

Branko Klarin

E-mail: branko.klarin@fesb.hr

Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split

Energetski otoci - hibridni pučinski objekti

Sažetak

U radu je dat prikaz mogućnosti polifunkcionalnog pučinskog energetskog objekta. Najveće moguće održivo iskorištenje morskog resursa jedan je od odgovora na energetske izazove ali i ostale zahtjeve u nadolazećem vremenu tj. potreba povećanog broja stanovnika na planetu. Morska površina se danas koristi za proizvodnju energije, hrane, vezivanje brodova, skladištenje i dr. Zbog očuvanja obale i otoka, sve više nabrojanih djelatnosti se prebacuje iz pličina na veće dubine mora, odnosno na plutajuće usidrene objekte. Sve ove djelatnosti uglavnom se koriste odvojeno ali moguće je njihovo okupljanje na jednom mjestu. Tako se postiže bolje iskorištenje pomorskog resursa uz sniženje jedinične cijene i troškova. Predloženi koncept energetskog otoka daje visoki stupanj integracije navedenih djelatnosti, uz mogućnost proširenja na druge, pa i neke koji će tek doći u budućnosti. Energetski otok je hibridni pučinski objekt sastavljen od plutajuće off-shore vjetroelektrane tj. fotonaponske elektrane, privezišta, ribogojilišta, suhih dokova i sl. Ovi dijelovi su okruženi valobranima koji nisu samo pasivna zaštita od valova već i skladište energije u sustavu reverzibilne elektrane. Objekt je modularan i proširljiv, s mogućnošću jednostavne nadogradnje ili zamjene dijelova. Svi dijelovi mogu se proizvesti u Hrvatskoj i hrvatskim brodogradilištima.

Ključne riječi: energetski otok, offshore vjetroelektrane, plutajuće vjetroelektrane, ribogojilišta

1. Uvod

Važnost mora kao temeljnog hrvatskog resursa nije potrebno naglašavati, dokazan je stoljetnom tradicijom korištenja te će i u budućnosti njegovo korištenje biti sve važnije.

Suvremena tehnologija odgovara na izazove vremena te se može pretpostaviti da će budućnost donijeti širu primjenu sve složenijih objekata na moru, prateći krajnje tehničke i tehnološke dosege svog vremena. Kako bi takvi pomorski objekti, inače relativno skupi, bili ekonomski opravdani, od njih je moguće zahtijevati više funkcija istovremeno. Takvi su npr. suvremeni veliki kruzери, pravi mali gradovi sa hotelima, trgovinama, restoranima, bolnicom, kupalištima, šetalištima itd. Od velike važnosti je proizvodnja energije, koja se sve više prebacuje s kopnenih na morske površine, [1], [2], dok se kod nas ovaj trend tek najavljuje [3]. Procjenjuje se da će današnja početna

tehnologija plutajućih objekata sa svega nekoliko MW eksperimentalnih postrojenja narasti na 3400 MW do 2030 g., što je samo djelić potencijala od 7 TW snage pučinskog vjetra na dubinama većim od 50 m, [4].

Energetski objekti na moru – pučinske vjetroelektrane, u Europi i svijetu su sve češće ali za sada se smještaju dominantno u plitkim vodama (manje od 100 m) ili plićacima od nekoliko m dubine. Očekuje se njihova daljnja ekspanzija i to na veće dubine, kada će vjetroturbine trebati biti smještane na usidrene ili vezane plutače, [5]. Pretpostavljajući da su proizvodnja energije, hrane, vode i usluga temeljne ljudske djelatnosti, moguće je konceptualizirati pomorski objekt koji će istovremeno proizvoditi i energiju i hranu, usluge te biti baza za druge djelatnosti. Ovaj objekt moguće je postaviti i u Jadranskom moru a bio bi dugoročan izvor spomenutih strateških dobara, [6], [7]. Slični objekti sa nešto nižim stupnjem integracije (bez vezova, valobrana i sl.) razmatraju se za primjenu i na sjeveru Europe, [8], [9] i [10].

Energetski otok je predviđen za smještaj na otvorenom moru (Jadran), na dovoljnoj udaljenosti od obale odnosno otoka da ne utječe negativno na iste a ipak dovoljno blizu da se može komercijalno iskorištavati, npr. u teritorijalnim vodama.

Zbog očekivane relativno velike dubine mora od stotinjak i više metara, svi objekti koji tvore energetski otok bi trebali biti usidreni, bilo pojedinačno ili skupno.

Osnovna namjena ovakvog objekta je proizvodnja energije i to iz obnovljivih izvora energije, prvenstveno vjetra pomoću vjetroturbina. Zbog toga energetski otok može biti smješten na položaj s povećanim vjetropotencijalom, sa srednjim godišnjim brzinama vjetra do oko 6,5 do 7 m/s na visini osi kola.

Razlika vjetropotencijala iznad mora i kopna vidljiva je u trosatnom osrednjenom stanju strujanja vjetra iznad dijela Europe i Mediterana, zabilježenom na internetskoj stranici <http://earth.nullschool.net/#current/wind/isobaric/1000hPa/orthographic=-350,50,1300> na dan 15.04.2014., slika 1.1.



Slika 1.1.: Trosatno osrednjeno strujanje iznad dijela Europe i Mediterana na dan 14.04.2014. s uočljivom razlikom intenziteta vjetra iznad morskih površina u odnosu na kopno, (<http://earth.nullschool.net>).

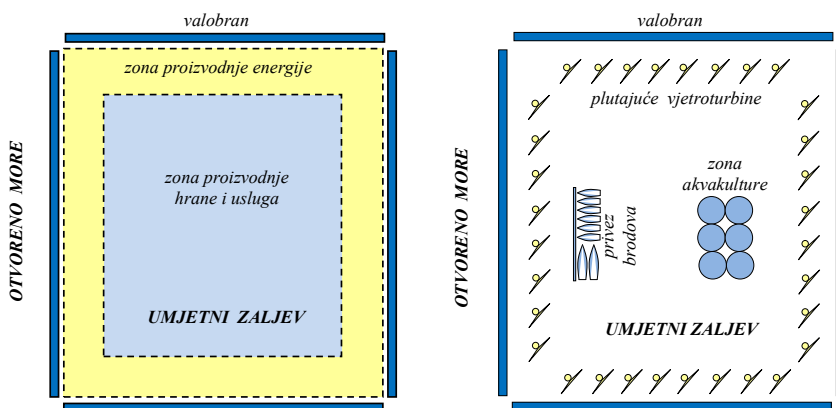
Ovu proizvodnju bilo bi moguće nadopuniti i pretvorbom sunčane energije pomoću fotonaponskih panela.

Objekt se sastoji od više cjelina od kojih svaki ima drugu funkciju.

2. Opis energetskog otoka

Energetski otok bio bi spojen na kopneni elektroenergetski sustav i to s obje strane Jadrana, predstavljajući energetsku poveznicu prema Italiji i doprinoseći energetskoj sigurnosti zemlje.

Shematski prikaz energetskog otoka dat je na slici 2.1. prema [6].



Slika 2.1.: Osnovna područja energetskog otoka kvadratnog oblika s ulazima za brodove na vrhovima kvadrata i shematski prikaz nekih dijelova, prema [6].

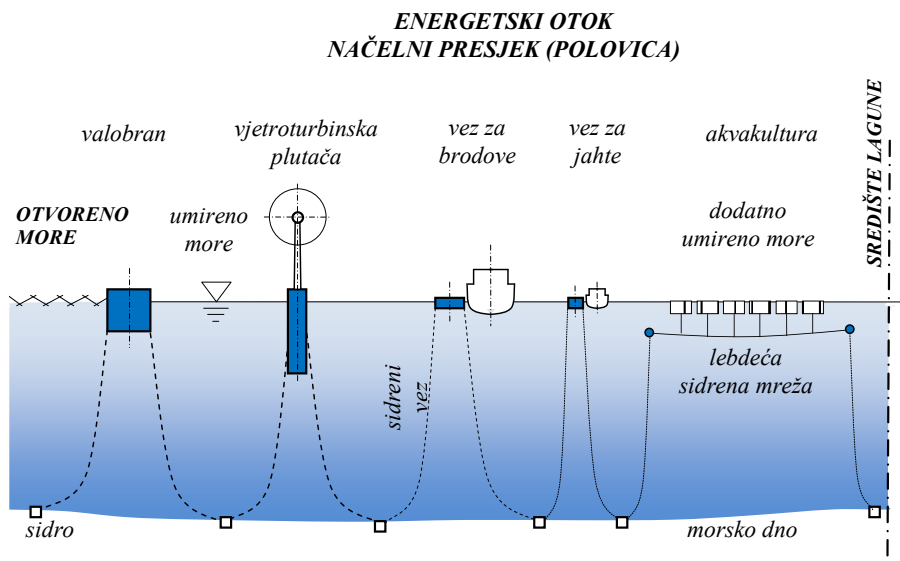
Uočavaju se osnovni dijelovi energetskog otoka po područjima:

- usidreni valobran, kojem je primarna uloga zaštita unutarnjeg mora od velikih valova (umjetni zaljev) a sekundarna skladištenje energije u reverzibilnom sustavu,
- zona proizvodnje energije, gdje su smješteni osnovni energetski objekti: plutajuće pučinske vjetroturbine te plutajući fotonaponski paneli (prema potrebi),
- zona proizvodnje (morske) hrane – akvakultura: područje uzgoja riba, školjaka, algi itd. te ribolovnih koncesija,
- zona usidrenih plutajućih vezova za usluge priveza brodova, jahti i ostalih većih pomorskih objekata.

Ovi osnovni dijelovi nanizani su po prioritetima. Svi ostali eventualni dodaci konceptualiziranom sustavu trebaju slijediti nakon postavljanja ovih dijelova. Osnovni dijelovi su po definiciji oni kojima se može vratiti uložena sredstva. Svi drugi dijelovi

koji se nadograđuju na osnovne predstavljaju dodatnu zaradu ulagačima u osnovne dijelove u sustavu podkoncesija ili najma.

Na sljedećoj slici 2.2. dat je shamatski prikaz djelomičnog presjeka energetskog otoka iz [6].



Slika 2.2.: Načelni djelomični presjek po dubini energetskog otoka s uočljivim korištenjem istih sidrišta za razne namjene, [6].

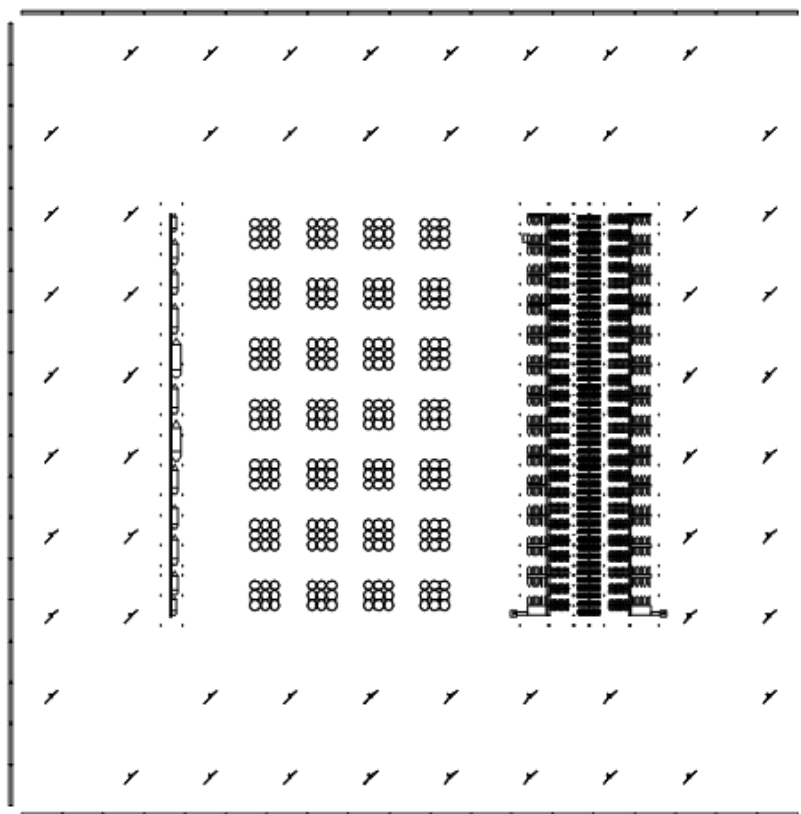
2.1. Izmjere energetskog otoka

Previđeno je da energetski otok kvadratnog oblika ima stranice duljine od najmanje 4000 m (4×4 km ili 16 km²).

Ovisno o mjestu postavljanja iza linije vanjskih otoka, očekuju se dubine sidrenja od oko 150 do oko 250 m.

1. **Valobran (polu-uronjeni usidreni spremnici):** Vanjske stranice energetskog otoka bi tvorio valobran sastavljen od četiri niza paralelopipednih polu-uronjenih spremnika (20×20×200 m), njih ukupno 76, usidrenih na dnu.

2. **Vjetroturbine na usidrenim plutačama:** U zoni proizvodnje energije, bila bi smještena prva od dvije linije vjetroturbina od po 2,5 MW nazivne snage, smještenih u kvadratnom rasteru izmjera 400×400 m, njih ukupno 56 tj. 140 MW ukupne snage vjetroelektrane, slika 2.3.



Slika 2.3.: Tlocrt površine energetskog otoka izmjera 4×4 km sa osnovnim sadržajima na pučini, prikazan u mjerilu.

Na mjestima s pogodnim vjetroptencijalom očekuje se godišnja proizvodnja od 483 GWh.

3. Područje akvakulture: u sredini zaljeva bilo bi područje akvakulture površine 2×2 km bruto, s uzgojem riba na bazi 10.000 t/god., a po raspoloživim slobodnim prostorima na rubovima objekta očekuje se uzgoj školjaka i ostalog na bazi 15.000 t/god, dakle ukupno 25.000 t/god akvakulture. Kavezi i plutače bi se vezivale na podvodnu lebdeću sidrenu mrežu.

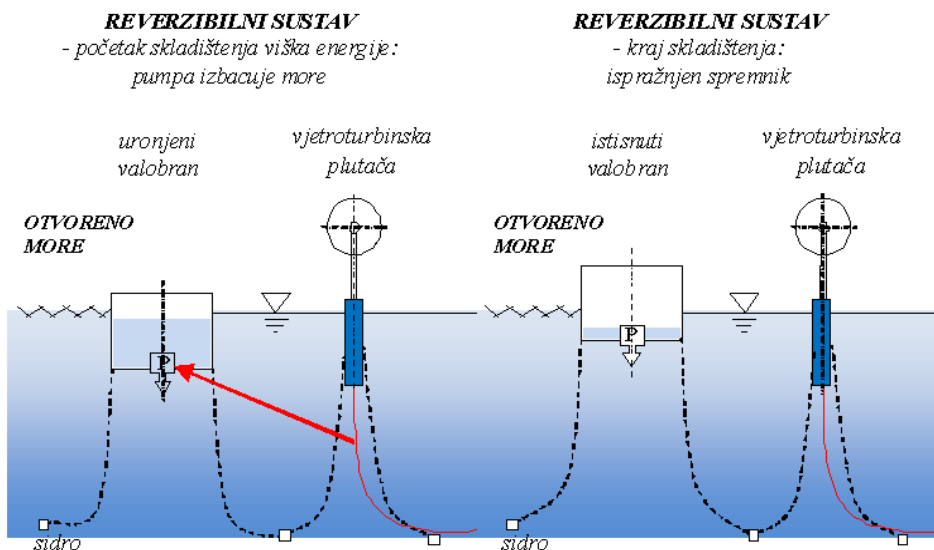
4. Usidrena privezišta: u zaljevu su predviđena (barem) dva privezišta u duljini od po 2 km: jedno za veće brodove i objekte, smješteno na zapadu zaljeva, prema otvorenom moru te drugo za jahte i brodice, smješteno istočno, bliže obali. Oba privezišta s ukupno 2260 vezova bi dodatno umirivala more unutar zaljeva, koje bi tada bilo pogodno za akvakulturu.

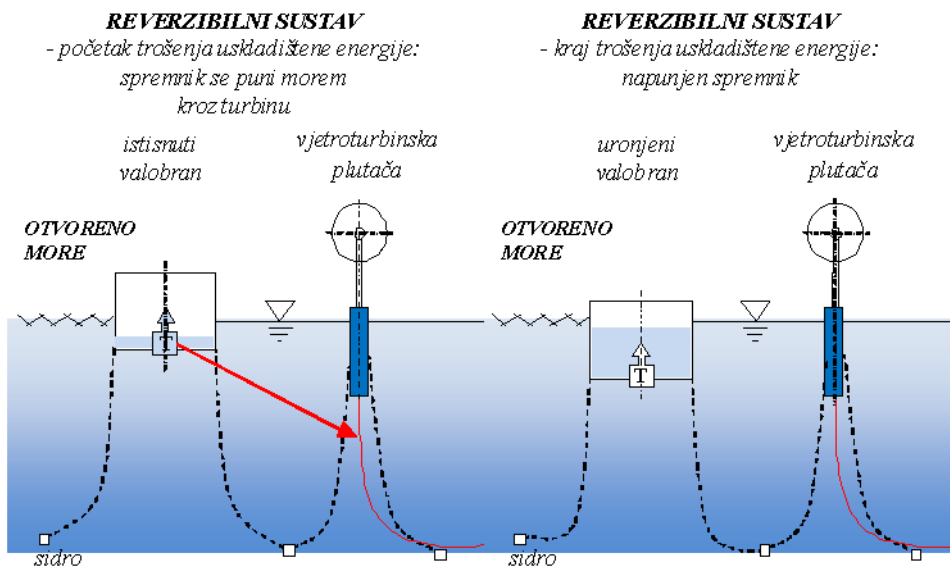
2.2. Posebnosti pojedinih osnovnih dijelova otoka

1. **Valobran:** osim svoje osnovne namjene da zaštiti unutarnji dio otoka tj. zaljev od velikih valova, valobran je dio koji ima najveće mogućnosti za razne druge primjene. Štoviše, njegova se uloga od, na prvi pogled pasivnog troška, vrlo lako može pretvoriti u najatraktivniji dio investicije, ovisno o interesu ulagača.

Četiri linije od po 19 spremnika duljine 200 m i širine 20 m tvore osnovnu bruto površinu od 304.000 m² (30 ha) nasred mora. Ova površina mogla bi se koristiti za razne namjene: kao skladišna, za suho dokovanje, servisiranje, stanovanje, smještaj fotonaponskih panela i ostale brojne mogućnosti. Potrebno je naglasiti modularnost dijelova, posebno njihovu proširljivost standardnim sekcijama. Tako se prema potrebi valobran može lokalno nadograditi na proizvoljnu izmjeru. Uz ispunjenje tehničkih i sigurnosnih zahtjeva, dio valobrana tako može postati i zračna luka za helikoptere, hidroavione i zrakoplove raznih vrsta. U posljednje vrijeme treba naglasiti i moguće lociranje interventnih jedinica za djelovanje na prihvatu izbjeglica i migranata.

Nadalje, svaki od valobranskih spremnika mogao bi ispustiti tj. prihvatiti barem 50.000 m³ mora u svoju unutrašnjost ili ukupno oko 3 milijuna m³ u svim spremnicima. Tako bi valobran mogao postati i skladište energije. Ovaj sadržaj praznio bi se viškom proizvedene energije u pumpnom radu reverzibilnog agregata odnosno punio potonućem spremnika uz turbinski rad reverzibilnog agregata, slika 2.4.





Slika 2.4.: Skladištenje viška energije i trošenje uskladištene energije u reverzibilnom sustavu valobranskog spremnika.

Primjerice, uz usvajanje promjera turbostroja od 2 m na svakom valobranskom spremniku i najveću visinsku razliku istisnutog spremnika od 10 m, uz prosječni protok od $32,33 \text{ m}^3/\text{s}$ i razumnu iskoristivost, moguće je instalirati do maksimalnih 80 MW snage. Tako bi najkraće trajanje potonuća odnosno proizvodnje energije iz svih turbina trajalo 0,344 sata te bi se proizvelo oko 27,5 MWh električne energije. Naravno, očekuje se da ovaj reverzibilni sustav mogao dati bolji doprinos u regulacijskom režimu rada unutar elektroenergetskog sustava.

Dodatna prednost hibridnog valobrana je u tome što svojom ulogom umirivanja mora smanjuje potrebu za skupljom izvedbom vjetroturbinskih plutača u pogledu stabilnosti plivanja a isto tako i ostalih objekata unutar lagune. Dakle, svojim troškom djelomično snizuje troškove ostalih dijelova otoka.

2. Vjetroturbinske plutače: za razliku od kopnenih vjetroturbina, koje sa svojim temeljem čine jedinstvenu cjelinu, vjetroturbine smještene na usidrenim plutačama tvore sustav od čak tri neovisna objekta: vjetroturbinu, plutaču i sidrište. Zbog utroška i posebnosti rada i materijala ovakav sustav je vrlo skup.

Naime, svaki od ovih objekata treba se dimenzionirati za rad u jedinstvenom sustavu ali svaki za sebe predstavlja objekt koji se može promatrati zasebno. Ali, uklaňanjem ili zamjenom jednog objekta, ostali mogu prihvatiti neki novi objekt, sličnih karakteristika. Ovo je stoga što se primjerice sidrišta mogu dimenzionirati za trajanje od npr. 100-120 godina, plutače za 50-60 godina dok vjetroturbina na moru može izdržati iznimno 20-ak godina i to uz redovito održavanje. Na ovaj način,

inicijalno veliki trošak može se podijeliti na više generacija dijelova koji imaju kraći radni vijek od drugih. Treba istaknuti da se plutača može napraviti kao zaseban proizvod, za prihvat vjetroturbina drugih proizvođača u nekim drugim pučinskim energetskim objektima, što može smanjiti troškove proizvodnje. Moguće je uspostaviti omjere trajanja predviđenog vijeka trajanja pojedinog objekta prema referentnom objektu - vjetroturbini:

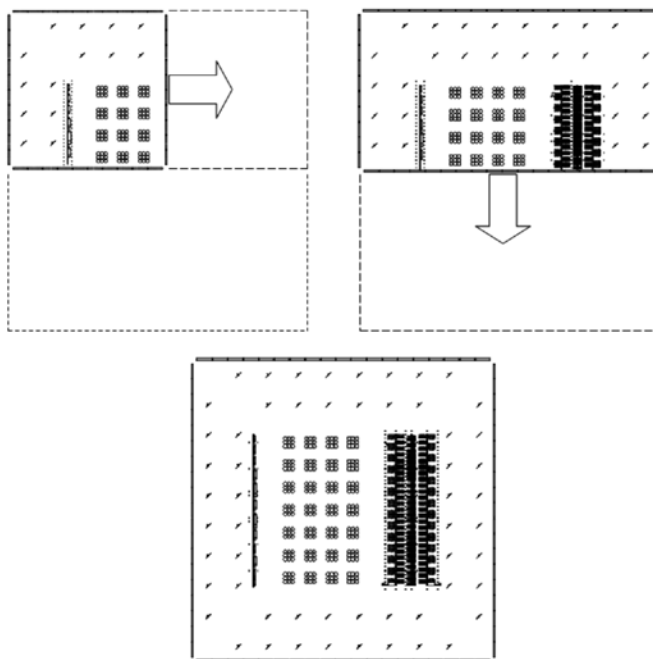
$$\text{vjetroturbina} : \text{plutača} : \text{sidrište} = 1 : 2 : 5$$

3. **Akvakultura:** posebnost akvakulture u umjetnom zaljevu energetskog otoka je relativno niska cijena jer se može konstruirati za unutarnja zaštićena mora. Njeno sidrenje isto tako ne treba biti zahtjevno, jer se sidrenje svake akvakulturne jedinice može ostvariti na relativno plitkoj rasterskoj sidrenoj mreži. Ova mreža bi "lebdjela" na nekoliko desetaka m dubine a za dno bi bila vezana u svega nekoliko jakih sidrenih točaka.

4. **Privezišta:** Privezišta su prvenstveno namijenjena zimskom vezu većih objekata - brodova, trajekata, turističkih brodova, mega-jahti i drugih plovila koja se ne koriste cijele godine te bi njihov smještaj na kopnenim vezovima ili marinama bio dosta skup. Budući je smještajnih kapaciteta pri kopnu uvijek nedovoljno, ovaj dodatni smještajni resurs potaknuo bi i gradnju većeg broja plovila odnosno omogućio djelatnosti širem krugu poduzetnika. Privezišta bi se mogla i fizički odijeliti od dijela zaljeva s akvakulturom pomoću jednostavnih plutajućih zavjesa.

5. **Mogućnost samoizgradnje:** zbog modularnosti dijelova moguć je i scenario djelomičnog samofinanciranja energetskog otoka na način da se izgradi jedan dio u prvoj fazi, koji bi vremenom financirao izgradnju ostalih područja u narednim fazama.

Iako bi ovakav postupak bitno produljio vrijeme ulaganja sredstava, treba se pozvati i na izuzetno veliki javni interes kojeg bi imao energetski otok. Samim time bi država mogla preuzeti dio ulaganja, poglavito u one dijelove sustava koji su dugoročni, kako bi se ubrzalo i olakšalo početno ulaganje drugih investitora. Na slici 2.4. prikazana je mogućnost djelomičnog samofinanciranja energetskog otoka u tri faze: u cijelosti realizirana prva četvrtina bi ispomogla financiranje druge četvrtine, a zatim bi ta polovica potpomogla financiranje druge polovice ($1/4 \text{ ® } 1/2 \text{ ® } 1$).



Slika 2.4.: Gradnja energetskog otoka u tri faze po djelomično samofinancirajućim fazama od periodu od 8 godina.

Tablica 2.1.: Trajanje i razdioba djelomičnog samofinanciranja energetskog otoka po godinama gradnje i rada pojedine faze.

ukup.	Faza 1 1/4		Faza 2 2/4		Faza 3 2/2
	grad. g	rad g	grad. g	rad g	grad. g
1	1				
2	2				
3		1	1		
4		2	2		
5		3		1	
6		4		2	1
7					2
8					3

3. Osnovni ekonomski pokazatelji

Ukupna cijena objekta u EUR-ima procijenjena je na 550 M, od čega je 459 M za funkcionalne dijelove i 91 M za infrastrukturu, prema [11] i [12], gdje je trošak funkcionalnih dijelova izravno vezan uz promatrani objekt i njegovu funkciju a infrastrukturni je zajednički i drugim dijelovima energetskog otoka. Infrastrukturni dijelovi su u pravilu dužeg vijeka trajanja od osnovnih funkcionalnih dijelova. Troškovi su ustanovljeni po jedinicama osnovnih dijelova:

1. Po km duljine valobrana,
2. Po instaliranoj snazi vjetroelektrane u MW,
3. Po toni proizvedene akvakulture godišnje (prosječnoj),
4. Po prosječnom vezu u moru.

Pojedinačno, moguće je složiti tablicu 3.1., prema [11] i [12]:

Tablica 3.1.: Trošak osnovnih dijelova, prema [11] i [12].

	Dio	Funkcijski trošak MEUR	Infrastrukturni MEUR	Ukupno MEUR	Stanje	Jedin.	Specif. MEUR/jed.
1	Valobran		41	41	16	km	2,6 /km
2	Vjetro-elektrana	345	27	372	140	MW	2,7 /MW
3	Akvakultura	78	12	90	25	kt/god	3,6 /kt/god
4	Vez u moru	36	11	47	2260	vez	0,019 /vez
	UKUPNO	459	91	550	16	km ²	34,4

Očekivani prihodi i to bez poticaja (za proizvodnju energije, za proizvodnju hrane iz mora i sl.) su na razini 98,3 MEUR godišnje, a prema umjerenom scenariju može se očekivati povratak investicije u roku od 6,9 godina, naravno, pod uvjetom da objekt starta kao funkcionalan u cijelosti, slika 3.1. iz [13].

Slika 3.1.: Prostorni prikaz osnovnih dijelova energetskog otoka 4 km ' 4 km koji uključuje i sidrene vezove pojedinih dijelova, iz [13].

Ako bi se gradnji energetskog otoka pristupilo po djelomično samofinancirajućim fazama, ROI bi se isto tako trebao razmjerno raspodijeliti tako da bi i svaka faza imala približno isti ROI. Za očekivati je da bi u tom slučaju ROI₁ prve faze bio produljen za barem dvije godine tj. na 9 g., druga faza ROI₂ bi se približila na 8 godina, dok je za očekivati da bi ROI₃ treće faze bio nešto kraći, oko 6 godina, tablica 2.2.

Tablica 2.2. Očekivani ROI po fazama energetskog otoka s uključenim trajanjem gradnje.

ukup.	Faza 1 1/4		Faza 2 2/4		Faza 3 2/2	
	ROI g	ROI ₁	ROI ₂	ROI ₃	grad. g	ROI ₃
	1					
	2					
1		1	1			
2		2	2			
3		3(1)		1		
4		4(2)		2	1	
5		5(3)		3	2	
6		6(4)		4	3	
7		7(5)		5		1
8		8(6)		6		2
9		9(7)*		7		3
10				8		4
11						5
12						6

* () očekivani ROI₁ koji nastupa nakon financiranja druge faze

Na ovaj način je moguće privući različite ulagače po fazama, jer bi u svakoj fazi ROI bio dovoljno prihvatljiv.

Nadalje, ovim financijskim pokazateljima treba pribrojiti i one od dijelova dodanima na osnovne. Ulagači u osnovne dijelove od takvih dodatnih dijelova ostvaruju profit podkoncesioniranjem ili najmom (prostora), dok ulagači u dodatne dijelove ostvaruju profit kroz uobičajeni poslovni rizik. Njihova prednost je u tome što ne trebaju investirati u infrastrukturne dijelove jer je to već realizirano i što se djelatnosti nalaze u području visoke koncentracije različitih djelatnosti, primjerice pomorski transport s energetskog otoka na kopno, zračni transport i sl.

4. Uloga energetskog otoka

Razvoj pučinske energetike postavlja nove trendove i nova područja razvoja, prema [14]:

- pomorska vjetroenergetika,
- podmorska elektroenergetska mreža,
- veliki plutajući objekti na površini i uronjeni objekti te
- održavanje ekološke ravnoteže.

Predviđanje i korištenje iskustava za trendove razvoja plovila:

- teška opslužna plovila (dizalice, remorkeri, nosači, luke-pontoni, polagači kabela...),
- laka opslužna plovila (brzi servisi, brodovi bravarije-elektrane, ophodno-posadni...) te
- plovila za posebne namjene (ronilice, roboti, prometno-signalna, istražna plovila, čistači, pomoć i spašavanje...).

Kod pučinskih vjetroelektrana pa tako i energetskog otoka, javlja se novi inženjerski izazov:

- kod kopnenih VE postavljanje se obavlja temeljenjem,
- kod obalnih tj. pličinskih VE prilagođenim temeljenjem a
- kod pučinskih VE postavljanjem na pomorske objekte.

Kod kopnenih VE tehno-ekonomske varijable narinjava: aerotehnički podsustav, elektrotehnički podsustav i mehano-tehnički podsustav. Kod pučinskih VE ovim se podsustavima dodaju i varijable koje nameće hidrotehnički podsustav (plutanje i vezivanje). Stoga sustav postavljanja i održavanja pučinskih VE zahtjeva posebne brodove i usluge a i sami pomorski objekti za pučinske VE (plutače) su sustavi za sebe, u načelu bez pogona.

5. Zaključak

Energetski otok zbog svoje složenosti pruža velike mogućnosti:

- podmirenje velikog dijela potreba za energijom, hranom i pomorsko-turističkim uslugama,
- visoko iskorištenje pomorskog resursa bez zagađenja,
- smanjenje utjecaja na okoliš i podmorje ribogojilišta,
- rješenje za povremeni privez dijela ribarske i ostale flote, te posebnih i namjenskih plovnih objekata,
- rješenje za ekološka ograničenja koja se postavljaju na primorski i otočni smještaj vezova i marina,
- energetski otok ima zagaraniranu perspektivu utjecajnog izvora električne energije, barem još pet radnih vijekova vjetroturbina (100 godina),

- pomorska vjetroenergetika zahtjeva posebnu legislativu zbog posebnosti Jadrana kao razdjelnice između dvije države,
- hvatanje hrvatskog priključka vlastitim doprinosom u razvoju pomorske vjetroenergetike, kako bi se napravio korak naprijed,
- brodovi za pučinske VE sa visokim udjelom dodane vrijednosti temeljene na tradiciji, znanju i iskustvu – prepoznatljivi hrvatski proizvod,
- mogućnost da hrvatska brodogradnja preraste u brodogradnju i postane jedna od okosnica razvoja Hrvatske,
- usklađeni razvoj svih sastavnica brodogradnje: od znanja i izrade do održavanja i dekomisioniranja pučinskih objekata, tako da krug održivosti ove djelatnosti bude zatvoren te
- mogućnost angažmana vlastitog znanja i pretvaranja u *know-how* za nastup svih sudionika u realizaciji energetskog otoka na trećim tržištima.

Reference

1. *Offshore wind experiences*, International energy agency, 2005.
2. Markand, J.; Petersen, R.: *The offshore trend: Structural changes in the wind power sector*, Energy Policy, Volume 37, Issue 9, 2009.
3. Blečić, P., Perčić, M., Franković, B.: *Renewable energy in Croatia – The rapid increase in recent years*, Energy and the environment, Opatija, 2014., pp 47-52
4. Snieckus, D.: *Get ready for the next wave of floating energy*, Recharge Floating Wind Report, 2015.
5. Klarin, B.: *Perspektiva pučinskih vjetroelektrana u Europi i svijetu*, Bilten za tehničke znanosti Br.1., Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 2014., 31-38
6. Klarin, B.; Bosančić, F.; Pupić-Bakrač, K.: *Mogućnost primjene velikih pučinskih energetskih objekata u Jadranskom moru*, Savjetovanje o morskim tehnologijama - In memoriam akademiku Winkleru, Rijeka, 2011.
7. Klarin, B.: *Polifunctional and floating energy island*, Energy and the environment, Opatija, 2014., pp 351-358
8. Buck, B.H.; Krause, G.; Rosenthal, H.: *Extensive open ocean aquaculture development within wind farms in Germany: the prospect of offshore co-management and legal constraints*, Ocean & Coastal Management, Volume 47, Issue 3, 2004.
9. Michler-Cieluch, T.; Krause, G.; Buck, B.H.: *Reflections on integrating operation and maintenance activities of offshore wind farms and mariculture*, Ocean & Coastal Management, Volume 52, Issue 1, 2009.
10. Michler-Cieluch, T.; Krause, G.: *Perceived concerns and possible management strategies for governing 'wind farm-mariculture integration'*, Marine Policy, Volume 32, Issue 6, 2008.
11. Klarin, B.: *Pučinski polifunkcionalni energetski modularni objekt – energetski otok*, Podloge za analizu, Split, 2015.
12. Klarin, B.: *Jadranski energetski otoci – vizija sadašnjosti*, Predavanje na godišnjoj skupštini Znanstvenog vijeća za pomorstvo HAZU, HAZU, Zagreb, 2015.
13. Palinić, A.: *Računalni dizajn koncepta energetskog otoka*, završni rad, FESB, 2015.
14. Klarin, B.: *Perspektiva pučinskih elektrana u Europi i svijetu, uvodno predavanje*, Predavanje na Okruglom stolu o morskim tehnologijama, HAZU, 2014.

Branko Klarin

Energy Islands – Hybrid Off-shore Plants

Abstract

The paper presents the possibility of a multifunctional offshore energy facility. Maximum sustainable utilization of marine resources is one of the answers to the energy challenges as well as the other requirements in the coming period, ie. the needs of the increased population on the planet. The sea surface is now used to produce energy, food, mooring, storage and others. For the protection of the coast and islands, more activities listed switches from the shallows to deeper sea or on floating objects anchored. All these activities are mainly used separately but it is possible to assemble them in one place. This provides better utilization of marine resources while reducing unit costs and expenses. The proposed concept of the energy of the island gives a high degree of integration of these activities, with the possibility of extending to others and some that will come in the future. Energy Island is a hybrid offshore object made up of floating offshore wind farms or photovoltaic power plant, moorings, fish farms, dry docks etc. These parts are surrounded by breakwaters, which are not only the passive protection from the waves but also energy storage system in the reversible power plant. The facility is modular and scalable, with the possibility of a simple upgrade or replacement parts. All parts can be manufactured in Croatia and Croatian shipyards.

Keywords: energy island, offshore wind farms, floating wind farm, fishfarm.