

STANJE OKOLIŠA SLOVENSKOG DIJELA JADRANSKOG MORA

ENVIRONMENTAL STATE OF THE SLOVENIAN PART OF THE ADRIATIC SEA

VALENTINA BREČKO GRUBAR

Oddelek za geografiju, Fakulteta za humanistične studije Koper, Univerza na Primorskem, Slovenija /
Department of Geography, Faculty of Humanities Koper, University of Primorska, Slovenia

Primljeno / Received: 2009-06-22

UDK 349.6:574.2(497.4)(262.3)

Pregledni članak
Review

Slovenski je dio Jadranskoga mora njegov najsjeverniji dio koji obuhvaća oko 200 km² i dio je širega Tršćanskog zaljeva. Slovenska obala prostire se na 47 km uglavnom strme, abrazijske obale od lapora i pješčenjaka. Niska akumulacijska obala nalazi se samo kod ušća vodenih tokova i čini manji dio, a najmanji dio pripada vapnenačkoj abrazijskoj obali. Kopneni obalni pojas uglavnom je brežuljkast i reljefno jako raščlanjen, a zaravni se nalaze u manjoj mjeri samo u donjim dijelovima riječnih dolina. Slovensko more ulazi u kopno s dva veća zaljeva, Koparskim i Piranskim, pa je stoga veoma plitko. Prosječna dubina je oko 18 m, a najveća je kod piranskog rta Madona. Dno mora većim je dijelom pokriveno sedimentima koji su posljedica abrazijske strmih stjenovitih obala i akumulacije riječnih nanosa. Zbog plitkosti more je izloženo velikim temperaturnim kolebanjima, a zbog dotjecanja slatke vode i promjenama saliniteta vode. Kretanje morske vode u najvećoj je mjeri posljedica morske mijene i vjetrova, poglavito bure, koja značajno utječe na vertikalno kruženje vode.

Strujanje je slabo i promjenljiva smjera. Erozijom zemlje i površinskim dotjecanjem oborina, vodenim tokovima i neposrednim ispuštanjem otpadnih voda u slovensko more dotječu mnogobrojne hranjive tvari. Posljedica je spomenutih obilježja velika pokrajinska osjetljivost ekosustava obalnoga mora. More se ljeti intenzivno ugrije i uz slabo kruženje vode česte su pojave nedostatka kisika u dubljim slojevima vode, intenzivnog rasta algi i cvjetanja, što upućuje na premašen kapacitet samočišćenja (asimilacijski) morskog ekosustava.

Glavni su izvori zagađenja obalni gradovi Koper, Izola, Piran i Portorož, nautički turizam s marinama, pomorski promet te lučka aktivnost Luke Koper. Zbog ljudskih aktivnosti još uvijek se povećavaju pritisci na morski ekosustav, i na kopnu, i na moru, unatoč pojedinim mjerama smanjenja onečišćenja. Slovensko je obalno more, prema ocjeni Mediteranskog akcijskog plana (UNEP-MAP), zbog svojih oceanografskih značajki i utjecaja gospodarske djelatnosti, uvršteno među najosjetljivije i ugrožene dijelove Sredozemlja. Stanje okoliša slovenskoga dijela Jadranskoga mora nastojalo se predočiti pomoću modela DPSIR, odnosno dopunjenoga Integralnoga geografskog modela proučavanja okoliša i njegovih komponenti.

Ključne riječi: stanje okoliša, pokrajinska osjetljivost, faktori opterećenja, zagađivanje, Tršćanski zaljev, Jadransko more, Slovenija

Slovenian part of the Adriatic Sea is its most northern part which occupies approximately 200 km² and is a part of the wider Gulf of Trieste. Slovenian coast consists of 47 kilometers of mostly steep, abrasive marl and sandstone coast. Low accumulation coast is located only at the mouths of the watercourses and represents but a smaller portion, whereas the smallest part is occupied by the limestone abrasion coast. Mainland coastal region is mostly hillside and has a very diverse relief, while plains, in smaller numbers, are located only in the lower parts of the river valleys. Slovenian sea indents the mainland by two larger gulfs: the Gulf of Koper and of Piran and is predominately very shallow. The average depth is around 18 m and the largest depth is 38 m at the Madona cape near Piran. Sea bottom is mostly covered by the thick layer of sediments deposited after the abrasion of the steep cliff coast and by the accumulation of the river alluvium. Due to its shallowness the sea is exposed to high temperature fluctuations and due to the fresh water influx also to the changes of its salinity.

The circulation of the sea water is mainly induced by the tide and wind activities, mostly the Bora (strong north-easterly wind) which significantly influences the vertical circulation of the water. Water current is weak and unstable. There is a large influx of nutrients into the Slovenian sea, resulting from the soil erosion, surface water influx, watercourses and direct emissions of waste waters into the sea. The consequence of the mentioned sea characteristics is a great landscape sensitivity of the coastal sea ecosystem. During summer the sea warms

intensely and when accompanied by the weak water circulation, we are often witnessing the lack of oxygen in the deeper layers of the water, intensive algae growth and sea blooming, which points to exceeded self-cleaning (assimilation) capacities of the marine ecosystem.

The major polluters are the coastal towns of: Koper, Izola, Piran and Portorož, nautical tourism with marines, naval traffic and the port activity of the Luka Koper. The pressures on the marine ecosystem due to the human activities are still increasing, both on the mainland and in the sea, despite some measures to reduce the pollution. According to the assessment of the Mediterranean action plan (UNEP-MAP), Slovenian coastal sea is, due to its oceanographic characteristics and the economic activities influence, ranked among the most sensitive and endangered parts of the Mediterranean. Environmental state of the Slovenian part of the Adriatic Sea will try to be presented through the DPSIR model or the amended Integral Model of Geographical Study of the Environment and its Components.

Keywords: Environmental state, landscape sensitivity, burdening factors, pollution, The Gulf of Trieste, The Adriatic Sea, Slovenia

Uvod

Mora se danas smatraju veoma osjetljivim pokrajinskim ekosustavima, što se poglavito odnosi na manje, zatvorene okoliše, odnosno morske okoliše koji su izdvojeni od ostalih mora, na primjer Mediteransko more i Jadransko more kao njegov dio. Ljudske aktivnosti sve više opterećuju vodne izvore u svijetu, što za posljedicu ima sve veće potrebe za vodom, rast količine otpadnih voda (iz domaćinstava i gospodarske djelatnosti) i zagađivanje okoliša. Istodobno, zbog posezanja u mora i njihova zaleđa na kopnu (područja uz vodu, porječja) smanjuju se sposobnosti samočišćenja okoline.

Samočišćenje vode jedan je od najvažnijih prirodnih procesa u morima, jer ono omogućuje očuvanje određene kvalitete vode uz promišljen (uravnotežen) stupanj antropogene upotrebe. Kao posljedica danas sve većih opterećenja, uz smanjene kapacitete samočišćenja okoliša, javlja se degradacija morskih okolina koja se očituje u lošoj kvaliteti vode, manjoj biološkoj raznolikosti, manjoj produktivnosti i propadanju životnih okolina. I u slovenskom dijelu Jadranskoga mora svjedoci smo brojnih negativnih utjecaja čovjeka na ekosustav obalnoga mora. Čovjek je već u prošlosti, solanama i izgradnjom obalnih naselja s lukama, prodro u pojas gdje se spajaju more i kopno, a kasnije su ljudski zahvati obuhvatili praktički cjelokupno obalno područje i priobalno more. Samo je još 25% obale prirodno, a sav ostali dio predmet je više ili manje intenzivnih promjena (OKOLJE NA DLANI, 2007.). Gustoća naseljenosti u obalnom je području u velikoj mjeri iznad prosjeka, s obzirom na slovensku situaciju, a osim guste naseljenosti tu su i mnogobrojne gospodarske aktivnosti, među kojima su na vrhu turizam i promet. Turističke aktivnosti zauzimaju velik udio površina na kopnu i na moru u

Introduction

Seas are nowadays regarded as very sensitive landscape ecosystems which is especially true for smaller, more closed or delimited marine environments, such as the Mediterranean Sea and its part, the Adriatic Sea. Burdening the water resources due to human activities is rising steeply in the world which is the consequence of the ever growing demands for water, the increase of the quantity of the waste waters (household and economic) and pollution of the environment. At the same time the self-cleaning capacities of the environment are decreasing because of the intervention into the sea and its joining mainland (water and river basins).

Self-cleaning is one of the most important natural sea processes, since it enables to maintain a certain quality of the water upon considerate (balanced) level of anthropogenic usage. The consequence of the growing burdening of the environment and the diminishing of its self-cleaning capabilities is the degradation of the maritime environments, reflected in lower water quality, poorer biotic diversity, lower productivity and the dying out of the living spaces. We are also witnessing many negative human influences on the coastal sea ecosystem in the Slovenian part of the Adriatic Sea. Humans interfered with the coastal area in the past breaking into the belt where sea and land join, by saltworks and the construction of coastal settlements with ports. Through time human interventions have spread to practically all coastal land and sea. No more than 25% of the natural coast has been preserved while the remaining percentage of the coast has been subject to more or less intensive changes (OKOLJE NA DLANI, 2007.). The density of population in the coastal area is extremely above the average with regard to Slovenian circumstances. Beside dense population there are also numerous

Piranskom zaljevu, a u Koparskom zaljevu i njegovoj sjevernoj obali to čini Luka Kopar. Slovenski dio Jadranskoga mora je, zahvaljujući velikim kapacitetima samočišćenja, relativno dobre kvalitete. Tome, jasno, značajan doprinos daje velik dotok slatke vode u more, a time i intenzivnija izmjena morske vode, kontinentalni potezi, uključujući plitkost i polimiktičnost slovenskog dijela Tršćanskoga zaljeva (RADINJA, 1990.). Izmjena i kruženje vode mijenjaju se tijekom godine i s godinama, a time se također mijenjaju i kapacitet samočišćenja i osjetljivost morskoga ekosustava.

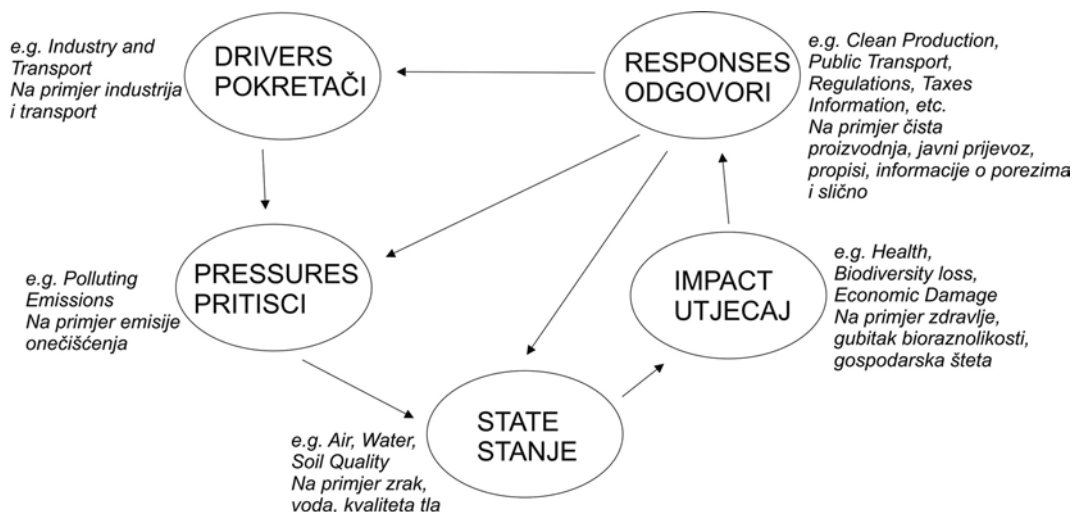
Metode istraživanja

Stanje okoliša slovenskog dijela Jadranskoga mora pokušat ćemo prikazati pomoću modela DPSIR, odnosno dopunjenoga Integralnoga geografskog modela proučavanja okoliša i njegovih komponenti (PLUT, 2004.). Metodološki pristupi za izvještavanje o stanju okoliša u Europskoj uniji proizlaze iz modela suprirodnosti, iz istraživanja razvojnih i zaštitnih aspekata održivoga ili trajnoga suprirodnog razvoja. Istraživanje europskoga okoliša veliku pozornost posvećuje razvoju integralnih metodologija procjena utjecaja na okoliš (IEA) i sustavu okolišnih pokazatelja za praćenje stanja okoline. Kao model istraživanja okoliša s gledišta suprirodnoga usmjeravanja prostornoga razvoja, krajem 90-ih godina etablirao se model istraživanja okoliša i okolišnih izvora DPSIR (Driving forces, Pressures, State, Impact, Responses), koji je bio zasnovan kao sistem uzročno-posljedičnih veza. Pokretačke sile (driving forces) su socio-ekonomski faktori i aktivnosti koje za posljedicu imaju povećanje ili ograničenje pritiska na okoliš, odnosno, povećanje broja ili rast populacije, gospodarski rast, urbanizaciju, intenziviranje poljoprivrede. Ogladaju se u emisijama zagađivača i drugim opterećenjima ili pritiscima (pressures). Posljedica pritiska je stanje okoliša i njegovih komponenti (state), trenutno stanje i razvoj pojava u okolišu (onečišćenje komponenti okoliša, izmjena biološke raznolikosti, raspoloživost prirodnih izvora i ostalo). Efekti promjene stanja okoliša na ljudsko zdravlje i zdravlje živih bića su utjecaji (impact), a odazivi (responses) su odgovori društva na probleme okoliša, kao što su mjere za smanjenje pritiska ili posljedica stanja okoliša na zdravlje, odluke, ulaganja i sl. Model DPSIR i izbor indikatora u njegovu okviru pomažu

economic activities, of which tourism and transport are predominant. Tourist activity includes a large share of land and sea in the Gulf of Piran, and Luka Koper extends over very large surfaces in the Gulf of Koper and its northern coast. Slovenian part of the Adriatic Sea is, owing to substantial self-cleaning capabilities, of relatively good quality. The large influx of fresh water into the sea and subsequent more intensive rotation of the sea water, land characteristics including shallowness and polymictic of the Slovenian part of the Gulf of Trieste also considerably contribute (RADINJA, 1990). Water exchange and circulation change during the year and over the years and with it also the self-cleaning capability and sensitivity of the marine ecosystem.

Research methods

Environmental state of the Slovenian part of the Adriatic Sea will try to be presented through the DPSIR model and the Integral Model of Geographical Study of the Environment and its Components (PLUT, 2004). Methodological approaches for the preparation of the reports on the state of the environment in the EU region are deriving from the sustainability model and the study of the development and safeguarding aspects of the sustainable development. Studies of the European environment assign a lot of attention to the development of integral environment impact assessment methodologies (IEA) and the system of environmental indices for monitoring the state of the environment. At the end of the 90's the DPSIR (Driving forces, Pressures, State, Impact, Responses) has been established as a model for the study of the environment from the point of view of sustainable territorial development, designed as a system of causal relations. The driving forces are socio-economic factors and activities which cause the increase or limitation of the pressures on the environment, namely the population increase, economic growth, urbanization and intensification of farming. They are reflected in the emissions of pollutants and other burdens or pressures. The consequence of the pressures is the state of the environment and its components, present state and development of the phenomena in the environment (pollution of the environmental components, change of biotic diversity, availability of the natural resources and other). The effects of the altered environment state on the health of the people and living creatures have impact, and responses are the answers of the society regarding the environmental



Slika 1. Modelni pristup DPSIR

Figure 1 DPSIR model approach

Izvor / Source: KAZALCI OKOLJA, 2005, 2006.

u razumijevanju uzročno-posljedičnih veza i odnosa u okolišu koji utječu jedni na druge. Oni nam omogućuju: 1. procjenu stanja i težnji u okolišu; 2. utvrđivanje uzroka i izvora pritiska na okoliš; 3. određivanje temeljnih okolišnih problema te područja i načina rješavanja (EUROPE'S ENVIRONMENT, 1995.).

Agencija Republike Slovenije za okoliš već je u 2003. godini pripremila izbor indikatora okoliša koji su osnova za izvještavanje i informiranje javnosti o stanju okoliša u Sloveniji. Izbor indikatora proizlazi iz modelnog pristupa DPSIR, a bio je prilagođen slovenskim prilikama, gdje su to zahtijevali specifični uvjeti (KAZALCI OKOLJA, 2003; 2004.). U dopunjenom izvješću *Kazalci okolja 2005 (Indikatori okoliša 2005)* pokretačke sile obrađivane su s 11 indikatora, opterećenja sa 16, stanje s 14, utjecaji s 9 i odazivi s 9. Zajedno je obuhvaćeno 59 indikatora koji obuhvaćaju sljedeća područja: priroda, more, vode, zrak, klimatske promjene, otpatci i tok tvari, energetika, poljoprivreda, promet, industrija, turizam i instrumenti okolišnih politika. Sklop indikatora za more sadrži pet indikatora, od njih jedan za opterećenje (onečišćenje s brodova), tri za stanje (visina mora, klorofil u obalnome moru i kisik u pridonemom sloju) i jedan za utjecaje (kvaliteta vode za kupanje) (KAZALCI OKOLJA, 2005; 2006.). Nedostatak predstavljenoga metodološkog pristupa vidi se u tome da nisu uzete u obzir

problems, such as measures for the reduction of pressures or consequences of the environment on the health, decisions, investments etc. DPSIR model and the selection of indices within its framework help to understand the causal relations and inter-influential relations in the environment. They enable us: 1. to assess the state and trends in the environment; 2. to assess the causes and sources of the environmental pressures; 3. the definition of fundamental environmental problems, areas and ways of resolution (EUROPE'S ENVIRONMENT, 1995).

The Environmental Agency of the Republic of Slovenia prepared the selection of the environmental indices as early as 2003, which are the basis for reporting and informing the Slovenian public on the state of the environment. The selection of the indices derives from the DPSIR model approach and has been adapted to Slovenian circumstances where required by the specific conditions (KAZALCI OKOLJA 2003, 2004). In the amended Environment indices 2005 report, the driving forces were represented by 11 indices, burdens by 16, state by 14, impacts by 9 and responses by 9. Altogether 59 indices are included, which extend over the following fields: Nature, sea, waters, air, climatic changes, waste and material flow, energy, agriculture, traffic, industry, tourism and environmental policies instruments. Sea indices are comprised of 5 indices, namely 1 for the burdening (pollution from the ships), 3 for state

specifične osobine komponenti okoliša koje u velikoj mjeri utječu na kapacitete samočišćenja okoliša. Naime, osobine komponenti okoliša značajno utječu na način na koji će okoliš odgovoriti na pritiske, odnosno opterećenja i time utječu na stanje okoliša. Integralni geografski model istraživanja okoliša i njegovih komponenti (PLUT, 2004.) također uzima u obzir specifične osobine i posebnosti komponenti okoliša s indikatorima osjetljivosti. U istraživanju vodenih resursa kod osjetljivosti mora navedeni su volumen, plitkost i morske struje.

Osjetljivost okoliša slovenskoga dijela Jadranskoga mora pokušat će se prikazati uz uzimanje u obzir indikatora prikazanih modelnih pristupa i smisleno ih dopuniti. Na osjetljivost mora upozorit će se analizom fizičkogeografskih obilježja slovenskoga dijela Jadranskoga mora. Stanje kvalitete ukratko će se opisati prema nacionalnom monitoringu kvalitete mora, koji većim dijelom provodi Morska biološka stanica u Piranu i u daljem tekstu izložit će se glavni čimbenici opterećivanja i opterećenja ili pritisci na morski ekosustav. Bit će također prikazane i značajnije, već ostvarene mjere za smanjenje opterećenja i zaštitu mora.

Geografske karakteristike i utjecaj na pokrajinsku osjetljivost slovenskoga dijela mora

Slovenski dio Jadranskoga mora obuhvaća približno 200 km² ili trećinu Tršćanskoga zaljeva, kojega je dio. Većim dijelom obuhvaća priobalno more između Miljskog i Savudrijskog poluotoka. U kopno ulazi s dva veća zaljeva, Koparskim i Piranskim, te s dva manja, Strunjanskim i Portoroškim. Slovenska obala od zaljeva Sv. Jerneja, na granici s Italijom, do ušća rijeke Dragonje, na granici s Hrvatskom, iznosi 46,6 km.

Plitkost je jedna od osnovnih osobina Tršćanskoga zaljeva pa i slovenskoga dijela mora, dubina kojega u prosjeku iznosi 18,7 m, 97% dubina ne prelazi 25 m, 60% mora pliće je od 15 m, a 40% mora pliće je od 10 m (NAVTIČNI VODNIK SLOVENSKEGA MORJA IN OBALE, 2005.). Maksimalna izmjerena dubina u slovenskom moru, poznata također pod nazivom "podvodni Triglav", manji je bazen ovalna oblika, koji se nalazi 300 m sjeverozapadno od rta Madona u Piranu i proteže se do dubine od 38 m. Uz rtove morske su struje jače i ometaju odlaganje sedimenata, zbog čega je more dublje. Na taj

(sea level, chlorophyll level in the coastal sea and oxygen in the bottom layer) and 1 for the impacts (quality of the bathing water in the coastal sea) (KAZALCI OKOLJA 2005, 2006). The disadvantage of the presented approach lies in the fact that specific characteristics of environment components which significantly impact the self-cleaning capabilities of the environment are not considered. Namely, environment components characteristics have a strong impact on the way the environment reacts to pressures or burdens and thus impact on the state of the environment. Integral Model of Geographical Study of the Environment and its Components (PLUT, 2004) considers also the specific characteristics and particularities of the environment components with sensitivity indices. With respect to the sensitivity of the sea, the water resources studies state: volume, shallowness and circulation.

Landscape sensitivity of the Slovenian part of the Adriatic Sea will be presented considering the indices of the presented model approaches with reasonable amendments. The sea sensitivity will be pointed out by analysing physical-geographical features of the Slovenian part of the Adriatic.

The state of quality will be summarized according to the National monitoring of the sea quality which is mostly done by the Marine biological station in Piran and the major burdening factors and burdens or pressures to the marine ecosystem will be set out in the following. Some more important measures for reducing the burdens and protecting the sea already realized will be presented too.

Geographical characteristics and impact on the landscape sensitivity of the Slovenian part of the sea

Slovenian part of the Adriatic Sea spans approximately 200 km² or one third of the Gulf of Trieste, a part of which it is. It consists of the mostly coastal sea between the Muggia and Savudrija peninsulas. It indents the mainland by two larger gulfs: The Gulf of Koper and of Piran, and two smaller: The Gulf of Strunjan and of Portorož. Slovenian coast, from the Gulf of Sv. Jernej on the border with Italy to the mouth of the river Dragonja on the border with Croatia, is 46.6 kilometers long.

Shallowness is one of the fundamental characteristics of the Gulf of Trieste and also of the Slovenian part of the sea, whose depth is on average 18.7 m. As high as 97% of the depth is not deeper than 25 m, more shallow than 15 m is as high as 60% of the sea, and 40% is shallower than 10 m (NAVTIČNI



Slika 2. Slovenski dio Jadranskoga mora s područjem uz vodu
 Figure 2 Slovenian part of the Adriatic Sea with its waterbasin
 Izvor / Source: MOJE TVOJE MORJE, 2002.

se način navodno oblikovao i spomenuti bazen (OROŽEN ADAMIĆ, 2002.). Morsko je dno većinom sastavljeno od fliša, dijelom od vapnenca i riječnih sedimenata. Vode s kopna donose u slovensko obalno more velike količine ilovače, gline i mulja (RICHTER, 2005.). To značajno utječe na prozirnost ili mutnost vode. Prosječna vidljivost kreće se između 6 i 8 m, a rijetko premašuje 10 m (REJEC BRANCELJ, 2003.). U usporedbi s ostalim Jadranom, površinske su morske struje u njegovu sjevernom dijelu, a time i u slovenskom dijelu mora znatno slabije. Zbog plitkosti Tršćanskoga zaljeva smjer i brzina struja usko su povezani s trenutnom vremenskom situacijom. Na njihovu brzinu i smjer utječu jaki vjetrovi, a na cjelokupan vodeni stupac utječe također i bibavica. Glavna morska struja teče od Istre, prosječnom brzinom od približno 0,8 čvorova (1,5 km/h), a vraća se uz talijansku obalu, brzinom od 0,5 čvorova (0,9 km/h) (PLUT, 2000.). Pred Savudrijskim poluotokom dijeli se u dva kraka, jedan nastavlja

VODNIK SLOVENSKEGA MORJA IN OBALE, 2005). The largest measured depth in the Slovenian sea, also called the "underwater Triglav" is a smaller oval shaped basin, which is located 300 m northwest of the Madona cape in Piran and is 38 m deep. Sea currents along the capes are stronger and obstruct the sedimentation, thus the sea is deeper. The mentioned basin is supposed to have been formed in that way (OROŽEN ADAMIĆ, 2002). Sea bottom consists mostly of flysch, partly limestone and river alluvium sediments. Waters from the mainland bring large quantities of clayey and clay-silt sediments into the Slovenian coastal sea (RICHTER, 2005), and this strongly impacts the transparency or muddiness of the sea water. The average visibility is between 6 m and 8 m and rarely surpasses 10 m (REJEC BRANCELJ, 2003). In comparison with the rest of the Adriatic Sea the surface sea currents in the northern Adriatic and thus also in the Slovenian part of the sea are substantially weaker. Due to the shallowness of the Gulf of Trieste, the direction and the speed

put prema sjeveru do talijanske obale, gdje većina vodenih masa nastavlja put uz talijansku obalu prema zapadu, a drugi od Savudrijskog poluotoka nastavlja put prema sjeveroistoku i ulazi u Tršćanski zaljev uz slovensku obalu. Zbog plitkosti ona se manifestira kao površinska struja koja se uz obalu okreće i priključuje struji na ušću rijeke Soče (NAVTIČNI VODNIK SLOVENSKEGA MORJA IN OBALE, 2005.). Za razliku od strujanja, učinci morskih mijena u slovenskom dijelu Tršćanskoga zaljeva jači su nego drugdje u Jadranu. Morske su mijene najočitije u priobalnom pojasu, a uz jake vjetrove može doći do većih promjena u raspoređivanju vodenih masa, što također utječe na strujanje. Najveća razlika između plime i oseke premašuje 180 cm (RICHTER, 2005). Promjene razine mora bilježi mareografska postaja Kopar s definiranom mareografskom "0" 200 cm na mareografskoj letvi. Promjene razine mora bilježi od 1958. godine. Prosječna razina mora u razdoblju 1960.-2006. iznosila je 217 cm, najniža prosječna godišnja razina 211 cm, a najviša srednja prosječna razina 223 cm (FATORIĆ, 2009.). Uz visoka stanja razine mora, koja premašuju 300 cm na mareografskoj letvi na slovenskoj obali se pojavljuju i poplave mora, a Piran je poplavama najugroženiji obalni grad u Sloveniji. Poplavno područje godišnjih poplava obuhvaća 220 ha površina, najviše na područjima Strunjanskih i Sečovljanskih solana, a iznimne poplave obuhvaćaju više od 600 ha zemljišta (KOLEGA, 2010.). Najveća izmjerena visina razine mora iznosila je u 1969. godini 395 cm, a u pojedinim godinama bilo je zabilježeno od 1 do 17 poplava (ARHIVA MBS).

Za slovenski dio Tršćanskoga zaljeva znakovita su velika temperaturna kolebanja. Mjerenje temperature mora redovito se obavlja na mareografskoj postaji u Kopru i na oceanografskoj boji u Piranskom zaljevu. Godišnje temperature morske vode kreću se od približno 8 °C u siječnju i veljači, do 26 °C u kolovozu. Prosječna godišnja temperatura mora iznosila je 16,1 °C u razdoblju 1960.-2006. i bila je za 3,5 °C viša od srednje temperature zraka (FATORIĆ, 2009.). Jaka bura faktor je koji bitno smanjuje temperaturu morske vode i zimi i ljeti. Ona istiskuje površinsku vodu od obale i s kompenzacijskom strujom na površinu dolazi dubinska voda. Prosječna površinska slanost Jadranskoga mora iznosi 38,3‰, a uz povećan prtok slatke vode slanost se ljeti smanji do 30%. Zimi kada je dotok slatke riječne vode manji, slanost se povećava, a vrijednosti su u svim dubinama konstantne.

of the currents are closely tied to the momentary weather situation. Their speed and direction are influenced by the strong winds, and the entire water column is influenced also by the tide. The main sea current flows from Istria towards north with the average speed of approximately 0.8 knots (1.5 km/h) and returns along the Italian coast with the speed of 0.5 knots (0.9 km/h) (PLUT, 2000). Before the Savudrija peninsula the current splits into two legs, one proceeds towards north to the Italian coast, where the majority of the water masses continues its path along the Italian coast towards west, and the second proceeds from the Savudrija peninsula towards northeast and enters the Gulf of Trieste along the Slovenian coast. Due to its shallowness it is manifested as a surface current which turns upon reaching the coast and connects to the current by the river Soča mouth (NAVTIČNI VODNIK SLOVENSKEGA MORJA IN OBALE, 2005). Opposite to currents, tide impacts in the Slovenian part of the Gulf of Trieste are stronger than elsewhere in the Adriatic. Tide is most prominent in the coastal region and, coupled with strong winds, can entice major changes in the distribution of the water masses, which also impacts the currents. The largest difference between the high and the low tide exceeds 180 cm (RICHTER, 2005). The mareographic station Koper has regularly registered sea level changes since 1958, with the fixed mareographic "0" at 200 cm on the tide gauge. The average sea level in the 1960-2006 period was 217 cm, the lowest annual level was 211 cm and the highest average annual level was 223 cm (FATORIĆ, 2009). In the time of high sea levels which surpass 300 cm, there are also sea floods on the Slovenian coast and Piran is the most floods endangered coastal town in Slovenia. The area exposed to regular yearly floods extends over 220 hectares, the largest part of it lies within the salt pans of Strunjan and Sečovlje, while the extreme floods extend over 600 hectares of the lands (KOLEGA, 2010). The highest recorded sea level reached 395 cm in 1969, and there were 1 to 17 floods recorded in the individual years (MBS ARCHIVE).

High temperature fluctuations are typical of the Slovenian part of the Gulf of Trieste. Regular measurements of the sea temperatures take place at the Mareographic station in Koper and on the oceanographic buoy in the Gulf of Piran. Annual temperatures of the sea water range from 8 °C in January and February to 26 °C in August. The average annual sea temperature in the 1960-2006 period was 16.1 °C and was 3.5 °C higher of the average air temperature (FATORIĆ, 2009). Factor that strongly lowers the sea water temperature, both in

Slanost i površinska temperatura mora usko su povezane s gustoćom morske vode. Najniže su vrijednosti ljeti oko 1022 kg/m^3 , a zimi one najveće dosegnu i do 1030 kg/m^3 . Te ekstremne vrijednosti karakteristične su upravo za sjeverni Jadran (NAVTIČNI VODNIK SLOVENSKEGA MORJA IN OBALE, 2005.).

Kvaliteta vode slovenskoga dijela Jadranskoga mora

Program stalnog praćenja kakvoće obalnoga mora odvija se neprekidno od 1989. godine i sastavni je dio nacionalnog monitoringa mora, koji se odvija u okviru djelatnosti Agencije Republike Slovenije za okoliš, koja djeluje pod okriljem Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja. Monitoring obavljaju Morska biološka stanica Piran (Nacionalni institut za biologiju Univerziteta u Ljubljani) i Zavod za zaštitu zdravlja Kopar. Prate se kopneni izvori onečišćenja (ispuštanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda, kakvoća vode na ušćima vodotoka), kakvoća vode u kupalištima, mjestima gdje se uzgajaju školjke, trofički status mora i kakvoća obalnoga mora (PROGRAM VARSTVA OKOLJA ZA SLOVENSKO ISTRO 2001.).

Na lokacijama mjerenja i uzorkovanja koje su prikazane na Sl. 3, izvode se djelatnosti u okviru redovitoga godišnjeg monitoringa na nacionalnoj razini, monitoringa kvalitete obalnih voda za potrebe Barcelonske konvencije i monitoringa opterećenja mora iz kopnenih izvora. Lokacije 000K, 00MA i 0024 koje se nalaze u blizini obale omogućuju uvid u kakvoću obalnoga mora. Lokacija 00TM nalazi se u marini Kopar, dok su lokacije 00RI, 00BA, 00DN i 00DR lokacije uzoraka na ušćima vodotoka. Lokacije 00KB, 00IA, 00DE i 00PA prate ispuštanja iz uređaja za čišćenje, a lokacije 00PO i 00IO podvodne ispuste. Od obale najudaljenija lokacija 00CZ omogućuje uvid u stanje kvalitete mora u Tršćanskom zaljevu, dok lokacija 000F osigurava usporedne vrijednosti za cjelokupan slovenski morski akvatorij zbog dugogodišnjih nizova podataka (OKOLJE V SLOVENIJI 2002, 2006.). Program prati ekološko i kemijsko stanje obalnoga i teritorijalnog mora i daje ocjenu postizanja okolišnih ciljeva za vodena tijela površinskih voda. Kvaliteta mora redovito se utvrđuje pomoću uzorkovanja i analiza vode, sedimenta i mesa morskih organizama.

the winter and in the summer, is the Bora wind. This wind pushes away the surface water from the coast and thus the cooler deep water comes to the surface by the compensation current. The average surface salinity of the Adriatic Sea is 38.3‰, upon the increased influx of fresh water, the salinity in the summer can fall to 30‰. During the winter time, when the influx of the fresh river water is lower, the salinity rises and values on all depths are more constant. The sea water density is closely tied to the salinity and the surface temperature of the sea. The lowest values are around 1022 kg/m^3 in the summer time and can reach up to 1030 kg/m^3 in the winter. These extreme values are characteristic especially for the northern Adriatic (NAVTIČNI VODNIK SLOVENSKEGA MORJA IN OBALE, 2005).

Water quality of the Slovenian part of the Adriatic Sea

The program of constant monitoring of the coastal sea quality has been taking place uninterruptedly since 1989 and is a component of the national sea monitoring which takes place within the activities of the Environmental Agency of the Republic of Slovenia which is a part of the Ministry of the Environment and Spatial Planning.

Monitoring is conducted by Marine Biological Station Piran (National Institute for Biology, University of Ljubljana) and Institute of Public Health Koper. They monitor mainland sources of pollution (emissions of communal and industrial waste waters, quality of the water at the mouths of the watercourses), quality of the water at the bathing resorts and shell cultivation areas, trophic status of the sea and the quality of the coastal sea (PROGRAM VARSTVA OKOLJA ZA SLOVENSKO ISTRO, 2001).

Activities within the regular annual monitoring on national level and monitoring of the quality of the coastal sea waters for the purposes of Barcelona convention are taking place at the measuring and sampling locations showed in the Fig. 3. The measuring points 000K, 00MA and 0024, which are located close to the coast, make feasible the monitoring of the coastal sea quality. The point 00TM is located in the Koper marina, and the points 00RI, 00BA, 00DN and 00DR are sample points located at the mouths of water streams. Measuring points 00KB, 00IA, 00DE and 00PA monitor the discharges from the treatment plants, and the points 00PO and 00IO monitor the underwater discharges. The point 00CZ, which is



Slika 3. Mjesta mjerenja (monitoringa) kakvoće i opterećenja mora

000K – zaljev Koper; 00MA – zaljev Piran; 0024 – Strunjan; 00TM – marina Koper; 00RI – Rižana; 00BA – Badaševica; 00DR – Dragonja; 00DN – Drnica; 00KB – uređaj za čišćenje komunalnih otpadnih voda Koper; 00IA – uređaj za čišćenje komunalnih otpadnih voda Izola; 00PA – uređaj za čišćenje komunalnih otpadnih voda Piran; 00DE – uređaj za čišćenje komunalnih otpadnih voda Delamaris Izola; 00PO – podvodni ispust Piran; 00IO – podvodni ispust Izola; 00CZ – centar Tršćanskog zaljeva; 000F – JZ dio Tršćanskog zaljeva

Figure 3 Locations of measuring the sea quality and pollution monitoring

000K – Gulf of Koper; 00MA – Gulf of Piran; 0024 – Strunjan; 00TM – Koper marina; 00RI – Rižana; 00BA – Badaševica; 00DR – Dragonja; 00DN – Drnica; 00KB – treatment plant Koper; 00IA – treatment plant Izola; 00PA – treatment plant Piran; 00DE – treatment plant Delamaris Izola; 00PO – underwater discharge Piran; 00IO – underwater discharge Izola; 00CZ – center of Gulf of Trieste; 000F – SW part of Gulf of Trieste

Izvor / Source: ČERMELJ ET AL. (2003)

Sadržaj klorofila prati se kao indikator prekomjerne opterećenosti vode hranjivim tvarima, i to ljeti, od svibnja do rujna, kada je primarna proizvodnja fitoplanktona najveća. Sadržaj klorofila u ljetnom razdoblju dobar je indikator unosa hranjivih tvari iz ljudske djelatnosti, jer su prirodni unosi zbog manje količine oborina zanemarivi. Efekti su prekomjerne opterećenosti vode različiti. Ako je more opterećeno hranjivim tvarima, mogu se pojaviti štetna cvjetanja fitoplanktona i cvjetanja algi, koji uzrokuju promjenu boje vode; često dolazi i do pridnenog nedostatka kisika, karakterističan je pomor bentoskih organizama te divlje i uzgojene ribe.

Opterećenje hranjivim tvarima također dovodi do pojavljivanja toksičnih algi, stvaranja sluzavih

located farthest from the coast, makes feasible the monitoring of the sea quality in the Gulf of Trieste.

Location 000F represents the comparison values for the entire Slovenian marine port aquatorium with the purpose of the several years set of data (OKOLJE V SLOVENIJI 2002, 2006). The program monitors ecological and chemical state of the coastal and territorial sea and gives assessments on reaching environmental goals for water body of the surface waters. Sea quality is regularly determined by sampling and analyses of water, sediments and flesh of the sea organisms.

The registered increased quantity of chlorophyll serves as the indicator of excessive water burdening with nutrients, which occurs especially during the

agregata i povećane pokrivenosti morskog dna brzo rastućim zelenim algama i na kraju do trovanja ljudi zbog konzumiranja školjki. Prosječne su vrijednosti klorofila, mjerene na dubini od 0-10 metara na tri mjesta mjerenja, od kojih se jedno nalazi bliže obali kod Pirana, u razdoblju 1997.-2006. bile vrlo promjenljive. Najveće vrijednosti klorofila u godinama 1998. i 1999. premašile su 10 µg/l, a u godinama 2001. i 2002. 6 µg/l. Prosječne su vrijednosti klorofila u ljetnom razdoblju 1997.-2006. bile manje. Najveća vrijednost premašila je u 1997. 5 µg/l, u 2002. godini 4 µg/l, dok je većina prosječnih vrijednosti bila ispod 2,5 µg/l, što slovensko obalno more prema klasifikaciji OECD ubraja među obalna područja koja su siromašna u pogledu hranjivosti. U usporedbi s odabranim lokacijama u Mediteranskom moru, prosječne vrijednosti klorofila u slovenskom su moru mnogo veće (KAZALCI OKOLJA 2005, 2006.).

Bitan indikator ekološkoga stanja mora također je i sadržaj kisika u dubinskim vodama koji se u slovenskom dijelu Jadranskoga mora sistematski prati od 90-ih godina prošloga stoljeća. Zbog zatvorenosti i plitkosti mora te stratifikacije vode, od kasnog ljeta do jeseni, u dubljim slojevima vode, u velikoj se mjeri smanjuje sadržaj rastvorenoga kisika. Izniman nedostatak kisika u Tršćanskom zaljevu, koji je utvrđen u godinama 1974., 1983., 1987. i 1990., rezultirao je uginućem bentoskih organizama na različitim predjelima središnjega dijela zaljeva. U jugozapadnom dijelu zaljeva situacija je bolja, dok na dubinama ispod 20 metara kritični nedostatak kisika nije utvrđen. Podatci za dvije lokacije mjerenja u središnjem i jugozapadnom dijelu slovenskoga mora, za razdoblje od svibnja do studenog, u godinama 1989.-2006., pokazuju da su samo povremeno bile utvrđene biološki kritično niske vrijednosti kisika, ispod 2 ml/l. Češće su niske vrijednosti bile utvrđene u pridnom sloju u središnjem dijelu zaljeva (dubina 22 m), gdje je najniža vrijednost 1995. godine iznosila 0,29 ml/l. Na mjestu mjerenja, u jugozapadnom dijelu, sadržaj je rastvorenoga kisika u pridnom sloju (dubina 24 m) samo u godinama 1989. i 1990. bio ispod 2 µg/l (KAZALCI OKOLJA, 2005, 2006.). Trofički indeks (TRIX) sintezni je indikator opterećenosti vode, koji uzima u obzir sadržaj dušika, fosfora, klorofila te zasićenost kisikom i prozirnost. U 2005. godini vrijednosti trofičkog indeksa kretale su se između 4,5 i 6, što upućuje na umjereno eutrofne vode. Kemijsko stanje vode za 2005. godinu bilo je

summer period when phytoplankton production is at its highest. The quantity of chlorophyll-a in the summer period is a good sign of the influx of the human produced nutrients since natural influx is negligible due to the low precipitation. The effects of the excess water burdening are different. If the sea is overburdened with the nutrients, harmful blooming of phytoplankton and algae can occur, which causes the water to change color; also frequent is the lack of oxygen at the bottom level, resulting with the deaths of the benthic organisms, wild and cultivated fish. Burdening with the nutrients also leads to emergence of the poisonous type of algae, the formation of slime aggregates and the increased coarctation of the sea bottom with fast-growing green algae and lastly to food poisonings upon the consumption of the shells. Average chlorophyll-a values, measured at the 0-10 m of depth, at three measuring locations of which one is closer to the coast in Piran, were very acceptable in the 1997-2006 period. The highest chlorophyll-a values in the year 1998 and 1999 surpassed 10 µg/l and 6 µg/l in the 2001 and 2002. The average values of the chlorophyll-a in the summer period between years 1997-2006 were lower. The highest value in the year 1997 surpassed 5 µg/l, in the year 2002 4 µg/l, while most of the values were under 2.5 µg/l, which ranks Slovenian coastal sea among the coastal regions which are poor in the nourishment under the OECD classification. In comparison to the selected locations in the Mediterranean Sea, the average chlorophyll-a values in the Slovenian sea are much higher (KAZALCI OKOLJA 2005, 2006).

An important index of the ecological state of the sea is also the quantity of the oxygen in the deep water, which has been systematically monitored in the Slovenian part of the Adriatic Sea since the 90s of the past century. Because of the reserve and shallowness of the sea and the stratification of the water, the quantity of the dissolved oxygen in the deeper layers of water substantially reduces during the period from late summer to autumn. Extreme lack of oxygen in the Gulf of Trieste in the years 1974, 1983, 1987 and 1990 caused the death of benthic organisms in the various extents of the central part of the gulf. Southwestern part of the gulf has better conditions and there was no critical lack of oxygen in the depths below 20 meters. Data from two measuring spots in the central and southwest part of the Slovenian sea for the period from May to November, during the years 1989-2006 show, that only occasional biologically critical low values under 2 ml/l were recorded. Low values were more frequent at the bottom layer in the central part of

ocijenjeno kao dobro, a odgovarajuća je bila i kakvoća vode za život morskih školjki i puževa (OKOLJE NA DLANI, 2007.).

Indikator kvalitete vode za kupanje pruža uvid u mikrobiološku i fizikalno-kemijsku kvalitetu vode. U slovenskom obalnom moru u monitoring voda za kupanje do 2003. godine bile su obuhvaćene 32 točke uzorkovanja, a od 2004., u skladu sa zahtjevima direktive o vodama za kupanje, redovito se prati odgovarajuća higijena vode za kupanje na 6 područja i 13 prirodnih kupališta. Zajedničko stanje kvalitete vode za kupanje u razdoblju od 1996. do 2003. može se obilježiti kao dobro, jer većina uzoraka vode zadovoljava fizikalno-kemijske zahtjeve, a bilo je 72-90% mikrobiološki odgovarajućih uzoraka. Podatci nakon 2004. godine, zbog promijenjene metodologije, nisu usporedivi s prethodnima, a kvaliteta voda za kupanje u 2004. i 2005. također je bila dobra (KAZALCI OKOLJA, 2005, 2006.). U 2006. godini na svih 19 lokacija kakvoća vode za kupanje bila je u skladu s obvezujućim zahtjevima, dok je 16 uzoraka vode za kupanje zadovoljavalo i strože, preporučene zahtjeve (OKOLJE NA DLANI, 2007.).

Čimbenici opterećivanja i opterećenja mora

U uskom obalnom području u Sloveniji, koje se sastoji od 1,7% nacionalnog teritorija, u 2002. godini živjela su 232 stan./km², što uvelike premašuje prosječnu gustoću naseljenosti u Sloveniji, koja je iznosila 98 stan./km² (ŠTUDIJA ZA CELOVITO PRESOJO VPLIVOV NA OKOLJE ZA STRATEGIJO PROSTORSKEGA RAZVOJA SLOVENIJE, 2003.). Gustoća naseljenosti u 150 m širokom obalnom pojasu u 2009. godini iznosila je 1570 stan./km², na području Izole premašila je 5000 stan./km² i u Piranu 7000 stan./km² (KOLEGA, 2010.). Samo je 12% slovenske obale posve prirodno, dok je 80% trajno promijenjeno zbog luka, marina i urbanizacije, koji zadiru u pojas morske mijene i obalnoga mora (KOLEGA, 2010.). 12% slovenske obale, zbog posebnih režima zaštite (carinski molovi, Luka Kopar), nedostupno je javnosti (OKOLJE NA DLANI, 2007.). Osim naseljenosti, u užem obalnom području nalaze se i neke za okoliš i more opterećujuće gospodarske djelatnosti, kao što su kemijska industrija, brodogradnja, prehrambena industrija i intenzivna poljoprivreda, usredotočena na vinogradarstvo i uzgoj povrća.

Procjena opterećenja područja iz izvora onečišćenja pokazuje da u obalnom području

the gulf (depth 22 m), where the lowest value in 1995 was 0.29 ml/l. At the measuring spot in the southwest part the quantities of dissolved oxygen in the bottom layer (depth 24 m) were under 2 µg/l only in the years 1989 and 1990 (KAZALCI OKOLJA 2005, 2006). Trophic index (TRIX) is a synthesis index of the burdening of the water, considering the quantities of the nitrogen, phosphorus, chlorophyll, oxygen saturation and transparency. In the 2005 the values of the trophic index were between 4.5 and 6 which is a sign of moderately eutrophic waters. Chemical state of the water for the year 2005 was assessed as good; also adequate was the quality of the water for the existence of sea shells and snails (OKOLJE NA DLANI, 2007).

Quality index of the bathing waters of the coastal sea gives us an insight into the microbiological and physical-chemical quality of the water. Monitoring of the bathing waters of the Slovenian coastal sea until 2003 included 32 measuring locations and since 2004 the hygienic adequacy of the 6 bathing waters areas and 13 natural bathing areas is regularly being monitored according to the requirements of the Bathing Waters Directive. Overall quality state of the bathing waters in the period from 1996 to 2003 can be described as good since most of the water samples had suited the physical-chemical requirements and 72-90% of all the samples were microbiologically adequate. Data after 2004 is not comparable to previous data due to the changed methodology, but the quality of the bathing waters was also good in the years 2004 and 2005 (KAZALCI OKOLJA 2005, 2006). In the year 2006 the quality of the bathing waters at all 19 locations was in accordance with the obligatory requirements, 16 bathing waters even corresponded to more strict recommended requirements (OKOLJE NA DLANI, 2007).

Factors of burdening and burdening of the sea

On the strait coastal region in Slovenia which extents over 1.7% of the state territory, a little less than 80,000 inhabitants lived in 2002 which is 232 inhabitants/km² and far exceeds the average population density in Slovenia which was 98 inhabitants/km² (ŠTUDIJA ZA CELOVITO PRESOJO VPLIVOV NA OKOLJE ZA STRATEGIJO PROSTORSKEGA RAZVOJA SLOVENIJE, 2003). In 2009, the population density on the 150 metre-wide coastal belt was 1570 inhabitants/km², in the Izola area it surpassed 5000 inhabitants/km², and in Piran it was 7000 inhabitants/km² (KOLEGA, 2010). As little as 12% of

prevladavaju utjecaji opterećenja iz kopnenih izvora (poljoprivreda, turizam, urbana područja, industrija), dok na području otvorenoga mora prevladavaju prekogranični utjecaji (rijeke Pad i Soča) i utjecaji morskoga prometa. Utjecaji opterećenja iz kopnenih izvora na području otvorenoga mora manje su izraženi (PROGRAM SPREMLJANJA EKOLOŠKEGA IN KEMIJSKEGA STANJA MORJA, 2007.).

Glavni su izvor onečišćenja obalnoga mora komunalne otpadne vode koje, djelomično pročišćene ili čak nepročišćene, utječu u more i donose hranjive tvari, toksične organske i anorganske tvari, mikroorganizme i lebdeće čestice. Otpadne vode znatno pridonose eutrofikaciji mora i ugrožavaju zdravlje ljudi i sanitarnu kakvoću mora (PROGRAM VARSTVA OKOLJA ZA SLOVENSKO ISTRO, 2001.). U posljednjih nekoliko godina u obalno je more navodno dotjecalo dnevno oko 1680 m³ djelomično pročišćenih ili nepročišćenih otpadnih voda, a najviše u Koparski zaljev. Tijekom ljetnih mjeseci količina otpadnih voda znatno se povećala, zbog turističke aktivnosti. U godinama 2001.-2006. komunalni uređaj za čišćenje "Kopar" u slovensko je more ispustio 146 t dušika, 22 t fosfora i 581 t suspendiranih čestica (ARHIV MBS).

Značajan udio onečišćujućih tvari u more dolazi s vodotocima Rižane, Badaševica, Dragonje i Drnice, u koje izravno ili neizravno utječu otpadne vode iz manjih naselja u brdovitom zaleđu obale. Većina tih seoskih naselja nema organizirano odvođenje otpadnih voda, a opterećenju okoliša, osim otpadnih voda iz naselja, pridonose također poljoprivreda i transport. Izlivanje vodotoka u more unosi najveće količine suspendiranih čestica i hranjivih tvari. U 2006. godini slovenske rijeke u more su unijele 6,4 t fosfora, 586 t dušika, 11,8 t deterdženata i 1366 t suspendiranih čestica (ARHIV MBS).

Velika opasnost za onečišćenje slovenskoga dijela Jadranskoga mora su pomorski promet i izlivanje goriva. Godišnji pretovar u Luci Kopar u 2009. godini iznosio je više od 13 milijuna tona, a u 2008. godini više od 16 milijuna tona (LUKA KOPAR, 2010.), a već sama lučka djelatnost s dolascima i odlascima brodova, opskrbom brodova, pretovarom robe i ispuštanjem balastnih voda, velika je opasnost za onečišćenje mora. Opasnost također dolazi od izlivanja ili nesreće. Naime, Tršćanskim

the Slovenian coast remains entirely natural, while 80% of it is intensely and permanently changed due to ports, marinas and urbanisation, which stretch into the intertidal and neritic zones (KOLEGA, 2010). 12% of the Slovenian coast is, due to the special security regimes (customs peers, Luka Koper) inaccessible to the public (OKOLJE NA DLANI, 2007). In addition to settlements there are some other economic activities located in the straight coastal areas which are burdening for the environment and the sea, such as: chemical industry, shipyard, food industry and intensive agriculture with emphasis on the vine and vegetable growing.

Assessment of the burdening of the area due to the polluting sources shows that there are predominately mainland burdening impacts in the coastal area (agriculture, tourism, urban areas, industry) and cross border impacts in the open sea area (rivers Po and Soča) and impacts of the naval transport. Burdening impacts deriving from the mainland are less pronounced in the open sea area (PROGRAM SPREMLJANJA EKOLOŠKEGA IN KEMIJSKEGA STANJA MORJA, 2007).

The main source of the coastal sea pollution are communal waste waters which are being wasted into the sea partially purified or even not purified and bring nutrients, toxic organic and inorganic material, microorganisms and undissolved particles. Waste waters significantly contribute to the eutrophication of the sea and endanger the human health and the sanitary quality of the sea (PROGRAM VARSTVA OKOLJA ZA SLOVENSKO ISTRO, 2001). In the past years there has been an daily influx of 1680 m³ of partly purified or not purified waste waters into the coastal sea, the majority into the Gulf of Koper. Due to the tourist activities the quantity of the waste waters during the summer months increased dramatically. During the years 2001-2006 there was an annual average of 146 tons of nitrogen, 22 tons of phosphorus and 581 tons of suspended particles admitted into the sea by the sewage treatment plant "Koper" (MBS ARCHIVE).

A significant portion of the pollutants comes to the sea with the watercourses of Rižana, Badaševica, Dragonja and Drnica into which there is a direct or indirect influx of waste waters from smaller settlements in the hillside mainland. Most of these countryside settlements do not have organized waste water drainage and there is also farming and traffic contributing to the burdening of the environment besides the waste waters from the settlements. Influx of the watercourses into the sea admits the highest quantities of suspended particles and nutrients.

zaljevom dnevno prolaze mnogobrojni brodovi, kojima su ciljane, odnosno polazne luke na talijanskoj obali Tršćanskoga zaljeva (Trst, Tržič, Venecija). U koparskoj luci teret naftnih derivata u 2005. godini iznosio je 1,9 milijuna tona, a u tršćanskoj luci više od 37 milijuna tona (TROBEC, 2007.). U godinama 1977.-2004. utvrđeno je 656 onečišćenja, od kojih 47% čini onečišćenje uljima. Najveći broj onečišćenja utvrđen je u godinama od 1997. do 2001., kada ih je godišnje bilo oko 50, no najviše u 1998. godini. Uzročnik je bio poznat za 29% onečišćenja (KAZALCI OKOLJA, 2005, 2006.). Potencijalni izvori onečišćenja mora uljima također su turistički brodovi, ribarski brodovi i plovila za rekreaciju. U marinama Kopra, Izole i Portoroža je 1370 vezova, a osim toga, tu su i brodovi u gradskim lukama, a u turističkoj sezoni u slovenskom je moru dnevno više od sto plovila za rekreaciju.

Mjere za smanjenje opterećenja okoliša

Među najvažnijim mjerama za smanjenje opterećenja mora komunalnim otpadnim vodama potrebno je spomenuti nadogradnju komunalne infrastrukture i čišćenje otpadnih voda. Situacija se znatno poboljšala u 2009. godini, kada je počeo probno raditi obnovljeni i nadograđeni uređaj za čišćenje komunalnih otpadnih voda "Kopar", gdje ide većina otpadne vode iz urbaniziranih područja Kopra i Izole. Kapacitet novoga komunalnog uređaja za čišćenje iznosi 84.500 PE. Podatci o učinkovitosti čišćenja pokazuju znatno manje opterećivanje mora nego u prošlosti. Izlivanje iz novog uređaja za čišćenje, u usporedbi s izlivanjem iz starog uređaja za čišćenje, uvelike je smanjilo opterećenje. KPK se smanjio s 332 mg O₂/l na 50 mg O₂/l, BPK 5 s 158 mg O₂/l na 10 mg O₂/l, nerastvorene tvari smanjile su se s 138 mg na 30 mg te amonijev dušik s 40 mg N/l na 1 mg N/l (KOMUNALA KOPER, 2010.).

U sljedećim godinama bit će završena obnova komunalnoga uređaja za čišćenje Piran, što će također značajno smanjiti opterećenje slovenskoga mora komunalnim otpadnim vodama na najvažnijem turističkom području na slovenskoj obali. Učinkovitom tercijskom obradom otpadnih voda iz gusto naseljenih urbanih područja, gdje se također nalazi većina gospodarskih izvora otpadnih voda, u idućim će se godinama znatno smanjiti unos hranjivih tvari u more. Da bismo smanjili unos hranjivih

In the 2006 there was 6.4 tons of phosphorous, 586 tons of nitrogen, 11.8 tons of detergents and 1366 tons of suspended particles admitted into the Slovenian sea by the rivers (MBS ARCHIVE).

A great potential threat for the pollution of the Slovenian part of the Adriatic Sea is represented by the naval transport and fuel leakage. The 2009 annual transshipment in the port of Luka Koper surpassed 13 million tons, while at its highest in 2008 it amounted to 16 million tons (LUKA KOPER, 2010) and the port activity alone, with departures and arrivals of the ships, ship supply, transshipment of the goods and discharge of ballast waters, represents a great threat for the pollution of the sea. But there is also the threat of the accidental spills and leakage. The Gulf of Trieste is namely daily traversed by a large number of ships whose target or ports of origin are on the Italian coast of the Gulf of Trieste (Trieste, Monfalcone, Venice). In the port of Koper the cargo of petroleum products in the year 2005 amounted to 1.9 million tons and to 37 million tons in the port of Trieste (TROBEC, 2007). In the years 1977 to 2004 656 pollutions were recorded, of this 47% of the oil pollutions. The highest number of pollutions was recorded in the years 1997 to 2001, when there were around 50 pollutions annually, most in the year 1998. The causer was known in 29% of the pollution cases (KAZALCI OKOLJA 2005, 2006). Potential sources of oil pollution of the sea are the tourist vessels, fishing boats and recreation boats and vessels. In the Koper, Izola and Portorož marinas there are 1370 berths in the sea, additional vessels in the town ports and there are daily over 100 recreation vessels in the Slovenian sea during the tourist season.

Measures for reduction of the burdening of the environment

Among the most important measures for reducing sea burdening with communal waste waters one must mention the upgrade of the communal infrastructure and purifying of the waste waters. The conditions were radically improved in the 2009, when renovated and upgraded sewage treatment plant "Koper", where most of the waste waters of the urban area of Koper and Izola are admitted, started the trial operation. The capacity of the new sewage treatment plant amounts to 84.500 PE. The data on its efficiency show significantly lesser pollution of the sea in comparison with the past. The discharge from the new treatment plant, compared to the discharge from the old treatment

tvori i ostalih onečišćujućih tvori koje u more donose vodeni tokovi, bit će potrebno širenje kanalizacijske mreže i odvođenje otpadnih voda iz bližih suburbanih naselja koja su se u zadnje vrijeme povećala izgradnjom većeg broja individualnih kuća.

Odvođenje i čišćenje otpadnih voda ostaje neriješeno u brdovitom zaobalju, gdje prevladava disperzija stanovništva. Manji uređaji za čišćenje otpadnih voda bili su izgrađeni samo u naseljima koja se nalaze u utjecajnom području vodenih izvora za opskrbu pitkom vodom.

Neki industrijski izvori emisija otpadnih voda također imaju vlastite uređaje za čišćenje. Zbog globalne gospodarske situacije neke su, nekada velike i u pogledu zapošljavanja važne, tvrtke doživjele propast ili smanjenje svoje djelatnosti što je utjecalo kako na potrošnju vode, tako i na smanjenje emisija otpadnih voda i opterećenje mora (*Cimos, Tomos, Mehano, Delamaris, Droga* i slično). U budućnosti se očekuju još neke promjene, na primjer kemijska industrija u Kopru i odlagališta otpada. U skladu sa zahtjevima bila su uređena postojeća odlagališta otpada u Kopru, Izoli i Piranu, ali gospodarenje otpadom u budućnosti još nije riješeno.

Važna mjera za očuvanje prirodnih ili manje izmijenjenih područja obalnoga pojasa je osiguranje. Neka važna područja bila su već osigurana u prošlosti, na primjer regionalni park Sečovljanske solane, regionalni park Strunjan i prirodni spomenici: Rt Madona, jezera u Fiesi, travnjak posidonije kod Žusterne, Sv. Nikolaj i Debeli rtič. Kao posljednji bio je osnovan prirodni rezervat Škocjanski zatok, koji je zbog lučke djelatnosti (odlaganje morskoga mulja) i zagađene vode potpuno degradiran. Postupnom revitalizacijom Škocjanski bi zatok u budućnosti trebao postati primjer simbioze prirode i urbane sredine. Zaštita prirodnih područja slovenske obale i mora te ograničenje opterećenja u tom području u budućnosti su ključni zadatci trajno osnovanog regionalnog razvoja obalnoga područja Slovenije.

plant, is far less polluted: KPK has declined from 332 mg O₂/l to 50 mg O₂/l, BPK 5 from 158 mg O₂/l to 10 mg O₂/l, undissolved matter has reduced from 138 mg to 30 mg and ammonium nitrogen from 40 mg N/l to 1 mg N/l (KOMUNALA KOPER, 2010).

The renovation of the sewage treatment plant in Piran will also be finished in the following years which will significantly reduce the burdening of the Slovenian sea by the communal waste waters on the most important tourist area of the Slovenian coast. By efficient tertiary treatment of the waste waters from the densely populated urban areas where there is also the majority of the economic sources of waste waters, the influx of nutrients into the sea will reduce significantly. In order to reduce the influx of nutrients and other pollutants which are admitted into the sea by watercourses, an expansion of the sewerage network and drainage of the waste waters from the nearby suburban settlements, which have vastly increased by the construction of individual housing during the last years, will be necessary.

Drainage and treatment of waste waters remains unresolved in the hillside mainland where dispersed settlement is predominant. Smaller sewage treatment plants were constructed only in the settlements which are located in the influential area of the water resources for drinking water supply.

Some of the industrial sources of waste water emissions also have their own waste water treatment plants. Due to the global economic circumstances some of the once big and employment wise important companies went broke or are reducing their activities, the fact that has influenced both the water consumption and the emission of the waste waters and burdening of the sea (*Cimos, Tomos, Mehano, Delamaris, Droga* etc.). There are further changes coming in the future, such as chemical industry in Koper and waste dumps. The existing ones in Koper, Izola and Piran were regulated in accordance with the requirements but waste management for the future has not been resolved.

An important measure for the maintaining of natural or less changed areas of the coastal region is protection. There have been some important areas protected in the past, such as Regional Park Sečovljanske soline, Regional Park Strunjan and national monuments: Cape Madona, the lakes in Fiesa, Posidonia Oceanica meadow near Žusterna, Sv. Nikolaj and Debeli rtič. Most recently, Škocnjanski zatok natural reserve was founded. It was almost totally degraded in the past due to the port activity (sea silt waste) and influx of the polluted water. By gradual revitalizing,

Zaključak

Na asimilacijske kapacitete slovenskoga dijela Jadranskoga mora ne može se utjecati, a velika je pokrajinska osjetljivost ekosustava obalnoga mora, koja je uvjetovana prirodnim datostima, konstanta kojoj se korištenje prostora sa svim mogućim negativnim utjecajima i opterećenjima mora prilagođavati. Prirodni unosi hranjivih tvari i suspendiranih čestica u obalno more, koji su uvjetovani litološkim obilježjima obalnoga područja i geomorfnim procesima, bit će prisutni i u budućnosti, stoga je toliko važnije da se u najvećoj mogućoj mjeri smanji antropogene unose tvari u more. Očuvanje prirodne obale s obalnim raslinjem vrlo je važno, jer djeluje kao zaštitni pojas koji smanjuje unos onečišćujućih tvari s kopna u more. Intenzivna poljoprivredna zemljišta s vinogradima, voćnim i povrtnim nasadima uglavnom se nalaze u ravničarskim nižim dijelovima dolina i na nižim padinama u blizini obale. Jednom obrađene terasirane padine i sljemena u zaleđu obale u velikoj mjeri zarastaju. Vodeni tokovi bili su većinom preusmjereni u odvodne kanale zbog izvedenih regulacija u donjim dijelovima tokova pa su njihovi kapaciteti samočišćenja u velikoj mjeri smanjeni. Otpadne vode ispuštene u njihova korita zbog toga još više opterećuju more. Izgradnjom kanalizacijskih sustava i uređaja za čišćenje, opterećenje mora iz urbaniziranih područja sigurno će se smanjiti, a rast naselja u zaobalju zahtijevat će nove gradnje. Glavni izvor opterećenja okoliša i mora ostaje promet na kopnu i na moru, koji se povećava. Zbog rasta prometa u Luci Kopar povećavaju se opterećenja cestovne i željezničke mreže teretnim prometom. Uz planiranu izgradnju putničkoga terminala i razvojem luke promet će se još dodatno povećati. Zbog planiranog razvoja lučke djelatnosti (treći mol) bit će potrebna nova zemljišta za izgradnju objekata i infrastrukture, što će dovesti do dodatnih opterećenja okoliša. Zbog dnevnih migracija zaposlenih obalni se gradovi svaki dan susreću sa zastojevima u prometu i nedostatkom parkirališta, a situacija se drastično pogoršava ljeti, kada se povećava posjeta turista i tranzitni promet turista. Rastom kapaciteta marina znatno su se povećala opterećenja mora, a dnevnim posjetima kupaca na sidrištima ugrožena su također i zaštićena područja slovenske obale. Većom gustoćom pomorskoga prometa povećavaju se mogućnosti za nesreće i time povezana onečišćenja, što bi moglo imati teške negativne posljedice za prirodni okoliš i gospodarske djelatnosti, kao što su ribarstvo,

the Škočjanski zatok is supposed to become an example of the coexistence of the natural and urban environment. Protecting natural areas of the Slovenian coast and the sea and limiting the future burdening in the area, are key assignments of the sustainably designed regional development of the Slovenian coastal area.

Concluding thoughts

The assimilation capabilities of the Slovenian part of the Adriatic Sea cannot be influenced on and great landscape sensitivity of the coastal sea ecosystem, conditioned by the natural causes is a constant to which the use of space must adapt to, with all the possible negative impacts and burdens. Natural influx of nutrients and suspended particles into the coastal sea, which is conditioned by the rock formation of the coastal area and geomorphologic processes, will also be present in the future, thus it is even more important to reduce the anthropogenic influx of material into the sea. Maintaining natural coast with coastal vegetation is very important since it works as a protective area which reduces the influx of mainland pollutants into the sea. Intensive farming areas with vineyards, fruit and vegetable plantations are mostly located in the flat lower parts of the valleys and on gentle slopes near the coast. Once cultivated terraced slopes and ridges in the mainland are mostly in the process of being overgrown. Due to the regulations in the lower parts of the courses the watercourses were mainly transformed into drainage canals and their self-cleaning capabilities are greatly reduced. Waste water, released into their riverbeds, thus burdens the sea much more. By building sewage systems and sewage treatment plants, the burdening of the sea deriving from the urban areas will without doubt reduce, but the growth of the mainland settlements will require new constructions. The main source of the burdening of the environment and the sea remains the land and sea transport which is increasing. Due to the growth of Luka Koper turnover, the burdening of road and railway network with cargo transport is increasing. With the planned construction of the passenger terminal and the development of the port, there will be further increase of the transport. Due to the development of the port activity (3rd pier), new land properties for construction of buildings and infrastructure will be needed and it will cause additional burdening of the environment. Due to the daily migrations of the employees each day the coastal towns are facing

marikultura i turizam. Zbog urbanizacije obale, intervencija u obalnom moru i regulacije vodotoka, asimilacijski kapacitet okruženja za ljudske zahvate znatno je smanjen, a zabilježeno je i zagađenje vodotoka i mora. Opterećenje mora hranjivim tvarima, cvjetanjem i nakupinama sluzi pokazuje da opterećenje okoliša povremeno premašuje sposobnosti asimilacije. To su polazišta na kojima bi trebao temeljiti prostorni razvoj područja. Do sada su u prvom planu uglavnom bile kurativne mjere za ograničenje opterećenja mora, uključujući pročišćavanje komunalnih otpadnih voda na kanalizacijskim postrojenjima, gospodarenje otpadom, mjere u Luci Koper za smanjenje negativnih utjecaja na okoliš, sanitarne i ekološke mjere u poduzećima, i slično. Zaštita prirodnih vrijednosti i područja jedna je od najvažnijih mjera za trajno održavanje prirodnog slovenskog mora i obale što je, zahvaljujući istaknutim antropogenim promjenama većine područja, od velike važnosti.

traffic jams and the shortage of parking lots, and the circumstances are drastically degraded during the summer when the tourists stays and tourist transit traffic increase. By growing marine capacities, burdening of the sea has substantially increased and daily visits of the bathers at the anchorages are also endangering the protected areas of the Slovenian coast. Denser naval transport increases the chances of accidents and related pollutions which could have severe negative consequences for the natural environment and economic activities, such as fishing, mariculture and tourism. Due to the urbanization of the coast, interventions into the coastal sea and the regulation of watercourses, the assimilation capabilities of the environment for human interventions have been substantially reduced and the pollution of watercourses and the sea has been recorded. Burdening of the sea by the nutrients, blooming and excrete mucus show that burdening of the environment occasionally exceeds the assimilation capabilities. These are the starting points on which the sustainable spatial development of the area should be based upon. Up to now, mostly curative measures for limiting the burdening of the sea have been in the foreground, including the treatment of the communal waste waters at the sewage treatment plants, waste management, measures in Luka Koper to reduce the negative impacts on the environment, ecological sanitations in companies, etc. Protecting natural values and areas is one of the most important measures for permanent maintenance of the natural Slovenian sea and coast environment which has, due to the very prominent anthropogenic transformation of the majority of the area, a very great importance.

IZVORI I LITERATURA / SOURCES AND LITERATURE

- ARHIVE MBS: *Poročilo za leto 2006. Monitoring kakovosti morja in kontrola onesnaženja s kopnega v skladu z Barcelonsko konvencijo*. URL: http://www.arso.gov.si/vode/morje/MBP_Barcelonska_2006.pdf (6. 2009.).
- ČERMELJ, B., A. MALEJ, V. TURK, P. MOZETIČ, B. PETELIN, B. MURI (2003): *Vzpostavitev Eurowaterneta za morje v Sloveniji-pilotna študija*. URL: http://npf-si.eionet.europa.eu/Dokumenti/Projekti_v_okviru_Eionet.SI/Vzpostavitev_Eurowaterneta_za_morje_v_Sloveniji.doc (6. 2009.).
- EUROPE'S ENVIRONMENT (1995): *The Dobriš Assessment* European Environment Agency, Copenhagen, pp. 676.
- FATORIČ, S. (2009): *Višina morja kot pokazatelj podnebnih sprememb v slovenskem morju*, Diplomsko delo, Fakulteta za humanistične študije Koper, Koper, pp. 74.
- KAZALCI OKOLJA 2003. (2004): Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, pp. 153.
- KAZALCI OKOLJA 2005 (2006). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, pp. 242.
- KOLEGA, N. (2010): *Medsebojno vplivanje kopnega in morja. Določanje značilnosti stika med kopnim in morjem s pomočjo lidarskih in sonarskih snemanj*, Doktorska disertacija, Fakulteta za humanistične študije Koper, Koper, pp. 289.
- KOMUNALA KOPER, URL: <http://www.marjetica.komunalakoper.si> (1. 2010.).
- LUKA KOPER, URL: <http://www.luka-kp.si/slo/medijski-koticek/2201> (1.2010.).
- MOJE TVOJE MORJE (2002): *Slovensko Sredozemlje in trajnostni razvoj*, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Ljubljana, pp. 26.
- NAVTIČNI VODNIK SLOVENSKEGA MORJA IN OBALE (2005): Klanjšček, M. (ur.). Ljubljana, Ministrstvo za promet RS.
- OKOLJE NA DLANI (2007): *Slovenia*, Rejec Brancelj, I. (ur.). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, pp. 112.
- OKOLJE V SLOVENIJI 2002 (2006), Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija republike Slovenije za okolje, Ljubljana, pp.104. URL: http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/drugo/brosura_okolje.pdf (6. 2009.).
- OROŽEN ADAMIČ, M. (2002): *Geomorfološke značilnosti Tržaškega zaliva*, Dela, 18, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 143-155.
- PLUT, D. (2000): *Geografija vodnih virov*, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Ljubljana, pp. 281.
- PLUT, D. (2004): *Geografske metode proučevanja degradacije okolja*, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Ljubljana, pp. 188.
- PROGRAM SPREMLJANJA EKOLOŠKEGA IN KEMIJSKEGA STANJA MORJA (2007). URL: http://www.arso.gov.si/vode/morje/programi/program_morje_2007.pdf (6. 2009.).
- PROGRAM VARSTVA OKOLJA ZA SLOVENSKO ISTRO (2001): Mestna občina Koper. URL: <http://www.koper.si/dokument.aspx?id=2764> (6. 2009.).
- RADINJA, D. (1990): *Pokrajinske značilnosti Tržaškega zaliva in Koprškega Primorja*. U: Orožen Adamič, M. (ur.): *Primorje*: 15. zborovanje slovenskih geografov, Portorož, 24.-27. 10. 1990. Zveza geografskih društev, Ljubljana, 7-20.
- REJEC BRANCELJ, I. (2003): *Morje*. U: Uhan, J., Bat, M. (ur.): *Vodno bogastvo Slovenije*. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 69-81.
- RICHTER, M. (2005): *Naše morje, Okolja in živi svet Tržaškega zaliva*. Sijart, Piran, pp. 382.
- ŠTUDIJA ZA CELOVITO PRESOJO VPLIVOV NA OKOLJE ZA PROSTORSKI PLAN SLOVENIJE (2003). Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za prostorsko planiranje. URL: [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mope.gov.si/pageuploads/podrocja\(prostor/pdf/prostor_slo2020/5_1a_dokument.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mope.gov.si/pageuploads/podrocja(prostor/pdf/prostor_slo2020/5_1a_dokument.pdf) (6. 2009.).
- TROBEC, A. (2007): *Onesnaževanje slovenskega morja z nafto*, Diplomsko delo, Fakulteta za humanistične študije Koper, Koper, pp. 104.

