



Economia di mercato e sostenibilità: un ruolo dei porti italiani⁽¹⁾

Market economy and sustainability: role of italian ports⁽¹⁾

Dott. Ingg. Elisa FORNASIERO^(*), Alessandra LIBARDO^(*)

1. Introduzione

I volumi delle spedizioni mondiali di container nel 2009 evidenziano come le relazioni commerciali europee con i mercati asiatici siano tre volte maggiori rispetto a quelle transatlantiche: il traffico merci totale tra Europa ed America è di 5,2 milioni di TEU mentre tra Europa ed Asia è pari a 16 milioni di TEU. L'utilizzo prevalente dei porti atlantici per tutte le destinazioni europee, dovuto alla maggiore efficienza logistica, comporta diseconomie legate al transit time, ai consumi energetici ed alle conseguenti emissioni carboniche. La presente ricerca ha indagato le variabili di efficienza trasportistica ed ambientale sopra indicate, con l'intento di identificare i mercati di alcuni dei principali sistemi portuali europei (affacciati nel Mar Nero, nel Mediterraneo e nel Mare del Nord) raggiungibili alle migliori prestazioni offerte dalla rete intermodale. A conclusione della ricerca, è stato possibile individuare sul continente europeo, per ciascun sistema portuale indagato, curve *isocrona*, *isoergon* ed *isocarbon* per l'intermodalità marittimo-ferroviaria a partire dal *gate* con l'Asia posto allo sbocco del Canale di Suez presso Port Said. Le elaborazioni svolte e la conseguente lettura delle curve sintetiche di isoquantità, consentono di definire, in termini di efficienza trasportistica e di maggiore sostenibilità, quali siano i percorsi multimodali più efficienti in relazione alle destinazioni finali.

⁽¹⁾ Ricerca avviata nell'ambito del progetto europeo SONORA su incarico dell'Autorità Portuale di Venezia. Pur nella responsabilità congiunta degli autori in merito ai risultati della ricerca, si segnala che Alessandra LIBARDO ha curato l'impostazione della ricerca e il controllo di qualità dei risultati, mentre Elisa FORNASIERO l'elaborazione dei dati e la loro rappresentazione.

^(*) Università IUAV di Venezia, Unità di ricerca TTL Territorio Trasporti e Logistica.

Nota - L'articolo è stato presentato parzialmente nella XII Riunione Scientifica della SIET - Società Italiana di Economia dei Trasporti e della Logistica - "Sostenibilità, Qualità e Sicurezza nei sistemi di trasporto e logistica", Roma, 17-18 giugno 2010, Università di Roma Tre, sempre a nome E. FORNASIERO, A. LIBARDO con il titolo "Economia di mercato e sostenibilità delle catene intermodali di trasporti".

1. Introduction

The volume of container shipments worldwide in 2009 show that trade relations between European and Asian markets are three times more than transatlantic relations: the total freight traffic between Europe and America is 5.2 million TEU, while the one between Europe and Asia is amounted to 16 million TEUs. Mainly due to higher logistics efficiency, the prevalent use of the Atlantic ports to all the European destinations involves diseconomies related to transit time, energy consumption and subsequent carbon emissions. This study is related to the just listed transport efficiency and environmental variables, with the aim of identifying the markets of some of the major European ports (overlooking the Black Sea, the Mediterranean Sea and the North Sea) to reach the best performance offered by intermodal network. At the end of the research, the isochronous, isoergon and isocarbon curves on the European continent have been found for each port system investigated, to sea-rail intermodal shipping from Asia to the gate of the Suez Canal at Port Said. The carried out calculations and the subsequent reading of the synthetic isoquants curves allow to define, in terms of efficiency and more sustainable transport terms, which are the most efficient multimodal trip in relation to final destinations.

⁽¹⁾ Research undertaken within the European project SOUND on behalf of the Port Authority of Venice. Despite the joint responsibility of the authors on the research results, it is reported that Alessandra LIBARDO oversaw the setting of research and quality control of results, while Elisa FORNASIERO processing the data and their representation.

^(*) IUAV University of Venice, TTL Research Unit (Transport, Territory and Logistics Unit).

Note - The work has been presented in XII Riunione Scientifica della SIET - Società Italiana di Economia dei Trasporti e della Logistica - "Sostenibilità, Qualità e Sicurezza nei sistemi di trasporto e logistica", Rome, 17-18 June 2010, University "Roma Tre", authors E. FORNASIERO, A. LIBARDO, title "Economia di mercato e sostenibilità delle catene intermodali di trasporti".

CONVEGNI E CONGRESSI

Conseguentemente la Comunità Europea dovrebbe promuovere l'utilizzo dei "percorsi migliori", sotto il profilo della sostenibilità, sia mediante interventi fisici che migliorino la qualità delle reti e dei nodi di interscambio, sia mediante politiche in grado di riequilibrare la ripartizione modale e l'uso delle reti integrate (nella strada intrapresa con la direttiva Eurovignette).

2. Economia dei flussi mondiali di contenitori

La flessione della domanda, dovuta in molti casi alla saturazione dei mercati europei, nonostante l'abbassa-

Consequently, the European Community should promote the use of "best path" in terms of sustainability, either through physical interventions, in order to improve the networks and interchanges quality, and through policies to rebalance the modal split and use integrated networks too (according to Eurovignette Directive).

2. Economics of global flows of containers

The demand decrease, due to the saturation of European markets, led to the crisis in the established markets with visible effects for the transport sector⁽²⁾, despite of the lower manufacturing costs resulting from the outsourcing

TABELLA 1 – TABLE 1

VARIAZIONE TRIMESTRALE DEL PIL - QUARTERLY CHANGE IN GDP

VARIAZIONE % DEL PIL - VARIATION IN % OF GDP (su stesso trimestre anno precedente) - (on same quarter previous year)					
Paesi Countries	1° trim.2008 1° quarter 2008	2° trim.2008 2° quarter 2008	3° trim.2008 3° quarter 2008	4° trim.2008 4° quarter 2008	1° trim.2009 1° quarter 2009
USA	2.5	2.1	0.7	-0.8	-2.5
Giappone	1.4	0.6	-0.3	-4.4	-8.4
UE-27	2.4	1.7	0.7	-1.6	-4.7
Euro-zona	2.2	1.5	0.5	-1.7	-4.9
Brasile	5.8	6	6.8	n.d.	-1.8
Russia	8	7.5	7.6	1.1	-9.5
India	8.8	7.9	10.4	7.7	5.8
Cina	10.3	10.1	9	6.8	6.1

(Fonte - Source: Confetra 2009).

mento dei costi di produzione derivanti dalla terziarizzazione della produzione nell'est asiatico, insieme al complesso fenomeno della speculazione finanziaria emerso nel 2008⁽²⁾, ha determinato la crisi dei mercati consolidati, con evidenti effetti per il settore dei trasporti⁽³⁾.

Sebbene anche il settore marittimo abbia fortemente accusato gli effetti della contrazione del traffico dei beni tradizionali come mostrano i valori di movimentazione container dei principali porti europei (fig. 1), alcune direttrici di traffico (relazioni con il Far East) non hanno risentito della crisi per la diversa struttura economica di paesi quali Cina e India (tabella 1).

Proprio le performance economiche dell'area Far East e delle economie emergenti, congiuntamente ai processi internazionali di delocalizzazione produttiva, avevano, negli

of production in East Asia, and the complex phenomena of financial speculation which emerged in 2008⁽³⁾.

Some lines of traffic (relations with the Far East) were not affected by the crisis because of the different economic structures of countries such as China and India (table 1), although the shipping industry has strongly accused the effects of the decline of tradi-

tional goods traffic, as shown by the values of the major container handling ports in Europe (fig. 1).

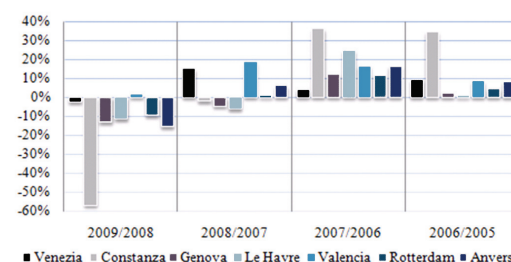


Fig. 1 - Variazione annuale (%) traffico TEU dei principali porti Europei. Annual variation (%) of the TEU traffic in main European ports.

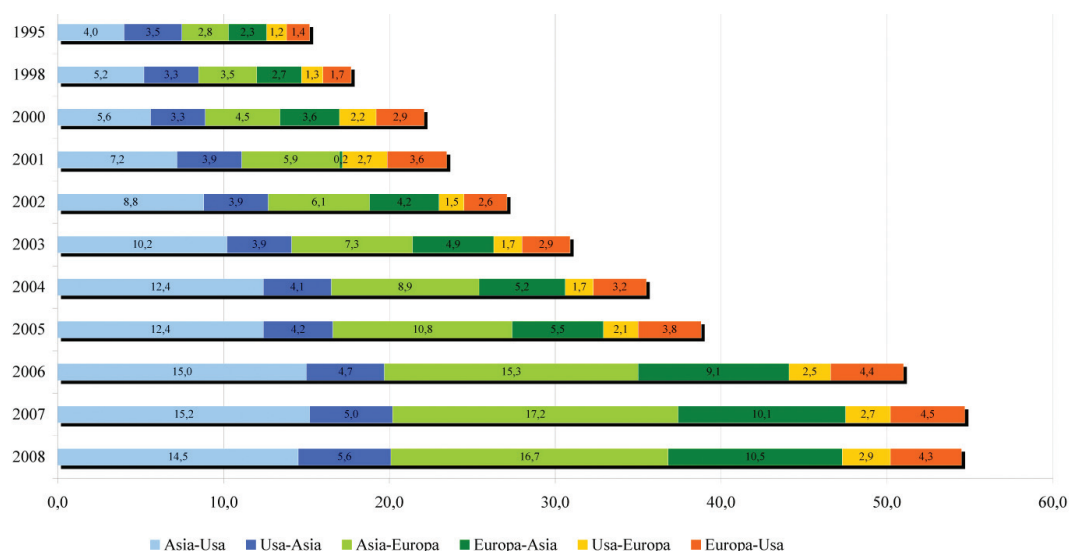
⁽²⁾ Flessione del PIL mondiale nel 2009 pari a -1,4%. Fonte: International Monetary Fund, 2009.

⁽³⁾ Le spedizioni internazionali di merci, infatti, registrano una flessione in tutte le modalità: -21% aereo, -28% ferrovia, -22% mare, -25% la strada. Fonte: Confetra, 2009.

⁽²⁾ International shipments of goods, in fact, declined in all modes of transport: air -21%, rail -28%, sea -22%, road -25%. Source: Confetra, 2009.

⁽³⁾ Decrease of global GDP in 2009 amounted to -1.4%. Source: International Monetary Fund, 2009.

CONVEGNI E CONGRESSI



Fonte: UNCTAD, Review of Maritime Transport

Fig. 2 - Traffici mondiali marittimi (milioni di TEU). World maritime traffic (millions of TEUs).

anni passati ed in particolare dopo il 2002⁽⁴⁾, incentivato fortemente lo sviluppo dei traffici mondiali determinando la supremazia portuale asiatica e influenzando le rotte commerciali (Singapore, Shanghai, Hong Kong e Shenzhen sono i primi 4 porti nel ranking mondiale; bisogna arrivare al decimo posto per incontrare un porto europeo, Rotterdam e al sedicesimo per un porto americano, Los Angeles).

Dalla fine degli anni '90 del Novecento le linee commerciali da e per il Far East (relazioni asiatiche con Europa e Usa) hanno mostrato forti incrementi, mentre gli scambi transatlantici (Europa-Usa) hanno registrato una stagnazione (fig. 2).

Dal punto di vista europeo, la conseguenza di

The economic performance of the Far East and emerging economies, with the consequent processes of international production relocation, had strongly encouraged after 2002⁽⁴⁾, the development of world trade leading to the

TABELLA 2 – TABLE 2

DIMENSIONI E PESCAGGIO DI ALCUNE NAVI PORTACONTAINER IN ESERCIZIO (CAPACITÀ >5000 TEU) - SIZE AND DRAFT OF SOME CONTAINER SHIPS IN OPERATION (CAPACITY > 5000 TEUS)

Nome - Name	Capacità Capacity [TEU]	Anno costr. Year constr.	Oper.	Lung. [m]	Larg. [m]	Pescaggio Draft [m]	Fondale minimo Minimum draft [m]
Maersk Dellys	5.089	2006	Maersk	294.1	32.2	13.5	14
Yue He	5.446	1997	Maersk	280	40	14	15.5
Maersk Kuantan	6.500	2007	Maersk	299	40	12	13.5
Marit Maersk	9.000	2009	Maersk	367.3	42.8	14.5	16
Emma Maersk	12.000	2006	Maersk	397.6	56.4	16.5	18
MSC Kalina	13.800	2009	MSC	336.7	51	14.5	16

(Fonte - Source: Containerisation International, 2010).

⁽⁴⁾ Nel periodo si rileva una crescita mondiale dell'economia del 4% annuo. Si rammenta in proposito la parte IV della carta dell'Avana, relativa all'Organizzazione Mondiale del Commercio (OMC), entrata in vigore il 1° gennaio 1995, che ha definito l'abolizione dei dazi doganali per l'anno 2000.

⁽⁴⁾ The period shows a worldwide economic growth of 4% per year. Should be noted that growth is due to the Havana Charter, of the World Trade Organization (WTO), into force since 1 January 1995, which defined the abolition of customs duties since 2000.

tali dinamiche, è stata la rinnovata centralità del Mediterraneo, attraversato dai traffici provenienti dal Far East transitanti per il Canale di Suez, operato da navi portacontainer di rilevanti dimensioni. Lo sviluppo dimensionale dei vettori marittimi (tabella 2), legato all'intento di contenere i costi unitari del trasporto, ha influenzato la scelta dei porti di scalo selezionati anche in base alla capacità fisica (fondali) di accettazione dei natanti di recente generazione.

Il livello di capacità ricettiva (in termini di fondali e banchine) dei porti del cosiddetto Northern Range (arco che va da Le Havre ad Amburgo), l'ottima dotazione delle attrezzature portuali (piazzali ed attrezzature di movimentazione delle merci), l'organizzazione doganale, nonché l'esistenza di buone connessioni con il sistema delle infrastrutture terrestri (connessioni porto-territorio) sono i risultati di oltre un secolo⁽⁵⁾ di *upgrading* continui. Tutti questi elementi hanno determinato e determinano tutt'oggi la preferenza delle principali compagnie di navigazione per i porti del nord, rispetto agli scali mediterranei meno attrezzati e connessi in modo limitato alla rete terrestre, sebbene questa scelta comporti, in molti casi, maggiori tempi di navigazione, consumi ed emissioni, come si esporrà nel seguito. I criteri di scelta dei porti di scalo, infatti, trascurano la convenienza geografica (rotte più brevi) ed i costi dei servizi portuali, provocando un uso distorto della rete plurimodale dei trasporti. Rilevanti quote merci dirette ai porti del nord Europa provengono dai paesi che si affacciano sul Mediterraneo, si stima che circa il 40% delle merci da/per il mercato italiano utilizzi come punti di accesso/uscita dal continente europeo porti del nord Europa. Ad oggi il Northern Range assorbe il 67% del traffico container europeo (44 milioni di TEU contro 22 dei porti europei che affacciano sul Mediterraneo). Nel 2008 i soli porti di Rotterdam (10 milioni di TEU) ed Amburgo (9,7 milioni di TEU) hanno gestito il 31% del traffico containerizzato dell'Europa (tabella 3).

I porti del Mediterraneo che presentano volumi più elevati nella movimentazione dei contenitori sono quelli della costa spagnola, primo tra tutti Valencia (3,6 milioni di TEU 2009); seguono quelli collocati sulla costa francese e sul Tirreno mentre i porti dell'Est Mediterraneo (Mar Adriatico, Egeo) e del Mar Nero presentano volumi inferiori al milione di TEU.

Tuttavia, in vista di una strategia comunitaria, i sistemi portuali non dovrebbero più essere intesi in competizione tra loro, quanto essere immaginati ed utilizzati per incentivare economie e libero scambio al minimo costo generalizzato ottenibile. A tale scopo si ritiene indispensabile definire, rispetto ad una o più relazioni commerciali, le aree geografiche, o se si vuole i mercati di convenienza per ciascun sistema portuale, identificandoli in ba-

supremacy of Asian ports and influencing trade routes (Singapore, Shanghai, Shenzhen and Hong Kong are the first 4 ports in the world ranking. We must get to the tenth place to find an European port, Rotterdam and to the sixteenth for a U.S. port, Los Angeles) in the recent years and especially after 2002.

Since the late 90's of the twentieth century, the business lines, to and from the Far East (Asian relations with Europe and the U.S.), have shown strong increases, while the transatlantic trade (Europe-USA) have shown stagnated (fig. 2).

From the European point of view, the centrality of the Mediterranean Sea, crossed by traffic from the Far East has been the consequence of these trends. Dimensional development of maritime carriers (table 2), linked to the intention to contain unit costs of transportation, has influenced the choice of ports of call selected on the basis of physical capacity (seabed) for acceptance of new generation vessels.

The level of carrying capacity of the ports (in terms of draft and quays) of so-called Northern Range (arc stretching from Le Havre to Hamburg), the optimal port equipment (apron and cargo handling equipment) envelope, the organization Customs and the existence of good connections with the system of ground infrastructure (port-territory connections) are the results of more than a century⁽⁵⁾ of continuous upgrading. All these factors have determined the preference of the major shipping companies to the ports of the North sector, rather than the Mediterranean ports that are less equipped and related in a limited way to the terrestrial network. In many cases, this choice determines more time navigation, fuel consumption and emissions, as we will show below. The criteria for selection of ports of call, in fact, neglect the geographical convenience (shorter routes) and the cost of port services leading to a distorted use of the multimodal transport network.

Many goods to ports of northern Europe come from the countries bordering the Mediterranean sea. It is estimated that approximately 40% of freight to and from the Italian market, use the ports of northern Europe as points of entry / exit from European mainland.

Today the Northern Range absorbs 67% of European container traffic (44 million TEUs versus 22 million TEUs of European ports that overlooking in the Mediterranean). In 2008 the ports of Rotterdam (10 million TEUs) and Hamburg (9.7 million TEUs) have managed 31% of container traffic in Europe (table 3).

The Mediterranean ports with higher volumes in handling containers are those of the Spanish coast. The first one is Valencia (3.6 million TEU in 2009), followed by

⁽⁵⁾ A partire dallo sviluppo indotto, in Inghilterra, Germania, Belgio ed Olanda, dalla rivoluzione industriale e dalle relazioni commerciali con l'America che per quasi tutto il Novecento ha rappresentato la principale "trade lane" mondiale.

⁽⁵⁾ In England, Germany, Belgium and the Netherlands, development has been caused by the industrial revolution and by trade relations with America that for most of the twentieth century has been the main "trade lane" of the world.

se alla quantificazione di alcuni indicatori ritenuti strategici per la scelta del trasporto. Tali indicatori potranno rispecchiare/contemperare le esigenze di efficienza trasportistica (transit time e consumi) richieste dagli operatori e/o di sostenibilità energetica ed ambientale (consumi ed emissioni) richieste dalla collettività.

Sulla base delle considerazioni fino a qui sintetizzate, la presente ricerca è stata applicata alla relazione commerciale Far East – Europa al fine di valutare l'efficienza trasportistica di soluzioni intermodali marittimo-ferroviarie transitanti attraverso i principali porti europei. Tale obiettivo sembra di particolare rilievo soprattutto in questa fase di crisi economico-finanziaria, dalla quale l'Europa dovrà uscire in condizioni di maggiore efficienza complessiva e di maggiore attenzione alla qualità della sua organizzazione logistica.

I risultati ottenuti sono riportati nei paragrafi seguenti.

MOVIMENTAZIONE CONTAINER DEI PRINCIPALI PORTI EUROPEI
ALL'INTERNO DELL'AREA DI STUDIO - CONTAINER-HANDLING OF THE
MAIN EUROPEAN PORTS WITHIN THE STUDY AREA

CONTAINER TRAFFIC DATA [TEU] CONTAINER TRAFFIC DATA [TEU]					
Porti - Ports	2009	2008	2007	2006	2005
Trieste	276.957	335.943	267.854	220.661	201.29
Venezia	379.072	329.512	316.641	289.86	290.898
Costanza	594.299	1.380.935	1.411.414	1.037.066	771.126
Livorno	778.864	745.557	657.592	658.506	638.586
La Spezia	1.046.063	1.246.139	1.187.040	1.136.664	1.024.455
Genova	1.533.627	1.766.605	1.855.026	1.657.113	1.624.964
Barcellona	1.800.213	2.569.550	2.610.099	2.318.241	2.071.481
Le Havre	2.200.000	2.488.654	2.656.167	2.130.000	2.118.509
Algeciras	3.042.759	3.324.310	3.414.345	3.256.776	3.179.300
Valencia	3.653.890	3.602.112	3.042.665	2.612.049	2.409.821
Bremerhaven	4.535.842	5.500.709	4.892.239	4.428.203	3.735.574
Amburgo	7.010.000	9.737.000	9.890.000	8.861.545	8.087.545
Anversa	7.309.639	8.663.736	8.175.952	7.018.911	6.482.061
Rotterdam	9.743.290	10.800.000	10.790.604	9.654.508	9.250.985

(Fonte - Source: Containerisation International, 2010).

3. Procedure di analisi

La determinazione delle curve *isocrone*, *isoergon* e *isocarbon* è stata possibile a partire dai dati relativi ai mezzi di trasporto maggiormente utilizzati (allo scopo di definire mezzi standard in termini di prestazioni e capacità di carico) ed allo stato della rete (percorsi ferroviari atti al trasporto contenitori marittimi), reperibili presso specifiche fonti (UIRR, 2010, IFEU, Externe). Le elaborazioni infatti hanno dovuto tener conto:

- delle caratteristiche delle navi utilizzate per raggiungere le diverse destinazioni, classificate in funzione della portata in numero di TEU e che presentano diversi valori di velocità massime, consumi ed emissioni;
- della tipologia di treni in circolazione che effettuano servizio merci, delle loro prestazioni in termini di velocità commerciale, consumi e capacità di carico;
- dei vincoli imposti dagli standard ferroviari di circolazione per i treni merci (tracciati e scali) in termini di velocità massime consentite, dimensione delle gallerie (gabarit), lunghezza massima dei treni.

Conseguentemente è stato possibile definire:

- per il trasporto marittimo due categorie di vettori che presentano una velocità commerciale paragonabile ma valori di consumi ed emissioni differenti (come illustrato nei paragrafi che seguono): navi portacontainer

those located on the French coast and Tyrrhenian Sea, while the ports of Eastern Mediterranean (Adriatic Sea, Aegean Sea) and of the Black Sea have less than one million TEUs volumes.

However, considering an EU strategy, the port systems should not be in competition with the others, but should have to be imagined and used to stimulate economies and free trade in order to obtain the minimum generalized cost. For this purpose it is essential to define, compared to one or more commercial relations, geographical areas of convenience, identified by quantification of some indicators considered strategic for choice of transport. These indicators will reflect the transport efficiency required by operators (transit time and fuel), energy and environmental sustainability required by the community (fuel consumption and emissions).

Based on these considerations summarized and set before, this research has been applied to the commercial relationship Far East - Europe to evaluate the transport efficiency of sea-rail intermodal solutions transiting through European ports. This seems particularly important especially in this phase of economic and financial crisis, from which Europe will have to go out in conditions of greater overall efficiency and greater attention to the quality of its logistics.

The results obtained are shown below.

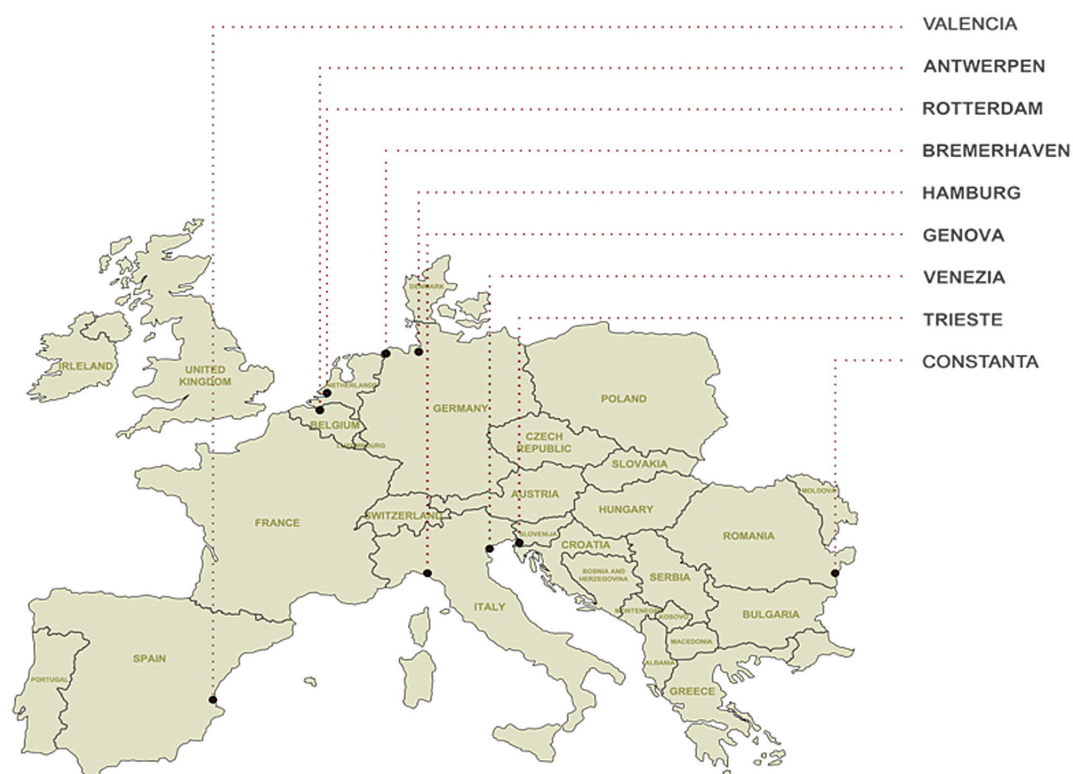


Fig. 3 - I nodi rappresentanti i principali porti europei. *Nodes representing main european ports.*

da 7.500 TEU a servizio delle destinazioni mediterranee e navi da 9.000 TEU per le destinazioni atlantiche e per lo scalo spagnolo di Valencia (scelto come riferimento in quanto primo porto del Mediterraneo nel ranking mondiale per movimentazione TEU);

- per il trasporto ferroviario un treno merci standard da 1000 tonnellate così come assunto a riferimento per le ricerche europee condotte da IFEU;
- la rete di trasporto: identificata da archi e nodi sia marittimi (fig. 3) che ferroviari.

Tutti gli archi marittimi come origine Port Said e rappresentano collegamenti diretti, mentre gli archi ferroviari rappresentano la schematizzazione della rete europea merci elettrificata⁽⁶⁾ (fig. 4) e possono collegare nodi portuali e ferroviari o nodi ferroviari tra loro. I nodi

⁽⁶⁾ La scelta di investigare le prestazioni della sola rete ferroviaria elettrificata deriva dalla volontà di perseguire un'ottimizzazione nell'uso di sistemi ambientalmente sostenibili; si è pertanto esclusa l'ipotesi dell'utilizzo della modalità ferroviaria diesel.

3. Analitical procedures

The isochronal, isoergon, and isocarbon curves determination, was possible starting from the data of the most commonly used vehicles of transport (in order to define standard vehicles in terms of performance and load capacity) and the state of the network (rail routes suitable for carrying sea containers), available from specific sources (UIRR, 2010, IFEU, Externe). The processing data have taken into account:

- the characteristics of vessels used to reach different destinations, classified on the scale of number of TEUs and different values of maximum speed, fuel consumption and emissions;
- the type of trains carrying freight service, their performance in terms of commercial speed, fuel consumption and load capacity;
- the constraints imposed by the standard of rail service for freight trains (routes and stops) in terms of maximum speed, size of the galleries (gabarit), maximum train length.

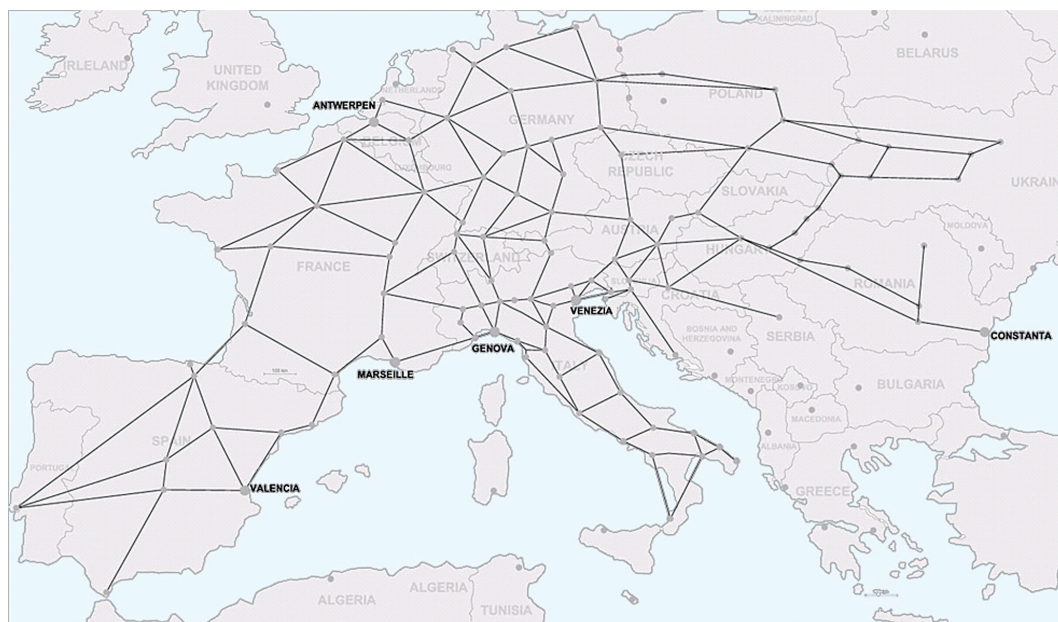


Fig. 4 - Il grafo ferroviario europeo (rete elettrificata). *The European rail graph (electrified).*

marittimi sono identificativi dei porti container; i nodi ferroviari rappresentano gli scali merci.

Trattandosi di una valutazione comparativa sulle prestazioni dell'offerta di trasporto, nelle elaborazioni non si è tenuto conto di condizioni di efficienza locale (tipo riempimento dei singoli vettori o efficienza puntuale dei nodi), al fine di porre in evidenza le performance del sistema non vincolato da elementi puntuali, comunque risolvibili, e porre così tutte le alternative esaminate nelle medesime condizioni.

4. Calcolo delle curve di pari tempo di accessibilità (*Isocrone*)

Le elaborazioni effettuate per la costruzione delle curve *isocrone* hanno tenuto conto delle velocità commerciali medie relative ai diversi vettori, calcolate sulla base delle migliori prestazioni attualmente misurate.

I tempi di navigazione necessari a raggiungere i singoli porti europei sono stati calcolati come servizi diretti dallo Stretto di Suez, sulla base delle distanze marittime⁽⁷⁾, assumendo condizioni medie di navigazione (andamento delle correnti) ed in considerazione della dimensione della nave considerata. I porti del nord Europa e della Spa-

Consequently it had been possible to define:

- for maritime transport, two categories of carriers that have a comparable commercial speed but different values of consumption and emissions (as shown in the following paragraphs): container ships of 7,500 TEUs, in the service of the Mediterranean ports, and ships of 9,000 TEUs for Atlantic destinations and for the Spanish port of Valencia (chosen as a reference, because it is the first Mediterranean port in the world ranking for handling TEUs);
- for rail transport was chosen a standard freight train of 1000 tons because is the reference for the European researches conducted by IFEU;
- the transport network: identified by arches and nodes, both maritime and railway (fig. 3).

All maritime arches begin from Port Said and represent direct links, while the railway arches show the schematization of the European electrified⁽⁶⁾ rail network for goods handling (fig. 4). They can connect maritime and rail nodes or railway junctions between them. The maritime nodes identify ports, and the railway nodes represent the goods yards.

⁽⁶⁾ The decision to investigate only the performance of the electrified railway network comes from the desire to pursue an optimum use of environmentally sustainable systems, it is therefore not included the possibility of using the rail mode diesel.

⁽⁷⁾ Fonte: Autorità Portuale di Venezia, 2009.

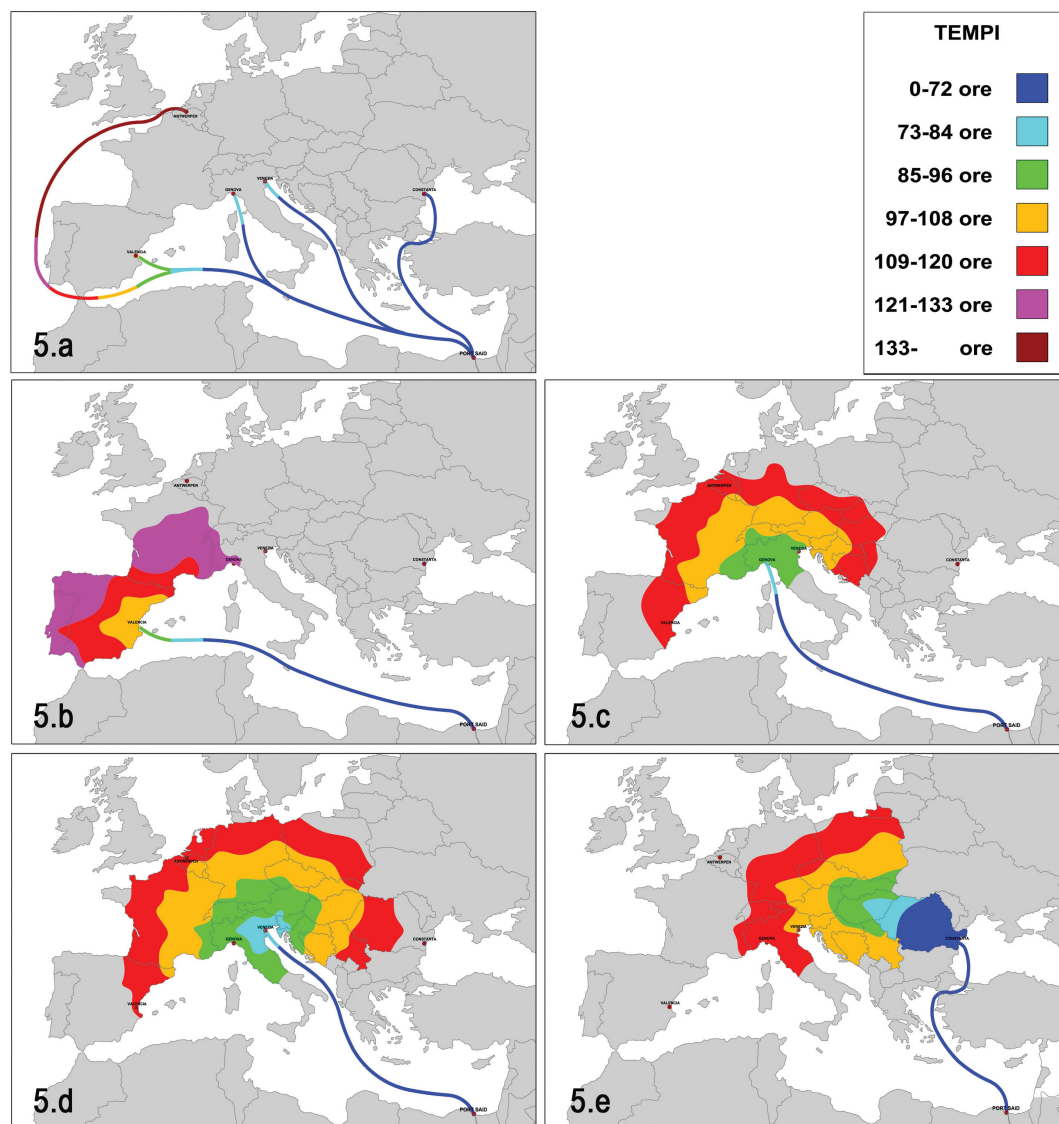


Fig. 5 - Isocrone dei percorsi intermodali (strada+ferrovia) con origine in Port Said transitanti per i principali porti europei (5.a transit time solo marittimo; 5.b transit time combinato via Valencia; 5.c transit time combinato via Genova; 5.d transit time combinato via Venezia; 5.e transit time combinato via Costanza). *Isochronal curves for intermodal paths (road + rail) with origin in Port Said transiting to the main European ports (5.a only maritime transit time; 5.b transit time via Valencia; 5.c transit time via Genova; 5.d transit time via Venezia; 5.e transit time via Constanta).*

gna sono raggiungibili con navi di maggiori dimensioni (9.000 TEU) che raggiungono velocità massime di 25 nodi, mentre i porti del Mar Nero, dell'Alto Adriatico e del Tirreno, in virtù delle condizioni più restrittive dei fonda-

As a comparative assessment on the performance of the supply of transport, the local conditions of efficiency (filling level of each carrier, efficiency of nodes) was not taken into account in calculations, in order to highlight

li, sono serviti da portacontainer non superiori ai 7.500 TEU, che presentano velocità massime di 25,6 nodi.

I tempi di percorrenza ferroviari sono stati elaborati in una precedente ricerca (E. FORNASIERO, A. LIBARDO, 2009) sulla base delle caratteristiche infrastrutturali delle linee. La combinazione dei tempi di navigazione con i tempi di percorrenza ferroviari, calcolati sui diversi percorsi, ha consentito di identificare *isocrone* differenti per le relazioni commerciali che transitano attraverso i diversi porti (fig. 5). Il confronto e la sovrapposizione di queste curve ha consentito inoltre di identificare le aree di concorrenza e le aree di indifferenza tra i diversi sistemi portuali (fig. 6). Le prime corrispondono ad aree raggiungibili convenientemente solo mediante l'utilizzo di uno specifico porto; le seconde corrispondono ad aree che presentano uguali valori di transit time per percorsi intermodali che transitano su due o più porti.

I tempi di viaggio marittimi tra Port Said ed i sistemi portuali assunti a riferimento nello studio, variano proporzionalmente alle percorrenze (fig. 5.a): se è possibile raggiungere Costanza in soli 2,5gg di viaggio (58 ore) ne servono almeno 4 (98 ore) a raggiungere Valencia e 8 (193 ore) per raggiungere Anversa, uno dei primi porti del Northern Range.

Già questa prima elaborazione evidenzia come l'uso dei porti del Nord Europa, per le rotte provenienti dal Canale di Suez, presenti evidenti svantaggi in termini strettamente trasportistici; è infatti evidente che qualunque mercato europeo raggiunto dai porti del Nord sconta un tempo di percorrenza via nave di quasi il 60% maggiore rispetto, ad esempio, all'uso dei porti del nord Italia (sia adriatici che tirrenici).

Questo risultato, come vedremo nel seguito, sarà confermato dalla valutazione delle altre variabili trasportistiche (consumi energetici) ed ambientali (emissioni di CO₂) in quanto il maggior tempo di viaggio è connesso alle maggiori percorrenze marittime e le migliori prestazioni ferroviarie della rete del nord Europa non sono in grado di compensare questo squilibrio di partenza, tanto che i transit time ottenibili per raggiungere la costa atlantica risultano notevolmente inferiori rispetto all'alternativa via Anversa. Ad esempio i tempi necessari a raggiungere aree in prossimità di Anversa, da Port Said, con percorsi intermodali via Genova o via Venezia risultano notevolmente più vantaggiosi (inferiori ai 5gg, dell'ordine delle 110 ore) rispetto a percorsi via Anversa che sono superiori a 8gg (quasi 200 ore).

Le mappe così elaborate sono state comparate a copie allo scopo di individuare le aree territoriali europee raggiungibili nello stesso tempo di percorrenza, usando alternativamente diversi porti di sbarco/imbarco, messi a confronto. Da tali confronti si è escluso il porto di Anversa in quanto, nonostante risulti il secondo porto in Europa per volumi di traffico, come sopra descritto, risulta estremamente svantaggioso rispetto a tutte le destinazioni europee in termini temporali e quindi scarsamente si-

the performance of the system, not bound by specific elements, and to put all the alternatives considered under the same conditions.

4. Calculation of the curves of equal time accessibility (*Isochrones*)

The calculations made for the construction of isochronous curves have taken into account the average commercial rate for the different carriers, calculated on the basis of best performance measured.

The shipping time required to reach the single European ports were calculated as direct services from the Straits of Suez, on the basis of shipping distances⁽⁷⁾, assuming average conditions of navigation (current trends) and considering the size of the vessel concerned. The ports of northern Europe and Spain are accessible by larger vessels (9,000 TEUs) that reach top speeds of 25 knots, while the ports of the Black Sea, Adriatic and the Tyrrhenian Sea, under the more restrictive conditions of the seabed are served by no more than 7,500 TEU container-ships, which have a maximum speed of 25.6 knots.

Travel times by rail have been developed in a previous study (E. FORNASIERO, A. LIBARDO, 2009) based on the infrastructural characteristics of the lines. The combination of shipping travel times with the railway ones, calculated on the various routes, has allowed to identify the different isochrones for trade relations passing through the various ports (fig. 5).

The comparison and overlapping of these curves has also allowed to identify areas of competition and areas of indifference among the different port systems (fig. 6). The first category covers areas conveniently accessible only by using a specific port, the second one corresponds to those areas that have the same values of transit times, for inter-modal transit routes, on two or more ports.

Travel times of maritime mode between Port Said and port systems, those ones taken into account in the study, vary in proportion to travel time (fig. 5.a): if we can reach Constanta in just 2.5 days of travel (58 hours) it needs at least four days (98 hours) to reach Valencia and 8 days (193 hours) to reach Antwerp, one of the first ports of the Northern Range.

This first drawing already shows that the use of the ports of northern Europe, on routes from the Suez Canal, presents clear disadvantages in transport terms; for instance, it is clear that any European market reached from the ports of the North suffer a shipping travel time of almost 60% higher than the use of the ports of northern Italy (Adriatic and Tyrrhenian).

This result, as we will see below, will be confirmed by the evaluation of other variables of transport (energy con-

⁽⁷⁾ Source: Port Authority of Venice, 2009.

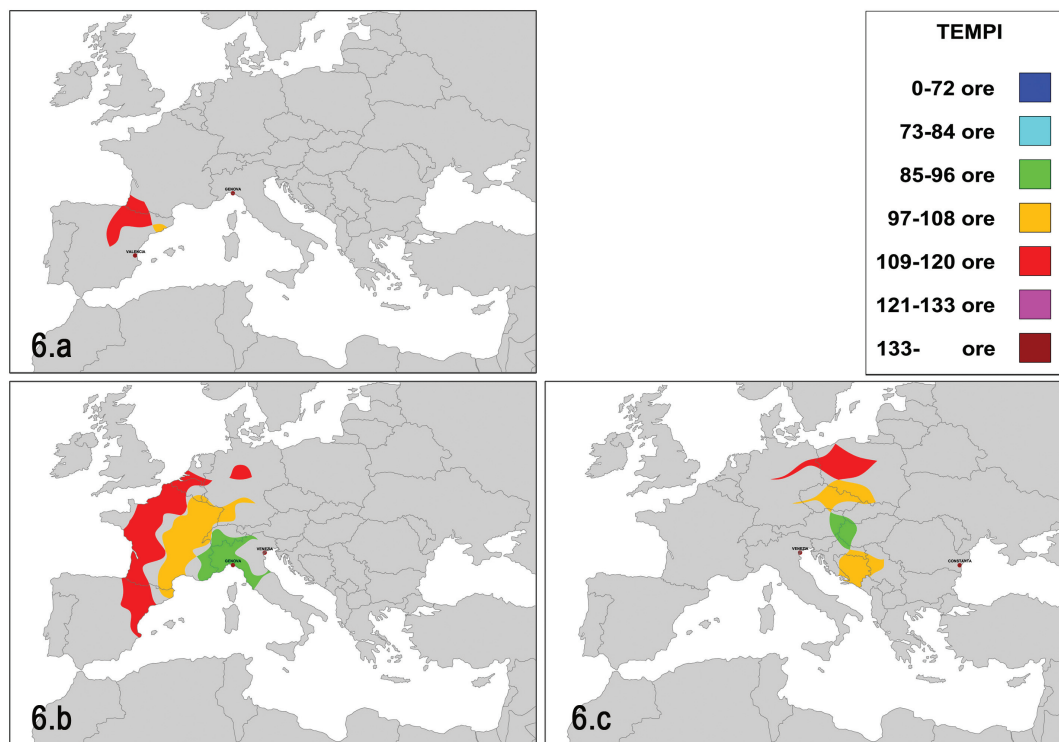


Fig. 6 - Aree di indifferenza (equivalenza di transit time) per percorsi intermodali provenienti da Port Said che utilizzano porti differenti per raggiungere l'inland europeo (6.a confronto percorsi via Valencia e via Genova; 6.b confronto percorsi via Genova e via Venezia; 6.c confronto percorsi via Venezia e via Costanza. *Areas of indifference (equivalence of transit time) for intermodal route from Port Said that use different ports to reach the European inland (6.a comparison between Valencia and Genova; 6.b comparison between Genova and Venezia; 6.c comparison between Venezia and Constanta.*

gnificativo per le analisi svolte nella presente ricerca.

Il confronto tra i percorsi via Valencia o via Genova (fig. 6.a) evidenzia un'unica area di indifferenza temporale (compresa nella fascia tra le 109-120 ore) nella Spagna del Nord (regioni dei Paesi Baschi, di Navarra, e parte della Castiglia e dell'Aragona). Ne consegue che il Portogallo e la restante parte del territorio iberico risultano raggiungibili in tempi minori utilizzando il porto di Valencia, mentre tutte le aree europee che si collocano ad ovest della sopra individuata *area di indifferenza* risultano più vantaggiosamente raggiungibili via Genova.

La comparazione nell'utilizzo del porto di Genova e di quello di Venezia (fig. 6.b) evidenzia numerose aree a pari distanza temporale: esiste un'ampia porzione di territorio comprendente l'Italia nord occidentale, parte della Svizzera e della Francia, quasi fino a Lione, che è raggiungibile in entrambi i casi entro le 96 ore; nella fascia di equivalenza successiva (97-108 ore) si possono raggiungere con pari prestazioni numerose aree della Francia, fino

sumption) and of those environmental (CO₂ emissions) ones because the largest travel time is related to higher maritime mileage.

The railway network in Northern Europe is not able to compensate this imbalance.

The transit times obtained to reach the Atlantic coast are much lower than the alternative via Antwerp. For example, the time needed to reach areas near of Antwerp, starting from Port Said, with intermodal route via Genoa or Venice, would be substantially more profitable (less than 5 days) compared to intermodal route via Antwerp that is higher than 8 days.

The produced maps were compared in pairs to identify the land areas within Europe reachable at the same travel time, alternately using different ports of loading / unloading. From these comparisons was excluded the port of Antwerp because, despite is the second largest port in Europe for traffic volumes, as described above, is extremely disadvantageous compared to all European desti-

al confine di Parigi, e porzioni limitate di Germania e Spagna; nella fascia temporale ancora successiva si collocano ad una equivalente distanza temporale le regioni spagnole di Navarra e Aragona, le regioni francesi dell'Aquitania, i Poitou-Charentes, i Paesi della Loira, la Normandia e la Piccardia, parte del Belgio ed una zona centrale della Sassonia in Germania. Queste fasce di indifferenza temporale rispetto all'uso dei due scali marittimi non risultano baricentriche rispetto al posizionamento geografico dei porti in quanto esiste una convenienza temporale nel raggiungere lo scalo veneto via mare: tale risparmio di tempo consente maggiori percorrenze ferroviarie e determina quindi il decentramento di aree di indifferenza verso ovest. In questo caso i territori ad ovest delle aree di indifferenza determinate risultano convenientemente raggiungibili via Genova ed al contrario le destinazioni ad est delle aree di indifferenza vengono servite in tempi minori via Venezia.

Infine nella figura 6.c sono confrontate le prestazioni temporali di itinerari intermodali che transitano per i porti di Venezia o di Costanza. Come si vede, numerose aree dell'est Europa, dai Balcani alla Polonia, sono raggiungibili negli stessi tempi, utilizzando i due porti, e sempre con tempi di viaggio inferiori al solo percorso marittimo necessario a raggiungere il Nord Europa. In particolare l'indifferenza rispetto alla fascia temporale di 97-109 ore comprende un'area compresa tra Graz, Vienna, Bratislava, Budapest e Zagabria; due sono le aree di indifferenza per la fascia temporale successiva, la prima corrispondente alla Bosnia ed a parte della Serbia fino a Belgrado, la seconda relativa alla Repubblica Ceca ed alla Polonia meridionale; infine l'indifferenza temporale della fascia 109-120 ore riguarda la Polonia del nord fino al mar Baltico ed una lingua di territorio tedesco comprendente Berlino.

5. Calcolo delle curve di pari consumo energetico (*Isoergon*)

I consumi del trasporto marittimo sono stati valutati in relazione alla metodologia elaborata da ARPAV (Veneto) applicata alle navi container; tale procedura consente di definire le tonnellate di *marine diesel oil* /giorno consumate in relazione alla stazza della nave (calcolata mediante regressione lineare a partire da un censimento della flotta in esercizio - FORNASIERO-LIBARDO 2010). I consumi rapportati all'unità di carico trasportata sono leggermente inferiori per le navi di maggiori dimensioni, ovvero pari a 36,82 g/km TEU per le navi da 9.000 TEU, mentre risultano essere pari a 37,49 g/km TEU per quelle da 7.500.

I consumi e le emissioni del sistema ferroviario dipendono da numerosi fattori: tipo di trazione, caratteristiche della linea ed in particolare dalla lunghezza e peso del treno. Assunta la definizione IFEU di treno merci standard (treno elettrico da 1000 t di stazza lorda), ed in considerazione della forte varietà orografica dei territori europei, si

nations in terms of time and then barely significant for the analysis carried out in this research.

The comparison between the paths via Valencia or via Genoa (fig. 6 a) shows a single time zone of indifference (including in the range between 109-120 hours) in Northern Spain (Basque Country, Navarra, and part of Castile and Aragon). It follows that Portugal and the rest of the peninsula are reachable in less time using the port of Valencia, while all areas of Europe that are in the west part of the above-identified area of indifference are more conveniently accessible via Genoa.

The comparison in the use of the port of Genoa and Venice (fig. 6.b) shows several areas with the same temporal distance: there is a large portion of the territory comprising the north-western Italy, part of Switzerland and France, almost to Lyons, who can be reached in both cases within 96 hours; in the range of equivalence (97-108 hours) can achieve the same performance with many areas of France to the edge of Paris, and limited parts of Germany and Spain; in the subsequent portion can achieve the same performance, the Spanish regions of Navarra and Aragon, the French regions of Aquitaine, the Poitou-Charentes, the Loire Valley, Normandy and Picardy, Belgium and the a central part of Saxony in Germany.

These bands of temporal indifference, relating to the use of the two harbours are not in the middle between the maritime ports because there is a convenient time to reach the port of Venice by sea: this time savings allow more rail journeys and then determine the decentralization of areas of indifference to the west. In this case the west territories of the areas of indifference are conveniently accessible via Genoa and otherwise east destinations outside the areas of indifference are served in less time via Venice.

Finally, in figure 6.c time performance of intermodal routes passing through the ports of Venice and Constanta are compared. Many areas of Eastern Europe from the Balkans to Poland are within the same time, using the two ports, and always with travel times less than the only sea route used to reach the North Europe. In particular, the indifference range of 97-109 hours includes an area between Graz, Vienna, Bratislava, Budapest and Zagreb; there are two areas of indifference for the next time range, the first coincide with Bosnia and part that goes from Serbia to Belgrade, the second concerning to the Czech Republic and southern Poland, and finally the indifference of the temporal band 109-120 hours covers the Poland in the north until the Baltic Sea and a strip of German territory, including Berlin.

5. Calculation of the curves of equal energy consumption (*Isoergon*)

The consumption of sea transport have been assessed in relation to the methodology developed by ARPAV (Veneto) applied to container ships; this procedure allows

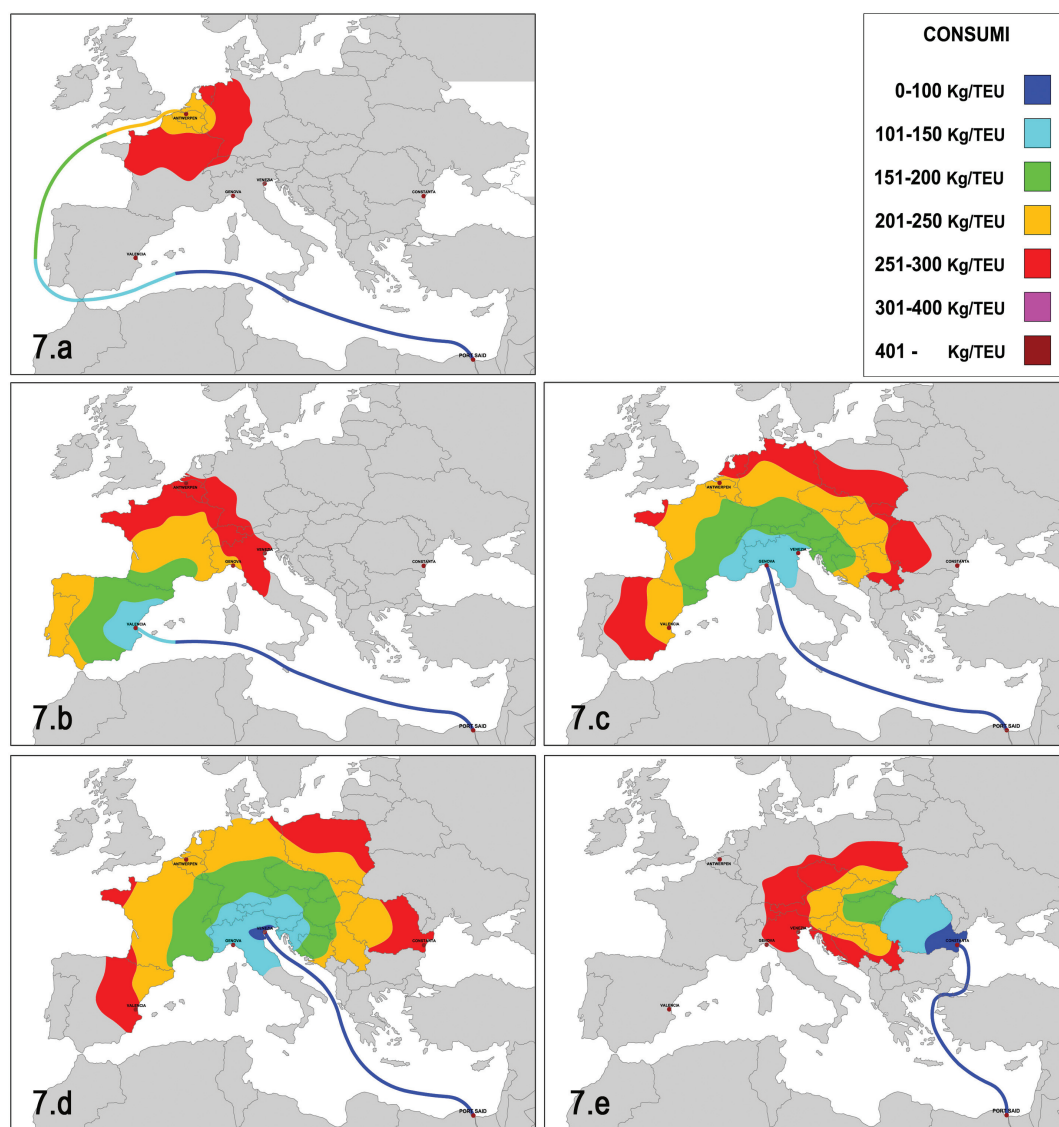


Fig. 7 - Isoergon dei percorsi plurimodali (strada+ferrovia) con origine in Port Said transitanti per i principali porti europei (7.a consumi via Anversa; 7.b consumi via Valencia; 7.c consumi via Genova; 7.d consumi via Venezia; 7.e consumi via Costanza). *Isoergon of multimodal paths (road + rail) with origin in Port Said and towards the main European ports (7.a consumption via Antwerp; 7.b consumption via Valencia; 7.c consumption via Genoa; 7.d consumption via Venezia; 7.e consumption via Constanta).*

è accettato il valore medio dei consumi pari a 22 Wh/gross tkm (IFEU, 2008) equivalenti a 540 Wh/TEU km.

La conversione in *tep* (tonnellate di petrolio equivalente) risulta indispensabile ai fini del confronto dei consumi tra spedizioni intermodali che utilizzano energie di

to determine the tons of marine diesel oil per day consumed in relation to the size of the vessel (calculated by linear regression from a census of the operating fleet - FORNASIERO-LIBARDO 2010). Consumption compared to the unit of cargo are lower for larger vessels: this is equal to

propulsione differenti. Pertanto, sulla base delle indicazioni dell' "Autorità per l'Energia Elettrica"⁽⁸⁾, si è effettuata la conversione dell'energia elettrica in tonnellate di petrolio equivalente applicando un fattore pari a 0,187 tep/MWh, che tiene conto del rendimento medio del parco termoelettrico italiano (43,4% nel 2006, Fonte: Terna S.p.a). In base a quanto richiamato, i consumi divengono pari a 101g/TEUkm⁽⁹⁾.

La determinazione dei consumi complessivi per ogni percorso intermodale, con origine in Port Said e destinazioni europee, ha consentito la costruzione delle curve dei consumi (*isoergon*) per ogni alternativa portuale europea utilizzata (fig. 7). Come nel caso delle *isocrone* la sovrapposizione delle mappe ha consentito di definire le aree di concorrenza e di indifferenza valutate in kg di combustibile utilizzato per unità di carico trasportata (fig. 8).

Le singole mappe mostrano una differenza notevole tra i valori dei consumi di kg/TEU necessari a raggiungere le destinazioni marittime mediterranee rispetto a quelle atlantiche (raggiungere Anversa richiede più del doppio del combustibile necessario a raggiungere Venezia o Genova); tuttavia la combinazione dei consumi del trasporto marittimo e ferroviario, necessario a raggiungere le destinazioni interne, mostrano aree di convenienza anche per i percorsi provenienti via Anversa (al contrario di quello che accadeva per i tempi di viaggio) rispetto all'uso degli altri porti.

Si può in particolare notare che, entro il valore di 300 kg/TEU:

- via Genova e Venezia è possibile raggiungere praticamente tutte le destinazioni europee;
- via Anversa è possibile servire la Francia fino all'asse est-ovest delimitato da Nantes, Tours e Chalon, passare il confine Svizzero fino a Basilea e Zurigo e servire circa la metà dei territori tedeschi, fino a Augsburg, Gmunden, Hannover, Amburgo;
- via Valencia si riescono a raggiungere ad est i confini tedeschi, austriaci e servire praticamente tutta l'Italia del nord;
- via Costanza si giunge ad occidente oltre il confine tedesco a nord, al confine svizzero e alla costa ligure sul fronte sud.

Esistono quindi numerose zone raggiungibili a pari consumi utilizzando porti differenti. Si sono pertanto confrontati a coppie gli effetti in termini energetici nell'uso di scali marittimi alternativi.

Il confronto tra itinerari via Valencia e via Genova (fig. 8.a) evidenzia:

36.82 g/km TEUs for ships of 9,000 TEUs, and amounted to 37.49 g/km TEUs for those by 7,500.

Consumption and emissions of the rail system are dependent on many factors: type of traction, characteristics of the line and, in particular, the length and weight of the train. Considering the IFEU definition of standard freight train (electric train from 1000t of GT) and the strong orographic variety of European territories, the average consumption of 22 Wh/gross t km (IFEU, 2008) equivalent to 540 Wh/km TEUs has been accepted.

The conversion in TOE (tonnes of oil equivalent) is essential for the comparison of consumption between intermodal shipments which use different energy propulsion. Therefore, based on indications of the "Authority for Electricity"⁽⁸⁾, the conversion of electrical energy per tonne of oil equivalent using a factor of 0.187 toe/MWh has been made, which taking into account the average efficiency of Italian thermal plants (43.4% in 2006 Source: Terna Spa). Based on the usage, consumption becomes equal to 101g/TEUkm⁽⁹⁾.

The determination of total consumption for each intermodal route with origin in Port Said and European destinations has allowed the construction of the curves of consumption (*isoergon*) for each alternative European ports used (fig. 7). As in the case of isochronal maps, the overlap allowed to define the areas of competition and indifference measured in kg of fuel used per unit of cargo transported (fig. 8).

The individual maps show a significant difference between the values of consumption kg/TEU needed to reach the Mediterranean Sea destinations compared to the Atlantic destinations (reach Antwerp requires more than double of the fuel needed to reach Venice and Genoa), but the combination of consumption sea and rail, necessary to reach inland destinations, show areas of convenience also for the paths from Antwerp (contrary to what is happening in the travel times) compared to the use of other.

It may be noted in particular that, with the value of 300 kg / TEU:

- via Genoa and Venice, you can reach almost all European destinations;
- via Antwerp, France till the east-west axis defined by Nantes, Tours and Chalon, Swiss border till Basel and Zurich can be served, with about half of the German territories, till Augsburg, Gmunden, Hannover, Hamburg;
- via Valencia, it is possible to reach to the east, the Ger-

⁽⁸⁾ Delibera EEN 3/08, GU n. 100 del 29.4.08 - SO n.107.

⁽⁹⁾ Sebbene questo valore possa risultare mediamente più elevato rispetto ai corrispondenti valori europei, si è comunque deciso di utilizzarlo per considerazioni di carattere cautelativo nella misura delle prestazioni del settore ferroviario.

⁽⁸⁾ Resolution EEN 3/08, GU n. 100 del 29.4.08 - SO n.107.

⁽⁹⁾ Although this value may be higher on average than in the corresponding European values, it was decided to use it for precautionary considerations in measuring the performance of the railway sector.

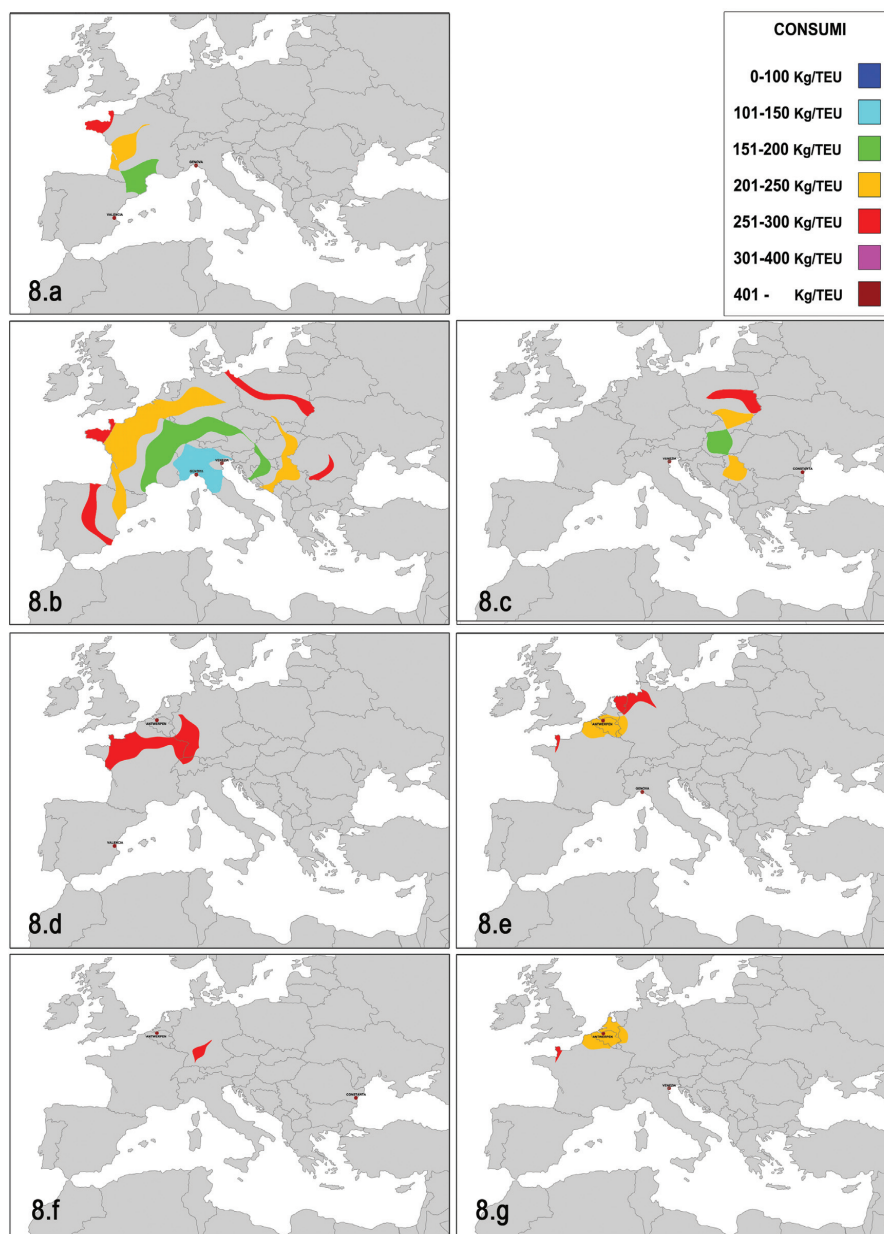


Fig. 8 - Aree di indifferenza (equivalenza di consumi) per percorsi plurimodali provenienti da Port Said che utilizzano porti differenti per raggiungere l'inland europeo (8.a confronto percorsi via Valencia e via Genova; 8.b confronto percorsi via Genova e via Venezia; 8.c confronto percorsi via Venezia e via Costanza; 8.d 8.e 8.f 8.g confronto percorsi via Anversa e rispettivamente con percorsi via Valencia, Genova, Venezia e Costanza). Areas of indifference (equivalence of consumption) for multimodal routes from Port Said that use different ports to reach the European inland (8.a comparison routes via Valencia and Via Genova; 8.b comparison routes Via Genova and via Venezia; 8.c comparison routes via Venezia and Via Constanta; 8.d 8.e 8.f 8.g routes via Antwerp compared respectively with routes via Valencia, Genova, Venice and Constanta).

CONVEGNI E CONGRESSI

- una convenienza assoluta nello scalo spagnolo per tutte le destinazioni comprese entro i confini iberici;
- la sussistenza di aree di indifferenza nel territorio francese occidentale (3 fasce di equivalenza: la prima sul fronte mediterraneo con valori entro i 200 kg/TEU; la seconda verso la costa atlantica con valori entro i 250 kg/TEU; l'ultima alla punta estrema francese);
- le aree ad est di tali fasce risultano convenientemente raggiungibili da Genova.

Le aree di convenienza tra percorsi transitanti via Genova piuttosto che via Venezia sono di più difficile determinazione (fig. 8.b), come è possibile vedere dalla molteplicità di aree di indifferenza, tanto che sarebbe forse opportuno considerare i due porti italiani come un unico sistema (comunque tali porti risulterebbero favoriti nella comparazione con i porti stranieri perché consentirebbero di servire aree molto estese dell'Europa).

Più definita risulta invece la separazione tra aree raggiungibili in modo vantaggioso da Costanza piuttosto che da Venezia (fig. 8.c): esiste infatti una fascia nord-sud di indifferenza collocata baricentricamente rispetto ai due porti. In relazione alla rete ferroviaria, è possibile raggiungere nella fascia compresa tra 150-200kg/TEU la parte centrale dell'Ungheria utilizzando entrambi i porti, mentre, in conseguenza di una minore infrastrutturazione ferroviaria, sono necessarie maggiori percorrenze, e quindi maggiori consumi, per raggiungere la Slovacchia e passare il confine polacco a nord, e per raggiungere la Serbia a sud.

I confronti dei transiti via porti del sud rispetto ai transiti via Anversa sono sintetizzati dalle figg. 8.d, 8.e, 8.f, 8.g, che mostrano:

- un'ampia area di sovrapposizione nel nord Europa nel caso via Valencia/via Anversa;
- qualche sovrapposizione nella fascia atlantica nel caso via Genova/via Anversa e via Venezia;
- un'area di sovrapposizione di ridotte dimensioni nella Germania centrale per il confronto via Costanza/via Anversa.

6. Calcolo delle curve di pari emissioni (*isocarbon*)

L'impatto sull'ambiente derivante dallo svolgersi di un atto di trasporto rappresenta un'esternalità negativa, che deve essere attentamente valutata quando si voglia scegliere la migliore combinazione di modi, sistemi e servizi di trasporto in termini ambientali e di consumo di risorse non rinnovabili. In questo ambito sia le emissioni gassose, connesse alla produzione di energia da fonti primarie, che quelle relative al funzionamento dei motori a combustione interna (ed in particolare la CO₂) rappresentano una voce strategica, per le conseguenze che queste determinano sull'ecosistema planetario.

man and Austrian border, and to serve all of northern Italy;

- Via Constanta, the border to West Germany, the Swiss border and the Ligurian coast on the southern front are reachable.

There are hence many areas reachable within the same consumption using different ports.

It is compared (in couples) the effects in terms of energy, using alternative ports of call.

The comparison between routes via Valencia and Via Genoa (fig. 8.a) shows:

- absolute convenience in the Spanish port of call for all destinations contained within the borders of the Iberian peninsula;
- the existence of areas of indifference in Western France (3 ranges of equivalence: the first on the Mediterranean front with values within the 200 kg / TEU, and the second toward the Atlantic coast with values within the 250 kg / TEU, the last in the top part of France);
- areas to the east of these bands are conveniently accessible from Genoa.

Areas of convenience between paths transiting via Genoa and Via Venice are the most difficult to determine (fig. 8.b), as you can see by the many areas of indifference, so that it might be appropriate to consider two Italian ports as a single system (however, these ports would be favoured in comparison with foreign ports because they could allow to serve large areas of Europe).

Separation between areas reachable advantageously by Constanta rather than from Venice (fig. 8.c) is more defined: there is a north-south band of indifference located in the barycentre compared to the two ports. In relation to the rail network, you can reach in the range between 150-200kg/TEU, the central part of Hungary using both ports, and, as a result of a lower rail infrastructure, you need more mileage and therefore greater consumption, for reach Slovakia and cross the Polish border to the north, and for reach the south of Serbia.

Comparisons of transit via Antwerp and other ports are summarized in fig.8.d, 8.e, 8.f, 8.g, which show:

- a large area of overlap in northern Europe in the case via Valencia / via Antwerp;
- some overlap in the Atlantic range in the case of via Genoa / Via Antwerp / via Venice;
- small area of overlap in central Germany for the comparison via Constanta / via Antwerp.

6. Calculation of the curves of equal emissions (*Isocarbon*)

The environmental impact coming out from each transport is a negative externality that should be carefully

La valutazione delle emissioni connesse alla *produzione di energia*, spesso trascurate, rappresenta una voce importante per un confronto corretto tra i diversi modi di trasporto; omettendo questa, tutti i sistemi di trasporto a trazione elettrica risulterebbero a “zero emissioni”. Ma ciò sarebbe falso soprattutto fin quando questa “energia finale”, impiegata per la trazione ferroviaria sarà generata in percentuali rilevanti attraverso centrali che utilizzano fonti energetiche non rinnovabili (petrolio e gas naturale), come il caso italiano (ma non solo) in cui queste risorse coprono ancora più dell’80% del totale delle fonti utilizzate.

Nel caso della generazione di energia elettrica la catena produttiva prevede diverse fasi: l'estrazione e il trasporto delle fonti primarie alle centrali elettriche, la loro conversione e la distribuzione finale. Per i combustibili per autotrazione si deve tener conto dell'estrazione e del trasporto del petrolio, della sua conversione in raffineria in prodotti utilizzabili dai diversi motori a combustione interna, ed infine della distribuzione territoriale al consumo.

Le emissioni generate dai diversi modi in fase di esercizio sono proporzionali al consumo energetico e quindi alle percorrenze effettuate (km) e possono essere valutate come segue:

- per il trasporto navale, applicando un fattore di conversione pari a 3.185⁽¹⁰⁾ g di CO₂ per ogni kg di combustibile consumato (IFEU, 2008); si ottengono così per le navi da 9.000 TEU valori di emissione pari a 117,3 g di CO₂/TEU-km e, per quelle da 7.500, valori di emissione pari a 119,4 g di CO₂/TEU-km;
- per il trasporto ferroviario, applicando un fattore di conversione pari a 0,46 kg CO₂/kWh⁽¹¹⁾ (Fonte: IFEU, 2008). Di conseguenza il trasporto ferroviario risulta emettere 284 gCO₂/TEU km (valore calcolato come media europea, considerando le reali percentuali di produzione di energia elettrica e la conseguente efficienza e quantità di emissioni (Fonte: IFEU, 2008).

Sulla base di questi valori, applicati alle percorrenze necessarie a raggiungere le diverse destinazioni terrestri in Europa (i principali mercati), sul grafo intermodale (nave+treno) è stato possibile individuare i consumi e le emissioni per ogni destinazione e quindi costruire le “Tabelle isocarbon” riportate nel seguito per alcuni esempi significativi⁽¹²⁾.

⁽¹⁰⁾ Fattore di emissione comprensivo delle fasi di produzione dell'energia e dell'esercizio del mezzo.

⁽¹¹⁾ Valore medio dei soli paesi interessati dai percorsi ferroviari analizzati nella presente ricerca, determinato sulla base dell'efficienza energetica delle centrali di produzione e delle conseguenti produzioni di anidride carbonica (variabili con la fonte primaria utilizzata).

⁽¹²⁾ Nella ricerca sono state simulate tutte le destinazioni e tutti i possibili percorsi integrati; nelle presente memoria, per economia di esposizione, si riportano solo le sintesi grafiche.

considered when you want to choose the best combination of methods, systems and transport services in terms of environment and consumption of non-renewable resources. In this context both the gas emissions, related to energy production from primary sources, and those relating to the operation of internal combustion engines (especially CO₂), are a strategic voice for the consequences that these cause on the eco planet.

The evaluation of emissions from energy production, often overlooked, is an important item for a proper comparison between different modes of transport. Failing this, all the transportation systems to electric traction would be to “zero emissions”. But that would be false especially as long as this “final energy”, which is used for traction in major proportions, will be generated by plants that use non-renewable energy (oil and natural gas), as the Italian case (but not only) in which these resources cover more than 80% of total used sources.

In the case of electricity generation, supply chain involves several steps: the extraction and transportation of primary sources to power plants, their conversion and final distribution. For automotive fuels the extraction and transportation of oil, its conversion into a refinery into products used by different internal combustion engines, and finally the spatial distribution for consumption must be taken into account.

The emissions generated by different modes during operation are proportional to energy consumption and hence to the distance covered (km) and can be evaluated as follows:

- for shipping, applying a conversion factor equal to 3185⁽¹⁰⁾ g of CO₂ per kg of fuel consumed (IFEU, 2008); we obtain that for vessels of 9,000 TEU emission values are equal to 117.3 g of CO₂ / TEU-km and, for those from 7500 TEUs, emission levels are equal to 119.4 g CO₂/TEU-km;
- for rail transport, using a conversion factor equal to 0.46 kg CO₂/kWh⁽¹¹⁾ (Source: IFEU, 2008). Consequently, the rail transport has emissions equal to 284 gCO₂/TEUs km (this value was calculated as European average, considering the actual percentage of electricity production, the resulting efficiency, and quantity of emissions (Source: IFEU, 2008).

Based on these values, which are applied to the travel time required to reach various destinations in Europe (major markets), the intermodal graph (ship + train) was able to find fuel consumption and emissions for each destination, and then build the “isocarbon tables” quoted be-

⁽¹⁰⁾ Emission factor including energy production and operation phase.

⁽¹¹⁾ Average value of the only countries affected by the rail lines analyzed in this research, determined on the basis of power plant production and the consequent production of carbon dioxide (depending of the primary source used).

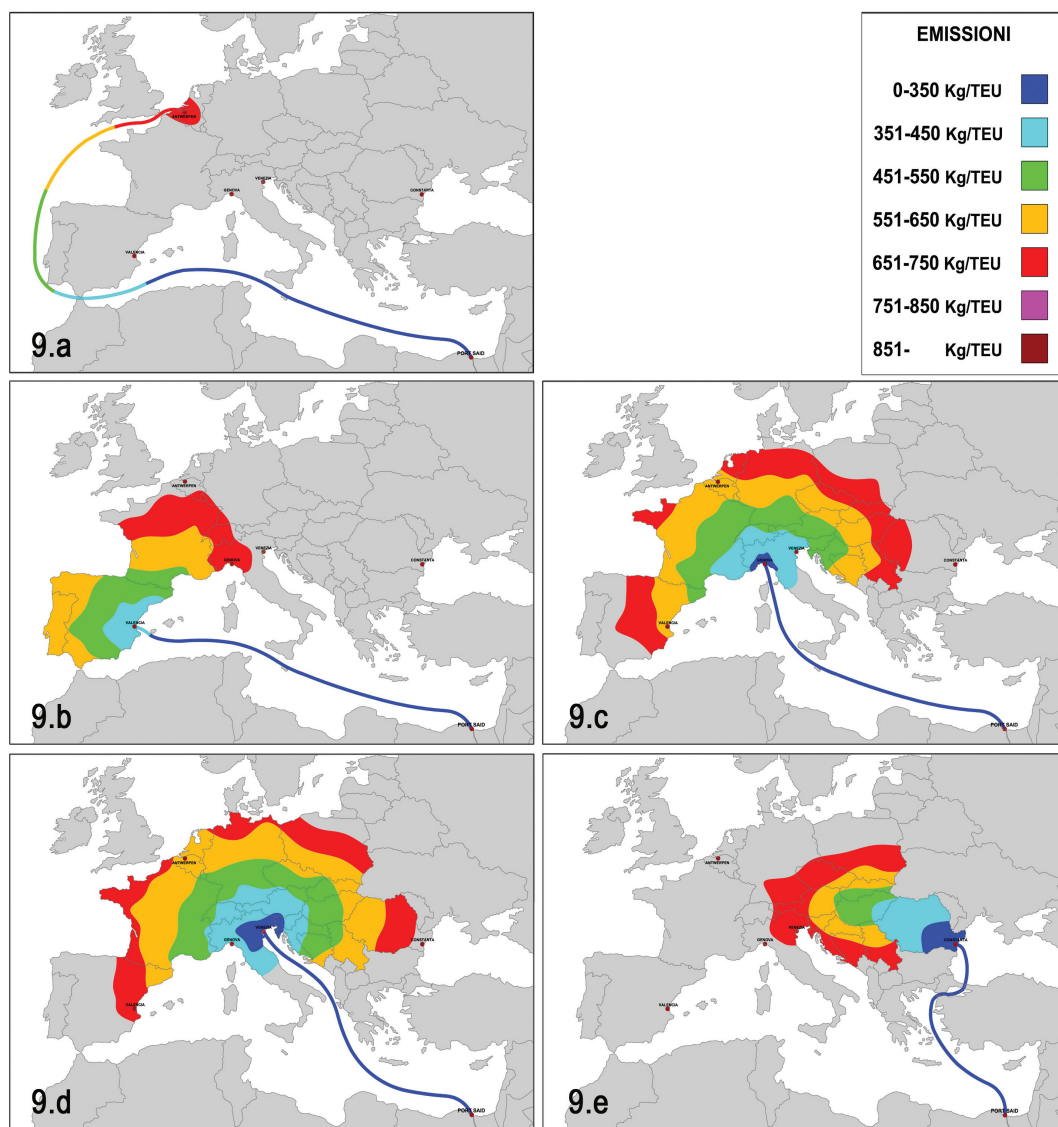


Fig. 9 - Isocarbon dei percorsi plurimodali (strada+ferrovia) con origine in Port Said transitanti per i principali porti europei (9.a emissioni CO₂ via Anversa; 9.b emissioni CO₂ via Valencia; 9.c emissioni CO₂ via Genova; 9.d emissioni CO₂ via Venezia; 9.e emissioni CO₂ via Costanza). *Isocarbon of multimodal paths (road + rail) with origin in Port Said transiting to the main European ports (9.a CO₂ emissions via Antwerp; 9.b CO₂ emissions via Valencia; 9.c CO₂ emissions via Genova; 9.d CO₂ emissions via Venezia; 9.e CO₂ emissions via Constanta).*

La forte componente di emissioni prodotte dalle lunghe percorrenze marittime determina una bassa convenienza in termini ambientali nell'utilizzo dei porti del Northern Range rispetto a quelli mediterranei. La fig. 9 definisce le aree *isocarbon*, ovvero le fasce di territorio raggiungibili in determinati campi di emissioni tramite

low for some significant examples⁽¹²⁾.

⁽¹²⁾ In the research have been simulated all destinations and all possible integrated paths; in this memory, we report only a graphic summary.

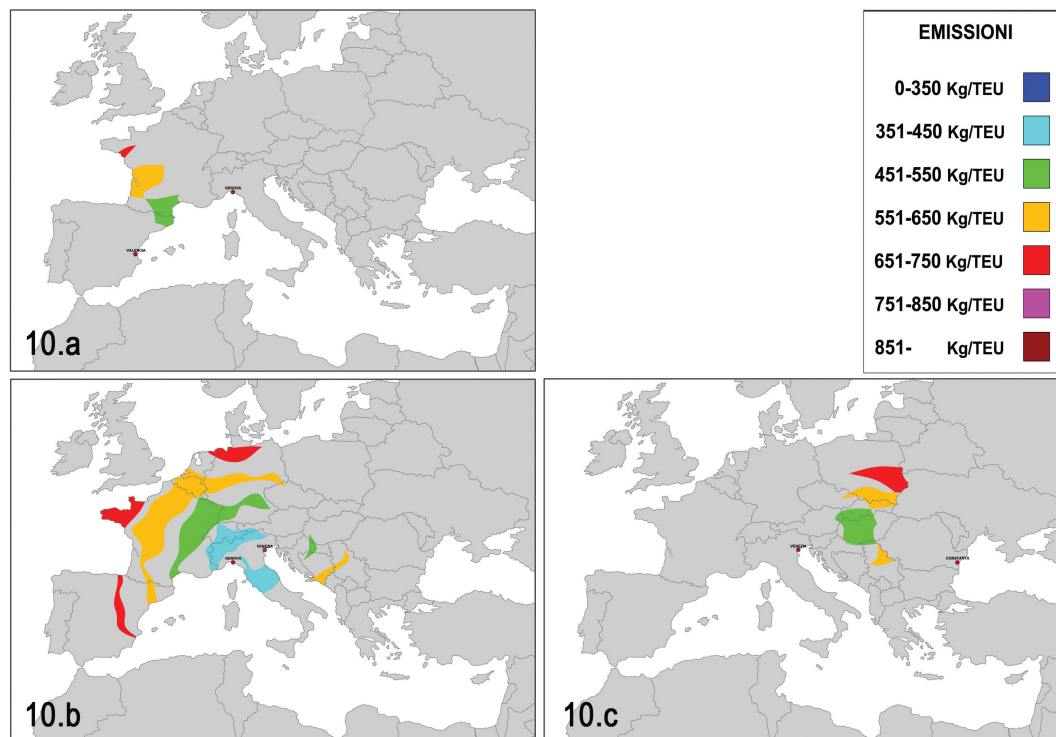


Fig.10 - Aree di indifferenza (equivalenza di emissioni di CO₂) per percorsi plurimodali provenienti da Port Said che utilizzano porti differenti per raggiungere l'inland europeo (10.a confronto percorsi via Valencia e via Genova; 10.b confronto percorsi via Genova e via Venezia; 10.c confronto percorsi via Venezia e via Costanza). *Indifference areas (equivalent CO₂ emissions) for multimodal routes from Port Said that use different ports to reach the European inland (10.a comparison of routes via Valencia and Via Genova; 10.b comparison of routes via Genova and via Venezia; 10.c comparison of routes via Venezia and Via Constanta).*

trasporto integrato mare-ferro, in relazione al transito nei diversi porti europei di Costanza, Venezia, Genova, Valencia ed Anversa. I risultati sono simili a quelli ottenuti dalle elaborazioni delle *isocrone*:

- entro la produzione di 750 kgCO₂/TEU via Venezia e via Genova è possibile raggiungere quasi tutte le destinazioni europee (figg. 9.c, 9.d);
- via Costanza si servono, entro lo stesso valore, le aree est europee fino al confine Svizzero (fig. 9.e);
- via Valencia, viceversa, verso oriente si arriva al confine tedesco/austriaco (fig. 9.b);
- via Anversa non si superano i confini belgi.

I confronti (Fig.10) a coppie tra transiti in porti differenti, restituisce le seguenti aree di indifferenza:

- via Costanza/via Venezia, la fascia *isocarbon* 450-550 kgCo₂/TEU, per entrambe le provenienze, si colloca in territorio ungherese; a nord, parte del territorio della Slovacchia e della Polonia, ed a sud in Serbia esistono

The emissions produced from shipping long distances, entail a low convenience in environmental terms in the use of ports of the Northern Range compared to the Mediterranean. Figure 9 defines the isocarbon areas (bands of territory reachable in certain range of emissions by using integrated transport sea / rail), in relation to the transit in the various European ports of Constanta, Venice, Genoa, Valencia and Antwerp. The results are similar to those obtained by the processing of isochrones:

- in the range of production of 750 kgCO₂/TEU via Venice and Via Genoa, you can reach almost all European destinations (figs. 9.c, 9.d);
- via Constanta are served by the same value, the areas of east Europe to the Swiss border (fig. 9.e);
- via Valencia, conversely, to the east side is reachable the German / Austrian border (fig. 9.b);
- via Antwerp does not exceed the Belgian border.

The comparisons (fig. 10) in pairs about transits through different ports, it returns the following indifference areas:

CONVEGNI E CONGRESSI

aree ad equimissioni, raggiungibili con la produzione di 550-650 kgCO₂/TEU; infine in territorio polacco l'indifferenza della fascia 650-750 kgCO₂/TEU;

- via Genova/via Venezia esistono numerose aree di sovrapposizione; bisogna sottolineare che entrambi gli scali consentono di raggiungere le destinazioni atlantiche a valori di emissione notevolmente inferiori rispetto all'alternativa via Anversa (risparmiando più di 100 kg di CO₂/TEU);
- via Genova/via Valencia esistono alcune aree di indifferenza sul confine franco spagnolo prossimo al Mediterraneo e sul fronte atlantico intorno a Nantes e Tours.

7. Conclusioni

La ricerca effettuata si è posta l'obiettivo di verificare le condizioni di efficienza dei trasporti energetica ed ambientale dell'interscambio merci a mezzo container tra il Far East e l'Europa.

Le attuali condizioni del mercato del trasporto marittimo intercontinentale (che si ricorda essere sostanzialmente gestito da un oligopolio di grandi armatori marittimi), vedono una supremazia dei porti del nord Europa. Questo ruolo deriva da alcune condizioni storiche della distribuzione dei flussi merci nel mondo, che hanno determinato, nel secolo scorso, un rilevante potenziamento delle attrezzature portuali e delle reti terrestri di distribuzione ai mercati finali.

Tuttavia è convincimento degli autori, sulla base delle precedenti esperienze di ricerca svolte, che l'assetto del mercato attuale sia in contrasto con i principali obiettivi formulati a più riprese dalla Unione Europea, in merito alla sostenibilità del trasporto, alla compatibilità ambientale e conseguentemente alla riduzione delle emissioni in atmosfera (i riferimenti al protocollo di Kyoto ed ai recenti indirizzi della Conferenza di Copenaghen, seppure tra lentezze ed alcune resistenze, rimangono gli attuali riferimenti della politica energetica e trasportistica dell'intera Unione).

L'analisi comparativa è stata svolta con i metodi consolidati dell'ingegneria dei trasporti (ricerca degli itinerari di minimo tempo, consumo energetico ed emissioni) sul grafo intermodale, che simula i collegamenti tra il Canale di Suez via mare a ciascun sistema portuale e quindi via ferrovia alle destinazioni finali.

Le variabili di input sui tempi di percorrenza, i consumi e le emissioni unitarie (per TEU-km) sono state determinate sulla base delle più aggiornate ricerche in campo internazionale e con propri approfondimenti specifici, svolti in precedenti ricerche ed appositamente per il presente lavoro.

I risultati ottenuti sono molto interessanti, confermano lo squilibrio dell'uso dei diversi modi di trasporto tra loro integrati, evidenziano la possibilità di un ruolo molto

- via Constanta / via Venice, the isocarbon band 450-550 kgCO₂/TEU for both origins, lies in the territory of Hungary, in the north a part of the territory of Slovakia and Poland, and in the south in some areas of Serbia, could be reached with the production of 550-650 kgCO₂/TEU; than in Polish territory you can find indifference areas for 650-750kgCO₂/TEU;
- via Genoa / via Venice there are numerous areas of overlapping; it must be emphasized that both ports provide access to Atlantic destinations with lower emission values than the alternative via Antwerp (saving more than 100kg CO₂/TEU);
- via Genoa / via Valencia there are some areas of indifference on the French-Spanish border near Mediterranean sea, and on the Atlantic front around Nantes and Tours.

7. Conclusions

The carried out research has set itself the objective of verifying the conditions of energy and environmental efficiency of freight transport between the Far East and Europe.

The current market conditions of maritime intercontinental transport (which is substantially controlled by an oligopoly of large shipowners), show a supremacy of the ports of northern Europe. This role comes from some historical conditions of the distribution of cargo flows in the world who have decided in the last century, a significant improvement of port facilities and of terrestrial networks for distribution to markets.

However, it is the authors' belief, based on previous experiences of research conducted, that the framework of the current market is in contrast with the main objectives set by the European Union, about the environmental and transport sustainability, and consequently the reduction of emissions into the atmosphere (the references to the Kyoto Protocol and the recent guidelines of the Copenhagen Conference, are the references of the energy policy and transportation policy of the entire European Union).

The comparative analysis was carried out with the transport engineering established methods (research routes of least time, energy consumption and emissions) on the intermodal graph, which simulates the links by sea between the Suez Canal each port system and then by rail to final destinations.

Input variables on journey times, fuel consumption and emissions unit (per TEU-km) were determined based on the latest research in the international field and with its own specific studies, carried out in previous research and specifically for this work.

The results are very interesting, confirming the imbalance of the use of different modes of transport integrated with each other, point to the possibility of a much more significant role of Mediterranean ports and the Italians in particular, the northern Tyrrhenian Sea and the northern Adriatic.

In fact the first result, that is partially obvious -but that

più rilevante dei porti mediterranei e di quelli italiani in particolare, del nord Tirreno e del nord Adriatico.

Infatti il primo risultato ottenuto, in parte ovvio, ma la cui consapevolezza non appare sufficientemente maturata, evidenzia che, per i flussi merci che transitano per il Canale di Suez, le sole maggiori percorrenze di trasporto marittimo necessarie a raggiungere i porti del nord Europa li rendono non competitivi in termini di tempi di percorrenza, di consumi energetici e quindi di emissioni di CO₂.

Si è già segnalato, fin dalla esposizione iniziale degli obiettivi di questa ricerca, che condizioni di efficienza locale dei porti e delle reti terrestri, anche sotto l'aspetto doganale, possono ancora giustificare, in termini di efficienza aziendale dell'oligopolio che governa il trasporto marittimo, l'uso dei porti del nord Europa. Volutamente non si è tenuto conto di queste variabili per verificare in che modo gli obiettivi prefissati dell'Unione Europea potessero essere perseguiti nell'interesse della collettività. Infatti, tutti i successivi risultati della ricerca evidenziano come i porti mediterranei risultino in ogni caso quelli coerenti con il principio della sostenibilità, per tutti i flussi destinati alle regioni economiche europee.

Per ogni sistema portuale la ricerca individua, quindi, le aree di influenza "più sostenibili", (all'interno delle quali ciascun porto è competitivo in quanto minimizza i tempi di viaggio e le variabili energetiche ed ambientali) e le aree di indifferenza (raggiungibili indifferentemente in termini di tempo, consumi ed emissioni di CO₂, da più porti).

Queste aree di sintesi (di influenza e di indifferenza) sono state ottenute mediante la sovrapposizione delle aree di influenza individuate per ciascun indicatore, al fine di definire, per le relazioni provenienti da Port Said, i mercati di riferimento di ogni porto:

- la prima area di indifferenza si colloca su un asse nord-sud che interessa Polonia, Slovacchia, Ungheria e Bosnia-Erzegovina e rappresenta un'area equipolente per spedizioni transanti via Costanza o via Venezia; che rappresentano la sintesi dei 3 indicatori
- la seconda area di indifferenza si colloca in direzione nord ovest definendo un asse che dall'Italia del nord

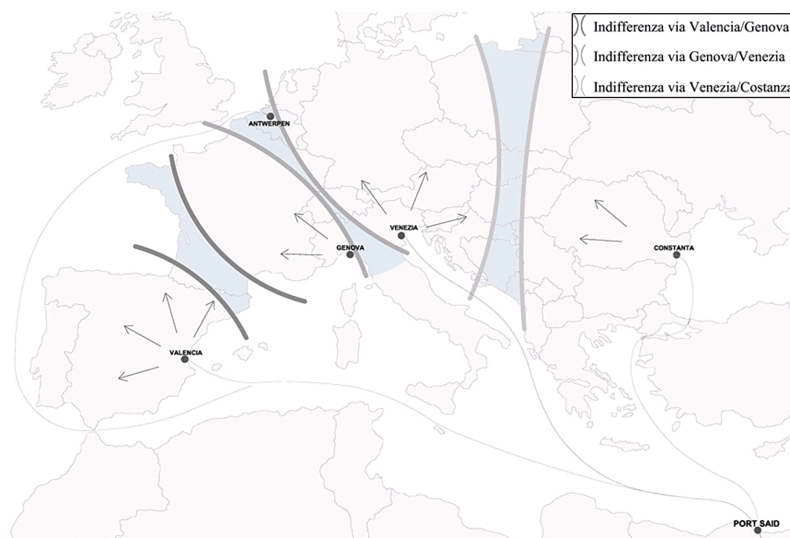


Fig. 11 - Aree di indifferenza e aree di convenienza. Areas of indifference and areas of convenience.

awareness does not seem mature enough - shows that, for the flow of goods passing through the Suez Canal, the only major maritime transport distances required to reach the ports of northern Europe make them uncompetitive in terms of travel times, energy consumption and CO₂ emissions.

It has already been reported - since the initial exposure of the objectives of this research - that the use of the ports of northern Europe can be justified, in terms of business efficiency of the oligopoly that governs shipping, considering ports efficiency and efficiency of terrestrial networks. Deliberately these variables have not taken into account to see how the goals of 'European Union could be pursued in the interest of the community. In fact, all subsequent research results show that the Mediterranean ports are in any case, those consistent with the principle of sustainability, for all flows destined to the European economic areas.

For each port system the research identifies, therefore, areas of influence "more sustainable" (in which each port is competitive because it minimizes travel time and energy and environmental variables) and areas of indifference (which are reachable indifferently in terms of time, fuel consumption and CO₂ emissions, by more ports).

These areas of synthesis (of influence and indifference) were obtained by overlapping areas of influence identified for each indicator in order to define, for links from Port Said, the markets of each port:

- the first area of indifference lies on a north-south axis that affects Poland, Slovakia, Hungary and Bosnia-Herzegovina and represents an area of indifference to shipments transiting via Constanta or via Venice;

CONVEGNI E CONGRESSI

arriva al Belgio attraverso la Svizzera, per spedizioni provenienti via Venezia o via Genova;

- la terza area si colloca, sempre con inclinazione nord-ovest, quasi al confine franco spagnolo definendo le zone raggiungibili a pari prestazioni via Genova o via Costanza.

Leggendo la fig. 11 da destra verso sinistra, tutte le destinazioni inland ad est della prima fascia dovrebbero essere conseguite con spedizioni via Costanza (fino ai 1000 km percorsi via ferro); le destinazioni comprese tra la prima e la seconda fascia rappresentano aree convenientemente raggiungibili via Venezia (raggio ferroviario dal porto di 800 km verso est, 1000 km verso nord e inferiore ai 500 km verso ovest). Le aree comprese tra la seconda e la terza fascia sono territori che dovrebbero essere raggiunti via Genova (400 km nelle direzioni est ed ovest, e oltre 1000 verso nord); infine i territori oltre la terza fascia rappresentano un ambito convenientemente raggiungibile via Valencia (poco più di 300 km in direzione est).

Come è possibile osservare, l'efficienza dei percorsi intermodali descritti è penalizzata dalle percorrenze marittime: maggiori sono i chilometri via mare, minori sono i raggi di convenienza ferroviaria via terra.

Sulla scorta di questi risultati, che quantificano la contraddizione tra scelte di mercato degli operatori economici e indirizzi di sostenibilità formulati dalla UE, la stessa Unione dovrebbe intervenire per riequilibrare le scelte degli operatori, adeguando e potenziando i collegamenti terrestri e incentivando l'efficienza dei porti del sud Europa strategici ai fini della distribuzione ottima delle merci da e per il mercato europeo.

- the second area of indifference is located in a north west direction and defines an axis from the north Italy to Belgium, that comes through Switzerland, for shipments from or via Venice Via Genoa;

- the third area is located, always in a north west direction, near the French-Spanish border and define areas within the same performance via Genoa or via Constanta.

Reading the fig. 11 from the right to the left, all inland destinations to the east part of the first band should be achieved with shipments by Constanta (up to 1000 km using railway mode); destinations between the first and second bands represent areas conveniently accessible via Venice (with a radius of 800 km from the port to the east, 1000 km to the north and less than 500 km to the west, using railway mode). The areas between the second and third bands are areas that should be achieved via Genoa (400 km in the east and west directions, and over 1000 km in north direction) and finally territories over the third band represent an area conveniently accessible via Valencia (just more than 300 km to the east).

As shown, the efficiency of intermodal routes is penalized by sea journeys: the higher is the path by sea, the lower are areas of convenience in the continent.

Based on these results, which quantify the contradiction between market decisions of economic agents and guide lines of sustainability put forward by the EU, the same EU should take action to balance the choice of operators, adapting and enhancing terrestrial links, and enhance the efficiency of strategic ports of Southern Europe for the optimal distribution of goods to and from the European market.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] ARPAV (2007) - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto, *Le emissioni da attività portuale*, Venezia.
- [2] Confetra (2009) - *Nota congiunturale sul trasporto merci Anno XII* - n° 2 Luglio.
- [3] Containerisation International (2010), www.ci-online.co.uk.
- [4] Delibera EEN 3/08, GU n. 100 del 29.4.08 - SO n.107.
- [5] EEA-European Environment Agency (2009), *Transport at a crossroads. TERM 2008: indicators tracking transport and environment in the European Union*, Copenhagen.
- [6] E. FORNASIERO, A. LIBARDO (2010), *Intercontinental freight transport impacts: modeling and measuring choice effects*, memoria accettata per il convegno Air Pollution che si terrà a Kos a giugno 2010.
- [7] E. FORNASIERO, A. LIBARDO (2009), *L'intermodalità marittima e ferroviaria: efficienza trasportistica e scelte di mercato*, Economia dei servizi, Anno IV, numero 3, settembre-dicembre, pp. 413-436.
- [8] IFEU - Institut für Energieund Umweltforschung Heidelberg GmbH (2008), *EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool*, Heidelberg.
- [9] International Monetary Fund (2009), *World Economic Outlook, Crisis and Recovery*, April, ISBN 978-1-58906-806-3.

CONVEGNI E CONGRESSI

- [10] UIRR - International Union of Combined Road-Rail Transport companies (2010), www.uirr.com.
- [11] UNCTAD - United Nations Conference On Trade And Development (2009), *Review Of Maritime Transport*, United Nations, New York and Geneva.
- [12] UIC – International Union of Railways (2010), *Eu Transport Greenhouse Gases (GHG): Routes to 2050 A Railway Perspective*, Brussel, January.
- [13] D. CAZZANIGA FRANCESSETTI et alii, 2002, *Mediterranean versus Northern range ports. Why so Italian containers still prefer to reach Northern range ports? Advice for a new policy*, in: a cura di J. Hoffmann, *Maritime economics: setting the foundations for port and shipping policies*. IAME.



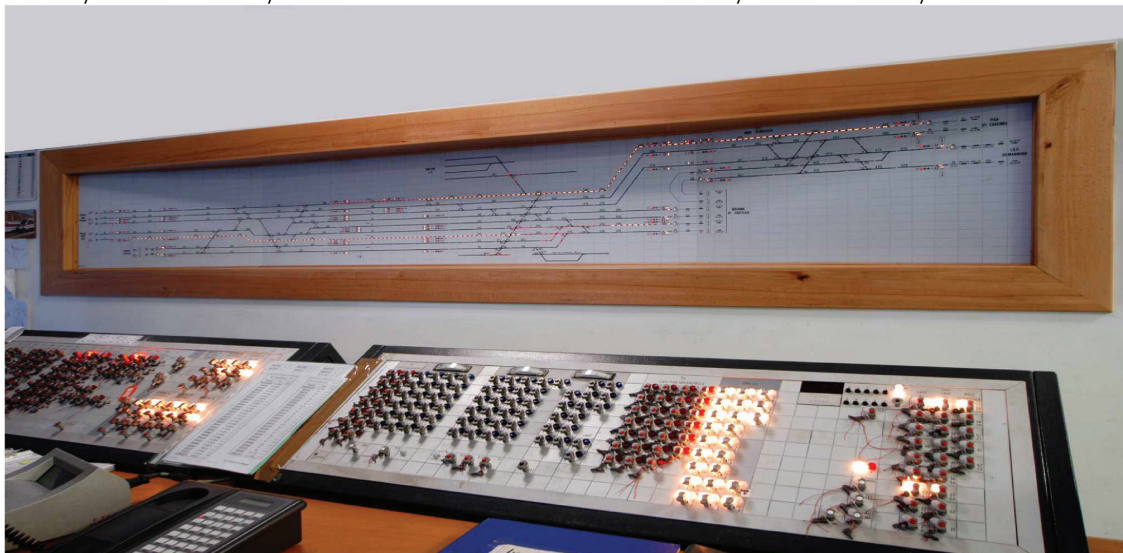
S.p.A.

Sede Legale e Direzione Generale

Via del Tuscolano 15 – Bologna
Tel. 051/329111 Fax.051/321106

Divisione Ferroviaria (ex DLK Srl)

Via della Chimica 3 – Ozzano dell'Emilia (BO)
Tel. 051/794820 Fax.051/794821



Realizzazione apparati di sicurezza, impianti di Blocco Automatico a correnti codificate e impianti di telecomunicazioni per Ferrovie e Metropolitane.

Fornitura di componenti e dispositivi per la sicurezza ferroviaria.