bez prakticirane urbane komasacije. U razdoblju 1960.-2000. godine evidentirano je višestruko (oko 5 x) povećanje urbanizirane obale (od 150 km na 837 km). Porast urbaniziranosti morske obale (stvarne izgrađene ili planirane za gradnju) u velikom dijelu je posljedica izgradnje u obalnim naseljima (stambeni objekti u funkciji turizma, apartmani, kuće za odmor) ili izvan naselja (kompleksne turističke zone, proizvodne i poslovne zone, infrastrukturni objekti i mreže i dr.). Posebno značajan utjecaj ima proces bespravne izgradnje u nekim područjima.

Gradnja u obalnom području vjerojatno ima najvažniji negativni utjecaj na biološku i krajobraznu raznolikost Jadranskog mora. Dodatni je problem što su ovakve aktivnosti ireverzibilne jer se nasute obale gotovo nikad ne vraćaju u početno "prirodno" stanje. Gradnja stoga ima neposredan i posredan utjecaj na morski ekosustav i okoliš:

- ⇒ Neposredan utjecaj je zatrpavanje kojim se izravno uništavaju nepokretni i slabo pokretni organizmi. Nasipanje često dovodi do promjene vrste supstrata, (npr. šljunkoviti sediment se zamjenjuje čvrstim betonskim), čime se mijenja krajobrazna raznolikost, tip zajednice i organizmi koji naseljavaju takva staništa.
- ⇒ Posredni utjecaj se ogleda kroz ispiranje nasutog materijala sa obale koje može dovesti do pojačane sedimentacije u okolnom području, a time i zatrpavanja

sesilnih organizama, onemogućavanje procesa filtriranja i disanja ili sprječavanje prihvatanja ranih razvojnih stadija organizama koji u toj fazi razvoja trebaju čvrsti supstrat. Sedimentacija tako može zahvatiti daleko veću površinu od one koja je pokrivena izravnim nasipanjem.

- ⇒ Izgradnja luka i lukobrana dovodi i do promjena u fizikalno kemijskim svojstvima područja, pojačava se sedimentacija, smanjuje prozirnost i hidrodinamika u zoni mediolitorala i supralitorala, a može doći do povećanja razine koncentracija hranjivih soli ili neželjenih onečišćujućih tvari u protuobraštajnim zaštitnim premazima.

Mjere za očuvanje obalnog i otočnog područja od neprimjerene urbanizacije ne provode se u željenom opsegu i dinamici. I dalje se gradnja koncentrira na kontaktnoj liniji kopno–more i privatizira pomorsko dobro, što ukazuje na nužnost učinkovitije kontrole provođenja prostornih i urbanističkih planova. Primjerice, znatnu očuvanost prirodne obale moguće je postići racionalnijim korištenjem postojećih 300-ak turističkih zona i odmjeranim aktiviranjem samo dijela od oko 350 planiranih turističkih zona. Turizam je glavni pokretač gospodarskih aktivnosti na priobalnom području i za određene obalne i otočne zajednice ima cijeli niz pozitivnih gospodarskih učinaka. No, uz pozitivne učinke, turizam nosi i veliko opterećenje za morski okoliš i obalni prostor. Svaki od navedenih problema nosi ozbiljne rizike za okoliš uz moguće značajne ekonomske i socijalne posljedice. Zbog nastavka nepoželjnih trendova, Vlada RH donijela je 2004. Uredbu o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora, kojom se intenzivira kontrola i očuvanje obalnog i otočnog područja od neprimjerene gradnje. Spomenuta uredba ugrađena je u Zakon o prostornom uređenju i gradnji 2007. godine, u kojem je posebno obrađeno zaštićeno obalno područje mora. Savjet za prostorno uređenje RH je 2009. godine donio kriterije za planiranje turističkih predjela uz more te se ocjena njihove provedbe tek očekuje.

Utjecaj ribarstva na ekosustave može se sagledavati kao:

- ⇒ Utjecaj ribarstva na ekosustave u smislu fizičke štete koje nanosi staništu. Fizičke štete su izraženije kod povlačnih ribolovnih alata (priobalne mreže potegače, rampon, koća i sl.) koji se koriste u infralitoralnom području (priobalni ribolov), nego kod pridnene povlačne mreže koće kojom se eksploatacija obavlja u dubljim dijelovima mora na kojima je sediment muljevit ili pjeskovit bez prisustva morske flore.
- ⇒ Utjecaj na bioraznolikost: kod pridnenog koćarskog ribolova dolazi do negativnog utjecaja na bentosku faunu beskralježnjaka (trpovi, mješince, ježinci, školjkaši, puževi, zvjezdače, rakovi i sl.) koji se love kao prilov. Najveće količine ovog prilova se nalaze uz zapadnu obalu Istre (školjkaši), ali i u otvorenom srednjem Jadranu (trpovi, mješince, zvjezdače, ježinci), te u unutrašnjem teritorijalnom moru. Međutim, kako se radi o organizmima koji nemaju gospodarske važnosti, oni se bacaju ponovno u more (najvećim dijelom živi i neoštećeni).
- ⇒ Važan negativni učinak imaju i u moru izgubljeni ribolovni alati ili njihovi dijelovi (mreže, vrše i sl.) u koje organizmi bivaju ulovljeni i ugibaju.

Glavna opterećenja koja proizlaze iz djelatnosti marikulture, a zabilježeni su na području jadranske pod regije su :

- ⇒ Fizičko uništavanje livada *Posidonia oceanica* uslijed sidrenih lanaca uzgajališta.
- ⇒ Promjene sadržaja kisika i koncentracija hranjivih soli u području uzgoja i posljedično promjene u biomasi fitoplanktonske zajednice.
- ⇒ Povećana sedimentacija partikularne organske tvari na morsko dno, promjena granulometrijskog sastava, redoks-potencijala i sadržaja hranjivih soli u sedimentu, promjene sastava bentoskih zajednica.

Plovidba, odnosno prijevoz putnika i robe predstavlja značajnu gospodarsku granu u RH. Glavna opterećenja iz ove djelatnosti su nesavjesno i protupravno odlaganje krutog otpada (uglavnom ambalaža i hrana) i tekućeg otpada (zauljene vode) u morski okoliš, prijenos invazivnih organizama iz drugih područja, te fizičko miješanje vodenih masa u plitkim lukama koje narušava strukturu morskog dna, a time i bentoske zajednice.

Opterećenja na morski okoliš onečišćenjem opasnim tvarima razmatrani su kroz sljedeće parametre:

- ⇒ unos sredstava za zaštitu poljoprivrednih kultura (pesticidi, antivegetativna sredstva)
- ⇒ unos teških metala
- ⇒ unos radionuklida

Procjenjuje se da danas postoji preko 650 različitih kemijskih spojeva koji se koriste za zaštitu usjeva i nasada od korova i različitih štetočina, ali i za sprječavanje bolesti ljudske populacije koje se prenose pomoću kukaca, naročito u vlažnim i močvarnim područjima. Ukupna godišnja potrošnja svih zaštitnih sredstava se procjenjuje na 2,5 milijuna tona. Prema podacima iz *Izvješća o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj* (AZO, 2007) u 2004. godini je proizvedeno 3 840 tona sredstava za zaštitu bilja. Prema istom izvoru, pouzdanih podataka o potrošnji tih sredstava nema, ali se njihova potrošnja procjenjuje na 2,5-3 kg aktivne tvari po hektaru obradive površine. Među ovim spojevima se prema toksičnosti, postojanosti u okolišu i svojstvu bioakumulacije posebno ističe grupa organokloriranih spojeva, čija je primjena već zabranjena u mnogim zemljama. Iako se u Republici Hrvatskoj ovi spojevi spominju u nekoliko zakona, uredbi i pravilnika sustavni monitoring onečišćenja od ostataka sredstava za zaštitu bilja ne postoji, tako da se zaključci o uporabi ovih sredstava u poljoprivredi i njihovom biogeokemijskom kruženju u hidrosferi mogu donositi samo indirektno na osnovi rezultata postojećih monitoringa vodotoka i školjkaša iz područja prijelaznih i priobalnih voda. Svi analizirani podaci o organokloriranim pesticidima u vodotocima primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova ukazuju da su im koncentracije vrlo niske ili ispod granice detekcije. Jednako i rezultati monitoringa školjkaša ukazuju da postojeći unos ovih spojeva nije takvog intenziteta da bi ugrozio dobro kemijsko stanje područja priobalnih voda i voda otvorenog mora. Višegodišnji trendovi promjena udjela organokloriranih pesticida u školjkašima podupiru ovu pretpostavku.

Raspoloživi podaci o unosu teških metala u morski okoliš Republike Hrvatske odnose se na unos putem točkastih izvora (tehnološke i komunalne otpadne vode) te putem vodotoka. Podatci o unosu iz difuznih izvora onečišćenja ili iz atmosfere nisu raspoloživi. Količine teških metala koje putem rijeka dopijevaju u prijelazne i priobalne vode nalaze se u rasponu od 801 (Cd) do 33817 kg (Zn). Ako ove vrijednosti usporedimo s količinama teških metala koje otpadnim vodama dopijevaju u područje teritorijalnog mora Republike Hrvatske (*Baseline Budget for year 2008, Republic of Croatia*, Ministarstvo zaštite

okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2009) jasno je vidljivo da se unos teških metala u priobalno more Republike Hrvatske uglavnom odvija putem vodotoka, a tek manjim dijelom putem otpadnih voda.

Koncentracije aktivnosti fisijskih radionuklida ^{90}Sr i ^{137}Cs u morskoj vodi eksponencijalno padaju od 1990-tih te su njihove vrijednosti u zadnjih 10 godina vrlo niske i kreću se oko $2\text{--}4\text{ Bq/m}^3$. Gornje granice koncentracije aktivnosti ^{137}Cs izmjerene u indikatorskim organizmima: srdelama (*Sardina pilchardus*), muzgavcima (*Ozaena moschata*) i dagnjama (*Mytilus galloprovincialis*) iznosile su $0,25\text{ Bq/kg}$, $0,1\text{ Bq/kg}$ i $0,5\text{ Bq/kg}$. Koncentracije aktivnosti prirodnih radionuklida, ^{232}Th (^{228}Ra), ^{238}U i ^{226}Ra , izmjerene tijekom 2008., 2009. i 2010. godine u dagnjama izrazito su niske i gotovo redovito se kreću ispod granica detekcije.

Unosi hranjivih soli u morski okoliš odvijaju se putem depozicije iz atmosfere, difuzno iz procesa ispiranja zemljišta, dotokom rijekama i podmorskim izvorima slatke vode, te točkastim ispuštima tehnoloških i komunalnih i otpadnih voda. O značaju absorpcije dušikovih spojeva iz atmosfere za Jadran nema podataka, međutim nema sumnje da atmosferska depozicija predstavlja značajan put ulaska dušika u morski okoliš Jadrana jer su istraživanja pokazala da se depozicija dušika tijekom prošlog stoljeća na sjevernoj hemisferi deseterostruko povećala.

Porijeklo difuznog onečišćenja uglavnom je vezano uz ispiranje različitih vrsta zemljišta (poljoprivrednog, biljnog i šumskog pokrova itd.) kao i umjetnih površina (gradovi, naselja, industrijske zone). Utjecaj ovog oblika difuznog onečišćenja na ekološko i kemijsko stanje prijelaznih i priobalnih voda te voda otvorenog mora RH je procijenjen kao relativno slabo izražen što podupire nekoliko činjenica:

- ⇒ Iz raspoloživih podataka o poljoprivrednom zemljištu u priobalnim županijama proizlazi da su površine pod poljoprivrednom uporabom, i pored velikog udjela od 44 % u ukupnoj kopnenoj površini RH, vrlo male. Značajnije cjeline poljoprivrednih zemljišta u priobalnom području su jedino u području Ravnih kotara u Zadarskoj županiji te na Istarskom poluotoku.
- ⇒ Vrlo mali udio u proizvodnji važnijih usjeva i nasada, s izuzetkom proizvodnje maslina i grožđa, koje spadaju u ekstenzivnu poljoprivredu;

Godišnji dotok ukupnog dušika i fosfora vodotocima iznosio je, prema podacima Agencije za zaštitu okoliša (www.jadran.izor.azo) 11250 tona ukupnog dušika i 397 tona ukupnog fosfora za 2009. godinu. Ako ove vrijednosti usporedimo s količinama iz otpadnih voda (Izviješća *Baseline Budget for year 2008, Republic of Croatia*, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2009) može se zaključiti da se kod ukupnog dušika njegov veći dio (oko 77%) unosi preko vodotoka u priobalno more RH, dok se kod ukupnog fosfora veći dio unosi putem otpadnih voda (66%).

Trofičko stanje u području južnog Jadrana se može opisati kao oligotrofno tj. kao stanje obilježeno niskom primarnom proizvodnjom, dobrom prozirnošću, niskim koncentracijama hranjivih soli i klorofila *a* te odsutnošću hipoksije. Osobito značajno za ovo područje je vrlo dobro stanje ustanovljeno i na postaji koja se nalazi ispred ušća rijeke Neretve (koja je po protoku treća rijeka u Jadranu) i luke Ploče, što ukazuje da je antropogeni pritisak na ovo područje za sada prihvatljiv. Ekološko stanje na postajama srednjeg Jadrana se također može opisati kao vrlo dobro, osim na postajama u Vranjicu (Kaštelanski zaljev) i u šibenskoj luci na kojima je stanje TRIX-a povremeno dobro.

Kakvoća mora za kupanje duž hrvatske obale je vrlo visoka što ukazuje da problem prisustva patogena u priobalnom moru Hrvatske nije prisutan. Desetogodišnja analiza kavoće mora za kupanje ukazuje na jasan trend smanjenja udjela plaža koje ne zadovoljavaju postojeće zakonske kriterije u svim županijama. Ovakav pozitivan trend rezultat je povećanja broja izgrađenih ispusta otpadnih voda fekalnog porijekla duž jadranske obale tijekom ispitivanog razdoblja.

U posljednja dva desetljeća u hrvatskom dijelu Jadrana zabilježeno je prisustvo alohtonih organizama, među kojima su alge, beskralješnjaci i ribe. Neke svojte alga često su vrlo invazivne. Postoji više razloga za brzo i uspješno širenje ovih stranih svojti. Neke, poput alga roda *Caulerpa*, nemaju prirodnog ili učinkovitog predatora koji bi kontrolirao njihove populacije. Druge, poput vrste *Womersleyella setacea*, stvaraju vrlo guste prevlake po morskom dnu i brzo se šire vegetativnim rastom koji im daje prednost nakon poremećaja u okolišu. Sve do sada zabilježene invazivne svojte morskih alga pokazuju značajan negativni utjecaj na prirodne zajednice i staništa u Jadranskom moru. Za razliku od alga, među ribama nisu zabilježene invazivne vrste, međutim posebnu pozornost treba posvetiti vrstama iz porodice Tetraodontidae: *Lagocephalus lagocephalus* i *Sphoeroides pachygaster* zbog posjedovanja otrova tetrodotoksina u svojem tkivu, a koji uzrokuje trovanja konzumenata.

Parametri koji u cijelosti nedostaju u ovom dokumentu, a navedeni su u Tabeli 2. Priloga III. ODMS kao parametri koji uzrokuju fizičke smetnje u moru, su: **podvodna buka i otpaci u moru**. Za ove parametre ne postoje pouzdani podaci s obzirom da nisu bili sustavno uključeni u dosadašnje programe praćenja stanja mora. Stoga bi pri izradi budućih programa praćenja stanja mora trebalo uzeti u obzir njihovu važnost za cjelovitu procjenu opterećenja i utjecaja na morski okoliš i uvrstiti ih u program.

11. LITERATURA

ADRICOSM -Integrirano upravljanje obalnom zonom Jadranskoga mora. 2006. Acta Adriatic. 47: suppl.

Agardh, J.G. 1842. Algae maris Mediterranei et Adriatici. Paris.

Airoidi L., F. Rindi, and F. Cinelli. 1995. Structure, seasonal dynamics and reproductive phenology of a filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. Bot. Mar. 38: 227-237.

Andreakis, N., G. Procaccini, and W.H.C. Kooistra. 2004. *Asparagopsis taxiformis* and *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales, Rhodophyta): genetic and morphological identification of Mediterranean populations. Eur. J. Phycol. 39: 273-283.

Andročec, V., G., Beg-Paklar, V., Dadić, T., Djakovac, B., Grbec, I., Janeković, N., Krstulović, G., Kušpilić, N., Leder, G., Lončar, I., Marasović, R., Precali, i M. Šolić. 2009. Program praćenja Jadranskog mora. Konačno izvješće. Projekt br. M-C-1, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva Republike Hrvatske, Zagreb. 612 pp.

Antolić, B. 1986a. Epiphytic flora on leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile from the area Dubrovnik (South Adriatic). Acta Adriat. 27: 37-49.

Antolić, B. 1986b. Epifitska flora na rizomima morske cvjetnjače *Posidonia oceanica* (L.) Delile na području Dubrovnika, južni Jadran. Biosistematika 12: 1-14.

Antolić, B. and A. Špan. 1992. The inventory of benthic flora of the Bay Boka Kotorska (southern Adriatic). Acta Adriat. 33: 75-84.

Antolić, B. 1994. Floristički sastav i struktura zajednice posidonije, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, u srednjem Jadranu. Doktorska disertacija. PMF Sveučilište u Zagrebu. Zagreb. 349 pp.

Antolić, B., A. Špan, i E. Draganović. 1995. Prilog poznavanju bentoske flore otoka Mljet. Contribution to the knowledge of the benthic flora of Mljet Island (southern Adriatic, Croatia). Hrvatsko ekološko društvo. Ekološke monografije 6, Mljet: 531-542.

Antolić, B., A. Špan, A. Žuljević, and A. Vuković. 2001. Check list of the benthic marine macroalgae on the eastern Adriatic coast: I. Chlorophyta. Acta Adriat. 42: 43-58.

Antolić, B. 2002. Epiphytic flora and vegetation on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in the Hvar Island area (middle Adriatic, Croatia). Acta Adriat. 43: 3-27

Antolić, B., M. Despalatović, A. Žuljević, V. Nikolić, I. Grubelić, and I. Cvitković. 2009. Relations between epiphytic flora and vegetation developed on leaves and rhizomes of *Posidonia oceanica* in the Adriatic Sea. Proceeding of the Mediterranean Seagrass Workshop 09. (eds). G. Di Carlo, A. Calladine and A. Žuljević. Hvar : MSW09 Committees: 56-56.

Antolić, B., A. Špan, A. Žuljević, V. Nikolić, I. Grubelić, M. Despalatović, and I. Cvitković. 2010. A check-list of the benthic marine macroalgae on the eastern Adriatic coast: II. Heterokontophyta (Phaeophyta): Phaeophyceae. Acta Adriat. 51:9-33.

Antolić, B., A. Špan, A. Žuljević, V. Nikolić, I. Grubelić, M. Despalatović, and I. Cvitković. 2011. A check-list of the benthic marine macroalgae on the eastern Adriatic coast: III. Rhodophyta 1: Ceramiales. Acta Adriat. 52: 67-86.

Antonić, O.; V. Kušan, T. Bakran-Petricioli, A. Alegro, S. Gottstein Matočec, H. Peternel, i Z.



Tkalčec. 2005. Klasifikacija staništa Republike Hrvatske. Drypis. 1.

Arévalo, R., S. Pinedo, and E. Ballesteros. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Mar. Poll. Bull.* 55: 104-113.

Artegiani, A., D. Bregant, D. Paschini, N. Pinardi, F. Raicich, and A. Russo. 1997. The Adriatic Sea General Circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure. *J. Phys. Oceanogr.* 27: 1515-1532.

Athanasiadis, A. 1997. North Aegean Marine Algae IV. *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales). *Bot. Mar.* 40: 473-476.

Bakran-Petricioli, T. 2007. Morska staništa. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb.

Bakran-Petricioli, T. 2011. Priručnik za određivanje morskih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb

Ballesteros, E., X. Torras, S. Pinedo, M. García, L. Mangialajo, and M. de Torres. 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.* 55:172-180.

Batelli C., i M. Arko-Pijevac. 2003. Sastav i sezonske promjene mahovinastih naslaga u podmorju rta Oštro (Riječki zaljev, Sjeverni Jadran). In: *Proceedings of abstracts of the 8th Croatian Biological Congress.* (eds) Besendorfer, V. and N. Kopjar. Zagreb: 321-322.

Baranović, A., T. Vučetić, and T. Pucher-Petković. 1992. Long-term fluctuations of zooplankton in the middle Adriatic Sea (1960-1982). *Acta Adriat.* 33: 85-120.

Barić, A. i sur., 2001. Rezultati istraživanja voda i mora na lokaciji termoelektrana Plomin, (Barić, A., voditelj studije). Institut za oceanografiju i ribarstvo. Split.

Batistić, M., F. Kršinić, N. Jasprica, M. Carić, D. Viličić, and D. Lučić. 2004. Gelatinous invertebrate zooplankton of the South Adriatic: species composition and vertical distribution. *J. Plankton Res.* 26: 459-474.

Bearzi, G., and G. Notarbartolo di Sciara. 1995. A comparison of the present occurrence of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and common dolphins *Delphinus delphis*, in the Kvarneric (Northern Adriatic Sea). *Annales (Annals for Istrian and Mediterranean Studies)* 7: 61-68.

Bebiano M.J., and L.M. Machado. 1997. Concentrations of metals and metallothioneins in *Mytilus galloprovincialis* along the south coast of Portugal. *Mar. Pollut. Bull.* 34: 666-671.

Beg-Paklar, G., A. Bajić, V. Dadić, B. Grbec, and M. Orlić. 2005. Borainduced currents corresponding to different synoptic conditions above the Adriatic. *Ann. Geophys.* 23: 1083– 1091.

Benović, A., and D. Lučić. 1996. Comparison of hydromedusae findings in the northern and southern Adriatic Sea. *Sci. Mar.* 60: 129-135.

Berglund, J., U. Müren, U. Jönstede, and A. Andersson. 2007. Efficiency of a phytoplankton-based and a bacteria-based food web in a pelagic marine system. *Limnol. Oceanogr.* 52: 121-131.



- Bianchi, C.N. ,and C. Morri. 1994. Southern species in the Ligurian Sea (northern Mediterranean): new records and a review. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Gen.* 58-59: 181-197.
- Bianchi, C.N. 2007. Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. Biodiversity in enclosed seas and artificial marine habitats. *Hydrobiologia.* 193:7-21.
- Bojanić, N. 2002. Ekologija protozoa i mikrometazoa u Kaštelanskom zaljevu. Disertacija. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb. 148 pp.
- Bogner D., I. Ujević, T. Zvonarić, and A. Barić. 2004. Distribution of selected trace metals in coastal surface sediments from the middle and south Adriatic Sea. *Fresen. Environ. Bull.* 13: 1281-1287.
- Bogner, D., I. Ujević, and A. Barić. 2005. Trace metals (Cd, Pb, Cu, Zn and Cr) distribution in sediment along east coast of the Adriatic Sea (Croatia). *Fresenius Environ. Bull.* 14: 50-58.
- Bone, M., 1986. On the profiles of tidal currents in the northern Adriatic. *Acta Adriat.*, 27: 5-14.
- Bonin, D.R., and M.W. Hawkes. 1987. Systematics and life histories of New Zealand *Bonnemaisoniaceae* (*Bonnemaisoniales*, *Rhodophyta*) I. The genus *Asparagopsis*. *N.Z. J. Bot.* 25: 577-590.
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia, J. Bald, I. Muxika, M.J. Belzunce, and O. Solaun. 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque country (northern Spain): a methodological approach. *Mar. Pollut. Bull.* 48: 209–218.
- Boudouresque, C.F. 1984. Groupes ecologiques d'algues marines et phytocenoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: Une revue. *Giorn. bot. ital.* 118: 7-42.
- Boudouresque, C.F., and M. Verlaque. 2002. Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Mar. Pollut. Bull.* 44: 32-38.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Pergent G., Shili A., and M. Verlaque 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina* 52: 395–418
- Branković, Č., L. Srnc, and M. Patarčić. 2010. An assessment of global and regional climate change based on the EH5OM climate mode ensemble. *Climate change.* 172: 21-49.
- Brautović, I., N. Bojanić, M. Batistić, and M. Carić .2006. Annual variation of planktonic ostracods (Crustacea) in the South Adriatic. *Mar. Ecol.* 27:124-132.
- Bressan, G. 1974. Rodoficee calcaree dei mari italiani. *Boll. Soc. Adr. Sci. Trieste* 59: 1-132.
- Bryan, G.W., and W.J. Langston. 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries – a review. *Environ. Pollut.* 76: 89-131.
- Buljan, M., and M. Zore-Armanda. 1971. Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije, Institut za oceanografiju i ribarstvo. Split. 460 pp.
- Buljan, M., and M. Zore-Armanda. 1976. Oceanographic properties of the Adriatic Sea. *Oceanogr. Mari. Biolo. A Rev.* 14:11-98.



- Burić, Z. 2007. Prostorna Raspodjela Fitoplanktona u Jabučkoj kotlini. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu. 136 pp.
- Burić, Z., K.T. Kiss, É. Ács, D. Viličić, K. Caput Mihalić, and M. Carić. 2007. The occurrence and ecology of the centric diatom *Cyclotella choctawhatcheeana* Prasad in a Croatian estuary. Nov. Hedw. 84: 135-153.
- Burić, Z., K. Caput Mihalic, I. Cetinic, I. Ciglenecki, M. Caric, D. Vilicic, and B. Cosovic. 2009. Occurrence of the rare microflagellates *Prorocentrum arcuatum* Issel and *Hermesinum adriaticum* Zacharias in the marine Lake Rogoznica (eastern Adriatic coast). Acta Adriat.. 50: 31-43.
- Cammerloher, H. 1915. Die Grünaalgen der Adria. Gebrüd. Bornatraeger. Berlin. 136pp.
- Casale, P., Laurent, L., and DeMetrio, G. 2004. Incidental capture of marine turtles by the Italian trawl fishery in the north Adriatic Sea. Biol. Conserv. 119:287-295.
- Catsiki V.-A., and H. Florou H. 2006. Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and ¹³⁷Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. J. Environ. Radioactiv. 86: 31-44.
- Cesari, P., L. Mizzan, and E. Motta. 1986. Rinvenimento di *Bursatella leachi* leachi Blainville, 1817 in Laguna di Venezia. Prima segnalazione Adriatica (Gastropoda, Opisthobranchia). Lavori Società Veneziana Scienze Naturali. 11: 5-16.
- CIESM Workshop Monographs. No. 32: Impact of Mariculture on Coastal Ecosystems. Lisboa (Portugal). 21 - 24 February. 2007. 118 p.
- Cinelli, F. and G.Sartoni. 1969. *Acrothamnion* J. Ag. (Rhodophyta, Ceramiaceae): genere algale nuovo per il mare Mediterraneo. Pubbl. Stn. Zool. Napoli. 37: 567-574.
- Cinelli, F., U. Salghetti, and F. Serena. 1984. Notta sull'areale di *Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston nell' Alto Tirreno. Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno. 5: 57-60.
- Claissé, D. 1989. Chemical contamination of French coasts - the results of a 10 years Mussel Watch. Mar. Pollut. Bull. 20: 523-528.
- Cole, J.J., S. Findlay, and M.L. Pace. 1988. Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview. Mar. Ecol. Progr. Ser. 43: 1-10.
- Cotner, J.B., and B.A. Biddanda. 2002. Small players, large role: microbial influence on biogeochemical processes in pelagic aquatic ecosystems. Ecosystems. 5: 105-121.
- Cushman-Rosin, B., M. Gačić, P. Marie-Poulain, and A. Artegiani (edit.). 2001. Physical oceanography of the Adriatic Sea. Past, present and future. Edited by Kluwer Academic Press. 304 pp.
- Ćosović, B. and V. Vojvodić. 1998. Voltametric Analysis of Surface Active Substances in Natural Seawater. Electroanalysis. 10 :429-434.
- Dadić, V., M. Gačić, M. Karabeg, i M. Orlić. 1982. Karakteristike strujnog polja, Poglavlje 2.2.1 Ekološka studija akvatorija Riječkog zaljeva 1976-1978 i 1980-1981 (Jeftić Lj., voditelj studije). 61-92.
- Dadić, V., A. Smirčić, N. Leder, i I. Vilibić, 1994. Morske struje. Oceanografske osobine Zadarskoga kanala. Institut za oceanografiju i ribarstvo. Studije i elaborati 6/94.



Dadić, V. 2003. Morske struje, Studija utjecaja na okoliš uzgajališta tune u akvatoriju Grška vela. (Tudor, urednik). IOR-Split. Studije i elaborati. 236/02. 139 pp.

Dadić, V., B. Grbec, N. Leder, I. Vilibić, i H. Mihanović. 2004. Morske struje. Studija o utjecaju na okoliš za projekt „Družba Adria – more“. (Voditeljica projekta dr.sc. Nada Krstulović). Institut za oceanografiju i ribarstvo.

Deacon, E.L., and E.K. Webb. 1962. Interchange of properties between sea and air. In: Hill, M.N. (ed) The Sea. Interscience Publisher.1: 43-315.

Degobbis, D., R. Precali, I. Ivančić, N. Smoldaka, D. Fuks, and S. Kveder. 2000. Long-term changes in the northern Adriatic ecosystem related to anthropogenic eutrophication. Int. J. Environ. Pollut. 13:495-533.

De Min R., and E. Vio. 1998. Molluschi esotici nell'Alto Adriatico. ANNALES Ser. Hist. Nat. 13: 43-54.

Despalatović, M., B. Antolić, I. Grubelić, and A. Žuljević. 2002. First record of the Indo-Pacific gastropod *Melibe fimbriata* in the Adriatic Sea. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 82: 923-924.

Direktiva Vijeća 75/440/EEZ od 16. lipnja 1975. o potrebnoj kakvoći površinske vode namijenjene crpljenju vode za piće u državama članicama.

Direktiva Vijeća 79/869/EEZ od 9. listopada 1979. o metodama mjerenja i učestalosti uzorkovanja i analize površinske vode namijenjene crpljenju pitke vode u državama članicama.

Direktiva Vijeća 80/778/EEZ od 15. srpnja 1980. o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju.

Direktiva Vijeća 91/676/EEZ od 12. prosinca 1991. o zaštiti voda od zagađenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla.

Direktiva Vijeća 91/271/EEZ od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

Direktiva Vijeća 97/62/EZ od 27. listopada 1997. kojom se Direktiva 92/43/EEZ o zaštiti i prirodnim staništima divlje faune i flore prilagođava tehničkom i znanstvenom napretku.

Direktiva Vijeća 98/83/EZ od 3. studenog 1998. o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju.

Djakovac, T., D. Degobbis, N. Supić, and R. Precali. 2011. Marked reduction of eutrophication pressure in the northeastern Adriatic in the period 2000-2009. Estuar. Coast. Shelf Sci. special issue.

Dorman, C., S. Carniel, L. Cavaleri, M. Sclavo, J. Chiggiato, J. Doyle, T. Haack, J. Pullen, B. Grbec, I. Vilibić, I. Janeković, Ivica; C. Lee, V. Malačić, M. Orlić, E. Paschini, A. Russo, and R. Signell. 2007. February 2003 marine atmospheric conditions and the bora over the northern Adriatic. JGR- Oceans. 112: 1-21.

Duplančić Leder T., T. Ujević, and M. Čala. 2004. Coastline lengths and Areas of islands in the Croatian Part of the Adriatic Sea Determined from the Topographic Maps at the Scale of 1:25 000. Geoadria: 9: 5-32.

EEA. 2008. Improving EEA marine indicators. A review of their performance and suggested „next steps“. Final draft scoping report.



- Ercegović, A. 1932. Ekološke i sociološke studije o litofitskim cijanoficejama sa jugoslavenske obale Jadrana. "Rad" Jugoslav. akad. znan. i umjet. 244:129-220.
- Ercegović, A. 1949. Sur quelques algues rouges, rares ou nouvelles de l'Adriatique. Acta Adriat. 4: 1-81.
- Ercegović, A. 1952. Jadranske cistozire. Njihova morfologija, ekologija i razvitak. - Sur les cystoseira adriatiques. Leur morphologie, écologie et évolution. Fauna et Flora Adriatica, IOR, Split. 2: 1-212.
- Ercegović, A. 1955a. Contribution a la connaissance des ectocarpes (Ectocarpus) de l'Adriatique moyenne. Acta Adriat. 7: 74 pp.
- Ercegović, A. 1955b Contribution a la connaissance des pheophycees de l'Adriatique moyenne. Acta Adriat. 7: 49 pp.
- Ercegović, A. 1956. Famille des Champiacées (Champiaceae) dans l'Adriatique moyenne. Acta Adriat. 8: 1-63.
- Ercegović, A. 1957. La flore sous marine de l' ilot Jabuka. - Podmorska flora jabuke. Acta Adriat. 8: 1-130.
- Ercegović, A. 1960. Značajne crte vegetacije alga Jadranskog mora. Acta Botan. Croat. 18-19: 17-36.
- Ercegović, A. 1963. Prilog poznavanju nekih rodova crvenih alga u Jadranu. - Contribution a la connaissance de quelques de genres d'algues rouges de l'Adriatique. Acta Adriat. 10: 1-54.
- Ercegović, A. 1964. Dubinska i horizontalna raščlanjenost jadranske vegetacije alga i njezini faktori. Acta Adriat. 11: 75-84.
- Ercegović, A. 1966. Pogled na floru i ekologiju plitkovodne vegetacije alga u srednjem Jadranu. Ekologija 1: 55-75.
- Ercegović, A. 1980. Étude comparative de la végétation de basses eaux et de celle des eaux profondes de l'Adriatique. Acta Adriat. 21: 11-40.
- Europska unija. 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. Legislative Acts and other instruments, ENV221 CODEC 513. European Union.
- European Parliament and European Council. 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities. L. 327. Luxembourg.
- Fina, B.H. 2004. The role of trophic interactions between fishes, sea urchins and algae in the northwest Mediterranean rocky infralittoral. doktorska disertacija. Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona.
- Folk, R.L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. Journal of geology. 62: 344-359.
- Fonda-Umani, S. 1996. Pelagic production and biomass in the Adriatic Sea. Sci. Mar. 60: 62-77.



- Fortuna, C., D. Holcer, E. Jr. Filidei, G. Donovan, and L. Tunesi. 2011. First Cetacean aerial survey in the Adriatic Sea: Summer 2010. Seventh Meeting of the Scientific Committee, Monaco, 29-31 March 2011., ACCOBAMS, SC7-Doc 06, 16 p.
- Fowler S.W., and B. Oregioni. 1976. Trace metals in mussels from the NW Mediterranean. Mar. Pollut. Bull. 7: 27-32.
- Franić, Z., and A. Bauman. 1993. Radioactive contamination of the Adriatic sea by ^{90}Sr and ^{137}Cs . Health Physics. 64:162-9.
- Frauenfeld, G. 1855. Die algen der Dalmatischen Küste. Der Kaiserl. Königl. Hof. und Staatsdruckerei. Wien: 78 pp.
- Frka, S., B. Gasparović, D. Marić, J. Godrić, T. Djakovac, V. Vojvodić, J. Dautović, and Z. Kozarac. 2011. Phytoplankton driven distribution of dissolved and particulate lipids in a semi-enclosed temperate sea (Mediterranean): Spring to summer situation. Estuar. Coast. Shelf Sci. 93: 290-304.
- Fuks, D., J. Radić, T. Radić, M. Najdek, M. Blažina, D. Degobbis, and N. Smodlaka. 2005. Relationships between heterotrophic bacteria and cyanobacteria in the northern Adriatic in relation to the mucilage phenomenon. Sci. Total Environ. 353 :178-188.
- Furdek, M., M. Vahčić, J. Ščančar, R. Milačić, G. Kniewald, and N. Mikac. 2011. Organotin compounds in seawater and mussels *Mytilus galloprovincialis* along the Croatian Adriatic coast. Submit. Mar. Poll. Bull.
- Gačić, M., M. Orlić, V. Dadić, and M. Karabeg. 1982. Temporal variations of current field in Rijeka bay, VI^{es} Journées Etud. Pollutions. CIESM. Cannes: 165-171.
- Gačić, M., i V. Dadić, 1991. Morske struje. Oceanografska istraživanja Bračkog i Splitskog kanala za integralni ekološki projekt "Split - Solin-Kaštela". (Tudor, M., urednik). Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split. Studije i elaborati: 107/91: 59pp.
- Gačić, M., S. Marullo, R. Santoleri, and A. Bergamasco. 1997. Analysis of seasonal and interannual variability of the sea surface temperature field in the Adriatic Sea from AVHRR data (1984-1992). J. Geophys. Res. 102: 22937-22946.
- Gamulin, T., and F. Kršinić. 2000. Calyophores (Siphonophora, Calyophorae) of the Adriatic and Mediterranean Seas. Nat. Croat. 9:1-198.
- Garaventa, F., F. Pellizzato, M. Faimali, A. Terlizzi, D. Medaković, S. Geraci, and B. Pavoni. 2006. Impossex in *Hexaplex trunculus* at some sites on the North Mediterranean Coast as a baseline for future evaluation of the effectiveness of the total ban on organotin based antifouling paints. Hydrobiologia. 555: 281-287.
- Garaventa, F., E. Centanni, F. Pellizzato, M. Faimali, A. Terlizzi, and B. Pavoni. 2007. Impossex and accumulation of organotin compounds in populations of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda, Muricidae) from the Lagoon of Venice (Italy) and Istrian Coast (Croatia). Mar. Poll. Bull. 54: 602-625.
- Garrabou, J., E. Ballesteros, and M. Zabala. 2002. Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. Estuar. Coast. Shelf Sci. 55: 493-508.



- Gasol, J.M., and D. Vaqué. 1993. Lack of coupling between heterotrophic nanoflagellates and bacteria: a general phenomenon across aquatic systems? *Limnol. Oceanogr.* 38: 657-665.
- Gasol, J.M. 1994. A framework for the assessment of top-down vs bottom-up control of heterotrophic nanoflagellate abundance. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 113: 291-300.
- Gasol, J.M., C. Pedrós-Alió, and D. Vaqué. 2002. Regulation of bacterial assemblages in oligotrophic plankton systems: results from experimental and empirical approaches. *Ant. Leeuw.* 81: 435-452.
- Ghirardelli, E., and T. Gamulin. 2004. *Chaetognatha. Fauna d'Italia.* Calderini. 157 pp.
- Giaccone, G. 1978. Revisione della Flora Marina del Mare Adriatico. WWF & Ann. Parco Mar. Miramare (Trieste). 6: 1-118.
- Giani, M., F. Savelli, D. Berto, V. Zangrando, B. Čosović, and V. Vojvodić. 2005. Temporal Dynamic of Dissolved and Particulate organic Matter in the Adriatic Sea. *Sci.Tot. Environ.* 353: 126-138.
- Giani M., D. Degobbis, and A. Rinaldi. 2005b. Mucilages in the Adriatic and Tyrrhenian Seas. *Sci.Tot. Environ.* 353: 3-9.
- Gofas, S. and A.Zenetos. 2003. Exotic Molluscs in the Mediterranean Basin: current status and perspectives. *Ocean. & Mar. Biol.: An Annual Review.* 41: 237-277.
- Grasshoff, K. 1976. *Methods of Seawater Analysis*, Verlag Chemie, Weinheim, 307 p.
- Grbec, B., and M. Morović. 1997. Seasonal thermohaline fluctuations in the middle Adriatic Sea. *Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica- C: Geophysics and Space Physics.* 20: 561-576.
- Grbec, B., M. Morović, and M. Zore-Armanda. 2003. Mediterranean oscillation and its relationship to salinity fluctuations in the Adriatic Sea. *Acta Adriat.* 44: 61-76.
- Grbec, B. Klimatske osobine Jadrana. Program praćenja stanja Jadranskog mora. 2007. 1. znanstveno-stručna radionica – Oceanografska istraživanja Jadrana. Split.
- Grbec, B., I. Vilibić, A. Bajić, M. Morović, G. Beg Paklar, F. Matić, and V. Dadić. 2007. Response of the Adriatic Sea to the atmospheric anomaly in 2003. *Annales Geophysicae - Atmospheres Hydrospheres & Space Sciences.* 25: 835-846
- Grbec, B. 2008. Osobine klime Jadrana. Izvješće s prve znanstveno-stručne radionice - Oceanografska istraživanja Jadrana u sklopi projekta Program praćenja stanja Jadranskog mora; urednici Grbec, B i I. Marasović.
- Grbec, B., M. Morović, G. Kušpilić, S. Matijević, F. Matić, G. Beg Paklar, and Ž. Ninčević. 2009. The relationship between the atmospheric variability and productivity in the Adriatic Sea area. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 89: 1549-1558.
- Guidetti, P. 2004. Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgol. Mar. Res.* 58:110–116.
- Guidetti, P., and E. Sala. 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 335: 43-56.



- Guinda, X., J.A. Juanes, A. Puente, and J.A. Revilla. 2008. Comparison of two methods for quality assessment of macroalgae assemblages, under different pollution types. *Ecol. indic.* 8: 743-753
- Hamel, D., G. Hrlec, i G. Hrlec. 2003. Inventarizacija perzistentnih organskih onečišćavala – pesticidi. Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske. 1-16.
- Hauck, F. 1885 Des Meeresalgen Deutschlands und Österreichs. Rabenhorst Kryptogamenflora. 2. Auf. Bd. 2. Leipzig.
- Hrvatski centar za čistiju proizvodnju, HRCČP. 2004. Nacionalni provedbeni plan za Stockholmsku konvenciju, Republika Hrvatska. Zagreb.
- [Http://www.izor.hr/nascum](http://www.izor.hr/nascum).
- Huisman, J.M., and D.I. Walker. 1990. A catalogue of the marine plants of Rottnest Island, Western Australia, with notes on their distribution and biogeography. *Kingia*. 1: 349-459.
- Hure, J., and F. Kršinić. 1998. Planktonic copepods of the Adriatic Sea. *Nat. Croat.* 7: 1 - 135.
- Ivančić, I., D. Fuks, M. Najdek, M. Blažina, M. Devescovi, T. Šilović, P. Paliaga, and S. Orlić. 2010. Long-term changes in heterotrophic prokaryotes abundance and growth characteristics in the northern Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.* 82: 206-216.
- Iveša, L.J. 2005. Dinamika populacija makrofitobentosa na hridinastim dnima uz zapadnu obalu Istre. Doktorska disertacija. PMF Sveučilište u Zagrebu. Zagreb. 167 pp.
- Jaklin, A., and E. Vio. 1989. *Bursatella leachii* (Gastropoda, Opisthobranchia) in the Adriatic Sea. *J. Mollusc. Stud.* 55: 419-420.
- Jansson, M., P. Blomquist, , A. Jonsson, and A.K. Bergstrom. 1996. Nutrient limitation of bacterioplankton, autotrophic and mixotrophic phytoplankton, and heterotrophic nanoflagellates in Lake Ortrasket. *Limnol. Oceanogr.* 41: 1552-1559.
- Jardas, I., N. Vrgoč, and A. Pallaoro. 2008. Red book of sea fishes of Croatia. Ministry of Culture. State Institute for Nature Protection. Zagreb. 396 pp.
- Jasprica, N., and D. Hafner. 2005. Raznolikost fitoplanktona u delti Neretve (Phytoplankton diversity in the Neretva River delta). *Priroda*. 930:10-13.
- Jeftić L., M. Bernhard, A. Demetropoulos, F. Fernex, G.P. Gabrielides, F. Gašparović, Y. Halim, D. Orhon, and J.L. Saliba. 1990. State of the marine environment in the Mediterranean Region. UNEP Regional Seas Reports and Studies. 166 pp.
- Juračić, M., Č. Benac, and R. Crmarić. 1999. Seabed and surface sediment map of the Kvarner region, Adriatic Sea, Croatia (Lithological map, 1:500.000). *Geol. Sroat.* 52: 131-140.
- Yokes, M.B. 2006. *Aplysia dactylomela*: an alien opisthobranch in the Mediterranean. *JMBA2-Biodiversity Records* (published online).
- Kamburska, L., and S. Fonda-Umani. 2009. From seasonal to decadal inter-annual variability of mesozooplankton biomass in the Northern Adriatic Sea (Gulf of Trieste). *Journal of Marine Systems* doi:10.1016/j.jmarsys.2008.12.007
- Karner, M., D. Fuks, and G. Herndl. 1992. Bacterial activity along a trophic gradient. *Microbial Ecol.* 24: 243-257.



- Katavić, I. 1982. Thaliacea. "Andrija Mohorovičić" 1974-1976. Izvještaji i rezultati oceanografskih istraživanja Jadranskog mora. Split. 217-220.
- Klein B., W. Roether, B.B. Manca, D. Bregant, V. Beitzel, V. Kovačević, and A. Luchetta 1999. The large deep water transient in the Eastern Mediterranean. Deep-Sea Res. 46: 371-414.
- Kljaković-Gašpić Z., N. Odžak, I. Ujević, T. Zvonarić, and A. Barić. 2006. Biomonitoring of trace metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) in the eastern Adriatic using the Mediterranean blue mussel (2001-2005). Fresen. Environ. Bull. 15: 1041-1048.
- Kljaković-Gašpić Z., I. Ujević, T. Zvonarić, and A. Barić. 2007. Biomonitoring of trace metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) in Mali Ston Bay (eastern Adriatic) using the Mediterranean blue mussel (1998-2005). Acta Adriat. 48: 73-88.
- Kosta L., V. Ravnik, A.R. Byrne, J. Štirn, M. Dermelj, and P. Stegnar. 1978. Some trace elements in waters, marine organisms and sediments of Adriatic by neutron activation analysis. J. Radioanal. Chem. 44: 317-332.
- Krstulović, N., M. Šolić, and I. Marasović. 1997. Relationship between bacteria, phytoplankton and heterotrophic nanoflagellates along the trophic gradient. Helgol. Meeresunters. 51 : 433-443.
- Krstulović, N., M. Šolić, D. Šegvić, S. Šestanović, and G. Kušpilić. 2011. Praćenje utjecaja podmorskog ispusta Stobreč na okoliš. Hrvatske vode. 73 :127-132.
- Kršinić, F. 1988. Preliminary investigations on the phaeodarians (Radiolaria) in the Adriatic Sea plankton. Notes. 73: 1 - 10.
- Kršinić, F. 1995. Changes in the microzooplankton assemblages in the northern Adriatic Sea during 1989 to 1992. J. Plankton Res. 17: 935-953.
- Kršinić, F., and R. Precali. 1997. On the occurrence of oceanic tintinnines with particular consideration of the species *Amphorides laackmanni* (Jørgensen, 1924) (Ciliophora, Oligotrichida, Tintinnina) in the northern Adriatic Sea. P.S.Z.N.I.: Marine Ecology. 18: 67-81.
- Kršinić, F. 1998. Vertical distribution of protozoan and microcopepod communities in the South Adriatic Pit. J. Plankton Res. 20:1033-1060.
- Kršinić, F., and J. Njire. 2001. An invasion by *Muggiaea atlantica* CUNNINGHAM 1892 in the northern Adriatic Sea in the summer of 1997 and the fate of small copepods. Acta Adriat. 42: 49-59.
- Kršinić, F., and B. Grbec. 2002. Some distributional characteristics of small zooplankton at two stations in the Otranto Strait (Eastern Mediterranean). Hydrobiologia. 482: 119-136.
- Kršinić, F. 2007. Description of *Speleophria mestrovi* sp. nov., new copepod (Misophrioida) from an anchialine cave in the Adriatic Sea. Mar. Biol. Res.
- Kršinić, F., D. Bojanić, R. Precali, and R. Kraus. 2007. Quantitative variability of the copepod assemblages in the northern Adriatic Sea from 1993 to 1997. Estuar. Coast. Shelf Sci. 74: 528-538.
- Kršinić, F. 2010. Tintinnids (Tintinida, Choreotricha, Ciliata) in the Adriatic Sea, Mediterranean. Part I. Taxonomy. IOR, Split. 186 pp.
- Kršinić, F. 2010. Tintinnids (Tintinida, Choreotricha, Ciliata) in the Adriatic Sea, Mediterranean. Part II. Ecology. IOR, Split. 112 pp.



Kršinić, F. 1977-2010. Zooplankton, baza podataka.

Kušpilić, G. 2001. Protok dušika, fosfora i silicija na granici morska voda / sediment u priobalju i otvorenim vodama srednjeg i južnog Jadrana, Sveučilište u Zagrebu. Zagreb. 104 pp.

Kušpilić, G., R. Precali, B. Grbec, M. Morović, Ž. Ninčević-Gladan, V. Nikolić, M. Despalatović, A. Travizi, Lj. Iveša, S. Matić Skoko, J. Dulčić, D. Bogner, and V. Dadić. 2011. Karakterizacija područja i izrada prijedloga programa i provedba monitoringa stanja voda u prijelaznim i priobalnim vodama jadranskog mora prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU (2000/60/EC), Dio drugi: Rezultati monitoringa kemijskog i ekološkog stanja u vodnim tijelima prijelaznih i priobalnih voda uz procjenu njihovog hidromorfološkog stanja, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

Lazar, B.I., and N. Tvrtković. 2003. Corroboration of the critical habitat hypothesis for the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the Eastern Adriatic Sea. In: Margaritoulis D., Demetropoulos, A. (Eds) Proceedings of the First Medoterranean Conference on Marinr Turtles. Barcelona Convention – Bern Convention: Bonn Convention (CMS): 165-169.

Lazar, B., V. Ziza, and N. Tvrtkovic. 2006. Interactions of gillnet fishery with loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the Northern Adriatic Sea. In M. Frick, A. Panagopoulou, A.F. Rees, and K.Williams (eds.) Book of Abstracts. 26th annual symposium on sea turtle biology and conservation:252.

Lazar, B., Lipej, L., Holcer, D., Onofri, V., Žiža, V., Tutman, P., Marčelja, E., and Tvrtković, N. 2008. New data on the occurrence of leathernack turtles *Dermochelys coriacea* in the eastern Adriatic Sea. Vie Milieu. 58: 237-241.

Leder, N., A. Smirčić, and Vilibić.1998. Extreme values of surface wave heights in the northern Adriatic. Geofizika. 15: 1-13.

Leder, N., (urednik), 2002. Peljar za male brodove I dio - Piranski zaljev - Virsko more. Hrvatski hidrografski institut.

Leder N., and M. Orlić. 2004. Fundamental Adriatic seiche recorded by current meters. Ann. Geophys. 22:1449–1464.

Legović, T., Limić, N., and Sekulić, B. 1989. reconstruction of a concentration field in a coastal sea. Est.Coast. Shelf Sci. 29: 217-231.

Lewison, R.L., Crowder L.B., Read A.J., and Freeman S.A. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. Trends Ecol. Evol. 19: 598–604.

Limić, N., and M. Orlić, 1987. A method for the determination of absolute geostrophic velocities in the sea. Tellus. 39: 82-84.

Linardić, J. 1949. Studies on an adriatic furoid alga (*Fucus virsoides*). Acta Bot., Inst. Bot. Univ. Zagreb. 12-13: 7-132.

Lipej, L. 1992. The Tintinnid fauna (Tintinnina, Choreotrichida, Ciliophora) in Slovenian coastal waters. Rasprave IV. Razreda SAZU. 33: 93-113.

Lobban, C.S., P.J. Harrison, and M.J. Duncan. 1985. The physiological ecology of seaweeds. Cambridge University Press. Cambridge.



Lorenz, J.R. 1863. Physikalische Verhältnisse und Verteilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Kais. Kön. Hof. und Staatsdruck, Wien. 12: 382 pp.

Lüning, K. 1990, Seaweeds. Their environment, biogeography and ecophysiology. Wiley Interscience. 527 pp.

Marasović, I. 1989. Encystment and excystment of *Gonyaulax polyedra* during red tide. Estuar. Coast. Shelf Sci. 28: 35 – 41.

Marasović, I., M. Gačić, V. Kovačević, N. Krstulović, G. Kušpilić, T. Pucher-Petković, N. Odžak, and M. Šolić. 1991. Development of the red tide in the Kaštela Bay (Adriatic Sea). Mar. Chem. 32: 375–385.

Marasović, I., and T. Pucher-Petković, 1991. Eutrophication impact on the species composition in a natural phytoplankton community. Acta Adriat. 32: 719-730.

Marasović, I., Z. Ninčević and N. Odžak. 1995. The effect of temperature on blooms of *Lingulodinium polyedra* and *Alexandrium minutum* in Kaštela Bay. In Harmful marine algal blooms: Technique and documentation, ed. P. Lassus, G. Arzul, P. Gentien, and C. Marcaillou. Paris: Lavoisier. 187–192.

Marasović, I., Ž. Ninčević, G. Kušpilić, S. Marinović and S. Marinov. 2005. Long-term changes of basic biological and chemical parameters at two stations in the middle Adriatic. J. Sea Res. 54 : 3-14.

Margaritoulis, D. 2005. Nesting activity and reproductive output of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, over 19 seasons (1984- 2002) at Laganas Bay, Zakynthos, Greece: the largest rookery in the Mediterranean. Chelon. Conserv. Biol. 4: 916-929.

Marques, J.C., F. Salas, J. Patrício. H. Teixeira, and J.M. Neto. 2009. Ecological indicators for Coastal and Estuarine Environmental Assessment. WIT Press. 1-183.

Martinčić D., H.W. Nurnberg, M. Stoeppler, and M. Branica. 1984. Bioaccumulation of heavy metals by bivalves from Lim Fjord (North Adriatic Sea). Mar. Biol. 81: 177-188.

Martinčić D., Ž. Kwokal, M. Branica, and M. Stoeppler. 1987. Trace metals in selected organisms from the Adriatic Sea. Mar. Chem. 22: 207-220.

Martinčić D., Ž. Kwokal, M. Stoeppler and M. Branica. 1989. Trace metals in sediments from the Adriatic Sea. Sci. Total Environ. 84: 135-147.

Martinčić D., Ž. Kwokal, Z. Peharec, D. Marguš, and M. Branica. 1992. Distribution of Zn, Pb, Cd and Cu between seawater and transplanted mussels (*Mytilus galloprovincialis*). Sci. Total Environ. 119: 211-230.

Martinez-Crego, B., T. Alcoverro, A. Vergas, and J. Romero. 2008. Selection of multiple seagrass indicators for environmental biomonitoring. Mar. Ecol. Prog. Ser. 361: 93-109.

Matjašič, J., J. Štirn, A. Avčin, L. Kubik, T. Valentinčič, F. Velkovrh, i S. Vuković. 1975. Flora in favna Severnega Jadrana. Prispevek 1. - The flora and fauna of the North Adriatic. Contribution 1. SAZU .Ljubljana. 54 pp.

Meinesz, A., T. Belsher, T. Thibaut, B. Antolić, K.B. Mustapha, C.F. Boudouresque, D. Chiaverini, F. Cinelli, J.M. Cottalorda, A. Djellouli, A. El Abed, C. Orestano, A.M. Grau, L. Ivesa, A. Jaklin, H. Langar, E. Massuti-Pascual, A. Peirano, L. Tunesi, J. De Vaugelas, N. Zavodnik, and



- A. Žuljević. 2001. The introduced green alga *Caulerpa taxifolia* continues to spread in the Mediterranean. Biol. Inv.3: 201-210.
- Mihanović, H., M. Orlić, and Z. Pasarić. 2009. Diurnal thermocline oscillations driven by tidal flow around an island in the Middle Adriatic. J. Mar. Syst.78:157–168.
- Mikac, N., and M. Picer. 1985. Mercury distribution in a polluted marine area. Concentrations of methyl mercury in sediments and some marine organisms. Sci. Total Environ. 43: 27-39.
- Mikac N., M. Picer, P. Stegnar, and M. Tušek-Znidarić. 1985. Mercury distribution in a polluted marine area. Ratio of total mercury, methyl mercury and selenium in sediments, mussels and fish. Water Res. 19: 1387-1392.
- Mozetič, P., C. Solidario, G. Cossarini, G. Socal, R. Precali, J. Francé, F. Bianchi, C.de Vittor, N. Smolaka, and S. Fonda Umani. 2010. Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series. Estuar. & Coast. 33: 362-375.
- Munda, I. 1954. O rasporeditevi bentonskih alg na obrežnem području rta Šila na Krku. Biološki vestnik. 3: 78-90
- Munda, I. 1960. On the seasonal distribution of benthonic marine algae along the northeastern coast of the isle of Krk (Northern Adriatic). Nov. Hedw. 2: 191-242.
- Munda, I. 1979. Some Fucacean associations from the vicinity of Rovinj, Istrian coast, Northern Adriatic. Nov. Hedw. 31: 607-666.
- Munda, I. 1980. Changes in the benthic algal associations of the vicinity of Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) caused by organic wastes. Acta Adriat. 21: 299-332.
- Naccari, F.L. 1829. Algologia adriatica. Bologna. 97 pp.
- Narodne novine.1994. Pravilnik o količinama pesticida , toksina, mikotoksina, metala i histamina i sličnih tvari koje se mogu nalaziti u namirnicama, te o drugim uvjetima u pogledu zdravstvene ispravnosti namirnica i predmeta opće uporabe. NN 46/94
- Narodne novine. 1999. Nacionalna strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti Republike Hrvatske. NN 81/99.
- Narodne novine. 2000. Zakon o potvrđivanju Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija). NN 06/00.
- Narodne novine. 2005. Zakon o zaštiti prirode. NN 70/05.
- Narodne novine. 2007. Pravilnik o maksimalnim razinama ostataka pesticida u hrani i hrani za životinje. NN 119/07
- Narodne novine. 2008. Zakon o izmjenama i dopunama zakona o zaštiti prirode. NN 139/08.
- Narodne novine. 2008. Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti Republike Hrvatske. NN 143/08.
- Narodne novine. 2008. Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani. NN 154/08



Narodne novine. 2009. Pravilnik o proglašavanju divljih svojti zaštićenima i strogo zaštićenima. NN 99/09.

Narodne novine. 2009. Pravilnik o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima. NN 119/09.

Narodne novine. 2010. Zakon o morskom ribarstvu. NN 56/2010.

Narodne novine. 2010. Naredba o zaštiti riba i drugih morskih organizama. NN 63/2010.

Ní Chualáin, F., A.M. Christine, G.W. Saunders, and M.D. Guiry. 2004. The invasive genus *Asparagopsis* (Bonnemaisoniaceae, Rhodophyta): Molecular systematics, morphology and ecophysiology of Falkenbergia isolates. J. Phycol. 40: 1112-1126.

Nicolay, K. 1980. *Siphonaria pectinata* L., 1758 (Pulmonata, Siphonariidae). Prima segnalazione per le acque della Grecia. La Conchiglia. 11: 130-131.

Nikolić, V., M. Despalatović, T. Alcoverro, J. Romero, B. Antolić, M. Zoko, D. Blažević, D. Brajčić, K. Madirazza, A. Obarčanin, A. Žuljević, and I. Cvitković. 2009. First classification of coastal waters in the central Adriatic Sea using *Posidonia oceanica* as bioindicator of water quality. Proceeding of the Mediterranean Seagrass Workshop 09. (eds) G. Di Carlo, A. Calladine and A. Žuljević. Hvar : Mediterranean Seagrass Workshop: 53-53.

Nikolić, V., A. Žuljević, B. Antolić, M. Despalatović, and I. Cvitković. 2010. Distribution of Invasive Red Alga *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales) in the Adriatic Sea. Acta Adriat. 51: 195-202.

Ninčević, Ž., I. Marasović, and G. Kušpilić. 2002. Deep chlorophyll a maximum at one station in the middle Adriatic Sea. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 82: 9-19.

Ninčević Gladan, Ž., S. Skejić, I. Marasović, and A. Žuljević. 2006. First Record of *Ceratoperidinum yeye* in the Adriatic Sea. Acta Adriat. 47: 207-210.

Ninčević Gladan, Ž., S. Skejić, M. Bužančić, I. Marasović, J. Arapov, I. Ujević, N. Bojanić, B. Grbec, G. Kušpilić, and O. Vidjak, 2008. Seasonal variability in *Dinophysis* spp. abundances and DSP outbreaks along the eastern Adriatic coast. Bot. Mar. 51: 449-463.

Ninčević Gladan, Ž., I. Marasović, B. Grbec, S. Skejić, M. Bužančić, G. Kušpilić, S. Matijević and F. Matić 2009. Inter-decadal Variability in Phytoplankton Community in the Middle Adriatic (Kaštela Bay) in Relation to the North Atlantic Oscillation. Estuar. & Coast. 23: 376-383.

Obhodaš, J., V. Valković, i A. Kutle. 2010. Atlas sedimenata obalnog područja i otoka hrvatskog dijela Jadranskog mora. Udruga Lijepa naša. 231 pp.

Ocaña, T.M.J., and R.H. Emson .1999. Preliminary observations on the timing and geometry of foraging activity in the intertidal pulmonate limpet *Siphonaria pectinata*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 79: 459-465.

Odžak N., T. Zvonarić, Z. Kljaković-Gašpić, M. Horvat, and A. Barić. 2000. Biomonitoring of mercury in the Kaštela Bay using transplanted mussels. Sci. Total Environ. 261: 61-68.

Orfanidis, S., P. Panayotidis and N. Stamatis. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes-based model. Med. Mar. Sci. 2: 45-6.5



Orfanidis, S., P. Panayotidis and N. Stamatis. 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecol. Indic.* 3: 27-33.

Orlić, M., and M. Kuzmić, 1985. On the cyclonic wind-driven flow in the Rijeka Bay during winter. *Repports et Proces-Verbaux des Reunions – CIESM.* 29:95-98.

Orlić M. 1987. Oscilations of the inertia period on the Adriatic Sea shelf. *Con. Shelf Res.* 7: 577-598.

Orlić M., M. Gačić, and P.E. La Violette. 1992. The currents and circulation of the Adriatic Sea. *Oceanol. Acta.* 15: 109-124.

Orlić M., M. Kuzmić, and Z. Pasarić. 1994. Response of the Adriatic Sea to the bora and sirocco forcing. *Con. Shelf Res.* 14: 91-116.

Orlić M., V. Dadić, B. Grbec, N. Leder, G. Beg-Paklar, A. Marki., F. Matić, H. Mihanović, M. Pasarić, Z. Pasarić, and I. Vilibić. 2004. East Adriatic Coastal Experiment (EACE), Report on the third year of work, Andrija Mohorovičić Geophysical Institute, Faculty of Science, University of Zagreb, Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Hydrographic Institute of the Republic of Croatia. 66 pp.

Orlić, M., G. Beg-Paklar, Z. Pasarić, B. Grbec and M. Pasarić. 2006. Nested modeling of the east Adriatic coastal waters. *Acta Adriat.* 47: 219-245.

Orlić, M., V. Dadić, B. Grbec, N. Leder, A. Marki, F. Matić, H. Mihanović, G. Beg-Paklar, M. Pasarić, Z. Pasarić and I. Vilibić. 2007. Wintertime buoyancy forcing, changing seawater properties and two different circulation systems produced in the Adriatic. *JGR – Oceans.* 111. doi:10.1029/2005JC003271.

Orlić, M.; G. Beg Paklar, Z. Bencetić Klaić, V. Dadić, B. Grbec, N. Leder, F. Matić, H. Mihanović, M. Morović, M. Pasarić, Z. Pasarić and I. Vilibić. 2007. Atmosphere-sea interaction and pronounced diurnal variability in the Adriatic shelf-break area. XXIV General Assembly of the IUGG (JMS014) – Perugia, 4pp.

Orlić, M., G. Beg-Paklar, V. Dadić, N. Leder, H. Mihanović, M. Pasarić, and Z. Pasarić. 2011. Diurnal upwelling resonantly driven by sea breezes around an Adriatic island. *JGR– Oceans* (in press).

Orth R.J., Carruthers T.J.B., Dennison W.C., Duarte C.M., Fourqurean J.W., et al. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience* 56: 987-996.

OSPAR. 2009. CEMP assessment report: 2008/2009; Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota. OSPAR commission.

Palanques, A. 1994. Distribution and heavy metal pollution of suspended particulate matter on the Barcelona Continental Shelf (Northwestern Mediterranean). *Env. Pol.* 85: 205-215.

Palanques, A., J.I. Diaz, and M. Farran. 1995. Contamination of heavy metals in the suspended and surface sediment of the Gulf of Cadiz (Spain): The role of sources, currents, pathways and sinks. *Oceanol. Acta.* 18: 469–478.

Panayotidis, P., B. Montesanto, and S. Orfanidis. 2004. Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journ. App. Phycol.* 16: 49-59.



- Pasarić, M., Z. Pasarić, and M. Orlić, 2000. Response of the Adriatic sea level to the air pressure and wind forcing at low frequencies (0.01-0.1 cph). *J. Geophys. Res.* 105: 11423-11439.
- Pasarić Z, D. Belušić, and Z.B. Klaić. 2007. Orographic influences on the Adriatic sirocco wind. *Ann. Geophys.* 25: 1263–1267.
- Penzar B., I. Penzar, i M. Orlić. 2001. Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana. Zagreb.-Koprivnica-Split. Dr. Feletar. Hrvatski hidrografski institut. 258 pp.
- Pérès, J.M., i Gamulin Brida H. 1973. Biološka oceanografija. Bentos. Bentoska bionomija Jadranskog mora. Školska knjiga. Zagreb. 493 pp.
- Petrinec, B. 2010. Radiološka karakterizacija srednjeg i južnog jadrana. Doktorska disertacija. Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb. 112 pp.
- Physical oceanography of the Adriatic Sea. Past, present and future. 2001. Edited by B. Cushman-Rosin, M. Gačić, P. Marie-Poulain and A. Artegiani. Kluwer Academic Press. 304 pp.
- Piazzzi, L., G. Pardi, and F. Cinelli. 1996. Ecological aspects and reproductive phenology of *Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston (Ceramiaceae, Rhodophyta) in the Tuscan archipelago (western Mediterranean). *Cryptogamie Algol.* 17: 35-43.
- Piazzzi, L., D. Balata, and F. Cinelli. 2002. Epiphytic macroalgal assemblages of *Posidonia oceanica* rhizomes in the western Mediterranean. *Eur. J. Phycol.* 37: 69-76.
- Picer, M., and N. Picer, 1995. Lewels and long-term trends of Polychlorinated Bifenylys and DDT's in mussels collected from the Eastern Adriatic Coastal Waters. *Wat. Res.* 29:2707-2719.
- Picer, M., and N. Picer, 1997. DDT and PCB levels and long-term trend in sediments collected from the Eastern Coastal and Open Waters of the Adriatic Sea. *Organohalogen Compunds.* 32: 198-203.
- Pignatti, S., and G. Giaccone. 1977. Flora sommersa del Golfo di Trieste. *Nova Thal.* 3: 1-17.
- Pinedo, S., M. García, M.P. Satta, M. de Torres, and E. Ballesteros. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. *Mar. Poll. Bull.* 55: 126-135.
- Poulain, P.M. 2001. Adriatic sea surface circulation as derived from drifter data between 1990 and 1999. *J.Mar.Syst.* 29: 3-22.
- Precali, R., and T. Djakovac. 2009. Towards oligotrophication of the northern Adriatic: A reality? ASLO Aquatic Sciences Meeting 2009; Meeting Abstracts. Gattuso, J.P., Bossard, P., Weinbauer, M. (ur.). Waco, Texas, USA : ASLO, 2009. 211.
- Prime, M., M. Peharda, K. Jelic, I. Mladineo, and C.A. Richardson. 2006. The occurrence of imposex in *Hexaplex trunculus* from the Croatian Coast. *Mar. Poll. Bull.* 52: 800-815.
- Projekt Jadran. Izviješća 1998-2005. www.cim.irb.hr/projekti/projekt-jadran/izdvojeno/
- Projekt Jadran. Izviješća 1998-2010. Zooplankton. IOR Split.
- Projekt PELMON. 2002-2010 Izviješća. Zooplankton. IOR Split.
- Projekt Vir-Konavle . Izviješća 1994-2004. Zooplankton. IOR Split.



Radović, D., J. Kralj, V. Tutiš, J. Radović, and R. Topić. 2005. Nacionalna ekološka mreža – važna područja za ptice u Hrvatskoj. National Ecological Network – areas important for birds in Croatia. State Institute for nature Protection. Zagreb. 84 pp.

Radović, J. 2010. National document aiming at the identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to Mediterranean marine and coastal biodiversity of the republic of Croatia. Tunis. Contract N° 60 RAC/SPA- 2009 SAP-BIO. 98 pp.

Rainbow P.S., M. Wolowicz, W. Fialkowski, B.D. Smith, and A. Sokolowski. 2000. Biomonitoring of trace metals in the Gulf of Gdansk, using mussels (*Mytilus trossulus*) and barnacles (*Balanus improvisus*). Water Res. 34: 1823-1829.

Redfield, A.C., B.H. Ketchum, and F.A Richards. 1963. The influence of organism on the composition of seawater. In: Hill, M.M. (ed.) The Sea, Vol 2. Interscience Publishers. New York. 27-77.

Rizzi Longo, L. 1972-1973. Campionamenti di alghe bentoniche nel Quarnero. Atti Mus. civ. Stor. nat. Trieste. 28: 147-166.

Romero, J., B. Martínez-Crego, T. Alcoverro, and M. Pérez. 2007. A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). Mar. Poll. Bull. 55: 196-204.

Sala, E., and M. Zabala. 1996. Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 140: 71-81.

Salomons, W., and U. Förstner. 1984. Metals in the hydrocycle. Springer Verlag. Berlin. 63-98.

Sanders, R.W., D.A. Caron, and U.G. Berninger. 1992. Relationship between bacteria and heterotrophic nanoplankton in marine and fresh waters: an inter-ecosystem comparison. Mar. Ecol. Progr. Ser. 86: 1-14.

Schiffner, V. 1916. Studien uber Algen des Adriatischen Meeres. Wiss. Meeresunters. N.F. Abt. Helgol. 11:129-198.

Schiffner, V. 1933. Meeresalgen aus Süd-Dalmatien. Oster. bot. Zeitschr. 82: 283-304.

Schiller, J. 1915 Oesterreichische Adriaforchung. Berichte uber die allgemeinen biologischen Verhältnisse der Flora des Adriatischen Meeres. Intern. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 6.

Skaramuca, B. 1982. Appendicularia. "Andrija Mohorovičić" 1974-1976. Izvještaji i rezultati oceanografskih istraživanja Jadranskog mora. Split. 211-215.

Smirčić, A., and I. M. Gačić. 1982. Istraživanje spektralnih karakteristika površinskih valova uzrokovanih vjetrom na otvorenom dijelu Jadranskog mora. Publikacija HI - Split. 80 pp.

Smirčić, A., and M. Gačić. 1983. On the saturation range of wave spectra and speed dependence in the North Adriatic. Rapp. Comm. Int. Mer. Medit. 28: 2.

Smirčić, A. 1985. Površinski valovi otvorenog Jadrana uzrokovani vjetrom u vidu prirodnogeografskih svojstava, Doktorska disertacija. Ljubljana. 145 pp.

Smirčić, A., N. Domjan, V. Dadić, M. Zore-Armanda, V. Kovačević, and B. Grbec. 1993. Poglavlje 5.3. Osobine morskih struja. Hidrografske, geološke, navigacijske, ribarstvene,



klimatske, oceanografske i ekološke osobine u području za polaganje optičkog podmorskog kabela. Hrvatski hidrografski institut, Institut za oceanografiju i ribarstvo, i Brodospas. 5:83-117.

Smirčić, A., M. Gačić, and V. Dadić 1996. Surface waves. Ecological study of gas fields in the northern Adriatic. *Acta Adriat.* 37: 17-34.

Smirčić, A., i N. Leder. 1996. Dinamička svojstva akvatorija Palagruškog praga, Znanstveni skup "100 godina meteoroloških mjerenja i motrenja na Palagruži". Split. Zbornik radova. 339-343.

Smirčić, A., N. Leder, and I. Vilibić. 1998. Surface waves in the southern Adriatic area, International symposium on Water Management and Hydraulic Engineering. Dubrovnik. 1:461-471.

Smirčić, A., B. Petričević, i N. Leder (ured.). 1999. Rezultati istraživačkih radova uvale Plominske luka. Hrvatski hidrografski institut. Split.

Smirčić, A., I. Vilibić, and N. Leder. 2000. Usporedba značajki površinskih valova u Jadranskom moru. Zbornik radova Visoke pomorske škole u Splitu. 37-46.

Socal, G., F. Acri, M. Bastianini, F. Bernardi Aubry, F. Bianchi, D. Cassini, J. Coppola, A. De Lazzari, V. Bandelj, G. Cossarini, and C. Solidario. 2008. Hydrological and biogeochemical features of the Northern Adriatic Sea in the period 2003-2006. *Mar. Ecol.* 29: 449-468.

Solidario, C.M., V. Bastianini, V. Bandelj, G. Codermatz, D. Cossarini, D. Melaku Canu, E. Ravagnan, S. Salon, and S. Trevisani. 2009. Current state, scales of variability and decadal trends of biogeochemical properties in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res. C: Oceans* 114, C07S91, doi: 10.1029/2008JC004838.

Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2008. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. Zagreb. 2009.

Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2010. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. Zagreb. 2011.

Supić, N., M. Orlić, and D. Degobbis. 2000. Istrian Coastal Countercurrent and its year-to-year variability. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 50: 385-397.

Swackhamer D.L., H.W. Paerl, S.J. Eisenreich, J. Hurley, K.C. Hornbuckle, M. McLachlan, D. Mount, D. Muir, and D. Schindler. 2004. Impacts of Atmospheric Pollutants on Aquatic Ecosystems. *Issues in Ecology* 12: 2-24.

Šipoš, V. 1977. Eufauzidi Jadranskog mora. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu. Zagreb. 144 pp.

Špan, A. 1980. Composition et zonation de la flore et végétation benthique de l'île de Hvar (Adriatique Moyenne). *Acta Adriat.* 21: 169-194.

Špan, A., i B. Antolić. 1981. Fitobentos šireg područja Malostonskog zaljeva. -Phytobenthos of the wide area of Mali Ston Bay. Savjetovanje "Malostonski zaljev: prirodna podloga i društveno valoriziranje". Dubrovnik: 162-174.

Špan, A., i B. Antolić. 1983. Prilog poznavanju fitobentosa Crnogorskog primorja, južni Jadran. - A contribution to the knowledge of phytobenthos of an open region (Crnogorsko primorje) in the eastern South Adriatic. *Studia Marina*, 13/14: 87-110.



- Špan, A. and B. Antolić. 1994. Benthic marine flora of Kornati National Park (Kornati Archipelago, Middle Adriatic, Croatia). *Acta Adriat.* 34: 29-44.
- Špan, A., B. Antolić, i A. Ercegović. 1996. Sastav i rasprostranjenost bentoske flore alga i morskih cvjetnica na području otoka Palagruže. - Composition and distribution of benthic marine algal flora and seagrasses in the Palagruža Island area. *Zbornik Palagruža-Jadranski dragulj*, Hrvatska pomorska ekološka služba: 191-204.
- Špan, A. i B. Antolić. 1997. Sastav, rasprostranjenost i stanje bentoske flore na širem području Splita. HAZU, Zagreb. Tisuću godina prvoga spomena ribarstva u Hrvata: 493-513.
- Špan, A., and B. Antolić. 1999. The benthic marine flora of the Brač Island area (Middle Adriatic, Croatia). *Acta Adriat.* 40: 87-104.
- Špan A., B. Antolić, i N. Zavodnik. 2002. Bentoska flora Makarskog područja (srednji Jadran, Hrvatska). Hrvatsko ekološko društvo, Ekološke monografije 5 (2), Prirodoslovna istraživanja Biokovskog područja: 287-301.
- Šolić, M., N. Krstulović, I. Vilibić, N. Bojanić, G. Kušpilić, S. Šestanović, D. Šantić, and M. Ordulj. 2009. Variability in the bottom-up and top-down control of bacteria on trophic and temporal scale in the middle Adriatic Sea. *Aquat. Microb. Ecol.* 58: 15-29.
- Šolić, M., N. Krstulović, G. Kušpilić, Ž. Ninčević Gladan, N. Bojanić, S. Šestanović, D. Šantić, and M. Ordulj. 2010. Changes in microbial food web structure in response to changed environmental trophic status: A case study of the Vranjic Basin (Adriatic Sea). *Mar. Environ. Res.* 70: 239-249.
- Tabain, T. 1985. Predskazivanje valjanja malih brodova pri istovremenom djelovanju nepravilnih valova i vjetrova. Doktorska disertacija. Zagreb.
- Tabain, T. 1997. Standard wind wave spectrum for the Adriatic Sea revisited (1977-1997). *Brodogradnja*. 45: 303-313.
- Techet, K. 1906. Über die marine Vegetation des Triester Golfes. *Abhandl. der k.k. bot. Gesell.* 3: 52 pp.
- Thompson, T.E., and D.M. Crampton. 1984. Biology of *Melibe fimbriata*, a conspicuous opisthobranch mollusc of the Indian Ocean, which has now invaded the Mediterranean Sea. *J. Moll. Stud.*, 50: 113-121.
- Trainito, E., 2003. Mediterranean harlequins, a field guide to Mediterranean Sea slugs. Taphros Editions. Olbia:1-60.
- Tudor, M. (urednik) 1991. Oceanografsko istraživanje Bračkog i Splitskog kanala za integralni ekološki projekt Split - Solin - Kaštela, IOR, Split. Studije i elaborati 107/91. 196 pp.
- Tudor, M. (urednik) 2002. Studija utjecaja na okoliš uzgajališta tune u akvatoriju Grška vela. IOR-Split, Studije i elaborati. 236/0. 139 pp.
- Turk, T. 2006. *Aplysia dactylomela* from Croatia, Message in Sea Slug Forum, 28 August 2006. Australian Museum. available from <http://www.seaslugforum.net>.
- Üthermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Verein. theor. angew. Limnol.* 9: 1-38.



- UNEP. 1994. Monitoring Programme of the Eastern Adriatic Coastal Area: Report for 1983-1991. UNEP. Athens. Greece. MAP Tech. Reports Ser No. 86: 135-142.
- UNEP. 1996. The state of the marine and coastal environment in the Mediterranean region. UNEP. Athens. Greece. MAP Tech. Reports Ser No. 100: 1-141.
- UNEP. 1999. Proceedings of the workshop on invasive *Caulerpa* species in the Mediterranean Heraklion. Crete. Greece. UNEP. Athens. MAP Tech. Reports Ser. 125: 317 pp.
- UNEP/FAO/WHO. 1989. Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by cadmium and cadmium compounds. UNEP. Athens. Greece. MAP Tech. Reports Ser. No. 34: 1-171.
- UNEP/FAO/WHO. 1996. Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by zinc, copper and their compounds and proposed measures. UNEP. Athens. Greece. MAP Tech. Reports Ser. No. 105: 1-288.
- Vaccarella, R., and A.M. Pastorelli. 1983. Estensione dell'areale di *Bursatella leachii savignyana* (Audouin) (Opisthobranchia, Aplysidae) al Basso Adriatico. *Thalassia Salent.* Taranto. 13: 60-61.
- Vatova, A. 1928. Compendio della flora e fauna del mare Adriatico presso Rovigno. Comitato talassogr. italiano. Mem. 143: 614 pp.
- Verlaque, M., 1994. Inventaire des plantes introduites en Méditerranée: origines et répercussions sur l'environnement et les activités humaines. *Oceanol. Acta* 17: 1-23.
- Vidjak, O. 1998. Struktura populacije mezozooplanktona okolice Splita. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb. 126 pp.
- Vilibić, I., and M. Orlić, 1999. Surface seiches and internal Kelvin waves observed off Zadar (East Adriatic). *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 48: 125-136.
- Vilibić, I., and M. Orlić. 2002. Adriatic water masses, their rates of formation and transport through the Otranto Strait. *Deep-Sea Res. I.* 1321-1340.
- Vilibić, I., 2003. An analysis of dense water production on the North Adriatic shelf. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 56: 697-707.
- Vilibić, I., B. Grbec, and N. Supić. 2004. Dense water generation in the north Adriatic in 1999 and its recirculation along the Jabuka Pit. *Deep Sea Res. I.* 51: 1457-1474.
- Vilibić, I., V. Dadić, and H. Mihanović, 2004. Large-amplitude internal Kelvin waves trapped off Split (Middle Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 61: 623-630.
- Vilibić, I. 2006. The role of the fundamental seiche in the Adriatic coastal floods. *Cont. Shelf. Res.* 26: 206-216.
- Vilibić, I., and G. Beg Paklar. 2006. High-frequency atmospherically-induced oscillations in the middle Adriatic coastal area. *Annales Geophysicae.* 24: 2759-2771.
- Vilibić, I., Book, J.W., Beg Paklar, G., Orlić, M., Dadić, V., Tudor, M., Martin, P.J., and M. Morović. 2009. West Adriatic coastal water excursions into the East Adriatic. *J. Mar. Syst.* 78: 132-156.



- Vilibić, I., J. Šepić, V. Dadić, H. Mihanović. 2010. Fortnightly oscillations observed in the Adriatic Sea. *Ocean dynamics*. 60: 57-63.
- Viličić, D. 2002. Fitoplankton Jadranskog mora. *Biologija i taksonomija*. Školska knjiga, Zagreb. 247 pp.
- Viličić, D., I. Marasović, and D. Mioković. 2002. Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea. *Acta Bot. Croat.* 61: 57-91.
- Viličić, D., T. Đakovac, Z. Burić, and S. Bosak. 2009. Composition and annual cycle of phytoplankton assemblages in the northeastern Adriatic Sea. *Bot. Mar.* 52: 291-305.
- Vojvodić i suradnici. Long term variability of organic matter in the northern Adriatic. 2011. u pripremi.
- Voss, N.A. 1959. Studies on the pulmonate gastropod *Siphonaria pectinata* (Linnaeus) from the southeast coast of Florida. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.* 9: 84-98.
- Vouk, V. 1915. O istraživanju fitobentosa u Kvarnerskom zaljevu. *Prir. istr. Hrvat i Slavon.* 2: 20 pp.
- Vouk, V. 1930. Prirodoslovan istraživanja sjevernodalmatinskog otočja. I. Dugi otok i Kornati. *Morske alge*. *Prir. istr. Jug. Akad. za umj.* 16: 163-171.
- Vouk, V. 1936. Studien über adriatische Codiaceen. *Acta Adriat.* 1: 1-47.
- Vučak, Z. 1965. Istraživanje struja pomoću boca plovaka. *Hidrografski godišnjak 1964*. *Hidrografski institut*. Split. 119-139.
- Vučak, Z., M. Gačić, i V. Dadić. 1981. Značajke strujnog polja Malostonskog zaljeva. *Savjetovanje Malostonski zaljev – prirodna podloga i društveno valoriziranje*. JAZU – Savjet za zaštitu prirode. Dubrovnik. *Zbornik radova*: 41-51.
- Vukadin I., T. Zvonarić, and N. Odžak. 1995. Fate and distribution of toxic heavy metals in some marine organisms from the Eastern Adriatic Coast. *Helgolander Meeresun.* 49: 679-688.
- Vuković, A. 1980. Asocijacije morskih bentoških alg v Piranskem zalivu. - Associations of marine benthic algae in the Piran Bay (Gulf of Trieste). *Biološki vestnik*. 28: 103-124.
- Wallace, B.P., Heppell, S.S., Lewison, R.L., Kelez, S., and Crowder, L.B. 2008. Reproductive values of loggerhead turtles in fisheries bycatch worldwide. *J. Appl. Ecol.* 45: 1076-1085.
- Wells, E., M. Wilkinson, P. Wood, and C. Scanlan. 2007. The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.* 55: 151-161.
- Wright, P., and C.F. Mason. 1999. Spatial and seasonal variation in heavy metals in the sediments and biota of two adjacent estuaries, the Orwell and the Stour, in eastern England. *Sci. Total Environ.* 226: 139-156.
- Zanardini, G. 1841. Synopsis algarum in mari Adriatico. *Mem.R.Acc. Torino*. 2: 105-255.
- Zanardini, G. 1860-1876. *Iconographia phycologica Mediterraneo-Adriatica*. Tip. G. Antonelli, Venezia, Vol. I-III.



Zanchettin, D., P. Traverso, and M. Tomasino. 2008. Po River discharges: a preliminary analysis of a 200-year time series. *Climatic Change* 89: 411-433.

Zavod za ornitologiju (Sanja Barišić, Davor Ćiković, Jelena Kralj, Goran Sušić, Vesna Tutiš), Dragan Radović, Ivan Budinski, Robert Crnković, Antun Delić, Dubravko Dender, Vlatka Dumbović, Ivan Darko Grlica, Luka Jurinović, Davor Krnjeta, Krešimir Leskovic, Duje Lisičić, Ivica Lolić, Gordan Lukač. Kristijan Mandić, Krešimir Mikulić, Tibor Mikuska, Gvido Piasevoli, Andrej Radalj, Zlatko Ružanović, Vlatka Ščetarić, Mirko Šetina, Adrian Tomik (2011): Procjene brojnosti za SPA područja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Zavodnik, D., A. Špan, N. Zavodnik, and B. Antolić. 1981. Benthos of the western coast of the Island Krk (Rijeka Bay, the North Adriatic Sea). *Thalassia Jugosl.* 17: 289-340.

Zavodnik, D., and N. Zavodnik. 1982. Survey of benthic communities in the area of Osor (north Adriatic Sea). *Acta Adriat.* 23: 259-270.

Zavodnik, N. 1983. Prilog poznavanju morskih alga i cvjetnica zapadne obale Istra. - Observations on the flora of seaweeds and seagrasses on the western coast of Istria (North Adriatic). *Biosistematika.* 9: 1-13.

Zavodnik, D., i N. Zavodnik. 1986. Bentos. *Pomorski zbornik.* 24: 535-554.

Zavodnik, D., F. Kršinić, I. Grubelić, M. Hrs-Brenko, A. Jaklin, Z. Števcic, A. Travizi, i E. Zahtila. 1999. Beskralješnjaci mora. U: Kutle A (ed) Pregled stanja i biološke krajobrazne raznolikosti Hrvatske sa strategijom i akcijskim planovima zaštite. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb, 151 pp.

Zenetos A., S. Gofas, G. Russo and J. Templado. 2003. CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol. 3 Molluscs. (eds) F. Briand ed. 376 pp.

Zore-Armanda, M., 1964. Rezultati direktnih mjerenja struja na Jadranu. *Acta Adriat.* 11: 293-308.

Zore-Armanda, M. 1968: The System of Currents in the Adriatic Sea. FAO. Rome. 48. pp.

Zore-Armanda, M. 1969. Water exchange between the Adriatic and the Eastern Mediterranean. *Deep-Sea Res.* 16: 171-178.

Zore-Armanda M, M. Bone, and M. Gacic. 1979. Some dynamic characteristics of the east Adriatic coastal area. *Acta Adriat.* 21:55-74.

Zore-Armanda, M. 1980. Some dynamic and hydrographic properties of the Kastela Bay. *Acta Adriat.* 21: 55-74.

Zore-Armanda, M., and V. Dadić. 1984. Some dynamic properties of the channel Virsko more (East Adriatic Sea). *Acta Adriat.* 25:119-138.

Zore-Armanda, M., and Z. Vučak, 1984. Some properties of the residual circulation in the Northern Adriatic. *Acta Adriat.*, 25:101-117.

Zore-Armanda, M., M. Bone, V. Dadić, M. Gačić, V. Kovačević, and Z. Vučak. 1996. Ecological study of gas fields in the northern Adriatic. 4. Circulation. *Acta Adriatic.*, 37: 35-68.



Zupan, A. 1961. Prilog poznavanju elemenata površinskih valova Jadranskog mora na temelju podataka motrenja jugoslavenskih trgovačkih brodova od 1953. do 1960. godine, Hidrografski godišnjak 1960: 70-95.

Žuljević, A., B. Antolić, and A. Špan. 1998. Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh in Starigrad bay (island Hvar, Croatia). "Third international Workshop on *Caulerpa taxifolia*" (eds). Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A. and Paulluy F. GIS Posidonie publ.France: 51–59.

Žuljević, A., T. Thibaut, H. Elloukal, and A. Meinesz. 2001. Sea slug disperses the invasive *Caulerpa taxifolia*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 81: 343-344.

Žuljević, A., B. Antolić, and V. Onofri. 2003. First record of *Caulerpa racemosa* (Caulerpales: Chlorophyta) in the Adriatic Sea. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 83: 711-712.

Žuljević, A., and B. Antolić. 2004. The spread of the invasive variety of *Caulerpa racemosa* in the Adriatic Sea. Rapp. Comm. Int. Mer Médit.: 466.

