

10.1. Opšta razmatranja

U prethodnim poglavljima je naglašeno da su luke ključni element supply chain-a (lanca snabdijevanja), a primjena green logistike (green logistics) u lukama je od suštinskog značaja. Koncept luke bez emisije izduvnih gasova nastalih prvenstveno sa brodova koji se opslužuju u luci, zatim od strane lučke manipulativne mehanizacije i konačno kao posljedica odvoza i prijema tereta od strane kontinentalnih transportnih sredstava naročito drumskih transportera, se odnosi na luke koje za zadovoljenje svojih potreba koriste uglavnom obnovljivu energiju, a za smanjenje emisija u vazduhu uglavnom koriste ovaj koncept za nadolazeće regulacije *cold ironing-a*. *Cold ironing* (CI) ili napajanje električnom energijom *od obale do broda* je najrazumniji i najekonomičniji izbor za green luke, brodogradilišta i pomorsku flotu. Ovaj proces podrazumijeva snabdijevanja brodova električnom energijom dok su na vezu, u trenucima kad su im glavni i pomoćni motori isključeni. Ovdje je razmatrano je nekoliko vrsta obnovljivih izvora energije i njihova primjena u lučkim operacijama. Korišten je koncept pametne mreže smart grid da bi se olakšala upotreba obnovljive energije i da bi se pratila i kontrolisala ukupna potražnja i distribucija.

Logističke aktivnosti se odnose na proces transporta, skladištenja i rukovanja različitim proizvodima (roba široke potrošnje, sirovine, jedinični tereti, energenti, glavni rasuti tereti i slično) dok se kreću od mjesta eksploatacije sirovina, preko sistema proizvodnje do krajnjeg mjesta prodaje i potrošnje. Iako je osnovna djelatnost logistike dugi niz godina bila osnova za ekonomski razvoj i socijalno zadovoljenje, logistika se tek tokom posljednjih pedeset godina počela smatrati ključnom odrednicom poslovnih performansi, profesijom i važnim dijelom akademskih studija ([2]-[11], [14, 15], [18-22], [25]).

Logistika je odgovorna za mnoštvo negativnih posljedica uključujući i zagađenje vazduha, buku, nesreće, vibracije, uzurpaciju zemljišta i vizuelno nametanje. Kako se klimatske promjene smatraju najvećim izazovom koji očekuje čovječanstvo, najveća pažnja je posvećena tzv. efektu staklene bašte (*Greenhouse Gases* - GHG) emitovanih od strane prevoznih sredstava svih vidova transporta. U mjerenju ekoloških efekata logistike važno je razlikovati uticaje (efekte) prvog i drugog reda. Ekološki uticaji prvog reda su oni koji su direktno povezani sa komercijalnim transportom tereta, kao i skladištenjem i rukovanjem materijalima, sirovinama i energentima. Indirektnim uticajem logističkih operacija se smatraju uticaji drugog reda, a mogu se ispoljiti u različitim formama. Sa druge strane, napredak u logistici je olakšao proces globalizacije tako da se različiti proizvodi, sirovine, materijali i energenti danas proizvode/dopremaju/potiču iz nekada malo razvijenih dijelova svijeta. Dijelimično, da bi se prilagodile rastućem transportnom procesu u takvim oblastima, vlade država su proširile transportnu infrastrukturu i time u prvom redu ugrozile

veoma osjetljivu prirodnu ili urbanu okolinu. Povećanje teretnog vazdušnog transporta doprinjelo je da se stvori efekat prvog reda dok je povećanje izgradnje infrastrukture, na primjer gradnja puteva i luka u osjetljivim oblastima, efekat drugog reda.

Pomorski transport i luke su od suštinskog značaja za međunarodnu trgovinu. Više od 90% spoljno-trgovinske razmjene Evropske unije (EU) i preko 40% untrašnje razmjene se realizuje pomorskim transportom. Vodeći položaj Evrope u ovoj globalnoj industriji je neupitan pošto njene članice kontrolišu 40% ukupne svjetske flote. Svake godine preko 3,5 milijardi tona tereta i 350 miliona putnika prođe kroz evropske morske luke. Približno 350 hiljada ljudi radi u lukama i u povezanim uslužnim djelatnostima koji zajedno generišu dodatnu vrijednost od približno 20 milijardi eura. Globalizacija, eliminacija trgovinskih barijera, rast kontenerizacije bez presedana i povećanje prekomorske trgovine su izazvali snažan uticaj na pomorski transport i logističke lance. Međunarodni lanci snabdijevanja postaju sve složeniji. Sposobnost da se ponude usluge integrisanog lanca snabdijevanja je postao trend generisan od strane povećane potražnje kupaca. U isto vrijeme, šire se i tehnološke mogućnosti zahvaljujući napretku u informacionim tehnologijama. Uloga i strateške pozicije ključnih subjekata u pomorskom logističkom lancu se konstantno mijenjaju. U postojećoj fazi razvoja svjetske privrede, transportnih procesa i logističkih aktivnosti, znatno se povećalo interesovanje javnosti, regionalnih i državnih administracija za green luke.

U radu Tzannatos-a [23] upoređivana je sadašnja praksa proizvodnje električne energije korišćenjem brodskih generatora u luci Pirej dok se brodovi nalaze na sidrištu u skladu sa direktivom Evropske Unije 2005/33/EU, gdje se apostrofira problem emisije izduvnih gasova i prihvata izazov pronalazjenja troškovno-efikasne opcije za redukovanje istih koristeći analizu podataka o lučkom transportu brodova. U radu Notteboom-a [17] prikazuje se da bi dobro dizajnirana politika koncesija trebala uključivati i ciljeve menadžmenta green luka. Prema tome koncesioni sporazumi imaju ulogu primjene ekoloških standarda (*ozelenjavanja*) na menadžment luka. U radu Goh-a [12] predstavljeni su naporu Singapura u promovisanju green luka i green brodarstva (*green shipping*) kroz korišćenje podsticaja i kroz blisku saradnju sa ključnim akcionarima pomorske zajednice. Primjeri PSA (Port Singapore Authority) i luke Jurnong su posebno naglašeni da bi se u perspektivi valorizovao napredak singapurske green pomorske inicijative koja koristi tripartitni pristup.

Veliki doprinos green lukama su tripartitni aranžmani u kojima je regionalna/državna administracija koja je menadžer resursa na globalnom nivou, relevantne agencije imaju ulogu u promociji inovacija i razvoju green čistije i efikasnije (odnosi se na gorivo) opreme, a industrija (luke, brodari i kompanije) se ujedinjuju u cilju zajedničke saradnje u politikama podsticaja u cilju ostvarenja i poboljšanja svih učesnika u transportnom lancu. Ovo je predstavljeno u slučaju upravljanja Evropskim lukama i u drugim istraživačkim studijama [24].

U ovom poglavlju je takođe prikazan pristup konceptu green luka bez emisije. Prvo je predstavljen proces CI-a sa svojim prednostima i nedostacima. Nakon toga, opisan je koncept green luka koje se u potpunosti snabdijevaju obnovljivim energijama sa pametnih električnih mreža (*smart grids*). U cilju predstavljanja konceptu green luka bez emisije u realnoj situaciji prikazan je simulacioni proces na primjeru luke Pirej uključujući i nekoliko inicijalnih proračuna. Ovdje je takođe ukazano na buduće pravce razvoja koncepta green luka bez emisije sa odgovarajućim preporukama. Konačno, predstavljaju se inicijative za uvođenje green koncepta u lukama, a na kraju su na ilustrovan način prikazani neki svjetski terminali i luke koji su već uveli ovaj koncept u svojim lučkim sistemima.

10.2. Napajanje električnom energijom od obale do broda (Cold ironing - CI)

Dok se brod nalazi na vezu u luci ili je usidren na sidrištu i čeka slobodan vez, potrebna je značajna količina električne energije u cilju podrške operacijama kao što su prekrcaj broda (ukrcajne i iskrcajne manipulacije), osvjetljenje, hlađenje, grijanje, itd. Do sada se ova energija proizvodila brodskim pomoćnim mašinama ali su zbog lošeg kvaliteta goriva koje je korišćeno, emisije ugljen-dioksida, sumpor oksida i azotnog oksida i praškastih materija, za posljedicu imale degradaciju kvaliteta vazduha i buku. Ova vrsta zagađenja ima uticaj na radnu okolinu i na kvalitet života građana koji žive u najbližem području luka.

Elektrifikacija sa operativne obale na brod (*shore-to-ship electrification*) takođe poznata kao pod nazivom *cold ironing* (CI) predstavlja izvedenicu od starog izraza brodske industrije, koji je počeo da se koristi kad su svi brodovi imali motore oklopljene gvožđem (*iron clad*) sa pogonom na ugajl [1]. Kada su brodovi bili na vezu ili usidreni na sidrištu, nije bilo potrebe za daljim loženjem i motori (*iron engines*) su se bukvalno hladili i vremenom bi se potpuno ohladili. Zbog toga je usvojen naziv *cold ironing* (CI). Ovu metodologiju u smislu obalne elektrifikacije je dugo vremena koristila vojska u mornaričkim bazama kada bi brodovi bili privezani na operativnoj obali ili usidreni tokom dugog vremenskog perioda. Kako se kapaciteti svjetske trgovačke flote stalno povećavaju (već su iznad 1,2 milijardu DWT), uplovljavanja brodova u luke širom svijeta na opsluživanje su postala sve učestalija tokom vremena. Samim tim su se znatno povećali uslovi za snabdijevanje brodova energijom, i zbog toga se javlja zabrinutost zbog emisija izduvnih gasova brodskih glavnih i pomoćnih motora za vrijeme koje brodovi provode na vezu, sidrištu i lučkom akvatorijumu, što postaje veoma važno pitanje u smislu zagađenja vazduha u luci i okruženju [16].

Shodno navedenom, priključak brodova na lučke izvore električne energije na operativnoj obali (vezu) podrazumijeva primjenu sljedećih procedura:

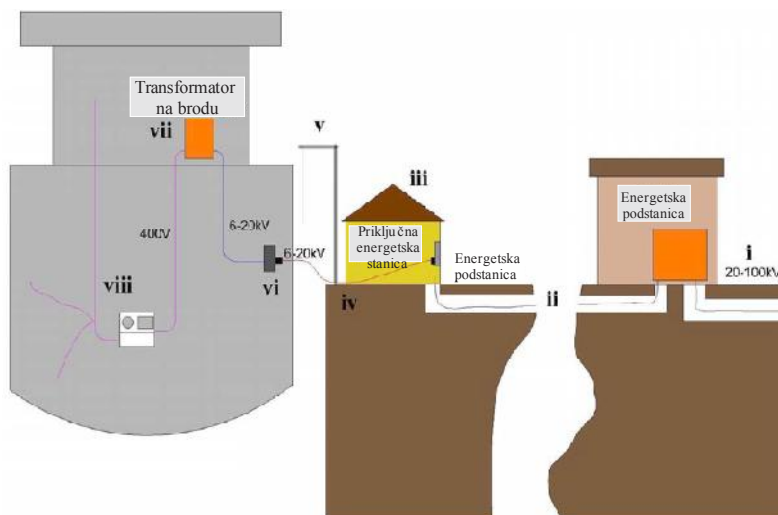
- Priključak na električnu mrežu i transfer električne energije napona od 20-100 kV do lokalne stanice gdje se ona transformise u napon od 6-20 kV.
- Transfer električne energije napona 6-20 kV od lokalne stanice do stanice na lučkom terminalu.
- Konvertovanje frekvencije sa 50 Hz na 60 Hz u zavisnosti od tipa broda.
- Distribucija električne energije do svih električnih priključaka na terminalu.
- Iz sigurnosnih razloga neophodno je specijalno rukovanje kablovima za napajanje brodova električnom energijom. Mehanizam za rukovanje može biti elektrohidraulički ili elektro-mehanički.
- Na brodu je potrebna specijalna adaptacija priključka energetskog kabla sa operativne obale.
- U zavisnosti od snage broda napon se transformiše na 400 V. Transformator se obično nalazi u pogonskoj sobi (*engine room*).
- Dva sistema se sinhronizuju da bi radili paralelno.

U praksi postoje praktični problemi povezani sa prethodno navedenim procedurama, a neki od njih su [16]:

Frekvencija: Frekvencija električne energije u mreži Evropske Unije je 50 Hz. Međutim frekvencija električne energije na brodu može biti 50 Hz ili 60 Hz. Postoji mogućnost da brodovi dizajnirani za frekvenciju 60 Hz mogu da koriste frkvenciju od 50 Hz za neke djelove opreme, na primjer za grijanje i rasvjetu, ali to je samo mali fragment ukupne energije potrebne za cio brod. Oprema na motorni pogon, kao što su pumpe i brodska

prekrajna mehanizacija, ne bi mogla raditi brzinom za koju su projektovani što može dovesti do oštećenja opreme. Prema tome za brod koji koristi električnu energiju na 60 Hz, a priključuje se na mrežu Evropske unije potrebno je prije konekcije konvertovati električnu energiju sa 50 na 60 Hz.

Napon-voltaža (broda na vezu): Da bi se premostila razlika u naponu električne energije na operativnoj obali i na brodu, zahtjeva se specifični brodski transformator (slika 10.1).



Slika 10.1. Poprečni presjek CI-a ([16], [23])

Sigurnost: Usled potrebe za direktnim rukovnjem veoma teškim i glomaznim *high-voltage cables* (kablovima visokog napona - HV kablovima), kod CI-a postoji velikii rizik od povreda. Pitanje zdravlja takodje može predstavljati problem, zbog rukovanja teškim teretom u čudnim pozicijama, radnici sa operativne obale u lukama se na duge staze izlažu riziku povrede leđa. Ukoliko postoji neka neusaglašenost sa nacionalnim direktivama pojedinih luka koje koriste ovaj vid izvora električne energije, a posebno sa direktivom Evropske unije 90/269/EEC3, takode predstavlja značajan problem.

Procedure priveza različitih tipova brodova na operativnoj obali: Različite su potrebe brodova (u pogledu sistemskog napona i sistemske frekvencije električne energije) za vrijeme boravka u luci ili na vezu. Tipovi brodova koji se opslužuju u lukama su obično brodovi za prevoz kontenera, Ro-Ro i brodovi za prevoz vozila (*vehicle vessels*), tankeri za prevoz nafte i naftnih prerađevina, i na kraju brodovi za kružna putovanja morem. Procedura za privez broda na operativnoj obali u luci i korišćenje prekrajnih sredstava za različite vrste brodova je takode ponekad problematična.

10.3. Koncept green luke

Iako je CI jedan od načina da se smanji emisija izduvnih gasova sa brodova, činjenica da je brod povezan na obalnu električnu mrežu je mana za njegov holistički pristup borbe protiv klimatskih promjena. Električna mreža svake luke je uglavnom bazirana na fosilnim gorivima, tako da je ukupan doprinos smanjenju emisija u vazduhu ograničen. Za koncept green luka koristi se tehnologija *pametnih električnih mreža* koje su uglavnom priključene

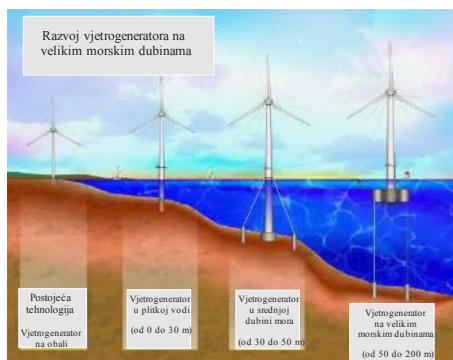
na obnovljive izvore energije, dok se obična mreža koristi samo u hitnim situacijama. Dostupni alternativni izvori energije u prirodi su [16]: energija vjetra, sunce – solarna energija, geotermalna, plimska i energija talasa, a takođe postoje, kao i izvori energije u biomasi i zemljotresima.

Kako postoji dosta alternativnih izvora energije problem predstavlja konverzija energije u električnu kao i efikasnost sistema za konvertovanje. Ovdje će se prikazati kratak opis svih obnovljivih energija i njihova povezanost sa konceptom *pametnih električnih mreža* [16].

Solarna energija: Sunce sa solarnom radijacijom emituje solarnu energiju. Osim grijanja i hlađenja solarnim postavkama i solarnim toplim vodama i dnevnom svjetlošću, postoje električne tehnike sa pogonom na solarnu energiju kao što je solarna fotonaponska energija (*photovoltaic* - PV). Mehanizmi koji prikupljaju, konvertuju i distribuiraju ovu energiju dijele se na aktivne solarne i pasivne solarne mehanizme. Primjeri aktivnih solarnih tehnika su solarna fotonaponska energija (PV) ili solarni paneli koji konvertuju solarnu energiju u električnu. Sa druge strane, pasivnim tehnikama pripadaju npr. projektovane zgrade, tako da su okrenute ka suncu i prostor je dizajniran tako da energija prirodno cirkuliše. Danas se tehnologija za projektovanje solarna fotonaponska energija tj. solarnih panela razvija velikom brzinom. Solarni paneli su danas efikasniji, lakši za transport, a čak su i fleksibilni što olakšava montažu i širu mogućnost primjene. Jedna solarna ćelija ne proizvodi dovoljno energije, ali puno grupisanih ćelija omogućava pokretanje napajanja srednjih pogona postrojenja u lučkim oblastima, kao što se jedan primjer može vidjeti na slici 10.2. Predloženo je da se lučke zgrade rekonstruišu u green zgrade koje će koristiti solarne panele na krovovima ili na prozorima.



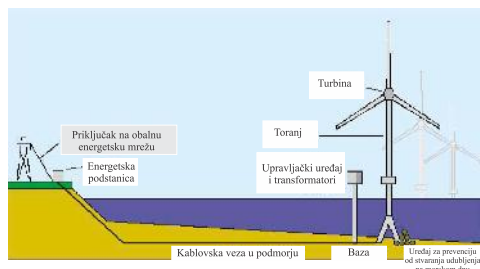
Slika 10.2. Izgled postrojenja za solarnu fotonaponsku energiju [27]



Slika 10.3. Položaj turbina na područjima izloženim vjetru ([16], [27])

Energija vjetra: Postoje različiti načini da se energija vjetra konvertuje u drugu korisnu formu energije, kao na primjer korišćenje turbina koje proizvode električnu energiju, korišćenje vjetrenjača za mehanički rad, pumpe za vjetar koje pumpaju vodu ili jedra koja bi pokretala brod. Danas je najveći interes instalacija turbina na velikim površinama koje su izložene udarima vjetra, a koje se nalaze na kopnu i na moru. Veći broj turbina će imati potencijal da proizvodi dovoljno električne energije i snabdijevaće lokalne zajednice i izolovane oblasti. S obzirom na to da se većina luka suočava sa problemom širenja/ekspanzije na kopnu, predloženo je da se turbine postavljaju na vodi odmah pored lučkog akvatorijuma. Slika 10.3 predstavlja nekoliko konfiguracija turbina postavljenih na

mjestima gdje su udari vjetra veliki (tzv. *wind turbines-vjetrogeneratori*), dok slika 10.4 predstavlja opšti izgled jedne turbine na vodi koja proizvodi električnu energiju.



Slika 10.4. Položaj offshore turbina na područjima izloženim vjetru ([16], [27])



Slika 10.5. Offshore konvertor snage talasa ([16], [27])

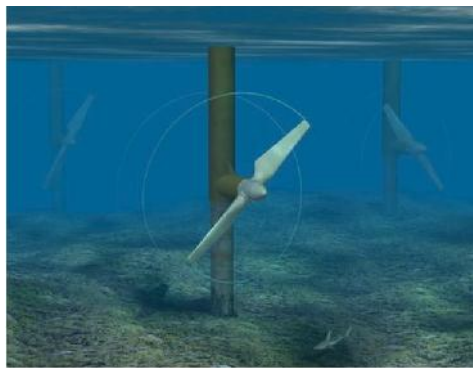
Snaga talasa: Oblik energije koja se sreće na morima je tzv. *snaga talasa*. Površinski talasi su sredstvo transporta energije, a ta energija može biti korišćena za proizvodnju električne energije i desalinizaciju vode. Što su talasi veći, prenosi se više energije, a time su i tehničke aplikacije za konverziju energije interesantnije. Instalacije mogu biti na kopnu i na vodi/moru (slika 10.5), zavisno od morfoloških karakteristika obale i tipičnih talasa u odabranoj oblasti.

Snaga plime: Gravitacione sile na relaciji Zemlja-Mjesec i Zemlja-Sunce su odgovorne za periodične promjene nivoa mora, koje su poznate kao plima. Plima ima različit potencijal od zone do zone, a u nekim slučajevima je toliko jaka da kreira tokove ili podiže nivo mora za nekoliko metara. Kinetička energija tokova i potencijalna energija podignute mase vode u moru mogu se konvertovati u električnu energiju koristeći prikladne sisteme. U prvom slučaju popularan mehanizam su podvodni generatori toka koji su slični turbinama za vjetar, do se u drugom slučaju radi o velikom rezervoaru koji se nalazi blizu najvećeg nivoa u kojem se skladišti voda, koji zatim koristeći principe hidroelektrike i proizvodi električnu energiju. U velikom broju luka postoje mjesta koja ispunjavaju uslove za ovakav plimski sistem (slika 10.6).

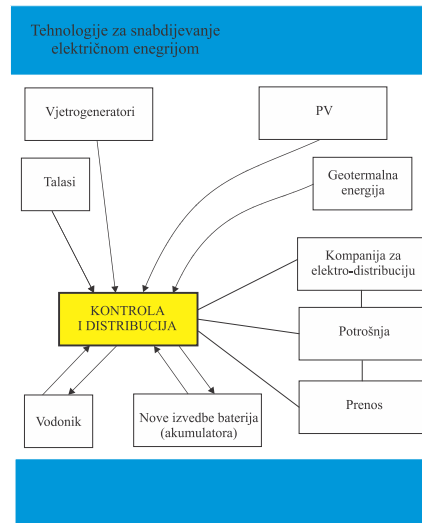
Geotermalna energija: Na način na koji kondenzator čuva energiju u okviru električnog kola, tako i tlo skladišti termalnu energiju koja potiče od stvaranja planete i prirodnog raspadanja minerala. Danas postoje mali sistemi kao što je geotermalna pumpa za grijanje rezidencijalnih jedinica (jedinica za stanovanje) i velike geotermalne elektrane za proizvodnju električne energije. U lukama bi se geotermalna energija mogla upotrijebiti za snabdijevanje lučkih zgrada električnom energijom.

Ćelije za vodonično gorivo (hydrogen fuel cells): Ovo je još jedna naprednija forma izvora obnovljive energije. To je kombinacija gorivnih ćelija u interakciji sa elektrolizom. Kada sistemi obnovljive energije (*Renewable Energy Systems - RES*) proizvode veću količinu energije nego što je potrebna, ta energija može biti iskorišćena za snabdijevanje glavne mreže ili za elektrolizu. Elektroliza proizvodi vodonik koji se skladišti u istoimenu rezervoar. Kada proizvedena količina energije nije dovoljna za formiranje ćelije za gorivo, može se koristiti uskladišteni vodonik koji se kombinuje sa oksidom iz vazduha i proizvodi električnu energiju i vodu kroz proces obrnute elektrolize. Izuzev instalacije i održavanja, ovo je potpuno besplatno s obzirom na to da sistem sam proizvodi gorivo. Troškovi instalacije su veliki i ne postoje velika postrojenja, ali ovo se može promijeniti u budućnosti. Korišćenje električnih vozila (AGV i ALV sistema) u lučkim operacijama je pojednostavljeno ukoliko se primijeni ovaj koncept.

Primjer pametnih električnih mreža definiše nezavisnu mrežu opremljenu dinamičkim optimizacionim tehnikama koja koristi mjerenja u realnom vremenu pri minimizaciji gubitaka na mreži, održavanje nivoa napona, povećanje pouzdanosti i upravljanje izborom opreme. Operativni podaci koje prikupi pametna električna mreža i njeni podsistemi će omogućiti operaterima da brzo identifikuju najbolju strategiju za zaštitu od neželjenih efekata izazvanih nepredviđenim događajima. Ipak pametna električna mreža prvo zavisi od identifikovanja ključnih performansi mjerenja, projektovanja i testiranja prikladnih alata i razvijanja odgovarajućeg plana obuke, da bi postojeće i osoblje koje se obučava steklo znanje i vještine za raspoređivanje ovih veoma naprednih sistema.



Slika 10.6. Podvodne turbine koje stvaraju električnu energiju [13]

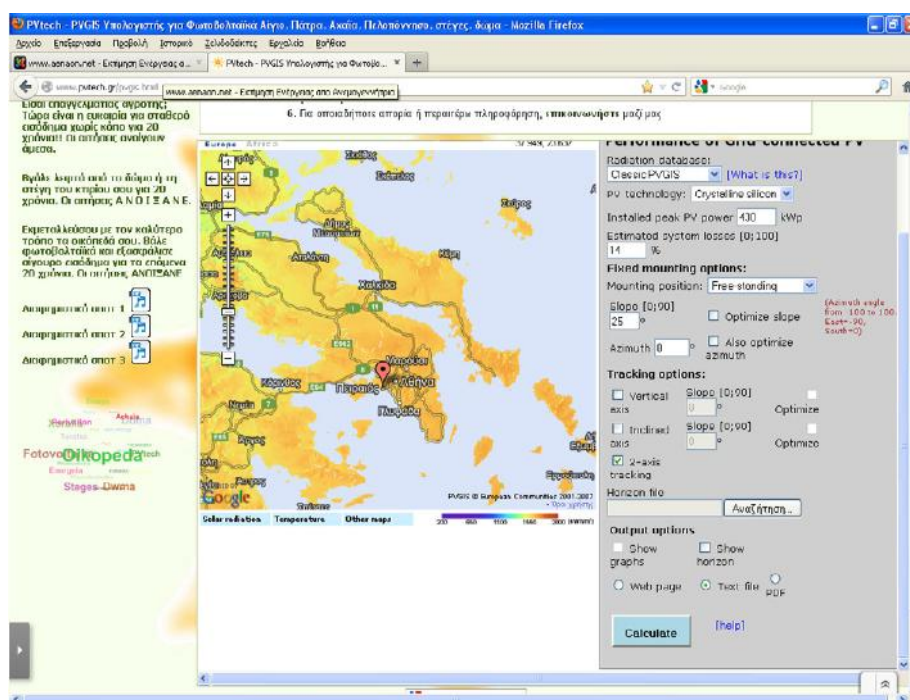


Slika 10.7. Pametne električne mreže za koncept luke bez emisije [16]

Slika 10.7 predstavlja jedan pristup ovom konceptu. Kontrolni i distributivni centar je opremljen sa više vrsta sistema obnovljivih energija: turbine za vjetar na vodi (*offshore windturbines*) su smještene izvan luke, izvori solarne fotonaponske energije su raspoređeni na zgradama ili u vidu postrojenja, energija talasa i plime zavise od potencijala luke u ovim izvorima a geotermalna energija zavisi od mogućnosti luke za njenu primjenu. Centar je povezan sa stalnom/permanentnom električnom mrežom koja se koristi u skladu sa potrebama i digitalnim sistemom za mjerenje (stacioniranim u nekoliko zona kao što su lučki gatovi, vezovi i lučka postrojenja), da bi se pratila potražnja za energijom luke i prema tome raspoređivala potrebna raspoloživa električna energija. Višak energije se transformiše u vodonik ili se skladišti u tehnološki nove baterije (akumulatori) velikog kapaciteta. Proizvedeni vodonik bi se koristio za pokretanje električnih vozila za lučke operacije. Namjera je da se luka 100% snabdijeva energijom iz obnovljivih izvora, ali se pažljivo moraju istražiti dostupnost energije i vremenski uslovi. U vanrednim situacijama bi se koristila energija sa električne mreže jer bi se stanice za generisanje energije našle u stanju pregrijavanja.

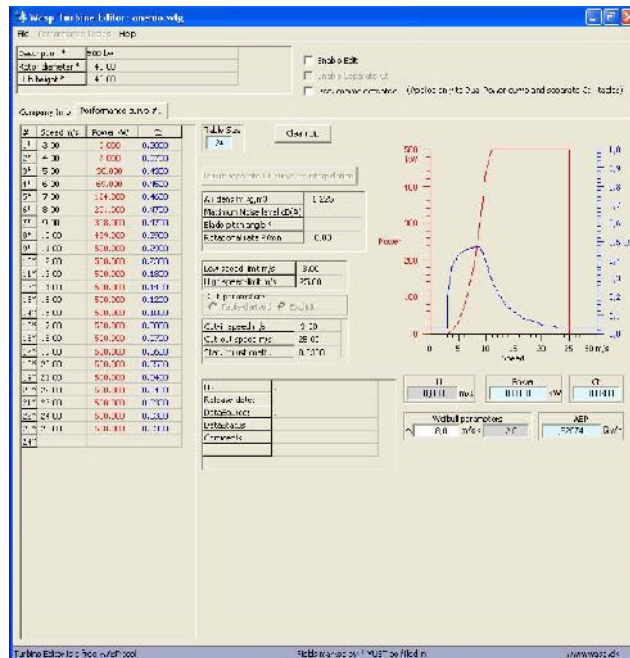
10.4. Simulacioni proračuni

Na osnovu definisanja koncepta green luka, ovdje se prikazuju rezultati eksperimentalne studije na bazi simulacije koja je razvijena u skladu sa navedenim konceptom. U luci Pirej, koja je razmatrana koristi se solarna fotonaponska energija ili (tzv. PV park), koji predstavlja sistem za praćenje, sa nominalnom snagom od 430 Wp. Postavljeni sistem je okrenut ka jugu i njegovi pretpostavljeni ukupni gubici ne prelaze 14%. Ovdje se koristi PVGIS softver koji računa prosječnu godišnju proizvodnju energije, a isti model se može primijeniti i kod računanja proizvodnje energije i za specifičan dan. Izgled prozora u simulacionom softveru PVGIS koji se koristi za računanje ukupne energije solarnih fotonaponskih postrojenja, dat je na slici 10.8 [16].



Slika 10.8. Prozor u simulacionom softveru PVGIS koji se koristi za računanje ukupne energije solarnih fotonaponskih postrojenja za luku Pirej ([16], [31])

Plutajući vjetrogeneratori su postavljeni odmah van lučkih područja, na mjestima gdje je primjećena najveća snaga vjetra, a prosječna godišnja brzina vjetra iznosi 8 m/s. Da bi svaki put izračunali tačnu snagu, potrebna nam je kriva vjetrogeneratora kao i podaci koji se odnose na mjerenje brzine vjetra u realnom vremenu u zonama gdje su turbine postavljene. Ovi podaci se dobijaju uz pomoć anemometara (slika 10.9).



Slika 10.9. Proračun snage vjetro i performansi vjetrogeneratora ([16], [35])

Za ilustraciju ovdje primijenjene simulacije koriste se tri vjetrogeneratora ukupne snage 500 kW sa prečnikom rotora od 40 m. Predložena plutajuća platforma je prikazana na slici 10.10. U razmatranom scenariju prikazan je Ro-Ro brod pod nazivom *City of Amsterdam* na slici 10.11. Njegova ukupna potrošnja energije je 252 kW/h, što implicira da je priključen na izvore električne energije pet sati luci Pirej. Poznato je da se ovaj brod karakteriše sa najnižom potrošnjom energije među svim sličnim brodovima koji se opslužuju u luci Pirej.



Slika 10.10. Konfiguracija plutajućeg vjetrogeneratora [16]

Slika 10.11. Ro-Ro brod *City of Amsterdam* [27]

U razmatranom primjeru je pretpostavljeno da postoje akumulatori ili ćelije za gorivo (fuel cells) za skladištenje viška energije i da je pametna električna mreža stalno povezana na električnu mrežu. Isto tako, pretpostavljeno je da vjetrogeneratori imaju konstantnu stopu proizvodnje električne energije koristeći vjetar brzine 8 m/s. Mjerenja su izvedena tokom dnevnog perioda od 9 časova do 21 čas istog dana, računajući ukupnu potrebnu energiju, dok akumulatori služe za čuvanje energije. Rezultati realizovane simulacije su prikazani u tabeli 10.1. Jasno je da je tokom noći situacija teža zbog toga što nedostaje energija koju proizvodi PV park. U ovoj simulaciji je uključen i drugi brod (Ro-Ro brod *Birka Explore* sa prosječnom potrošnjom 377 kW) što ukazuje na činjenicu da je korišćenje PV parka sa konfiguracijom pametne električne mreže moguće tokom dana (u dnevnim časovima), ali da bi tokom noći bila potrebna podrška električne mreže za brodove koji se nalaze na vezu u luci [16].

Tabela 10.1. Početni rezultati simulacije [16]

Mjerenja na dan 23.09.2012. godine	PV	Vjetro- generatori	Akumulatori koji skladište prekomjernu snagu	Tražena električna energija za brod u periodu od 5 sati
09 h	1008	1952	(1700)	1260 (252 x 5 h)
21 h	0	1952	(692)	1260

10.5. Sistemska primjena koncepta green luke

Ekološki faktori još nisu široko prihvaćeni kao kriterijum u obavezujućim procedurama za koncesioniranje lučkih terminala. Lučke vlasti bi trebalo da imaju mogućnost da razrade procedure za dodjeljivanje terminala uzimajući u obzir ekološke kriterijume i principe i potrebu za održivim razvojem okruženja i visoko konkurentnim lučkim aktivnostima. Iako je svaka luka jedinstven sistem, postoje neka područja za zajedničku akciju i usklađivanje među lukama u odnosu na ekološke aspekte. Lučke vlasti i operatori terminala potrebno je da budu u mogućnosti da izvuku koristi iz inicijativa koje teže koncesionim procedurama baziranim na ekološkim standardima (tzv. "ozelenjavanju"), jedino ako su ove akcije ugrađene u transportni lanac koji teži očuvanju okoline (luka, terminal, skladište, kopneni vidovi transporta). Green koncesioni sporazumi nemaju dovoljan efekat kada se tretiraju izolovano od drugih primarnih lučkih aktivnosti.

U tabelama 10.2 i 10.3 prikazano je učešće pojedinih vidova transporta u vodećim evropskim lučkim sistemima i na intermodalnim mrežama koje povezuju luke sa kontinentalnim terminalima i distributivnim centrima. Njemačke luke su razvile snažnu orijentaciju na željezničke kompozicije (*shuttles trains*) dok se Rotterdam, Antwerpen i Amsterdam snažno oslanjaju na transport unutrašnjim plovnim putevima. Čak su i mnoge male luke prihvatile savremeni koncept intermodalnog transporta. Povećanje učešća intermodalnih transportnih sistema nije samo korisno za menadžment transportnih tokova u samim lukama već i u njihovom neposrednom okruženju i gravitacionom zaleđu [17].

Lučki terminali su ključni čvorovi koji povezuju pomorske transportne rute i kopnene intermodalne transportne mreže. Mali broj ugovora o terminalima uključuje specifikacije u odnosu na nosioca lučkog transporta i ekoloških standarda, posebno u kontekstu kontenerskih terminala. U skoro polovini ovih slučajeva ugovor razrađuje koje tehničke specifikacije i obavezne investicije moraju biti sprovedene od strane operatora terminala na transportnoj infrastrukturi gravitacionog zaleđa, ali ne sadrže implementaciju ekoloških kriterijuma. S toga, sve više pažnje se poklanja uključivanju ovih procedura u lučkim sistemima. U samo 21% slučajeva klauzulom o primjeni pojedinih transportnih sistema je

eksplicitno određen rok do kojeg operator terminala mora dostići zacrtani nivo primjene pojedinih ekoloških standarda od njih (na primjer: 40% drumskim transportom, 40% na unutrašnjim plovnim putevima i SSS plovidbom i 20% željezničkim transportom do 2015. godine). Cilj korišćenja intermodalnih transportnih sistema evaluiranih na konceptu "ozelenjavanja" često je formulisan kao *laki cilj* (namjera). Takve ciljeve je najbolje držati van ugovorenih obaveza zato što oni ne mogu biti pravno nametnuti operatoru terminala. Lučke vlasti mogu podsticati operatora terminala da dostigne ove ciljeve primamljivom cjenovnom politikom ili sistemom nagrađivanja.

Tabela 10.2. Učešće pojedinih vidova transporta u procentima za navedene evropske luke [17]

Luka Godina	Rotterdam			Luka Godina	Antwerpen			Luka Godina	Zeebrugge (Briž)		
	D	Ž	R		D	Ž	R		D	Ž	R
2003	59	10	31	2000	60.6	10.1	29.3	2000	79.8	17.7	2.5
2004	60	9	31	2002	59.9	9.3	31.2	2002	78.3	20.5	1.2
2005	60	9	31	2007	59.8	8.0	32.2	2005	62	36.6	1.4
2008	57	13	30	2008	57	11	32	2006	61.2	37.6	1.2

Legenda: D – drumski transport; Ž – željeznički transport; R – riječni transport.

Tabela 10.3. Učešće pojedinih vidova transporta u procentima za navedene evropske luke [17]

Luka Godina	Bremenhafen			Luka Godina	Hamburg			Luka Godina	Dundirk		
	D	Ž	R		D	Ž	R		D	Ž	R
2005	43	53	4.0	2007	68.9	29	2.1	2002	82	14	4
2006	39.6	56.3	4.1	2008	63.1	34.7	2.2	2002	72	25	3
2008	34	62.9	3.1	2009	64	34	2	2005	88	8	4
2009	31.3	64.5	4.2	2010	61.7	36.5	1.8	2006	88	8	4

Evropske luke sve više promovišu intermodalna rješenja bazirana na ekološkim kriterijumima da bi smanjile zavisnosti povezivanja luke sa kontinentalnim zaleđem primjenom isključivo drumskog transporta. Tako se koriste intermodalna rješenja *Huckepack* tehnologije (integracije željezničkog i drumskog transporta gdje drumska transportna sredstva u cjelini ili djelimično postaju teret za željeznička kola), *Motorway of the Sea* tehnologije (gdje se drumska transportna sredstva prevoze brodovima na kraćim obalnim rutama (*Short Sea Shipping* - SSS), razni oblici *LASH* tehnologije na unutrašnjim plovnim putevima gdje dolazi do integracije riječnog i morskog transporta naročito u lukama Sjevero-zapadne Evrope (Rotterdam, Antwerpen, Hamburg). Najveći broj velikih kontenerskih luka u Evropi uspjelo je da značajnije poveća korišćenje željezničkog transporta i barži na unutrašnjim plovnim putevima. Ovaj vid transporta je podržan od strane projektovanih širokih mreža intermodalnih usluga u neposrednom zaleđu i kopnenom lučkom okruženju (gravitacionom zaleđu).

Obaveze ispunjavanja *težih ciljeva* iz koncesionog sporazuma podrazumijevaju pristup sa obavezujućim klauzulama i obaveznim primjenjivanjem (u slučaju nepovino vanja, predviđene su kazne). U sprovođenju ovog pristupa, lučke vlasti se često suočavaju sa problemom javljanja kredibilnih prijetnji. Na primjer, suočeni sa teškim klauzulama operatori terminala će dokazivati da na distribuciju tereta različitim oblicima kopnenog prevoza značajno utiču spoljašni faktori kao što su ustaljena praksa njihovih kupaca u lancu snabdijevanja, cijene i kvalitet usluga transporta željeznicom, transporta na unutrašnjim plovnim putevima i infrastruktura politika izvan lučke zone, kao i nedostatak uvažavanja ekoloških standarda. Operatori terminala pak mogu pozitivno uticati na izbor vida kontinentalnog transporta u sklopu njihovog terminala kroz politiku cijena (na primjer kroz sistem nadoknade za ležarinu ili kroz politiku cijena za pojedine kopnene vidove

transporta), kroz akcije za povećanje transparentnosti tokova informacija (koje predstavlja grupisanje tereta prema željeznici i unutrašnjim plovnim putevima), proširene mogućnosti za izlaz u gravitacionom zaleđu (na primjer, uspostavljanje manjih terminala u gravitacionom zaleđu) a sve uz uvažavanje zaštite životne sredine.

10.6. Savremene luke i terminali koji su prihvatili green koncept

Na svjetskom nivou luke se sve više prepoznaju po tome da li su prihvatile green koncept u svojim sistemima. Kao što je prethodno navedeno, on predstavlja jedan od najbitnijih uslova za nesmetan razvoj lučkih područja, a istovremeno utiče na zaštitu životne sredine i čovjeka posebno. Iz tog razloga, ovdje se daje kratak osvrt na neke luke i terminale koje su prihvatile green koncept i koje planiraju da ga održe u budućnosti. Na slikama 10.12-10.19 dati su izgledi pojedinih terminala ili lučkih područja, od kojih se izdvajaju: Luka Hal (Hull) u Velikoj Britaniji, London Gateway lučki terminal u Velikoj Britaniji, Ferry terminal u luci Dover, takođe Velika Britanija, Luka Port Luis na Mauricijusu, Luka Long Bič u SAD, Terminal za brodove za kružna putovanja morem u luci Venecija, Novi konenerski terminal u luci Gdanjsk, Poljska i Luka Kuantan u Maleziji.

U luci Hal koncept green luka uveden je 2011. godine. Ova luka je raspisala takođe konkurs za izgradnju fabrike za proizvodnju vjetrogeneratora, tako da će u potpunosti ovaj koncept zaživjeti i u narednom periodu (slika 10.12). Kada je u pitanju London Gateway, misli se na lučki terminal koji je automatizovan kontenerski terminal na rijeci Temzi i potrebno je istaći da je riječ o trenutno najvećem logističkom parku koji je započeo svoju izgradnju u 2006 godini (slika 10.13). Cjelokupni projekat izgradnje se odnosio na uvođenje ekoloških standarda na terminalu.

U 2011. godini prihvaćen je projekat izgradnje novog ferry terminala u luci Dover, čija se gradnja bazirala na konceptu green luke (slika 10.14). Ukupna investicija u navedeni projekat iznosi oko 400 miliona funti, što predstavlja jednu od većih ulaganja na nivou cijele države. U luci Port Luis na Mauricijusu, napravljen je plan koji podrazumijeva iskorišćenje energetske efikasnosti lučkih područja na bazi zaštite životne sredine uključujući efekat staklene bašte, prevencija od zagađenja koje proizvode izduvni gasovi i ostalo (slika 10.15). Cilj ove luke je da postane green luka i da pronade način da se redukuje nivo emitovanog ugljen-dioksida u tom području.

U luci Long Bič je koncept green port usvojen još 2005. godine (slika 10.16). Razmatrali su se sljedeći principi koji su onda bili evaluirani, i to: zaštita životne sredine od strane štetnih materija, razvojna strategija luke koja štiti životnu sredinu, promovisanje održivog razvoja, uključivanje najsavremenije tehnologije da bi se izbjegli eventualni negativni uticaji na životnu sredinu i obrazovanje zajednice na bazi ekoloških standarda. U luci Venecija, rekonstrukcija novog terminala za brodove za kružna putovanja morem trebala bi da bude realizovana tokom 2013. godine, gdje se onda ova luka može svrstati kao green luka. Ova luka u narednom periodu očekuje opsluživanje preko 1200 brodova za kružna putovanja morem na godišnjem nivou (slika 10.17).

Luka Gdanjsk je u prvom periodu 2013. godine donijela plan o izgradnji novog kontenerskog terminala (slika 10.18). Planira se izgradnja savremeno opremljenih vezova i uključivanje prekrcajnih sredstava koja zadovoljavaju ekološke kriterijume. Sa druge strane, na slici 10.19 dat je izgled luke Kuantan u Maleziji koja planira da raznim investicijama u lučka područja dvostruko poveća svoje pretovarne kapacitete. Ovaj posao će zahtijevati dvije do tri godine neprekidnog rada. Green koncept je takođe prisutan i pri rekonstrukciji ove luke.



Slika 10.12. Luka Hal (Hull) - region Humber Ports City, Velika Britanija [30]



Slika 10.13. London Gateway lučki terminal, Velika Britanija [33]



Slika 10.14. Ferry terminal u luci Dover, Velika Britanija [32]



Slika 10.15. Luka Port Luis, Mauricijus [28]



Slika 10.16. Luka Long Bič, SAD [34]



Slika 10.17. Terminal za brodove za kružna putovanja morem u Veneciji, Italija [29]



Slika 10.18. Novi konenerski terminal u luci Gdanjsk, Poljska [36]



Slika 10.19. Luka Kuantan, Malezija [26]

10.7. Dodatna analiza green koncepta u lukama

Prekookeanski brodovi predstavljaju jedan od najvećih izvora zagađenja vazduha na svijetu koji je ujedno i najteže regulisati, a takođe su i osnovna komponenta međunarodne trgovine i procesa transporta različitih proizvoda, materijala, sirovina i energije. Ti brodovi su slični plutajućim elektranama u smislu električne snage, a sada je potpuno uočljivo da brodovi postaju sve veći (zbog tzv. *economy of scale* – ekonomije obima) pa će prema tome zahtijevati i više energije. Isto tako, luke kojima je ovdje poklonjena pažnja rade na ratifikovanju green koncepta u nadi da će njihova implementacija redukovati nivo štetnih materija primarno u vazduhu i vodi.

U ovom poglavlju je pokazano da je snabdijevanje električnom energijom sa kopna-obale u luci (*shore side power supply*) vrlo interesantna tema i da regulacije za emisiju sa brodova moraju biti strožije. Većina luka širom svijeta istražuje mogućnosti za snabdijevanje brodova električnom energijom sa kopna. Da bi se projektovao koncept luke bez emisije, istražuje se novi koncepti pametnih električnih mreža koje koriste obnovljive izvore energije i prikazuju se veoma pozitivni efekti istih u minimizaciji emisija u lukama.

Štaviše, razmatrajući simulacioni primjer u luci Pirej u odnosu na vrijeme koje je brod proveo na vezu u luci za određeni dio jednog dana, izračunat je balans energije koristeći obnovljive izvore energije. U ovom slučaju nije bilo moguće koristiti uređaje za korišćenje energije talasa zbog toga što za sada ne postoje adekvatni podaci za proračune i njihovo sigurno dejstvo. Iako inicijalni podaci pokazuju da su za velike luke potrebne velike plutajuće turbine da bi se zadovoljila potražnja električne energije na osnovu tehnologija CI-a, ovdje razmatrani koncept bi u početku mogao biti primjenjen u malim lukama u kojima je potražnja za energijom manja. Buduća istraživanja iz ove oblasti biće fokusirana na iskorišćavanje mogućnosti da simulacioni alat radi na proračunu svih obnovljivih energija za pametnu električnu mrežu kao i olakšavanje operativnih uslova za sprovođenje brodova kroz CI. Ovom automatizacijom sistema će se omogućiti efikasnije upravljanje konkretno CI-a i optimalno korišćenje pametnih električnih mreža koje se dobijaju od obnovljivih izvora energija.

Literatura

1. Air Resources Board: Ocean-going ship survey – summery of results, California: California Environmental Protection Agency, (2007).
2. Aronsson, H., Huge-Brodin, M. (2006), The environmental impact of changing logistics structure, *The International Journal of Logistics Management*, 17, 394–415.
3. Ates, M.A., Bloemhof, J., Van Raaij, E., Wynstra, F. (2011), Proactive environmental strategy in a supply chain context; the mediating role of investments, *International Journal of Production Research*, 50(4), 1079-1095.
4. Chopra, S., Meindl, P. (2010), *Supply Chain Management, Strategy, Planning and Operation*, Pearson, Upper Saddle River, NJ, Chapter, 3. Clean Air Initiative, 2011. Air pollution and greenhouse gas emissions from ocean-going ships.
5. Dekker, R., Bloemhof, J., Mallidis, I. (2012), Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges, *European Journal of Operational Research*, 219(3), 671–679.
6. Diabat, A., Simchi-Levi, D. (2009), A carbon-capped supply chain network problem, In: *Proceedings of the IEEE international conference of on industrial engineering and engineering management*, USA, 532–527.

7. Dragović, B., Zrnić, Dj., Radmilović, Z. (2006), *Ports & container terminals modeling*, Research monograph, University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, ISBN 86-7395-203-4.
8. Dragović, B. (2009a), *Intermodalni transportni sistemi*, Univerzitetski udžbenik, Podgorica, Crna Gora, Univerzitet Crne Gore.
9. Dragović, B. (2009b), *Pomorske tehnologije transporta i logistika*, Univerzitetski udžbenik, Podgorica, Crna Gora, Univerzitet Crne Gore.
10. Dragović, B., Zrnić, N., Park, N. K. (2011), Container terminal performance evaluation. Research Monograph, University of Belgrade - Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.
11. Geerlings, H., Van Duin, R. (2011), A new method for assessing CO₂-emissions from container terminals: a promising approach applied in Rotterdam, *Journal of Cleaner Production*, 19, 657–666.
12. Goh, M. (2012), Green Port and Green Shipping: Singapore's Contribution, WOF Series 1, *Ocean 101: Current Issues and Our Future*, pp. 282-290.
13. Hwang, S., Lee, Y.H. and Kim, S.J. (2009), Optimization of cycloidal water turbine and the performance improvement by individual blade control, *Applied Energy*, 86(9), pp. 1532-1540.
14. McKinnon, A.C., Woodburn, A. (1996), Logistical restructuring and road freight traffic growth: an empirical assessment, *Transportation*, 23, 141–161.
15. McKinnon, A., Cullinane, S., Browne, M., Whiteing, A. (2010), *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*, Kogan, London, Chapter 8.
16. Nikitakos, N. (2012), Green Logistics - The concept of Zero Emissions Port, *FME Transactions*, 40, pp. 201-206.
17. Notteboom, T. (2012), The Role of Terminal Concession Agreements in 'Green' Port Strategy, *World Ocean Forum - WOF Series 1_Ocean 101: Current Issues and Our Future*, pp. 254-263.
18. Palanivelu, P., Dhawan, M. (2011), *Green Logistics*, White Paper Tata Consulting Systems.
19. Pan, S., Ballot, E., Fontane, F. (2012), The reduction of greenhouse gas emissions from freight transport by pooling supply chains, *International Journal of Production Economics*, 143(1), 86-94.
20. Quariguasi, F.N.J., Walther, G., Bloemhof, J., van Nunen, J., Spengler, T. (2009), A methodology for assessing eco-efficiency in logistic networks, *European Journal of Operational Research*, 193, 647–914.
21. Quariguasi, F.N.J., Walther, G., Bloemhof-Ruwaard, J.M., van Nunen, J.A.E.E., Spengler, T. (2010), From closed loop to sustainable supply chains: the WEEE case, *International Journal of Production Research*, 48, 4463–4481.
22. Ramudhin, A., Chaabane, A. (2010), Carbon market sensitive sustainable supply chain network design, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 5, 30–38.
23. Tzannatos, E. (2010), Cost assessment of ship emission reduction methods at berth: the case of the Port of Piraeus, Greece, *Maritime Policy & Management*, 37(4), pp. 427–445.
24. Verhoeven, P. and Vanoutrive, T. (2012), A quantitative analysis of European port governance, *Maritime Economics and Logistics*, 14(2), pp. 178-203.
25. Wang, F., Lai, X., Shi, N. (2011), A multi-objective optimization for green supply chain network design, *Decision Support Systems*, 51(2), 262–269.

26. <http://www.dredgingtoday.com>
27. www.google.com/imghp
28. <http://www.greenport.com>
29. <http://observatory.designobserver.com>
30. <http://www.offshorewind.biz>
31. www.pvtech.gr/pvgis.html
32. <http://www.porttechnology.org>
33. <http://www.ship-technology.com>
34. <http://www.socalgreenrealestateblog.com>
35. <http://www.wasp.dk/Demo/TurbineEditor.asp>
36. <http://worldmaritimenews.com>