

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Ana Čelig, Diplomski studij ekologije i zaštite prirode – Modul more

**Kartiranje naselja smeđe alge *Fucus virsoides* J. Agardh u  
priobalju južne Istre**

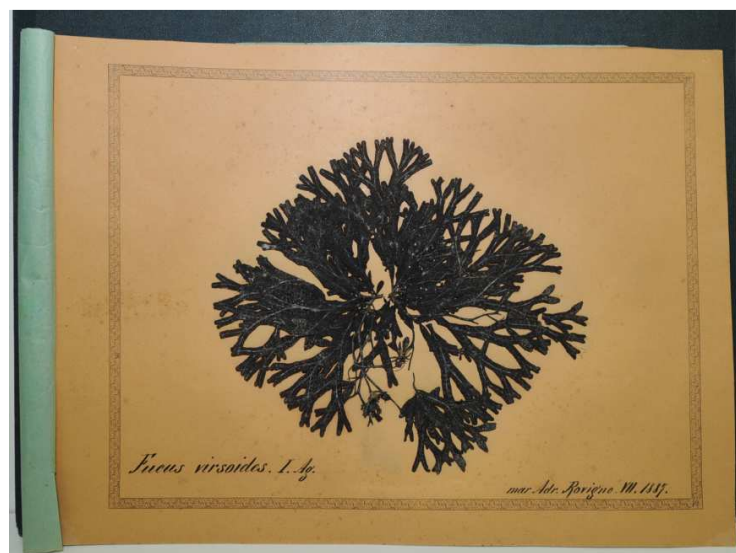
Diplomski rad

Zagreb, 2010. godina

Ovaj rad, izrađen u Centru za istraživanje mora Instituta „Ruđer Bošković“ u Rovinju, pod vodstvom dr. sc. Ljiljane Iveše i doc. dr. sc. Tatjane Bakran–Petricioli, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno–matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno–matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i u Centru za istraživanje mora Instituta „Ruđer Bošković“ u Rovinju.

Zahvaljujem svojoj voditeljici, dr. sc. Ljiljani Iveši na velikoj pomoći, brojnim korisnim savjetima i velikom trudu koji je, tijekom mog boravka u CIM-u, uložila u izradu ovog rada. Također joj najiskrenije zahvaljujem što me primila kao svoju diplomanticu i odvojila vrijeme za mene tijekom terenskih istraživanja i pisanja rada. Suvoditeljici, doc. dr. sc. Tatjani Bakran-Petricioli, zahvaljujem od srca što mi je pomogla i omogućila mi da napravim ovaj rad u CIM-u. Zahvaljujem joj i na pomoći i savjetima tijekom izrade diplomskog rada i tijekom studija.



## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

### **Kartiranje naselja smeđe alge *Fucus virsoides* J. Agardh u priobalju južne Istre**

Ana Čelig

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Smeđa alga *Fucus virsoides* J. Agardh je jedina vrsta roda *Fucus* koja se pojavljuje u Sredozemnom moru i endem je Jadranskog mora. Raste isključivo na stjenovitom supstratu i duž mediolitoralne stepenice izgrađuje gusta naselja. U sjevernom Jadranu zadnjih nekoliko desetljeća zabilježena je regresija ove vrste sa više područja. Cilj ovog rada bio je kartiranje naselja smeđe alge *F. virsoides* u području plime i oseke južne obale Istre. Istraživanje je provedeno u ljeto 2010. godine duž cijele obale, od autokampa Stoja u Puli do mjesta Ližnjana. Naselja vrste *F. virsoides* zabilježena su na devet lokacija, a na šest je provedeno uzorkovanje. Morfometrija fukusa napravljena je na osnovi slijedećih parametara: broj jedinki, mokra i suha biomasa, visina steljke, promjer bazalne pločice i broj ramifikacija. Broj jedinki i biomasa jadranskog bračića analizirani su univarijantnim i multivarijantnim metodama u odnosu na okolišne čimbenike: izloženosti obale i tip supstrata. Također je analiziran i ostatak flore i faune unutar zajednice fukusa.

(44 stranice, 28 slika, 4 tablice, 29 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: *Fucus virsoides*, kartiranje, južna obala Istre, morfologija, abiotički parametri, zajednica

Voditelj: Dr. sc. Ljiljana Iveša, znanstveni suradnik

Suvoditelj: Dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, docent

Ocjenitelji: Dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, docent; dr. sc. Ljiljana Iveša, znanstveni suradnik;  
dr. sc. Renata Šoštarić, docent; dr. sc. Zoran Tadić, docent

Rad prihvaćen: 26. 11. 2010.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### **Mapping of brown alga *Fucus virsoides* J. Agardh along the coast of southern Istria**

Ana Čelig

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Brown algae *Fucus virsoides* J. Agardh is the only species from genus *Fucus* which appears in Mediterranean Sea and is endemic for Adriatic Sea. It grows exclusively on rocky bottoms and builds dense settlements along the mediolittoral belt. Over the last few decades its regression from several places in the Northern Adriatic has been recorded. The objective of this research was mapping of *F. virsoides* along the mediolittoral belt of the southern Istrian coast. The research took place in summer 2010 along the entire coast, from auto-camp Stoja in Pula to Ližnjan. Settlements of algae *F. virsoides* were recorded on nine locations, but samples were taken only from six. The morphology of *Fucus* was described with following variables: number of individuals, wet and dry biomass, thalli length, diameter of the basal plate and number of ramifications. The number of individuals and biomass were analysed with univariate and multivariate methods. The rest of flora and fauna inside the fucus settlements was also analysed.

(44 pages, 28 figures, 4 tables, 29 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological library

Key words: *Fucus virsoides*, mapping, Southern Istrian coast, morphology, abiotic variables, assemblages

Supervisor: Dr. Ljiljana Iveša, Scientific Collaborator

Co-supervisor: Dr. Tatjana Bakran-Petricioli, Assistant Professor

Reviewers: Dr. Tatjana Bakran-Petricioli, Assistant Professor; dr. Ljiljana Iveša, Scientific Collaborator; dr. Renata Šoštarić, Assistant Professor; dr. Zoran Tadić, Assistant Professor

Thesis accepted: 26<sup>th</sup> of November, 2010

## SADRŽAJ

<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
1.1. <i>Fucus virsoides</i> J. Agardh (jadranski bračić) .....	1
1.1.1. Morfologija i razmnožavanje smeđe alge <i>Fucus virsoides</i> .....	2
1.1.2. Ekologija i rasprostiranje smeđe alge <i>Fucus virsoides</i> .....	4
<b>2. Materijali i metode</b> .....	<b>6</b>
2.1. Istraživano područje .....	6
2.2. Metode uzorkovanja i mjerenja .....	10
2.3. Laboratorijska obrada biološkog materijala .....	13
2.4. Statističke analize .....	13
2.4.1. Analiza varijance (ANOVA) .....	14
2.4.2. Analiza principalnih koordinata (PCO).....	14
<b>3. Rezultati</b> .....	<b>15</b>
3.1. Kartiranje naselja smeđe alge <i>Fucus virsoides</i> .....	15
3.2. Analiza varijance (ANOVA) univarijatnih pokazatelja za vrstu <i>Fucus virsoides</i> na istraženim postajama.....	16
3.2.1. ANOVA mokre biomase jadranskog bračića u istraženom području .....	16
3.2.2. ANOVA broja jedinki jadranskog bračića u istraženom području .....	18
3.3. Uzrasna struktura .....	23
3.4. Multivarijatna analiza morfoloških značajki vrste <i>Fucus virsoides</i> .....	26
3.5. Zajednice unutar naselja <i>Fucus virsoides</i> .....	27
<b>4. Rasprava</b> .....	<b>32</b>
<b>5. Zaključci</b> .....	<b>40</b>
<b>6. Literatura</b> .....	<b>41</b>

# 1. Uvod

## 1.1. *Fucus virsoides* J. Agardh (jadranski bračić)

Porodica Fucaceae pripada u smeđe, višestanične alge (Rajan 2002) koje su, u Jadranskom moru, zastupljene s tri roda: *Cystoseira*, *Sargassum* i *Fucus*. Naziv *Fucus* potječe od grčke riječi *phykos*, što znači alga i već je dugo vremena poznat algolozima diljem svijeta. Prema literaturnim podacima radi se o dobro istraženom rodu predstavljenom s više od 100 vrsta. To su isključivo morske alge, pronađene na stjenovitim obalama u zoni plime i oseke umjerenog pojasa sjeverne hemisfere. Na južnoj polutci su u potpunosti odsutne i nisu zabilježene dalje od Indije (Sharma 1986).

Smeđa alga *Fucus virsoides* J. Agardh (Slika 1) je jedina vrsta roda *Fucus* koja se pojavljuje u Sredozemnom moru, ujedno predstavljajući i endemičnu vrstu Jadranskog mora (Giaccone i Pignatti 1967, Munda 1972, Rindi i Battelli 2005).



Slika 1. Vanjski izgled vrste *Fucus virsoides*.

Razvija se na mjestima koja su pod utjecajem slatke vode, osobito u sjevernom, a zatim i u srednjem Jadranu. Dalje prema jugu, populacije fukusa su sve rjeđe. Na poluizloženim staništima i na blago nagnutom dnu fucus nastanjuje pojas širine od oko 2 m (Giaccone i Pignatti 1967, Munda 1972; 1980). Za naselje jadranskog bračića karakteristični su ekstremni

ekološki uvjeti, budući da cijelo naselje dva puta dnevno ostane na suhom (Zavodnik 1967). Pojavljuje se na čvrstim dnima u biocenozi donjih mediolitoralnih stijena kao asocijacija s vrstom *Fucus virsoides* (Bakran-Petricioli 2007), a sam fucus se nikad ne pojavljuje kao epifit na drugim algama (Zavodnik 1973). Zajednica jadranskog bračića značajna je za donji horizont plime i oseke srednje izloženih i zaštićenih staništa stjenovite obale (Zavodnik 1984). Gornju granicu vegetacijskog pojasa jadranskog bračića određuje najviši nivo plime, a donju najniži nivo oseke i zbog toga je njegova životna sredina jasno ograničena i u horizontalnom i u vertikalnom smjeru (Lindarić 1949). Širina vegetacijskog pojasa u horizontalnom smjeru, prvenstveno, ovisi o nagibu obale. Pri istoj amplitudi plime i oseke, širina mediolitoralne stepenice biti će veća što je obala položajna i obrnuto (Lindarić 1949).

### 1.1.1. Morfologija i razmnožavanje smeđe alge *Fucus virsoides*

Tijelo alge je plosnata, vrpčasta, dihotomski razgranjena, tamnosmeđa steljka, kožaste strukture, koja je bazalnom pločicom pričvršćena za podlogu (Rajan 2002). Steljka se može raščlaniti u tri morfološki različita dijela: bazalna pločica (rizoid), stabalce (držak, kauloid) i lisnati dijelovi (filoidi, Slika 2).



**Slika 2.** Steljka vrste *Fucus virsoides* (gore), bazalna pločica (lijevo), stabalce s bazalnom pločicom i listovima (sredina), listovi (desno).



Zaobljeno stabalce nalazi se između bazalne pločice i lisnatih dijelova, a u području lista nastavlja se u središnje rebro (Slika 3).



**Slika 3.** Središnje rebro u listu koji se dihotomski grana. Vide se i zračni mjehurići.

Terminalni, bilateralni, vrpčasti dio tijela je list (Slika 2, desno). On predstavlja gornje razgranjene dijelove i zauzima najveći dio stieljke dajući joj glavno vanjsko morfološko obilježje. Sastoji se od dihotomsko razgranjenih članaka čijom sredinom prolazi središnje rebro i proteže se sve do vegetacijskih vrhova (Lindarić 1949). Oko središnjeg rebra smješteni su zračni mjehurići (Slika 3). Oni pomažu da stieljka alge, za vrijeme plime ostane uspravna. Površina lista je skliska zbog prisutnosti želatinoznog materijala (Rajan 2002).

Na površini listova nalaze se sitne točkaste strukture - kriptostome ili sterilni konceptakuli, dok zreli terminalni listovi nose nabubrene fertile strukture, receptakule (Slika 4). Receptakuli sadrže mnogo šupljina nalik bocama, nazvanih konceptakuli, u kojima su smješteni spolni organi. Muški konceptakul nosi puno anteridija, a ženski je po strukturi sličan muškome, osim što nosi oogonije (Sharma 1986, Rajan 2002).



**Slika 4.** Receptakuli na vršnom dijelu lista.

Razmnožavanje može biti vegetativno i spolno (Rajan 2002). Nesporno razmnožavanje određenim vrstama spora ne postoji, nego se odvija fragmentacijom i formiranjem adventivnih ogranaka (Sharma 1986). Spolno razmnožavanje je oogamija pomoću oogonija i anteridija (Rajan 2002).

### **1.1.2. Ekologija i rasprostiranje smeđe alge *Fucus virsoides***

Važni faktori okoliša koji utječu na naselja *Fucus virsoides* u zoni plime i oseke su: temperatura, salinitet, gibanje mora, svjetlost i prisutnost hranjivih tvari (Lindarić 1949, Korpinen i sur. 2010). Abiotički okolišni faktori utječu na rast, morfologiju i kemijski sastav vrste *F. virsoides*, kao i na gustoću i dubinu naseljavanja, a posljedično mogu i reflektirati promjene u strukturi zajednice (Korpinen i sur. 2010). Za makroalge važan ekološki faktor, zbog njihovog sesilnog načina života, je i supstrat. Izloženost i nagib obale, o kojima direktno ovisi snaga i razorni učinak valova, bitno utječu na naselja flore i faune u gornjoj granici mediolitoralne stepenice (Lindarić 1949).

U novije vrijeme zabilježena je regresija smeđe alge *Fucus virsoides* u sjevernom Jadranu na više područja, a kao razlog tome navodi se urbano onečišćenje (Munda 1979; 1982). Istraživanja o bentoskim organizmima unutar naselja *F. virsoides* provedena su na sjevero-istočnoj talijanskoj obali (Giaccone i Pignatti 1967), duž slovenske obale (Battelli 2002) i zapadne obale Istre (Munda 1972). Detaljnije kartiranje naselja alge provedeno je u crnogorskom primorju (Mačić 2006), dok za sjeverni Jadran podaci o rasprostranjenosti alge nedostaju. Najjužnije područje u Jadranskom moru na kojem je pronađen jadranski bračić je Boka Kotorska. Unutar zaljeva vrsta *F. virsoides* pronađena je u isprekidanoj zoni na 14 postaja (Mačić 2006).

Istraživanja makroalgi na rovinjskom području tijekom sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća ukazuju na dominaciju i dobro razvijena naselja fukoidnih algi (najviše rod *Cystoseira*). Tijekom slijedećeg desetljeća, fukoidne alge su se počele povlačiti pod utjecajem povećanog onečišćenja organskim otpadom, a zamijenile su ih zajednice algi i životinja, karakteristične za onečišćena područja, uz dominaciju oportunističkih vrsta. Vegetacija algi vrlo je važan indikator

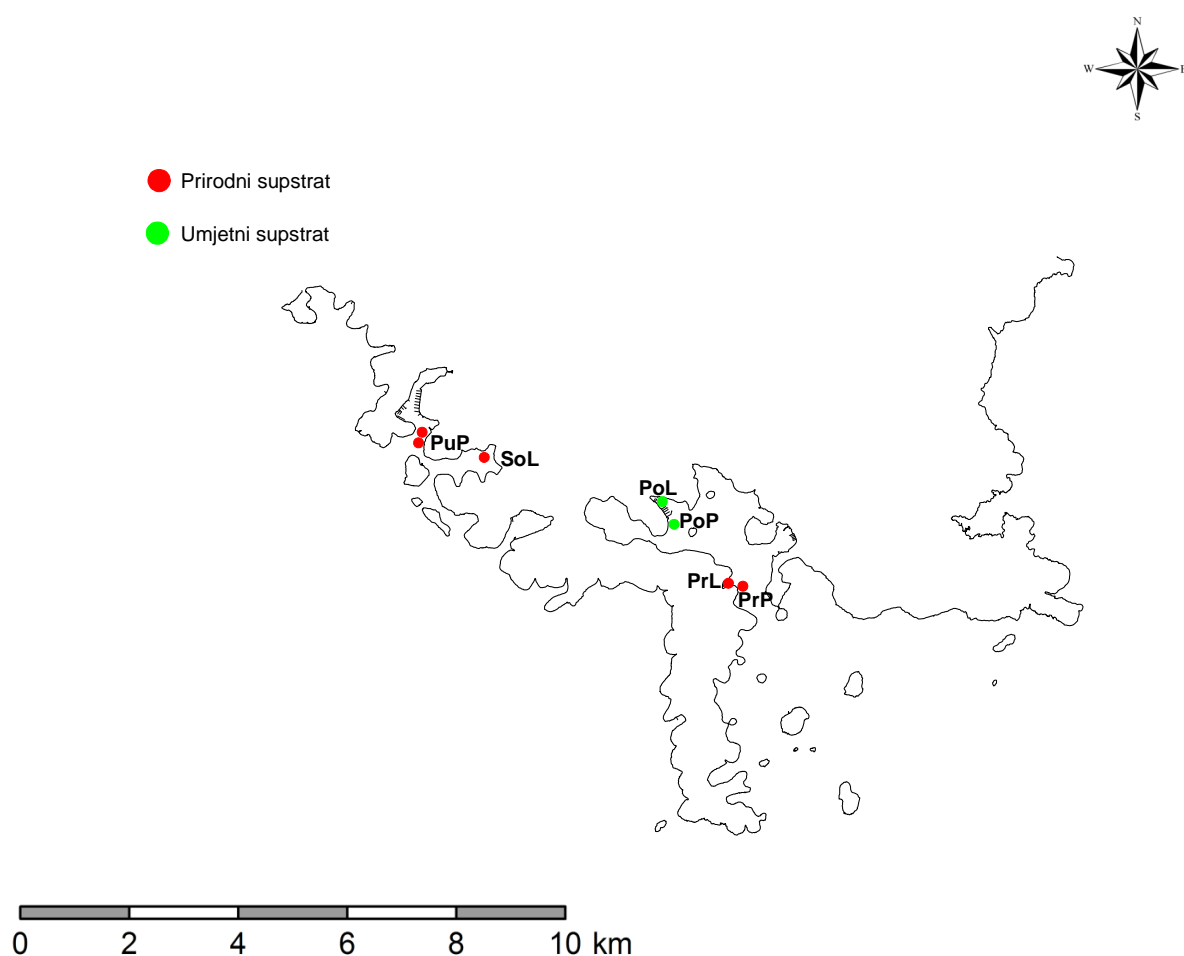
dugotrajnih poremećaja izazvanih onečišćenjem morskog okoliša. Onečišćenja kanalizacijskim i otpadnim vodama utjecala su na izgled vegetacije u priobalnom rovinjskom području te na nestajanje mnogih dominantnih vrsta algi (Zavodnik 1977, Munda 1980 a, b; 1982; 1993). Tako je alga *F. virsoides* nestala iz mediolitoralne stepenice tamo gdje su se nalazili izljevi otpadnih voda, a opstala je isključivo u čistim područjima (Munda 1979; 1980 a, b; 1982). Još se uvijek pojavljuje u nakupinama ili kao pojedinačni primjerak u izoliranim područjima mediolitoralne stepenice, kao što su udaljeni zaljevi ili pučinski otoci (Munda 2000), ali naselja jadranskog bračića su promijenila fizionomiju i floristički sastav (Munda 1993).

Cilj ovog rada bilo je kartiranje naselja smeđe endemske alge *Fucus virsoides* u području mediolitorala južnog dijela Istre. U dobro razvijenim naseljima alge istraženi su sastav flore i faune kao i morfometrijske značajke vrste *F. virsoides*, u odnosu na fizičke značajke postaja kao što su tip podloge i izloženost staništa, prateći ujedno i gradijent urbanog onečišćenja. Rezultati navedenog kartiranja poslužit će i u kategorizaciji kvalitete priobalja južnog dijela Istre u sklopu Okvirne direktive o vodama (ODV) 2000/60/EC u sjevernom Jadranu, gdje bi se uz postojeću listu dominantnih zajednica makroalgi korištenih za kategorizaciju, mogla uključiti i vrsta *F. virsoides*.

## 2. Materijali i metode

### 2.1. Istraživano područje

Istraživanje naselja alge *Fucus virsoides* provedeno je vizualnim opažanjima u ljeto 2010. godine (lipanj, srpanj i kolovoz) duž južne obale Istre, od autokampa Stoja u Puli do mjesta Ližnjana. Unutar istraživanog područja, uzorkovanje algi za morfometriju, provedeno je na 6, od 9 utvrđenih naselja (Slika 5):



**Slika 5.** Uzorkovanje vrste *Fucus virsoides* na području južne Istre. Nacrtna kontura obale predstavlja cjelokupno istraženo područje, a točke predstavljaju mjesta uzorkovanja algi: crvene točke – alge sakupljene sa prirodnog supstrata, zelene točke – alge s umjetnog supstrata.

**Postaja Pješćana uvala (postaja PuP)** sastoji se od dvije supralitoralne lokvice smještene na jugozapadnom dijelu Pješćane uvale. Dužina naselja jadranskog bračića u prvoj supralitoralnoj lokvici (Slika 6) bila je 1,2 m, a širina je iznosila 1,15 m. U drugoj lokvici dužina naselja bila je 3 m, a širina 0,23 m.



**Slika 6.** Naselje vrste *Fucus virsoides* u Pješćanoj uvali, postaja PuP.

**Plaža u Premanturi (postaja PrP)** nalazi se na poluizloženoj obali u zoni plime i oseke na sjeveroistočnoj obali poluotoka Kamenjak unutar autokampa Runke (Slika 7). Dužina naselja jadranskog bračića iznosila je 11,9 m, a maksimalna širina 3,18 m.



**Slika 7.** Naselje vrste *Fucus virsoides* u autokampu Runke, Premantura, postaja PrP.

**Lučica u Premanturi (postaja PrL)** smještena je u zaštićenoj uvali, u mediolitoralnoj stepenici, nešto sjevernije od postaje PrP (Slika 8). Dužina naselja fukusa bila je 11,55 m, a širina 1,3 m.



**Slika 8.** Naselje vrste *Fucus virsoides* na plaži u Premanturi, postaja PrL.

**Lučica u Pomeru (postaja PoL)** nalazi se u zaštićenoj uvali u priobalju zapadnog dijela Medulinskog zaljeva. Ova postaja je karakteristična zbog umjetnog supstrata (betonski blokovi) i antropogenog utjecaja (manja lučica, te dotoci slatke vode). Dužina naselja fukusa iznosila je 2,15 m, a širina 0,96 m (Slika 9). Na rubnim dijelovima betonskih blokova pronađene su pojedinačne steljke jadranskog bračića i na vertikalnoj podlozi.



**Slika 9.** Naselje vrste *Fucus virsoides* u lučici u Pomeru, postaja PoL.

**Plaža u Pomeru (postaja PoP)** je poluizloženo stanište u autokampu Pomer, smješteno na samom rubu Medulinskog zaljeva, malo južnije od postaje PoL (Slika 10). Na ovoj postaji na betoniranoj podlozi u zoni plime i oseke utvrđeno je prorijeđeno naselje jadranskog bračića. Dužina naselja bračića iznosila je 6,85 m, a maksimalna širina bila je 1,3 m.



**Slika 10.** Naselje vrste *Fucus virsoides* na plaži u atokampu Pomer, postaja PoP.

**Postaja Soline (postaja Sol)** predstavlja zaštićeno područje u mediolitoralnoj zoni uvale Soline (Slika 11), koje je smješteno jugoistočno od postaje PuP. Na ovoj postaji uzorkovanje naselja jadranskog bračića provedeno je u dva odvojena područja. Dužina prvog područja iznosila je 9,2 m, a maksimalna širina bila je 3,45 m. Dužina drugog područja bila je 12,6 m, a širina iznosila je 2,8 m.



**Slika 11.** Naselje vrste *Fucus virsoides* u uvali Soline, Vinkuran, postaja Sol.

U Tablici 1 su pregledno prikazane okolišne varijable: izloženost i supstrat na istraživanim postajama.

**Tablica 1.** Opis postaja prema okolišnim varijablama: Izloženost, Supstrat, Antropogeni utjecaj.

<b>Postaja</b>	<b>Oznaka</b>	<b>Izloženost</b>	<b>Supstrat</b>	<b>Antropogeni utjecaj</b>
Pješčana uvala, plaža	PuP	PI	P	Č
Premantura, plaža	PrP	PI	P	Č
Premantura, lučica	PrL	Z	P	Č
Pomer, lučica	PoL	Z	U	O
Pomer, plaža	PoP	PI	U	Č
Soline, lučica	SoL	Z	P	O

PI = poluizloženo, djelomice izloženo utjecaju valova

Z = zaštićeno, unutar uvale

P = prirodan

U = umjetan

Č = čisto

O = onečišćeno

## 2.2. Metode uzorkovanja i mjerenja

Uzorkovanje unutar naselja alge *Fucus virsoides* provedeno je u razdoblju od 22. srpnja do 13. kolovoza 2010. godine. Na istraživanim postajama alga je uzorkovana u dva nasumično odabrana područja unutar jedne, kontinuirane linije, naselja jadranskog bračića, a blizina navedenih područja ovisila je o dužini naselja fukusa na postaji (vidi Istraživano područje). Izuzetak je postaja PuP, gdje je uzorkovanje provedeno u dvije odvojene supralitoralne lokvice, te postaja SoL, gdje je uzorkovanje provedeno u dva odvojena područja, budući da je dužina naselja alge iznosila više od 100 metara. Unutar svakog područja nasumično su uzorkovana tri poduzorka, unutar kvadrata veličine 10 x 10 cm. Naselja jadranskog bračića, kao i ostala flora i fauna su fotodokumentirani.



Na postaji PuP ukupni broj uzorkovanih jedinki jadranskog bračića bio je 49, na postaji PrP 56, na postaji PrL 171, na postaji PoL 39, na postaji PoP 31, a na postaji SoL 123.

Uzorkovano je ukupno 469 jedinki alge *Fucus virsoides*. Od toga na prirodnom supstratu uzorkovano je 399 jedinki, a na umjetnom 70. Na zaštićenim postajama uzorkovane su 333 jedinke, a na poluizloženim 136 jedinki jadranskog bračića.

Uzorkovanje jedinki provedeno je za vrijeme niske vode. Izlazak na teren planiran je unaprijed tako što su praćene prognoze morskih mijena. Na terenu su provedena slijedeća mjerenja:

- Na svakoj postaji dužina naselja alge *F. virsoides* izmjerena je metrom, bilježeći maksimalnu dužinu i širinu kontinuiranog naselja fukusa (Slika 12).



**Slika 12.** Mjerenje naselja jadranskog bračića u supralitoralnoj lokvici u Pješčanoj uvali.

- Unutar kvadrata je određena *in situ* postotna pokrovnost vrste *F. virsoides* (Slika 13).
- Destruktivnim uzorkovanjem pomoću čekića i dlijeta sakupljene su sve jedinke algi jadranskog bračića unutar kvadrata.



**Slika 13.** Određivanje postotne pokrovnosti vrste *F. virsoides*.

- Nakon što su uzorkovane jedinice fukusa unutar kvadrata, provedena je kvantitativna analiza flore i faune pomoću kvadrata 10 x 10 cm koji je bio podijeljen na 16 manjih kvadratića. Algama je određena postotna pokrovnost, a životinjama je utvrđena učestalost (%) (Slika 14).



**Slika 14.** Određivanje postotne pokrovnosti algi i učestalosti životinja.

- Reprezentativni uzorci flore i faune unutar istraženih kvadrata su pohranjeni u 4%-tnoj otopini formaldehida s morskom vodom za kasniju taksonomsku obradu.

- Na svim postajama utvrđena je izloženost postaje (zaštićena ili poluizložena) i tip supstrata (prirodan ili umjetan supstrat), te antropogeni utjecaj.

### **2.3. Laboratorijska obrada biološkog materijala**

Za svaku sakupljenu jedinku jadranskog bračića u laboratoriju su izmjerene slijedeće morfološke karakteristike: visina steljke, promjer bazalne pločice i broj ramifikacija. Visina steljke mjerena je u centimetrima, točnošću na dvije decimale, a promjer bazalne pločice mjerena je u milimetrima, točnošću na jednu decimalu. Budući da prilikom uzorkovanja nije bilo moguće sačuvati sve bazalne pločice, promjer onih koje su se raspale je procijenjen. Digitalnom vagom izmjerena je mokra biomasa na dvije decimale. Za mjerenje suhe biomase uzorci su stavljeni u sušionik na 48 sati na temperaturu od 60°C.

Od ostalih morfoloških karakteristika jadranskog bračića, za svaku jedinku, je određen broj regeneracija na vršnim listićima, broj receptakula, broj odgrizenih listića, te visina stabalca i broj stabalaca. Navedene morfološke karakteristike nisu obrađene u rezultatima ovog rada.

Analiza zajednica algi unutar naselja jadranskog bračića provedena je obzirom na njihovu funkcionalnost. Svoje alge su određene do razine roda i svrstane su u slijedeće funkcionalne skupine: listolike, nitaste, debele razgranate, kožaste, inkrustrirajuće te inkrustrirajuće razgranate (Littler i Littler 1984).

### **2.4. Statističke analize**

Brojčani podaci su uneseni i obrađeni u Računalnom programu Microsoft Excel 2007. Za izradu grafičkih prikaza upotrebljavan je program Grapher 7. Za izradu karata korišten je program Surfer 8. Od statističkih analiza korištene su univarijatne analize (ANOVA), multivarijatne analize (PCO) te metoda dendograma za analizu zajednica flore i faune, a za navedene analize korišteni su programi Primer 6 i Systat 12.

### **2.4.1. Analiza varijance (ANOVA)**

Analizom varijance testiran je utjecaj izloženosti na sljedeće univarijatne pokazatelje u istraživanom području: broj jedinki i mokra biomasa. Primjenom analize varijance testirane su sljedeće nul hipoteze:

Ho1: izloženost ne utječe na biomasu;

Ho2: izloženost ne utječe na broj jedinki.

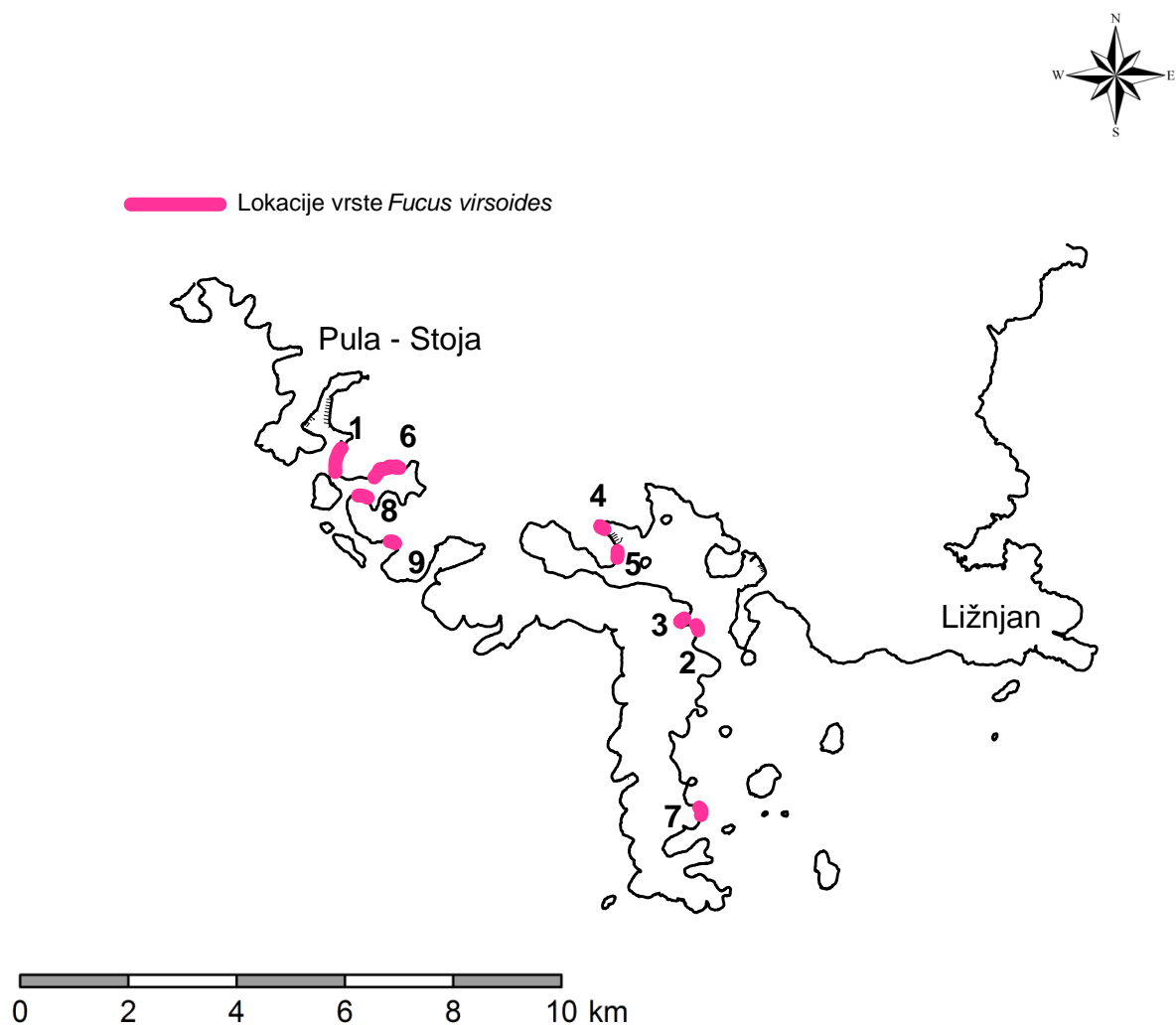
### **2.4.2. Analiza principalnih koordinata (PCO)**

Odnos izmjerenih morfoloških karakteristika steljke jadranskog bračića prema abiotskim čimbenicima istraženih postaja: izloženost i tip supstrata analizirani su pomoću multidimenzionalne metode – Analize principalnih koordinata (PCO). Metoda analizira uzorke na temelju njihove međusobne koordinatne udaljenosti. Što su uzorci smješteni dalje u koordinatnom sustavu razlike među njima su veće. Metoda grupnih dendograma korištena je za prikaz grupiranja postaja na osnovi sastava flore i faune. Ovom metodom prikazuje se sličnost među uzorcima.

### 3. Rezultati

#### 3.1. Kartiranje naselja smeđe alge *Fucus virsoides*

Prema terenskim podacima o prisutnosti i rasprostranjenosti naselja alge *Fucus virsoides* izrađena je karta južne Istre sa svim naseljima alge (Slika 15).



**Slika 15.** Naselja vrste *Fucus virsoides* na području južne Istre označena su bojom.

Naselja su pronađena na 9 lokacija (Slika 15): Pješčana uvala (1), plaža u Premanturi (2), lučica u Premanturi (3), lučica u Pomeru (4), plaža u Pomeru (5), lučica u Solinama (6), rt Kamenjak (7), uvale u Banjolama (8 i 9). Lokacije 3, 6, 8 i 9 su zaštićene i supstrat je prirodan (vapnenac). Lokacija 4 je zaštićena, a supstrat je umjetan (beton). Lokacija 5 je poluizložena, a supstrat je također umjetan (beton). Lokacije 1, 2 i 7 su poluizložene i imaju prirodan supstrat (vapnenac).

### **3.2. Analiza varijance (ANOVA) univarijantnih pokazatelja za vrstu *Fucus virsoides* na istraženim postajama**

Univarijantni indeksi za vrstu *Fucus virsoides* obrađeni u ovom poglavlju su mokra biomasa i broj jedinki. Podaci su obrađeni dvofaktorijelnim pokusnim planom: "Područje", koji je fiksni faktor te nasumičan i ugniježđen faktor „Postaja (Područje)“. Faktor „Područje“ ima dvije razine i to poluizloženo i zaštićeno područje. Nasumičan i ugniježđen faktor „Postaja (Područje)“ ima tri razine u poluizloženom području (postaje PuP, PrP i PoP) i tri razine u zaštićenom području (postaje PrL, PoL i SoL). Univarijantni pokazatelji: broj vrsta i ukupna biomasa određeni su na osnovi šest poduzoraka u naselju jadranskog bračića na istraženom terenu.

#### **3.2.1. ANOVA mokre biomase jadranskog bračića u istraženom području**

ANOVA mokre biomase uzoraka vrste *Fucus virsoides* za spomenute faktore ističe statističku značajnost ( $p < 0.0002$ ) ugniježđenog faktora „Postaja (Područje)“ (Tablica 2).

**Tablica 2.** ANOVA za mokru biomasu u uzorcima vrste *F. virsoides* sakupljenim na tri postaje u poluizloženom te tri postaje u zaštićenom području tijekom ljeta 2010. godine. „Područje“ (dvije razine) je fiksni faktor, a „Postaja (Područje)“ je nasumičan i ugniježđen i ima tri razine. Razlike između razina statistički značajnih izvora varijabiliteta testirane su Student-Newman-Keuls testom.

---



---

Varijabla: ukupna biomasa jadranskoga bračića (g/100 cm<sup>2</sup>); N = 36;  
Cochran test za heterogenost varijance, p = 0.51; podaci nisu transformirani;

Izvor varijabiliteta	df	SS	MS	F	p
Područje	1	2878,68	2878,68	1,50	0,2873
Postaja (Područje)	4	7654,13	1913,53	8,04	0,0002
Pogreška	30	7138,41	237,94		

---



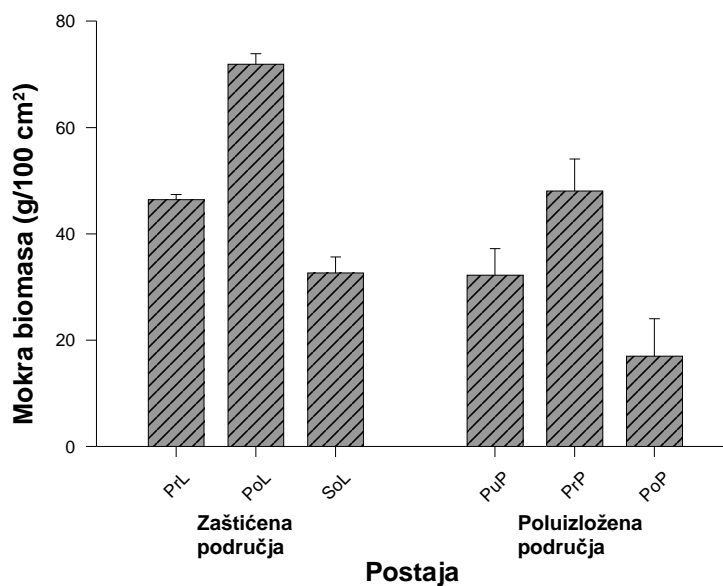
---

Student-Newman-Keuls test za faktor „Postaja (Područje)“:

Zaštićeno: SoL = PrL < PoL

Poluizloženo: PoP = PuP = PrP

Na osnovi Student-Newman-Keuls testa (SNK test) u zaštićenim područjima utvrđena je najviša vrijednost biomase na postaji PoL u iznosu od 71,90 g mokre težine na 100 cm<sup>2</sup>, gdje je naselje fukusa zabilježeno na umjetnom supstratu. Na postaji PrL biomasa alge iznosila je 46,40 g mokre težine na 100 cm<sup>2</sup>, a na postaji SoL 32,63 g mokre težine na 100 cm<sup>2</sup>. U poluizloženim područjima najveća biomasa alge je zabilježena na postaji PrP (48,07 g mokre težine na 100 cm<sup>2</sup>). Na postaji PuP vrijednost biomase iznosila je 32,19 g mokre težine na 100 cm<sup>2</sup>, a na postaji PoP, u kojoj je naselje alge zabilježeno na umjetnom supstratu, biomasa je bila manja i iznosila je 17 g mokre težine na 100 cm<sup>2</sup> (Slika 16 i Tablica 2).



**Slika 16.** Ukupna biomasa jadranskoga bračića na postajama na zaštićenim i poluizloženim područjima. Podaci predstavljaju srednju vrijednost i standardnu pogrešku od 6 poduzoraka.

### 3.2.2. ANOVA broja jedinki jadranskog bračića u istraženom području

ANOVA broja jedinki vrste *Fucus virsoides* za spomenute faktore ističe statističku značajnost ( $p < 0.0000$ ) ugniježdenog faktora „Postaja (Područje)“ (Tablica 3).

**Tablica 3.** ANOVA za broj jedinki vrste *F. virsoides* sakupljenih na tri postaje u poluizloženom te tri postaje u zaštićenom području tijekom ljeta 2010. godine. „Područje“ (dvije razine) je fiksni faktor, a „Postaja (Područje)“ je nasumičan i ugniježđen i ima tri razine. Razlike između razina statistički značajnih izvora varijabiliteta testirane su Student-Newman-Keuls testom.

Varijabla: broj jedinki jadranskoga bračića ( $\text{g}/100 \text{ cm}^2$ );  $N = 36$ ;

Cochran test za heterogenost varijance,  $p = 0.67$ ; podaci nisu transformirani;

Izvor varijabiliteta	df	SS	MS	F	p
Područje	1	1078,03	1078,03	2,79	0,1699
Postaja (Područje)	4	1543,44	385,86	15,78	0,0000
Pogreška	30	733,50	24,45		

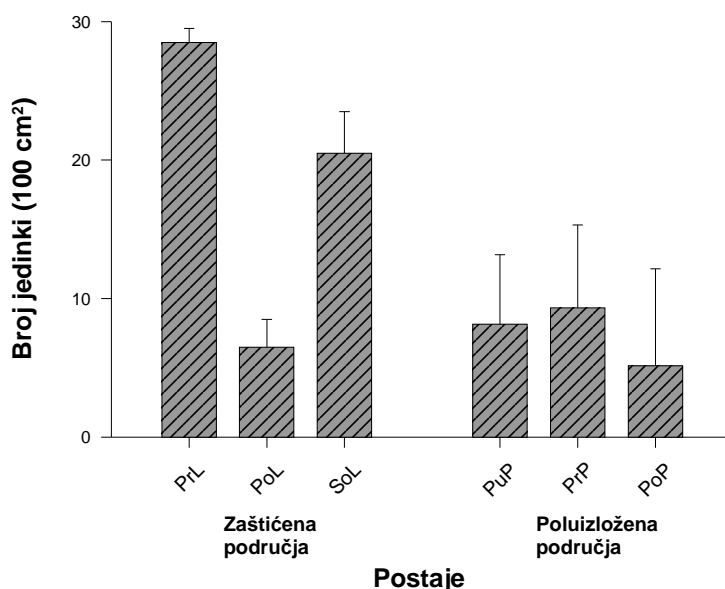
Student-Newman-Keuls test za faktor „Postaja (Područje)“:

Zaštićeno: PoL < SoL < PrL

Poluizloženo: PoP = PuP = PrP



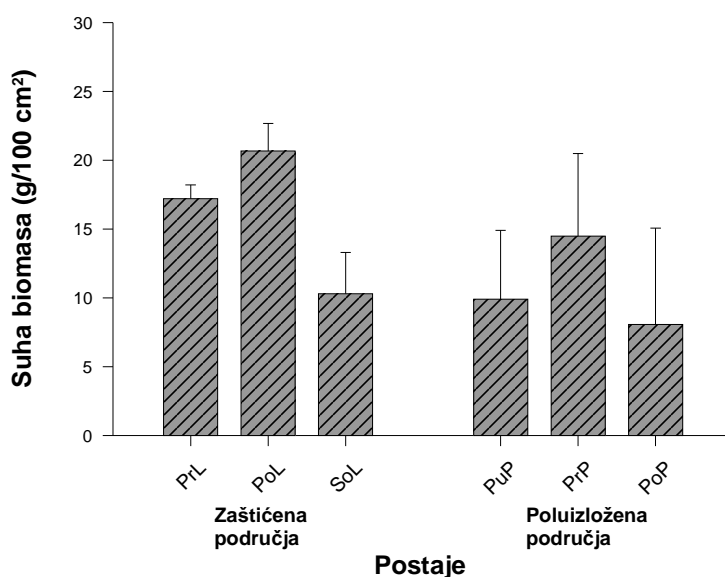
ANOVA broja jedinki jadranskoga bračića pokazuje statističku značajnost za faktor „Postaja (Područje)“ ( $p < 0,0000$ ) (Tablica 3). Na osnovi SNK testa istraženih postaja u zaštićenom području utvrđena je statistički značajna razlika u broju jedinki jadranskoga bračića među postajama. Možemo zaključiti da je najveći broj jedinki zabilježen na postaji PrL i iznosio je 28,5. Na postaji SoL broj jedinki bio je 20,5, a na postaji PoL, u kojoj je naselje fukusa zabilježeno na umjetnom supstratu, broj jedinki bio je 6,5. U poluizloženom području najveći broj jedinki je zabilježen na postaji PrP (9,3 jedinki), zatim slijedi postaja PuP (8,2 jedinki), a najmanji broj jedinki je utvrđen na postaji PoP (5,2 jedinki), gdje se naselje jadranskog bračića nalazilo na umjetnoj podlozi (Slika 17 i Tablica 3).



**Slika 17.** Broj jedinki jadranskoga bračića na postajama u zaštićenim i poluizloženim područjima. Podaci predstavljaju srednju vrijednost i standardnu pogrešku od 6 poduzoraka.

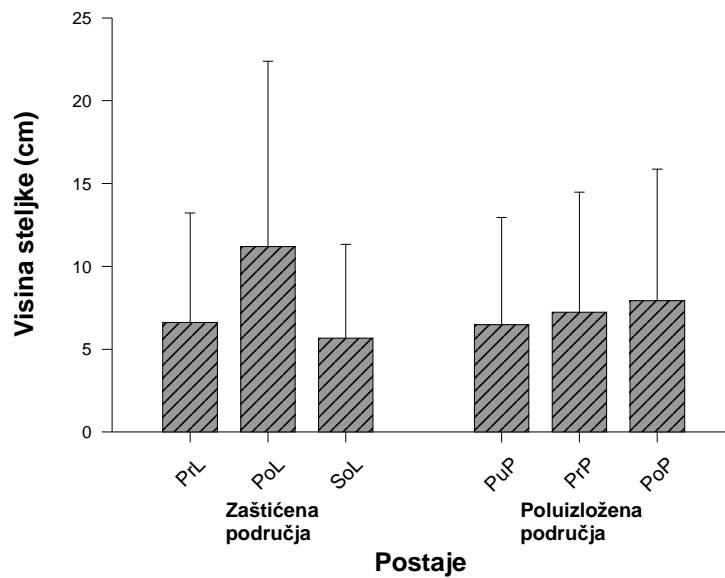
Od ostalih morfometrijskih značajki vrste *Fucus virsoides*, na istraženom području, analizirane su slijedeće varijable: suha biomasa, visina stieljke, promjer bazalne pločice te broj ramifikacija. Grafički je prikazano kretanje navedenih varijabli na zaštićenim i poluizloženim postajama (Slike 18 do 21).

Suha biomasa prati trend mokre biomase samo s manjim vrijednostima (Slika 18). Najmanja izmjerena suha biomasa bila je na postaji PoP, a iznosila je 8,08 g suhe težine na 100 cm<sup>2</sup>. S druge strane, najveća suha biomasa zabilježena je na postaji PoL, a vrijednost joj je iznosila 20,66 g suhe težine na 100 cm<sup>2</sup>. Redoslijed preostalih postaja prema padajućoj vrijednosti suhe biomase bila je: postaja PrL (17,21 g suhe težine na 100 cm<sup>2</sup>), postaja PrP (14,48 g suhe težine na 100 cm<sup>2</sup>), zatim postaja SoL (10,3 g suhe težine na 100 cm<sup>2</sup>) te postaja PuP (9,9 g suhe težine na 100 cm<sup>2</sup>).



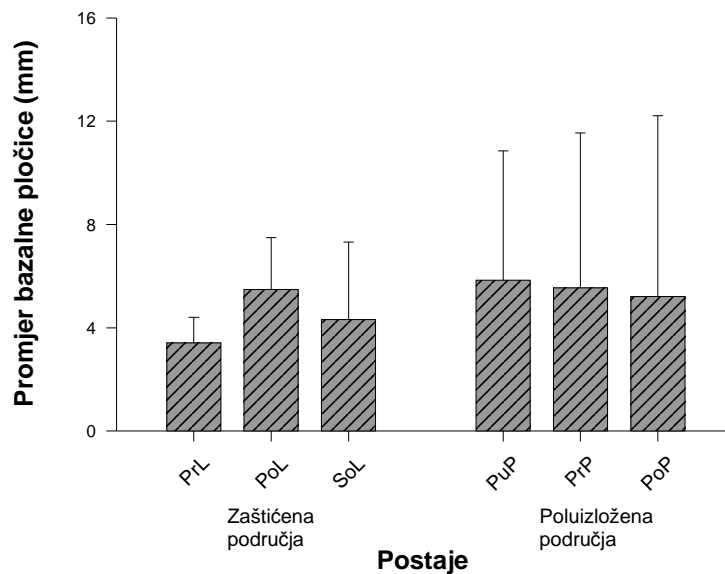
**Slika 18.** Suha biomasa jadranskoga bračića na postajama u zaštićenim i poluizloženim područjima. Podaci predstavljaju srednju vrijednost i standardnu pogrešku od 6 poduzoraka.

Najviše steljke izmjerene su na postajama u Pomeru, a njihove vrijednosti iznosile su 11,19 cm na postaji PoL i 7,93 cm na postaji PoP. Prema dobivenim rezultatima možemo vidjeti da su srednje vrijednosti visine steljke na ostalim postajama skoro jednake: 7,24 cm na postaji PrP, 6,61 cm na postaji PrL te 6,48 cm na postaji PuP. Na postaji SoL, u Solinama, srednja vrijednost visine steljki bila je nešto niža (5,66 cm) (Slika 19).



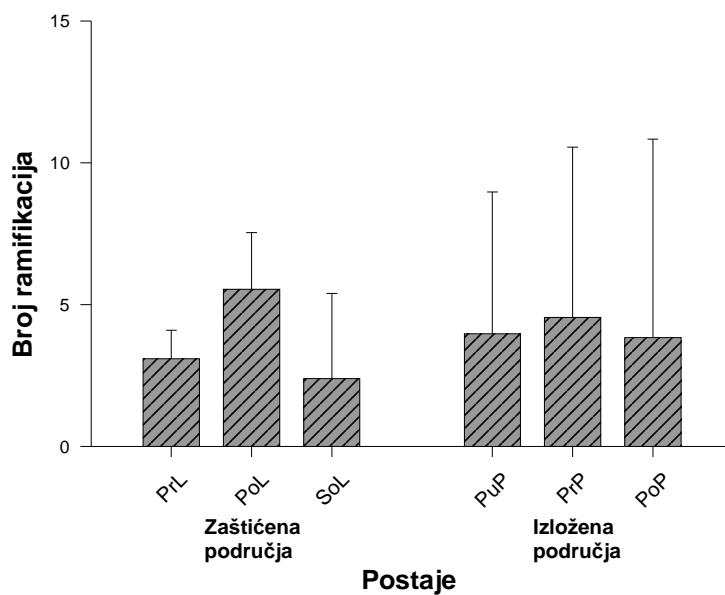
**Slika 19.** Visina steljke jadranskoga bračića na postajama u zaštićenim i poluizloženim područjima. Podaci predstavljaju srednju vrijednost i standardnu pogrešku od 6 poduzoraka.

Vrijednosti promjera bazalne pločice (Slika 20) su, za cijelo područje, bile podjednake, a kreću se između 5,84 mm koliko je zabilježeno na postaji PuP i 3,41 mm koliko je zabilježeno na postaji PrL. Srednje vrijednosti promjera bazalne pločice za preostale četiri postaje iznosile su: 5,54 mm na postaji PrP, zatim 5,49 mm na postaji PoL, 5,21 mm na postaji PoP te 4,32 mm na postaji SoL.



**Slika 20.** Promjer bazalne pločice jadranskoga bračića na postajama u zaštićenim i poluizloženim područjima. Podaci predstavljaju srednju vrijednost i standardnu pogrešku od 6 poduzoraka.

Na temelju rezultata na istraživanom području utvrđeno je da nisu postojale veće razlike među postajama u srednjim vrijednostima za ramifikacije (Slika 21). Najviša vrijednost zabilježena je na postaji PoL, a iznosila je 5,54. Međusobno najbližije postaje, prema ovom ispitivanom parametru, bile su postaje PuP (3,98) i PoP (3,83). Odmah iza njih slijedila je postaja PrL (3,09). Na postaji PrP srednja vrijednost broja ramifikacija iznosila je 4,55. Najmanje ramifikacija zabilježeno je na postaji SoL (2,4).

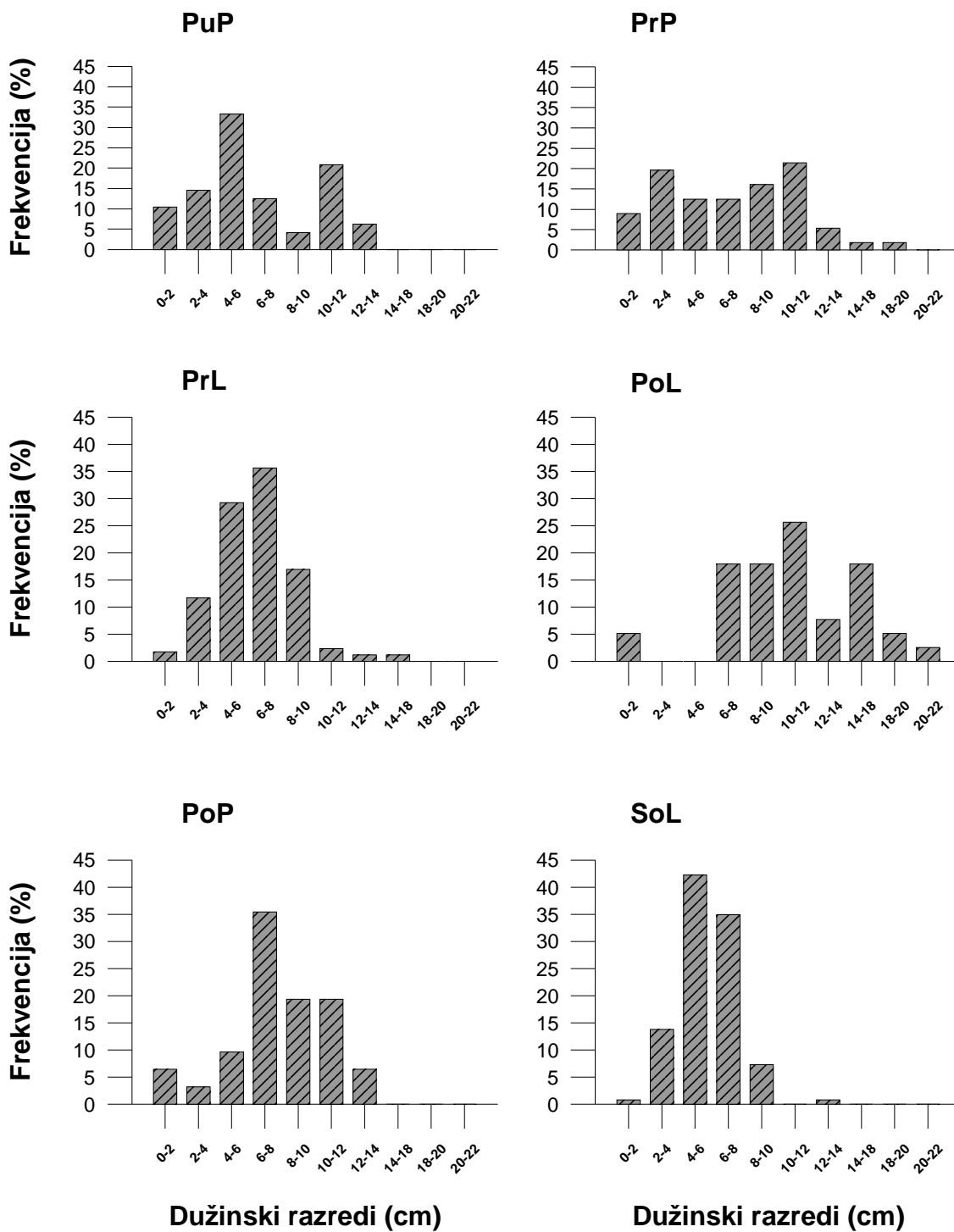


**Slika 21.** Broj ramifikacija jadranskoga bračića na postajama u zaštićenim i poluizloženim područjima. Podaci predstavljaju srednju vrijednost i standardnu pogrešku od 6 poduzoraka.

### 3.3. Uzrasna struktura

Usporedba dužinskih razreda, unutar kojih su svrstane visine uspravnih steljki jadranskog bračića pokazala je značajne razlike među postajama (Slika 22). Dužine steljki na istraženim postajama imaju raspon dužinskih razreda od 0-2 cm do najviše 20-22 cm. Na postaji PuP dužine steljki bile su u rasponu dužinskih razreda od 0-2 cm pa do 12-14 cm, s tim da je najveći broj jedinki utvrđen u razredu 4-6 cm, a nešto manji broj jedinki u dužinskom razredu 10-12 cm. Na postaji PrP visine steljki zabilježene su u dužinskim razredima od 0-2 cm pa sve do 18-20 cm. Broj steljki je ujednačenije raspoređen unutar dužinskih razreda od 0-2 cm do 10-12 cm, a najveći broj jedinki utvrđen je u razredu 10-12 cm te 2-4 cm. Na postaji PrL najveći broj jedinki zabilježen je unutar dužinskog razreda 6-8 cm, a nešto manji u razredu 4-6 cm, što upućuje na prisutnost mlađih jedinki alge *Fucus virsoides* unutar naselja. U zaštićenoj postaji PoL, na umjetnom supstratu utvrđena je zastupljenost jedinki fukusa u dužinskim razredima od 0-2 cm do 20-22 cm, s tim da u razredima 2-4 cm i 4-6 cm jedinke nisu bile prisutne. Jedino na

ovoj postaji zabilježena je prisutnost jedinki unutar dužinskog razreda 20-22 cm, što ukazuje na prisutnost starijih jedinki jadranskog bračića unutar naselja. Na postaji PoP jedinke fukusa pojavljuju se u rasponu dužinskih razreda od 0-2 cm pa do 12-14 cm. Najveći broj jedinki nalazi se u razredu 6-8 cm, a nešto manji broj u razredima od 8 cm do 12 cm. Na ovoj postaji najbrojnije su bile jedinke algi u srednjim dužinskim razredima (u rasponu od 6 cm do 12 cm). Na postaji SoL, u zaštićenom području, jedinke su bile brojnije u nižim dužinskim razredima u rasponu od 0-2 cm pa do 8-10 cm. Najveći broj jedinki bio je zastupljen u razredu 4-6 cm, a nešto manji u dužinskom razredu 6-8 cm, što upućuje da je i ovo naselje alge, kao i na postaji PrL, bilo sastavljeno od mladih jedinki. Ako usporedimo sve postaje međusobno, vidimo da se najveće frekvencije uvijek kreću oko središnjih dužinskih razreda, između razreda 2-4 cm i 10-12 cm, s iznimkama na postaji PoL i SoL. Iz priloženih grafičkih prikaza (Slika 22) možemo zaključiti da je na postajama PrP i PoL utvrđen veći broj jedinki fukusa unutar viših dužinskih razreda, u rasponu od 10 do 22 cm, dok na većini ostalih postaja visina steljke kreće se u rasponu od 4 cm do 12 cm. Niske steljke su utvrđene na svim istraživanim postajama, osim na postaji PoL.

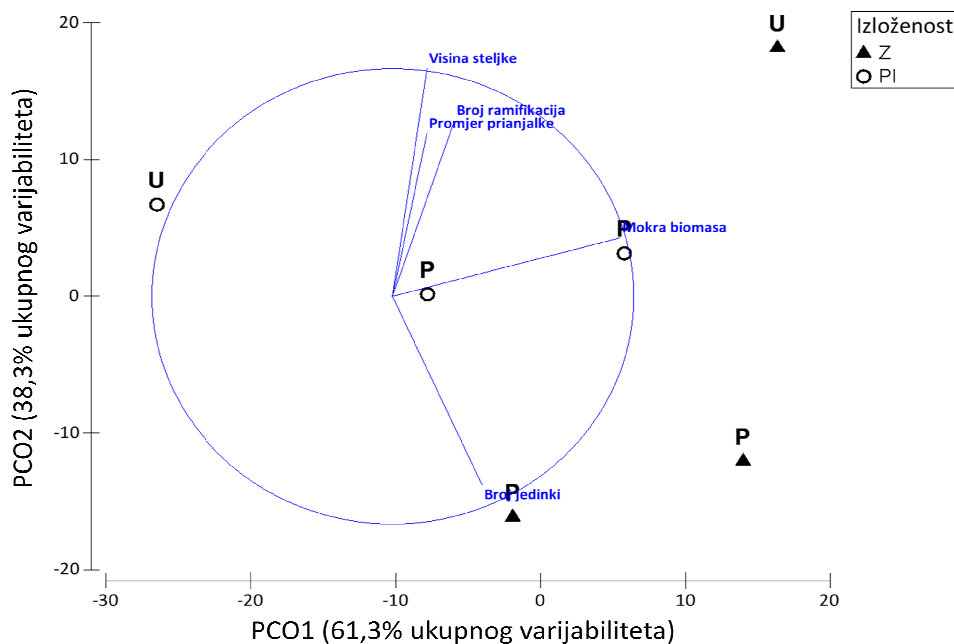


Slika 22. Uzasna struktura jedinki jadranskog bračiča u istraživanim postajama.

### 3.4. Multivarijatna analiza morfoloških značajki vrste *Fucus virsoides*

Morfologija jadranskoga bračića (broj jedinki, mokra biomasa, visina steljke, promjer bazalne pločice i broj ramifikacija) u odnosu na vrstu supstrata i izloženost na istraženom području, analizirana je statističkom metodom analize principalnih koordinata (PCO). Na dvodimenzionalnoj projekciji (PCO) prikazano je jasno odjeljivanje postaja na osnovi mjernih varijabli fukusa. Postaje na umjetnom supstratu su odvojene od postaja na prirodnom supstratu, dok postaje u zaštićenim i poluizloženim područjima nisu bile jasno odvojene (Slika 23).

Brojnost jedinki pokazuje jaku vezu s PCO 2 osi (-0.83). Ostale varijable mokra biomasa (-0,94), visina steljke (-0,14), promjer bazalne pločice (-0,14) te broj ramifikacija (-0,25) ukazuju na jaku vezu s PCO 1 osi.

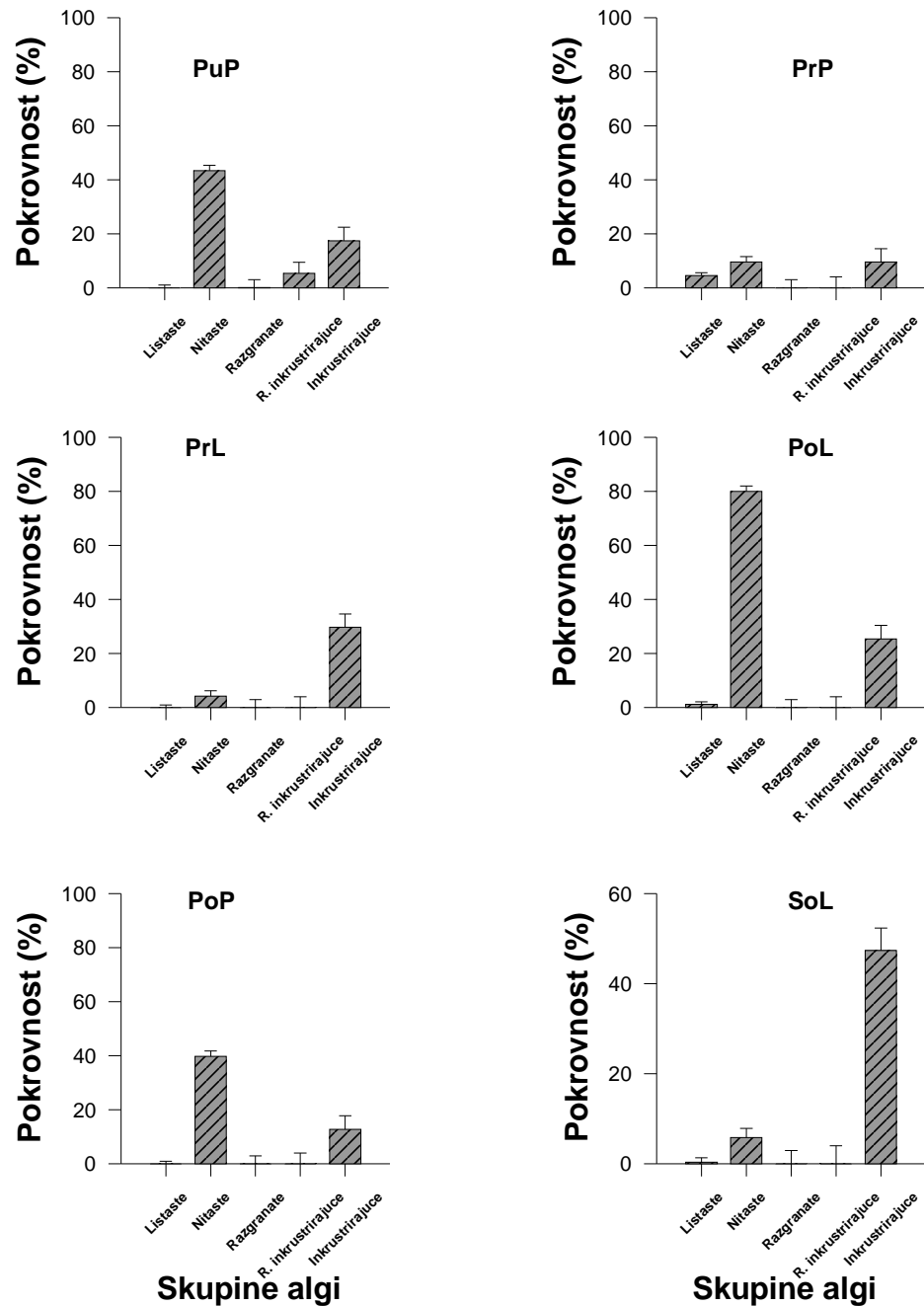


**Slika 23.** PCO analiza pet istraživanih parametara u naselju alge *F. virsoides*. Simboli trokuta i kružice prikazuju postaje različite izloženosti (PI i Z), a različiti supstrati označeni su slovima na samom grafičkom prikazu (P i U).



### 3.6. Zajednice unutar naselja *Fucus virsoides*

Nitaste i inkrustirajuće alge bile su najzastupljenije funkcionalne skupine algi unutar naselja *Fucus virsoides* te su bile prisutne na svim postajama (Slika 24).

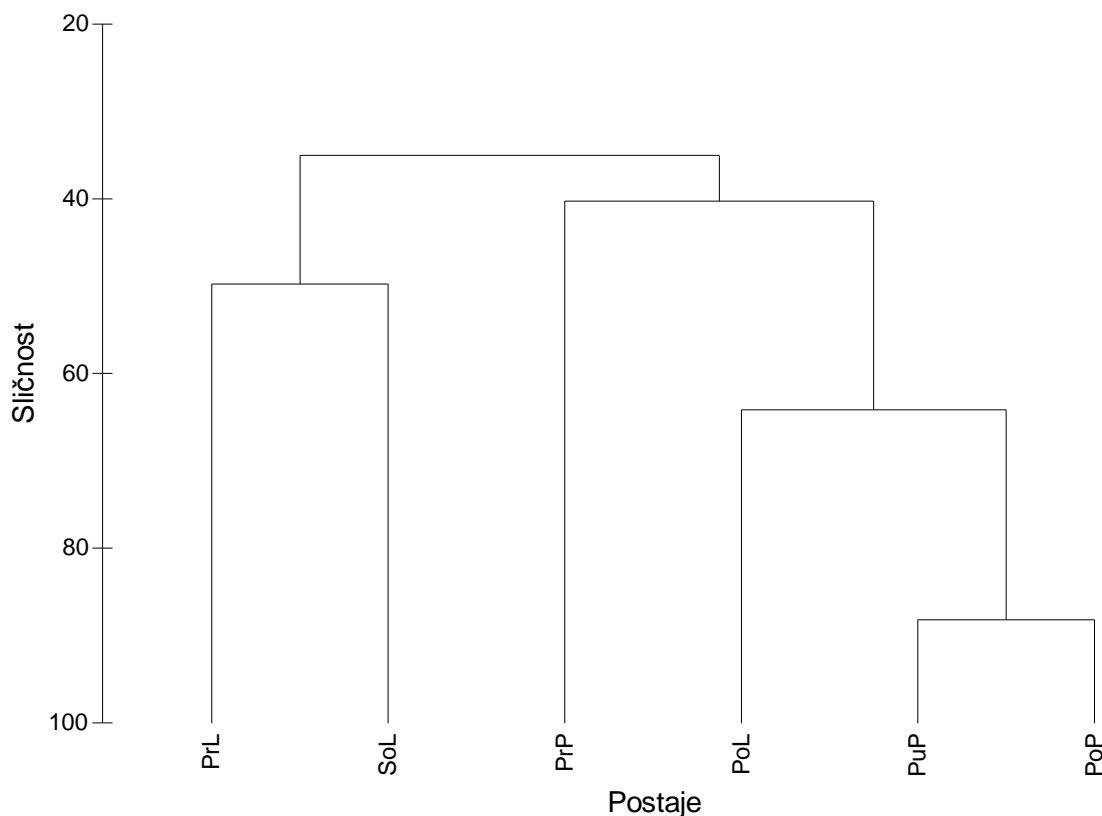


Slika 24. Postotna pokrovnost različitih skupina algi prema postajama (R. Inkrustirajuće = razgranate inkrustirajuće).



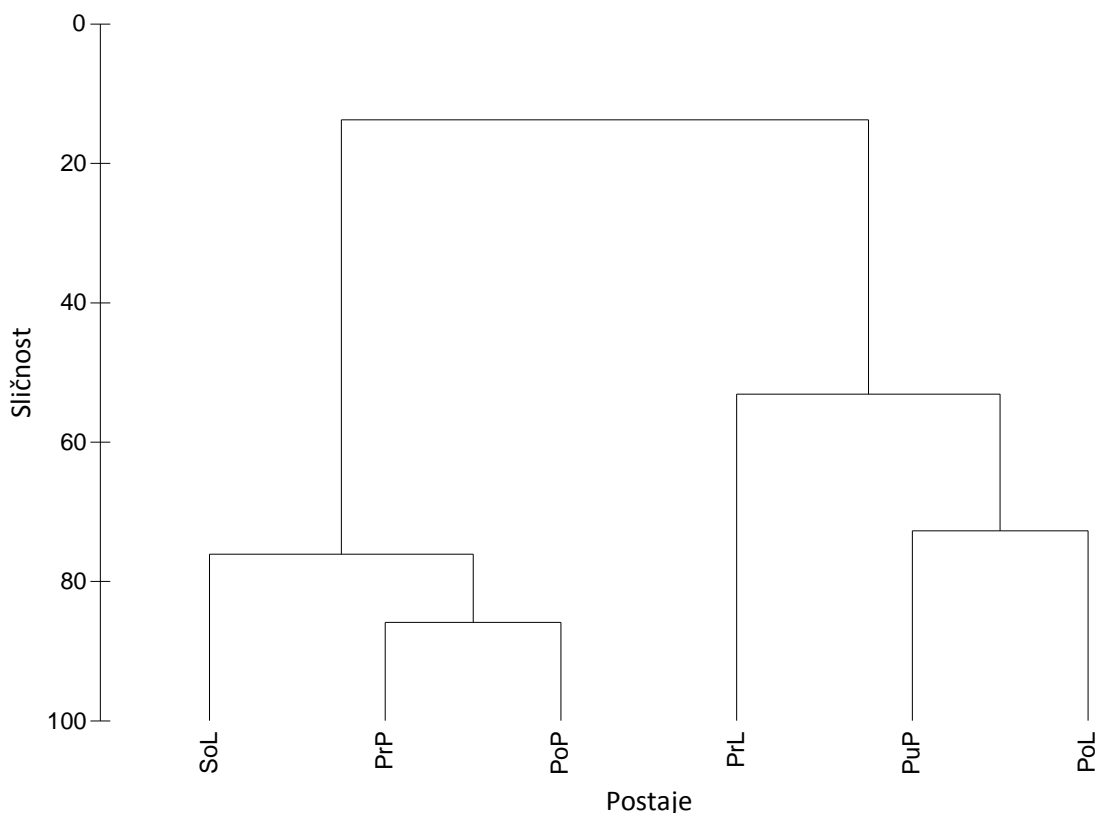
**Slika 25.** Flora u naselju smeđe alge *F. virsoides* (nakon destruktivnog uzorkovanja) na plaži (lijevo, prevladavaju nitaste alge ) i u lučici (desno, prevladavaju inkrustrirajuće alge) u Premanturi.

Na postaji PuP najveći postotak pokrovnosti imaju nitaste alge, oko 45%, nakon njih slijede inkrustrirajuće alge, s oko 20%, a uz njih su još prisutne razgranate inkrustrirajuće alge, sa manje od 10% i razgranate alge u tragovima. Postaja PrP ima vrlo mali postotak pokrovnosti funkcionalnih skupina algi: nitaste i inkrustrirajuće alge imaju otprilike jednaki postotak pokrovnosti (oko 10%), a prisutne su još i listaste alge, sa oko 5% pokrovnosti. Na postaji PrL vidljivo dominiraju inkrustrirajuće alge (Slika 25), s oko 30%, a nalaze se još i nitaste alge s vrlo malim postotkom zastupljenosti (oko 5%). Na postaji PoL situacija je obrnuta. Dominiraju nitaste alge, s više od 90% zastupljenosti, dok inkrustrirajućih algi ima malo manje od 30%. Prisutne su još i listaste alge sa skoro zanemarivim postotkom pokrovnosti od nekih 1-2%. Postaja PoP je slična prethodnoj postaji: prevladavaju nitaste alge, ali u manjoj količini (oko 45%), a uz njih se još pojavljuju i inkrustrirajuće alge, s oko 35% zastupljenosti. Na postaji SoL vidljivo dominiraju inkrustrirajuće alge, sa skoro 100% zastupljenosti. Nitaste i listaste alge pojavljuju se s malim postotkom zastupljenosti, manje od 10%. Razgranate alge, s pokrovnosti svega od 0,3% i razgranate inkrustrirajuće alge prisutne su samo na postaji PuP.



**Slika 26.** Dendrogram sličnosti za 6 postaja na osnovi funkcionalnih skupina algi unutar naselja jadranskoga bračića. Četiri grupe postaja se odvajaju na 50% sličnosti.

Na Slici 26 vidljivo je da postaje PuP i PoP imaju najveći postotak sličnosti. Na obje postaje dominiraju nitaste alge. Postaja PoL ima oko 65% sličnosti s prethodno navedenim postajama. Postaja PrP najbližija je postaji PoL, dok su postaje PrL i SoL odijeljene po sličnosti od ostale četiri postaje. Na postajama PrL i SoL imamo najveći postotak inkrustrirajućih algi. Ako usporedimo funkcionalne skupine algi unutar naselja jadranskog bračića na pojedinim postajama prema izloženosti i tipu supstrata vidimo da na umjetnoj podlozi (postaje PoL i PoP) dominiraju nitaste alge, dok su inkrustrirajuće manje zastupljene. Na zaštićenim postajama (Postaje PrL, PoL i SoL) je veći postotak inkrustrirajućih algi unutar naselja fukusa nego na poluizloženim postajama. Općenito je na zaštićenim postajama zabilježena veća pokrovnost makrolagi u odnosu na poluizložene.



**Slika 27.** Dendrogram sličnosti za 6 postaja na osnovi životinja unutar naselja jadranskoga bračića. Pet grupa postaja se odvaja na 75% sličnosti.

Postaje PrP i PoP su najbližije jer na obje unutar naselja jadranskog bračića prevladavaju školjkaši roda *Mytilaster* (Slika 27 i 28). Rod *Mytilaster* zabilježen je i na postaji SoL, ali s nižom pokrovnošću naselja. Postaje PrL, PuP i PoL su, prema sličnosti faune unutar naselja fukusa, odijeljene od prethodne tri postaje. Na njima uopće nema roda *Mytilaster*, ali zato u naselju prevladavaju inkrustrirajući mnogočetinaši. Postaje PuP i PoL međusobno imaju najveći postotak sličnosti. Postaja PuP je supralitoralna lokvica, a postaja PoL je betonski blok uronjen u more.



**Slika 28.** Fauna u naselju smeđe alge *F. virsoides* (nakon destruktivnog uzorkovanja) na plaži (lijevo) i u lučici (desno) u Premanturi.

**Tablica 4.** Fauna u istraživanim naseljima smeđe alge *Fucus virsoides* (Ink. mnogočetinaši = inkrustrirajući mnogočetinaši).

Vrste	PuP	PrP	PrL	PoL	PoP	SoL
	F/%	F/%	F/%	F/%	F/%	F/%
<i>Mytilaster</i> sp.	0	57,29	0	0	62,5	36,67
<i>Ostrea edulis</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Chiton olivaceus</i>	0	4,17	1,04	0	0	0
<i>Osilinus</i> sp.	3,12	6,25	4,17	1,04	5,21	8
<i>Patella</i> sp.	2,08	3,12	0	0	1,04	0
Gastropoda indet.	0	1,04	1,04	3,21	0	0
Ink. mnogočetinaši	11,98	0	20,83	18,75	0	0
<i>Chthamalus</i> sp.	6,25	7,29	37,5	1,04	0	0,67
Vagilni račić	0	0	1,04	0	0	0

## 4. Rasprava

Rezultati kartiranja smeđe alge *Fucus virsoides* na području južne Istre pokazuju da su naselja jadranskog bračića relativno rijetka i većinom se nalaze na područjima izloženim manjim ili umjerenim antropogenim djelovanjima. Detaljna istraživanja o promjenama i sukcesiji u morskoj vegetaciji u odnosu na onečišćenja nisu uopće provedena prije početka šezdesetih godina (Zavodnik i sur. 2002). Munda (1993) je, u kasnim sedamdesetim godinama, dokumentirala drastične promjene u florističkom sastavu naselja makroalgi duž sjevernog Jadrana, a posebice u okolici Rovinja, te Piranskog i Tršćanskog zaljeva, za koje se smatra da su rezultat onečišćenja (Hanel 2002). Eutrofikacija i utjecaj povećanog onečišćenja u sjevernom Jadranu odrazili su se na promjene u sastavu te degradaciju naselja makroalgi. U mediolitoralnom i infralitoralnom rovinjskom području primijećeno je smanjenje ili nestanak fukoidnih algi (Munda 1979). Prije ozbiljnog onečišćenja krajem sedamdesetih godina, u florističkom sastavu sjevernog Jadrana dominirale su fukoidne vrste, pogotovo endemska vrsta *Fucus virsoides* u mediolitoralnom području i nekoliko vrsta rodova *Cystoseira* i *Sargassum* u infralitoralnom području. Dakle, glavna karakteristika prirodnih, čistih područja sjevernog Jadrana bila su mediolitoralna naselja jadranskog bračića, koji je naseljavao umjerenom izložena staništa i bio vrlo brojna u zaštićenim obalnim zaljevima i poluizloženim mjestima na otocima. Na mjestima izloženim energiji i udaranju valova njegova gustoća se smanjivala i naselja bračića zamjenjivala su naselja vrste *Cystoseira compressa* (Munda 1993). Okolišno onečišćenje i ostali oblici antropogenih poremećaja zadnjih desetljeća smatraju se važnim razlogom prostornih i vremenskih varijacija među zajednicama algi sjevernog Jadrana. U mnogim izvještajima se spominje da je vrsta *F. virsoides* nestala s onečišćenih područja i da su je, na tim lokacijama, zamijenile vrste roda *Ulva* (Rindi i Battelli 2005). Osim za sjeverni, postoje podaci o nestanku ove vrste u dijelu južnog Jadrana. Ubrzana urbanizacija i konstrukcija brojnih zgrada blizu morske obale utjecale su na nestanak ionako malenog stjenovitog staništa jadranskog bračića na području Gospe od Anđela i Krašića u zaljevu Boka Kotorska. Na istom području, u zaljevu Kotor, nestanak vrste uzrokovan je malo drugačijim antropogenim faktorima. Urbanizacija je i u toj zoni vrlo brza, no eutrofikacija je prvenstveno odgovorna za nestajanje staništa fukusa (Mačić 2006). Studije o lokalno onečišćenim obalnim područjima u Baltičkom moru (Sjeverno

more) često pokazuju iste opće trendove u sastavu vegetacije makrolagi: nestanak ili drastično povlačenje višegodišnjih algi, njihovu zamjenu jednogodišnjim, brzorastućim nitastim algama te stvaranje nakupina odumrlih, naplavljenih algi, što uzrokuje anoksiju (Johansson i sur. 1998).

Većina naselja vrste *Fucus virsoides* kartiranih u ovom radu smještena je na prirodnom supstratu (vapnenac), osim u 2 slučaja gdje umjetnu podlogu predstavljaju betonski blokovi uronjeni u more (postaja PoL) i betonirani ulaz u more (postaja PoP). Možemo pretpostaviti da je ta betonska podloga bila postavljena dugo vremena prije nego se na njoj razvila zajednica vrste *F. virsoides*. Antropogeni čimbenici mogu biti razlog naseljavanja jadranskog bračiča na mjestima gdje on izvorno ne raste. Tako se, npr. on može pojaviti na zaštićenoj strani većih ili manjih betonskih molova, izgrađenih na nerazvedenim obalama gdje je prisutno jako udaranje valova. Na taj način čovjek nesvjesno utječe na rasprostiranje i učestalost ove vrste u Jadranu (Lindarić 1949).

Poznato je da su organizmi koji žive na obalama pod snažnim utjecajem valova puno manji nego oni na zaštićenijim obalama. Uvjeti koji vladaju u mediolitoralnim zonama izloženim djelovanju valova, ili zaustavljaju rast ili otkidaju (lome) organizme koji su dostigli kritičnu veličinu. Mnoge studije o makroalgama u mediolitoralnoj zoni su pokazale opći trend smanjivanja steljke s povećanjem izloženosti valovima, što vrijedi i za rod *Fucus* (Blanchette 1997).

U ovom radu lokacije na kojima su zabilježena naselja alge *Fucus virsoides* uglavnom su zaštićena ili poluizložena područja, koja nikada nisu na mjestu direktnog udaranja valova, tj. uvijek postoji kopno koje štiti od izravnog utjecaja otvorenog mora. Na istraživanim postajama obala je relativno položena i nema veliki nagib. Slične geomorfološke karakteristike obale u naseljima jadranskoga bračiča zabilježena su u sjevernom Jadranu, na području Rovinja i njegove okolice (Zavodnik, 1977; Zavodnik, 1967, 1973, 1984; Munda 1972, 1979, 1980, 1982; Rindi i Battelli, 2005). Munda (1972) je na temelju nekoliko istraživanja provedenih unutar naselja vrste *F. virsoides*, na par postaja na istarskoj obali, prepoznala važnost utjecaja nagiba stjenovitog supstrata i izlaganja valovima na rasprostranjenost ove vrste i strukturu zajednice. Umjereno izložene obale s lagano nagnutom stjenovitom podlogom najpogodnije su za rast jadranskoga bračiča i zajednice koju on čini. Izgled steljke fukusa se razlikuje u odnosu na

izloženost područja u kojem raste. U izloženijim područjima pojavljuju se redovito manji primjerci i manje gusta naselja. Na veoma izloženim obalama i na mjestima sa strmom stjenovitom podlogom, jadranski bračić obično nije prisutan (Rindi i Battelli 2005). Sličan trend prati i morfologija ostalih fukoidnih vrsta makroalgi. U zaštićenim područjima listasti dijelovi makroalgi su često široki, tanki i spiralno zavijeni, a na izloženim mjestima su uski, debeli i ravni, s debelim stabalcima (Fowler-Walken i Wernberg 2006). Analiza dužinskih razreda alge u ovom radu pokazuje da zaštićene postaje imaju nešto veći postotak viših stjeljki nego poluizložene (Slika 22).

Zavodnik (1967) je u svojim istraživanjima naselja vrste *Fucus virsoides* stjenovite obale kod Rovinja ustanovio da su ona rasprostranjena duž cijele obale, pogotovo na mjestima smanjenog saliniteta. Alga je pronađena isključivo u zoni plime i oseke, a na području Rovinja stvara pojaseve širine oko 50 cm. U malom plitkom zaljevu na sjeveroistočnoj obali otoka Velika Figarola, gdje je stjenovita obala položena i već na dubini od pola metra počinje pješčano dno, utvrđeno je kompaktno naselje jadranskog bračića koje se proteže cijelom širinom mediolitorala i šire je na blažim padinama nego na strmim dijelovima obale (Zavodnik 1967). Lindarić (1941) je u svojim studijama o jadranskom bračiću, također došao do zaključka da vrsta izbjegava izložene obale i najbolje uspijeva na zaštićenim mjestima (zaljevi, uvale, drage). Rindi i Battelli (2005) provedli su istraživanje o prostorno–vremenskim varijabilnostima zajednica makroalgi u mediolitoralnoj zoni na području slovenske obale. Među tim zajednicama pronašli su i naselja vrste *F. virsoides*, koja obično nisu bila prisutna na jako izloženim obalama ili na mjestima gdje je obala strmija.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da je na umjetnoj podlozi zabilježen znatno manji broj jedinki nego na prirodnoj (Slika 17), ali se biomasa na umjetnom supstratu nije mnogo razlikovala u odnosu na prirodni (Slika 16). Supstrat makroalgama služi kao mehaničko sredstvo za pričvršćivanje. Alga *Fucus visoides* je zbog svojeg staništa izložena razornom djelovanju valova. Zbog toga je vrlo bitan izbor fiksnog i čvrstog supstrata. Jadranski bračić nastanjuje samo kamenitu podlogu, koja je uglavnom vapnenačkog sastava, jer vapnenac prevladava na gotovo svim jadranskim obalama. Iznimno, na dobro zaštićenim lokacijama jadranski bračić



može rasti i na manjim, otkrnutim kamenim blokovima (Lindarić 1949), kao što je bio slučaj na postaji PoL.

Mačić (2006) je utvrdila da je fukus široko rasprostranjen u zaljevu Risan za razliku od ostalih dijelova Boke Kotorske. Pretpostavlja se da je za takvo rasprostiranje odgovoran supstrat. Naime, stjenovita podloga, potrebna za rast roda *Fucus*, prisutna je samo u uskoj mediolitoralnoj zoni u zaljevu Risan unutar Boke Kotorske.

Lindarić (1949) u svojim studijama navodi da je mehaničko djelovanje morske vode uvjetovalo specijalne prilagodbe građe steljke, osobito onih dijelova čija je funkcija pričvršćivanje za supstrat. Zbog toga je npr. bazalna pločica građena isključivo od čvrstih tkivnih vlakana. Debljina bazalne pločice i stabilca ovisna je o snazi djelovanja valova. Na zaštićenim područjima sve su odrasle steljke velike i imaju relativno malenu bazalnu pločicu i tanko stabilce, a razgranjeni dio steljke je mekši i nježniji. Na poluizloženim obalama steljke su manje, čvršće i otpornije, imaju masivniju bazalnu pločicu i zadebljalo stabilce. Čvrsta mehanička veza bazalne pločice i supstrata postignuta je time da pojedina vlakna, osim što čvrsto prionu uz podlogu, prodiru i u sitne pore na površini vapnenca (Lindarić 1949). Rezultati ovog istraživanja ne pokazuju značajnu razliku u promjeru bazalne pločice među pojedinim postajama (Slika 20), čak ni između prirodnog i umjetnog supstrata. Prirodni supstrat je vapnenac, što je čvrsta podloga, pogodna za pričvršćivanje i rast steljke. Umjetni supstrat predstavljaju betonirani dijelovi obale i betonski blokovi, a beton je također čvrsta podloga pogodna za pričvršćivanje.

Još jedan od mogućih razloga za veću biomasu na zaštićenim postajama može biti i salinitet. Zaštićene postaje se nalaze u uvalicama gdje je manja hidrodinamika morske vode i veći je dotok slatke vode s kopna nego na poluizloženim postajama te bi stoga salinitet u zaštićenim područjima mogao biti malo niži. Postoje istraživanja koja ukazuju da fukus preferira područja u priobalju s nešto nižim salinitetom (Rindi i Battelli 2005). Jadranski bračić je u ekološkom pogledu eurihalina alga. Njegov optimum je bliži prosječnom minimumu nego maksimumu slanosti za Jadransko more (Lindarić 1949).

Što je nagib obale veći, manja je površina mediolitoralne stepenice koju alga *Fucus virsoides* nastanjuje, jer je razmak između razine plime i oseke manji. Uz ostale povoljne ekološke faktore, širina vegetacijskog pojasa jadranskog bračića ovisit će, dakle, o nagibu obale.

Stupanj izloženosti, koji je rezultat geomorfoloških faktora (razvedenost i nagib obale) uvjetuje kontinuiranost vegetacijskog pojasa jadranskog bračića. To znači da su razvedenije obale, s većim brojem zaštićenih položaja, u većoj mjeri obrasle fukusom nego slabo razvedene, ravne i izložene obale (Lindarić 1949). U sjevernom Jadranu, gdje je amplituda plime i oseke najveća, *F. virsoides* je rasprostranjen prosječno od 50 cm ispod morske površine, a širina naselja može biti oko 1 metar (Lindarić 1949). Na staništima s vrlo pogodnim uvjetima, ova vrsta može tvoriti guste pojaseve i do 2 m širine (Rindi i Battelli 2005). Na istraživanim postajama širina naselja fukusa se kretala u rasponu od oko 0,5 m do više od 3 metra. Na postaji SoL, u zaštićenom području, s neznatnim nagibom obale, zabilježena je širina pojasa naselja i do 3,45 m.

Razlike među postajama obzirom na broj ramifikacija ukazuju da ne postoje znatnija odstupanja od prosjeka, nego samo manje oscilacije. Iz Slike 21 možemo zaključiti da te oscilacije nisu povezane s izloženosti i s tipom supstrata. Naime, nešto veće vrijednosti zabilježene su na dvije postaje različite izloženosti i vrste supstrata. Sve jedinke imaju dihotomski razgranjenu steljku koja je kod nekih primjeraka oštećena. Ta oštećenja vjerojatno su uzrokovali herbivori ili su nastala mehaničkim putem zbog razornog djelovanja snage valova i ostalih gibanja morske vode. Mačić (2006) u svom istraživanju također spominje da je ramifikacija svih sakupljenih uzoraka tipičan dihotomski - dihopodij, s izraženom regeneracijom koja se pojavljuje na odgrizenim dijelovima. Dihopodij nastaje kada se vegetacijski vrhovi novih ogranaka uzastopce pravilno dihotomski granaju i izrastu do približno iste dužine. Dihopodij je idealan tip dihotomskog grananja. Odstupanje od dihopodija kod jadranskog bračića uvjetuju:

1. Adventivni ogranci, koji izbijaju pri bazalnim dijelovima steljke. Adventivni ogranci steljke se, kao i primarni, granaju u dihotomijama. Ako je broj adventivnih ogranaka velik, steljka posve gubi svoj prvotni dihopodijalni lepezasti izgled. To se događa jer oni ne izbijaju na bazalnoj pločici i stabalcu u istoj ravnini, kao kod dihopodija, nego leže u raznim mogućim ravninama. Steljka tada poprima busenasti oblik.
2. Prolifikacije, koje izbijaju na ozlijeđenim ili izgrizenim dijelovima steljke. Takvi anomalni ogranci se, na ozlijeđenim mjestima na steljci, obično razvijaju u većem broju i dalje rastu, granajući se dihotomski, poput normalnih ogranaka.

Broj normalnih dihotomija steljke raste sa starošću jedinke. Kod odraslih primjeraka taj broj varira između 4 do 9. Ipak, na oblicima s proliferacijama, ako se pribroje dihotomije, njihov broj može biti veći. Broj primarnih dihotomija na jednoj steljci moguće je odrediti samo kod potpunih, neozlijeđenih primjeraka (Lindarić 1949).

Iako utjecaj ostalih ekoloških čimbenika, kao što su salinitet, temperatura, svjetlost i sedimentacija nije testiran u ovom istraživanju, njihova važnost za uspješan rast i naseljavanje jadranskog bračića nije zanemariva. Mediolitoralna stepenica izložena je čimbenicima koji konstantno, periodički ili samo povremeno, mijenjaju koncentraciju soli u morskoj vodi. Organizmi koji se tamo nastanjuju moraju biti prilagođeni na te oscilacije. Oni imaju sposobnost brze regulacije osmotskog tlaka staničnog sadržaja ovisno o koncentraciji soli u moru. Među ostalim organizmima mediolitoralne zone, primjer je i vrsta *Fucus visoides*. Optimum saliniteta jadranskog bračića u zoni plime i oseke je zimi i u proljeće. U cijeloj mediteranskoj regiji najviše oborina ima zimi, pa sve do proljeća. Kroz to razdoblje najveća količina slatke vode procjeđuje se s kopna u mediolitoralnu zonu. Paralelno s time snižava se i temperatura morske vode u toj zoni jer slatka voda s kopna ima redovito nižu temperaturu nego morska. Ovaj povoljni utjecaj smanjenog saliniteta i snižene temperature najbolje se očituje u vegetacijskom aspektu jadranskog bračića zimi i u proljeće. Ta dva godišnja doba predstavljaju razdoblje njegovog najpovoljnijeg vegetacijskog razvoja (vrsta raste od kraja jeseni, kroz zimu i u rano proljeće). U tom razdoblju zakržljale i izgrizene steljke se regeneriraju, a normalni rast mladih ogranaka je prema zimi sve intenzivniji. Istodobno rastu i mlade jedinke, koje su se u proljeće razvile iz oplodjenih jaja. Na vršcima ogranaka u receptakulima, fertilnim organcima, odvija se spolno razmnožavanje. Doba spolnog rasplodivanja je u proljeće. Kako temperature zraka i morske vode, od druge polovice proljeća prema ljetu, sve više rastu, jedinke postaju sve kržljivije i rast se smanjuje. Ljetno, vegetacijski nepovoljno, razdoblje traje sve do jeseni, kada se vegetacija, paralelno s padom temperature zraka i vode opet obnavlja (Lindarić 1949).

Svjetlost je najosnovniji faktor koji određuje donju granicu vertikalnog rasprostiranja bentoskih makroalgi. Intenzitet svjetlosti je ključna varijabla koja pokreće produktivnost i dinamiku zajednice unutar naselja makroalgi širom svijeta, npr. kod mladih jedinaka vrste *Cystoseira barbata*, rast je pozitivno koreliran s intenzitetom svjetlosti (Irving i sur. 2009).

Jadranski bračić je, obzirom na topografiju zonalnog rasporeda njegove vegetacije, koja uvjetuje periodičko mijenjanje intenziteta svjetla, eufotička alga. Ekološki optimum svjetla za fukus je bliže maksimumu, iako uspijeva i pod oslabljenim intenzitetom svjetla za vrijeme plime. Ekološki minimum svjetla, također je relativno visok, jer jadranski bračić, u vertikalnom smjeru, nikada ne dolazi dublje od najniže oseke. Fiziološki minimum asimilacije je u doba oseke, malo iza početka jakog isušivanja pa do najjačeg isušenja, kada su asimilacijski procesi u potpunosti prekinuti (Lindarić 1949).

Sve veći broj istraživanja opisuje negativan utjecaj sedimetacije na sesilne morske organizme, što uključuje i makroalge. Posebno sedimentacija, ali i intenzitet svjetlosti, imaju znatan utjecaj na rane stadije naseljavanja, preživljavanje i rast fukoidnih algi (Irving i sur. 2009).

Usporedba istraživane flore i faune unutar naselja fukusa pokazuje da na postajama na kojima se nalaze školjkaši roda *Mytilaster*, a to su postaje PrP i PoP, ujedno imamo i najmanji postotak inkrustrirajućih algi. Na postaji SoL to nije slučaj, ali je zastupljenost roda *Mytilaster* manja nego na prethodne dvije postaje (Tablica 4). To je zato jer inkrustrirajuće alge čine prvi sloj na kojem rastu sve ostale funkcionalne skupine algi i sesilna fauna, koja uključuje i dagnje. Dagnjama je za naseljavanje potreban porozan supstrat za koji se mogu prihvatiti i učvrstiti. Ako inkrustrirajuće alge prekriju cijelu podlogu, onemogućavaju naseljavanje i rast dagnji. U ovom istraživanju fauna unutar naselja jadranskog bračića se sastoji od školjkaša, puževa, mnogočetinaša i rakova. Školjkaši imaju najveći postotak pokrovnosti, ali su prisutni samo na tri od šest postaja i predstavljeni su vrstama *Mytilaster* sp. i *Ostrea edulis*. Zavodnik (1967) navodi da su školjkaši, osobito *Mytilidae*, pričvršćeni, gotovo isključivo, za bazu ili nodule listastih dijelova fukusa, dok je vrsta *Ostrea edulis* pričvršćena za stabalce. Fukus se često pričvrsti za ljušturu sesilnih ili slabo pokretnih životinja (*Patella*, *Mytilus*, *Chthamalus*), te u razdoblju od dvije do tri godine potpuno sraste s njima. Nakon ugibanja tih životinja, njihovi organski dijelovi propadnu te ostaje prazan prostor koji služi kao sklonište vagilnoj mikrofauni i pojedinim elementima scijafilne faune (spužve, mnogočetinaši; Zavodnik 1967). Od ostalih mekušaca u ovom istraživanju bila je prisutna vrsta *Chiton olivaceus*. Ona je česta na stjenovitim supstratima, ali kao i u ovom istraživanju nikad nije pronađena na steljci jadranskog bračića (Zavodnik 1967). Inkrustrirajući mnogočetinaši pronađeni su na tri postaje. Mnogočetinaši su

dosta česti stanovnici naselja fukusa, i to su uglavnom mlade životinje (Zavodnik 1967). Rakovi su predstavljeni pokretnim (vagilni račić) i sesilnim vrstama (*Chthamalus* sp.). Rak vitičar roda *Chthamalus* karakterističan je za ovo naselje jer je ograničen na područje supralitoralne i mediolitoralne stepenice (Zavodnik 1967).

Steljke fukusa su na istraživanim postajama bile siromašno obrasle epifitskim algama i sesilnim životinjama. Također, steljke fukusa su često bile obršćene i na tim mjestima nastale su proliferacije. Zbog ekstremnih ekoloških uvjeta u mediolitoralnom pojasu, kompeticija među različitim vrstama algi nije velika i jadranski bračić lako zadržava svoj zauzeti prostor. Usporedba s naseljima nekih drugih vrsta smeđih algi kamenitog infralitorala okolice Rovinja pokazuje da je naselje smeđe alge *Fucus virsoides* najsiromašnije i po biomasi i po broju faune. Uzrok tome su relativno mala raščlanjenost steljke i ekstremni ekološki uvjeti staništa. Usporedba pak s mediolitoralnim naseljima fukoidnih algi drugih mora pokazuje da je sjevernojadransko naselje fukusa razmjerno bogato mikrofaunom, ali siromašno školjkašima, izopodnim i amfipodnim rakovima (Zavodnik 1967).

Povijesni podaci pokazuju da je eutrofikacija u sjevernom Jadranu snažno utjecala na širenje makroalgi rodova *Cystoseira*, *Sargassum* i vrste *Fucus virsoides* (Munda 2000). *F. virsoides* je eurihalina vrsta koja preferira zaštićena staništa, a spada u funkcionalnu skupinu kožastih algi (Littler i Littler 1984). Obzirom da je fucus osjetljiv na onečišćenje može se svrstati u vrste indikatore za procjenu kvalitete morske vode u priobalju (tj. u skupinu makroalgi čistih područja - ESG I; Asnagi i sur. 2009, Iveša i sur. 2009). Budući da *F. virsoides* naseljava mediolitoralnu zonu, bit će moguće njegov monitoring uključiti u metodologiju CARLIT za područje sjevernog Jadrana koje, zbog svojih specifičnosti, predstavlja poseban slučaj u Mediteranu (Iveša i sur. 2009). Ipak, kako je u ovom istraživanju ustanovljeno da smeđa alga *F. virsoides* nastanjuje i područja koja su pod određenim antropogenim utjecajem, kao što su lučice, dokovi i javna kupališta, sigurno će biti potrebna dodatna istraživanja pogodnosti ove vrste kao indikatora kvalitete morske vode.

## 5. Zaključci

1. Naselja vrste *Fucus virsoides*, na području južne Istre, pronađena su na 9 lokacija.
2. Većina naselja nalazi se na prirodnom supstratu (vapnenac), a samo dva na umjetnom (beton).
3. Mokra biomasa i broj jedinki jadranskog bračića imali su veće vrijednosti na zaštićenim postajama nego na poluizloženim.
4. Ostale morfološke karakteristike alge: suha biomasa, visina steljke, promjer bazalne pločice i broj ramifikacija nisu značajno varirale među postajama.
5. Visine steljki fukusa na svim istraženim postajama kretale su se u nižim i srednjim dužinskim razredima, osim na dvjema postajama na kojima su utvrđene više steljke.
6. Multivarijatnom analizom je utvrđeno da su postaje na umjetnom supstratu odvojene od postaja na prirodnom supstratu, dok postaje u zaštićenim i poluizloženim područjima nisu bile jasno odvojene. Broj jedinki je veći na prirodnom supstratu u odnosu na umjetni supstrat, a visina steljke, promjer bazalne pločice i broj ramifikacija su veći na umjetnom supstratu nego na prirodnom.
7. Nitaste i inkrustrirajuće alge su najzastupljenije funkcionalne skupine algi unutar zajednice jadranskog bračića. Najzastupljenije skupine životinja unutar zajednice su školjkaš roda *Mytilaster* i inkrustrirajući mnogočetinaši.

## 6. Literatura

Asnagli V., Chiantore M., Bertolotto R. M. Parravicini V., Cattaneo-Vietti R., Gaino F., Moretto P., Privitera D., Mangialajo L. (2009): Implementation of the European Water Framework Directive: Natural variability associated with the CARLIT method on the rocky shores of the Ligurian Sea (Italy). *Marine Ecology* 30: 505-513

Bakran-Petricioli T. (2007): *Morska staništa, priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja*. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 158 str.

Battelli C. (2002): The macrophytobenthos on the hard upper mediolittoral from two stations of Slovenian coast (Northern Adriatic Sea). *Hacquetia* 1/2 : 193-203

Blanchette C. A. (1997): Size and Survival of Intertidal Plants in Response to Wave Action: A Case Study with *Fucus gardneri*. *Ecology* 78 : 1563-1578

Fowler-Walken M. J., Wernberg T. (2006): Differences in kelp morphology between wave sheltered and exposed localities: morphologically plastic or fixed traits? *Marine Biology* 148: 755-767

Giaccone G., Pignatti S. (1967): Studi sulla produttività primaria del fitobenthos nel Golfo di Trieste. II. La vegetazione del Golfo di Trieste. *Nova Thalassia* 3: 1-28

Hanel R. (2002): Recovery of Fucacean associations and associated fish assemblages in the vicinity of Rovinj, Istrian coast, northern Adriatic Sea. *Periodicum Biologorum* 104: 159-163

Irving A. D., Balata D., Colosio F., Ferrando G. A., Airolti L. (2009): Light, sediment, temperature, and early life-history of the habitat-forming alga *Cystoseira barbata*. *Marine Biology* 156: 1223-1231

Iveša Lj., Lyons D. M., Devescovi M. (2009): Assessment of the ecological status of north-eastern Adriatic coastal waters (Istria, Croatia) using macroalgal assemblages for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19: 14-23

Johansson G., Eriksson B.K., Pedersén M., Snoeijs P. (1998): Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area. *Hydrobiologia* 385: 121-138

Korpinen S., Jormalainen V., Pettay E. (2010): Nutrient availability modifies species abundance and community structure of *Fucus*-associated littoral benthic fauna. *Marine Environmental Research* 70: 283-292

Lindarić J. (1949): Studije o jadranskom fukusu. *Acta Botanica* 12/13: 7-132

Littler M. M., Littler D. S. (1984): Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 74: 13-34

Mačić V. (2006): Distribution of seaweed *Fucus virsoides* J. Agardh in Boka Kotorska Bay (South Adriatic Sea). *Annales* 16: 1-4

Munda I. M. (1972): Seasonal and ecologically conditioned variations in the *Fucus virsoides* (Don.) J.Ag. association from the Istrian coast (Northern Adriatic). *SAZU* 15: 1-33

Munda I. M. (1979): Some Fucacean associations from vicinity of Rovinj, Northern Adriatic. *Nova Hedwigia* 31: 607-666



Munda I. M. (1980a): Changes in the benthic algal associations of the vicinity of Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) caused by organic wastes. *Acta Adriatica* 21: 299-332

Munda I. M. (1980b): Survey of the algal biomass in the polluted area around Rovinj (Istrian coast, North Adriatic). *Acta Adriatica* 21: 333-354

Munda I. M. (1982): The effects of organic pollution on the distribution of furoid algae from the Istrian coast (vicinity of Rovinj). *Acta Adriatica* 23: 329-337

Munda I. M. (1993): Changes and degradation of seaweed stands in the Northern Adriatic. *Hydrobiologia* 260/261: 239-253

Munda I. M. (2000): Long-term marine floristic changes around Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) estimated on the basis of historical data from Paul Kuckuck's field diaries from the end of the 19th century. *Nova Hedwigia* 71: 1-36

Rajan S. S. (2002): Introduction to Algae. Anmol Publications PVT. Ltd., New Delhi, str. 239-241

Rindi F., Battelli C. (2005): Spatio – temporal variability of intertidal algal assemblages of the Slovenian coast (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Botanica Marina* 48: 96-105

Sharma O. P. (1986): Textbook of Algae. Tata McGraw-Hill, New Delhi, str. 296-337

Zavodnik D. (1967): The community of *Fucus virsoides* (Don.) J. Ag. on a rocky shore near Rovinj (Northern Adriatic). *Thalassia Jugoslavica* 3: 105-113

Zavodnik D. (1977): Benthic communities in the Adriatic Sea – reflect of pollution. *Thalassia Jugoslavica* 13: 413-422

Zavodnik N. (1973): Seasonal variations in rate of photosynthetic activity and chemical composition of the littoral seaweeds common to North Adriatic. Part I.: *Fucus virsoides* (Don.) J. Ag. Botanica Marina 16: 155-165

Zavodnik N. (1984): Pregled istraživanja morskih bentonskih alga Istre i Kvarnera. Pomorski Zbornik 22: 349-362

Zavodnik N., Iveša LJ., Travizi A. (2002): Note on recolonisation by furoid algae *Cystoseira* spp. and *Fucus virsoides* in the North Adriatic Sea. Acta Adriatica 43: 25-32