

Componenti di costo del trasporto marittimo containerizzato. Un approccio modellistico

Domenico Gattuso, Giuseppe Musolino

FACOLTÀ DI INGEGNERIA, UNIVERSITÀ DI REGGIO CALABRIA

In the last years the containerized maritime freight transport has significantly increased. The phenomenon had also interested Italy, through dominant roles assumed by Gioia Tauro and Genova harbours, but also through the revival of many other harbours. A rearrangement of the international system is in progress and seems to assign to national and Mediterranean portuality new opportunities of development.

In this paper the attention is addressed to the analysis of the maritime transport costs faced by a transport operator (shipowner, charterer, liner). The transportation of containerized freights depends on the generalized cost, which results from the sum of monetary costs, taxes, travel times, waiting and intermodal exchange times, guarantees in terms of respect of the scheduled programs and service reliability.

The model calibration presented is based upon data referred to single ships, which carry out a feeder service in the Mediterranean basin. They have been opportunely organized and elaborated in order to define the structure of a complete model, which can be an useful tool for scenario evaluations.

1 Introduzione

Negli ultimi anni il trasporto merci per via marittima, in unità containerizzate, ha conosciuto una fase di decisa espansione. Il fenomeno ha interessato anche l'Italia e si esprime attraverso ruoli dominanti assunti dai porti di Gioia Tauro e Genova, ma anche attraverso il risveglio di molti altri porti. Un riassetto del sistema dei traffici internazionali è in corso e sembra poter assegnare alla portualità nazionale e mediterranea nuove opportunità di sviluppo.

Nella nota, dopo un accenno a questi eventi, si rivolge l'attenzione all'analisi dei costi del trasporto intermodale marittimo, nell'ottica di colui che fornisce il servizio di trasporto (armatore, noleggiatore, operatore di linea). L'obiettivo è quello di focalizzare gli elementi che intervengono nella determinazione dei percorsi marittimi delle navi container. La distribuzione delle merci containerizzate risponde in effetti a criteri di costo generalizzato, ovvero di un costo che è la risultante di costi monetari, di imposte, di tempi di viaggio, di tempi di attesa e di scambio intermodale, di garanzie in termini di rispetto dei programmi e affidabilità dei servizi.

I dati utilizzati per la calibrazione dei modelli presentati nella nota sono stati forniti da una società di feederaggio che utilizza navi noleggiate; si riferiscono ad un periodo compreso tra Gennaio ed Agosto del 1997 e sono relativi a singoli viaggi delle navi. Essi sono stati opportunamente organizzati ed elaborati al fine di far emergere la struttura compositiva di un modello completo, suscettibile di impiego per valutazioni di scenario. Si è fatto ricorso, in particolare, al Metodo dei Minimi Quadrati Generalizzato per la taratura dei modelli statistici descritti.

2 Lo sviluppo dell'intermodalità marittima

Lo sviluppo del traffico marittimo mondiale nel corso dell'ultimo decennio ha ricevuto nuovo impulso in virtù del ricorso sempre più esteso al trasporto mediante container (Bussolo, Panada, 1988).

Dopo l'eccezionale espansione del commercio internazionale via mare avvenuta fra gli anni '50 e gli anni '70 (da 525 milioni a 3.500 milioni di tonnellate di merci trasportate), negli anni '80 si è assistito ad una stagnazione complessiva, con cadute di traffico e di tonnellaggio mercantile specialmente nel Mediterraneo; le ragioni di tale stagnazione sono state riconosciute in parte nell'accresciuto costo dell'energia in seguito alla crisi petrolifera del 1973, in parte nell'organizzazione dei servizi di trasporto, caratterizzati da frequenti rotture di carico (navi costrette ad operare numerosi scali), dalla lentezza delle operazioni di imbarco/sbarco, dagli eccessivi costi che non rendevano economicamente conveniente la nave per il trasporto di merci varie e collettive.

La necessità di ridurre i costi per ridare competitività al trasporto delle merci indusse a ricercare nuove soluzioni tecnologiche e

organizzative al fine di superare la criticità del settore; l'attenzione era rivolta alla meccanizzazione della movimentazione dei carichi, al coordinamento fra trasporto marittimo e altre modalità di trasporto, alla razionalizzazione dei cicli del trasporto dall'origine prima alla destinazione ultima; la nuova forma di imballaggio containerizzato si rivelò l'arma decisiva per rispondere a tutte queste esigenze. La standardizzazione dei carichi merci si è diffusa nel tempo su scala planetaria. Per dare un'idea delle dimensioni dei fenomeni in atto, si può rilevare che:

- il traffico container mondiale è passato da 37 milioni di TEUs movimentati nel 1980 a più di 120 milioni nel 1997;
- 16 milioni di movimenti di TEUs sono stati registrati nel 1997 nel Nord-Europa e 12 milioni nel Mediterraneo;
- in Italia il traffico è passato da 1,2 milioni di TEUs del 1980 a 5,0 milioni del 1997.

I porti italiani e, più in generale quelli mediterranei, hanno vissuto la fase di crescita più significativa negli ultimi anni (v.Tab.1); le ragioni di questa crescita sono in parte legate al rapido sviluppo manifestatosi in alcune grandi aree del piano-

ta, l'Est e il Sud-Est asiatico in particolare, e al conseguente fiorire dei commerci fra tali regioni e l'Occidente. D'altra parte si assiste ad un riassetto organizzativo del trasporto su vasti ambiti regionali, stimolato dalla crescita dei traffici transoceanici e dal mutare delle condizioni sociali ed economiche di intere nazioni. L'Europa e il bacino mediterraneo sono particolarmente interessati dai mutamenti in atto.

	1995	1997	Var %
Porti italiani	3.041	5.052	+66
Porti Mediterranei	—	12.040	—
Porti Nord Europa	13.966	16.050	+15
Porti Sud Europa	5.636	8.113	+44
Porto di Rotterdam	4.787	5.340	+11
Porto di Genova	615	1.179	+91

Tab. 1. Trend di sviluppo del trasporto container 1995-1997. (TEUs*1000 movimentati nei porti)

Fonte: DOSSIER "PORTO DI GIOIA TAURO". PRESIDENZA C.M.

Una ventina di grandi compagnie armatoriali gestiscono attualmente i servizi di trasporto container via mare; queste compagnie controllano più del 70 % dell'offerta del traffico commerciale, ad alto valore aggiunto, sulle rotte transoceaniche Est-Ovest. Le strategie di queste compagnie sono indirizzate a realizzare le maggiori economie di scala possibili, attraverso l'impiego di navi porta-container di grandi dimensioni, capaci di collegare le aree continentali più ricche del pianeta, con regolarità e tempi ridotti (Gattuso, 1996). L'efficienza del trasporto e l'interesse economico sono legati alla capacità di trasporto; quest'ultima può essere espressa come:

$$V_c = wQ = w \frac{N}{T_g}$$

La capacità di trasporto V_c è direttamente proporzionale alla capacità della singola nave o intake (w) e alla frequenza di servizio (Q). Accrescere l'offerta di trasporto significa dunque in primo luogo aumentare le dimensioni delle navi (Dallari e Musso, 1997); e non è un caso che le grandi compagnie si stiano dotando di navi di notevole stazza (3.000-8.000 TEUs). L'altra strategia è quella di elevare la frequenza di servizio ovvero, a parità di flotta (N), ridurre il tempo di giro (T_g); in altri termini ancora, si tende ad aumentare la velocità dei vettori e/o ridurre la lunghezza dei percorsi delle navi. Alla prima necessità si risponde con progressi tecnologici, alla seconda attraverso una diversa articolazione del percorso; l'obiettivo primario diventa quello di selezionare gli scali in modo che essi risultino meno numerosi possibili e più appetibili per entità e qualità degli scambi intermodali. In prospettiva sembra affermarsi una gerarchizzazione del trasporto marittimo in cui la dimensione delle navi dovrebbe corrispondere alla estensione dei percorsi (Musso, 1997):

- navi transoceaniche di grande portata sulla rotta Nord America-Europa-Giappone con pochi scali strategici e tec-

nologicamente efficienti (porti di transhipment o hub ports);

- navi feeder di medie dimensioni adatte alla distribuzione delle merci dai porti di transhipment ai porti di grandi regioni continentali;
- navi minori, adatte alla distribuzione delle merci dai porti primari ai porti secondari per un servizio capillare su scala regionale.

Il maggior tasso di crescita dei porti mediterranei rispetto a quelli del Nord Europa è certamente legato alla tendenza ad accorciare i percorsi delle linee-pendolo che corrono fra l'Estremo Oriente e il Nord America, passando per il Mediterraneo; ma anche ad una nuova competitività dei porti sud-europei grazie all'accresciuta efficienza nelle operazioni di movimentazione intermodale.

I porti nord-europei, favoriti da altri fattori quali la maggiore concentrazione produttiva e commerciale nel retroterra (l'area compresa fra la Germania occidentale, il Belgio, l'Olanda e la Francia nord-orientale costituisce il maggiore bacino economico europeo), la disponibilità di una rete capillare di infrastrutture di trasporto che penetrano verso il continente, l'esperienza organizzativa nel comparto del traffico intermodale e combinato, non perdono comunque traffici, ma vedono messa in discussione la frontiera dei rispettivi bacini d'influenza sul continente.

3 Il costo del trasporto da origine a destinazione

Il costo del trasporto marittimo è generalmente solo una componente del costo complessivo di viaggio di un contenitore; in effetti, se origine e destinazione del viaggio non corrispondono a città portuali, altri oneri saranno da imputare al trasporto per via terrestre. La tratta marittima condiziona pesantemente il costo door-to-door (50-60% per il deep-sea e 30-40% per il middle-sea). Inoltre, in tutte le fasi del ciclo intervengono gli intermediari del trasporto con i loro costi (agenti marittimi e case di spedizione, in primo luogo); la loro incidenza sul costo totale door-to-door si può quantificare attorno al 10%. Le voci di costo maggiormente significative riguardano il trasporto sulla tratta marittima, le operazioni portuali e il trasporto terrestre. Nel seguito l'attenzione è puntata sul costo del trasporto marittimo, nell'ottica dell'operatore; esso si riflette evidentemente in maniera diretta sull'utenza e quindi appare utile definire una specifica funzione di costo di questa componente del trasporto.

Il termine operatore del trasporto marittimo è piuttosto generico; in realtà esistono due figure primarie alle quali si potrebbe far riferimento:

- l'armatore, che acquista la nave, provvede ad attrezzarla, ad arruolare l'equipaggio e a programmarne l'esercizio direttamente oppure al servizio di altri;
- il noleggiatore, che prende dall'armatore la nave equipaggiata, per un certo periodo di tempo, e svolge a proprio rischio l'attività di trasporto per conto terzi.

Nel secondo caso, un insieme di costi quali quelli di ammortamento, di equipaggio, di assicurazione, sono riconducibili ad un valore di "noleggio" a tempo; nel seguito sono tuttavia

analizzate le voci di costo componenti in modo disaggregato.

4 Il costo del trasporto marittimo

La nave effettua la produzione del servizio (viaggio) e quindi è il centro di responsabilità elementare cui ricondurre i fattori di ricavo conseguibile e di costo da sostenere. Le differenze tipologico-dimensionali e di impiego delle navi condizionano la struttura dei costi. I costi di trasporto marittimo in generale si possono dividere in due categorie (Drewry Shipping Consultant, 1991): costi fissi, connessi all'acquisto di una nave; costi variabili, legati alla gestione del servizio navale offerto sul mercato; questi, a loro volta, possono essere distinti in costi operativi e costi di viaggio.

4.1. Costi fissi

Nell'ultimo ventennio si è assistito ad una costante crescita delle dimensioni delle navi portacontainer. La crescita si spiega con la tendenza ad offrire capacità di trasporto sempre maggiori da parte degli operatori in rapporto ad una domanda di scambi commerciali in rapida espansione su scala planetaria. La struttura della nave porta contenitori è tale da garantire una significativa economia di scala già in fase di costruzione: il costo unitario per slot (cella container) diminuisce con legge qualitativamente iperbolica all'aumentare della dimensione della nave (Fig.1).

Gli oneri derivanti dall'acquisto di una nave vengono ammortizzati nell'arco della "vita" della nave stessa; l'aliquota di ammortamento annua si può calcolare come (Imakita, 1978):

$$C_a = C_{nave} * \left[r_0 + \frac{r_0}{(1+r_0)^n - 1} \right]$$

con:

C_{nave} =costo di acquisto della nave;

r_0 =tasso di interesse annuo;

n =anni di vita della nave.

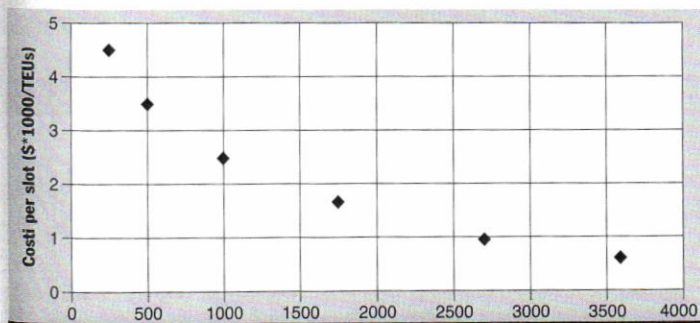


Fig. 1. Costo capitale per slot per una nave portacontainer

FONTE: MEDCENTER

4.2. Costi variabili operativi

Nella classe di costi variabili operativi sono annoverati i costi di equipaggio, i costi di riparazione e manutenzione, i costi di assicurazione, altri costi per approvvigionamenti, ricambi, scorte e amministrazione.

I costi di equipaggio risultano variabili a seconda della bandiera della nave e della nazionalità del personale. La elevata competitività del comparto spinge gli operatori del settore verso continui tagli di personale e la riduzione del costo degli addetti. Il numero di addetti tende a diminuire a causa di un crescente utilizzo della tecnologia informatica per il controllo della navigazione e del carico; i vincoli legati alla nazionalità e ai livelli salariali sono talvolta superati dagli armatori con la creazione di bandiere ombra. Attualmente l'equipaggio medio tende ad assestarsi attorno alle 10 - 15 unità per una nave porta contenitori.

I costi di equipaggio possono essere espressi come:

$$C_{cq} = a_{cq} * Eq$$

con:

a_{cq} = salario medio per ciascun componente dell'equipaggio;

Eq = numero componenti l'equipaggio.

I costi di riparazione e manutenzione dipendono dagli interventi programmati dalle società per assicurare che la nave possa viaggiare in condizioni di sicurezza. Essi risultano più elevati per le navi vecchie, a causa del loro naturale processo di invecchiamento e dei severi controlli operati dalle autorità portuali. È d'uso esprimere tali costi in rapporto al costo di acquisto della nave, secondo la seguente relazione:

$$C_{man} = r_1 * C_{nave}$$

con: r_1 =aliquota percentuale.

I costi di assicurazione relativi allo scafo e ai macchinari coprono le compagnie da eventuali mancanze o danni e da responsabilità contro terzi. Essi costituiscono una voce di costo marginale rispetto ai costi totali, dell'ordine dell' 1%; aumentano con le dimensioni (tonnellaggio) della nave, come può evincersi dalla Fig. 2, ma possono anche essere legati ad altri parametri quali la capacità di carico della nave e la vetustà della stessa;

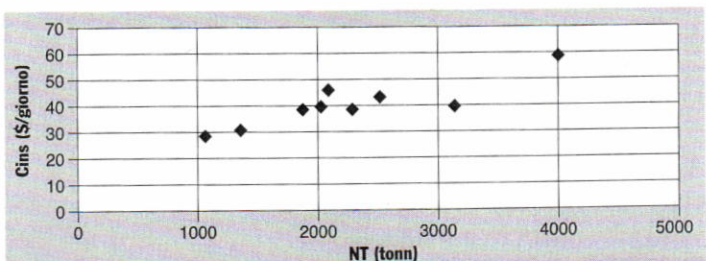


Fig.2. Costi di assicurazione in funzione della stazza netta (NT).

una possibile espressione modellistica è la seguente:

$$C_{ins} = Const + \beta_1 * w + \beta_2 * NT + \beta_3 * Year (\$/g)$$

laddove:

w =intake o capacità di carico della nave (TEUs);

$Year$ = vetustà della nave (anni di vita);

Parametri	Const	β_1	β_2	β_3
Coefficienti	17.57	0.037	0.097	0.0038
t-Student	22.28	26.0	23.98	2.51
ρ^2		0.93		

Tab.2. Parametri del modello di costo di assicurazione

NT = stazza netta (ton).

Come si può notare dalla Tab.2, il parametro β_3 relativo agli anni di esercizio della nave, dati i bassi valori sia del coefficiente stimato che della t-Student, non gioca un peso rilevante nel determinare il costo di assicurazione. Si è perciò preferito specificare una funzione in cui non fosse presente tale parametro:

$$C_{ins} = Const + \beta_1 * w + \beta_2 * NT \quad (\$/g)$$

I valori dei parametri calibrati e degli indicatori statistici relativi alla nuova funzione sono riportati in Tab.3.

4.3. I costi variabili di viaggio

I costi di viaggio rappresentano la più importante voce di costo dell'area strategica d'affari del trasporto containerizzato di linea. Essi sono rappresentati dai costi di rifornimento (bunker), dalle spese sostenute in porto e dai diritti di attraversamento dei canali. In generale il costo di viaggio è correlato alla sua durata (Tv):

$$C_{viaggio} = \beta_1 * TV \quad (\$)$$

Con riferimento a due tipologie di navi feeder sono stati elaborati due modelli di costo differenti; in entrambi i casi si osserva una relazione lineare fra costo e tempo di viaggio. Alla categoria A appartengono le navi con costo di noleggio superiore a 4000 \$/giorno, capacità di carico superiore a 400 TEUs e capacità di carico omogenea a 14 tonnellate¹ superiore a 200 TEUs; alla categoria B appartengono le navi che presentano costi di noleggio e capacità di carico inferiori. I modelli risul-

Parametri	Const	β_1	β_2
Coefficienti	19.1	0.034	0.0039
t-Student	37.31	37.83	25.82
ρ^2		0.932	

Tab.3. Parametri del modello di costo di assicurazione con 2 attributi

tanti sono riportati nelle Figg. 3 e 4.

Nel seguito si sofferma l'attenzione sulle componenti più rilevanti del costo di viaggio.

4.3.1. Costi per rifornimenti

Fra i costi di rifornimento, il costo del carburante è la componente predominante, anche se il consumo tende costantemente ad essere ridotto grazie allo sviluppo delle tecnologie applicate ai motori.

I costi di combustibile, per un dato vettore e per un dato viaggio, sono ottenuti moltiplicando il quantitativo di carburante consumato per il prezzo pagato per acquistarlo:

$$C_{IFO} = c_{IFO} * IFO$$

laddove C_{IFO} è il costo di 1 ton di carburante (allo stato attua-

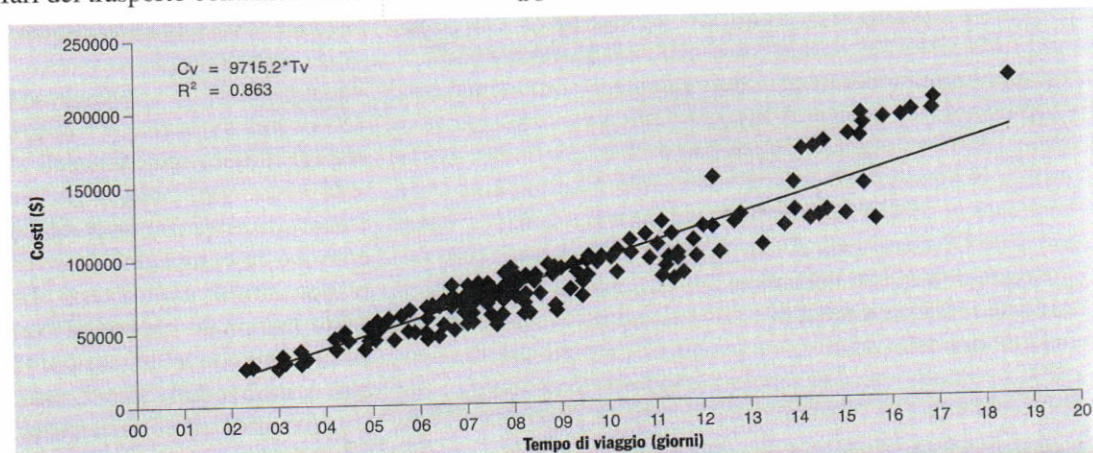


Fig.3. Modello di costo di viaggio in funzione del tempo totale di viaggio per navi di categoria A

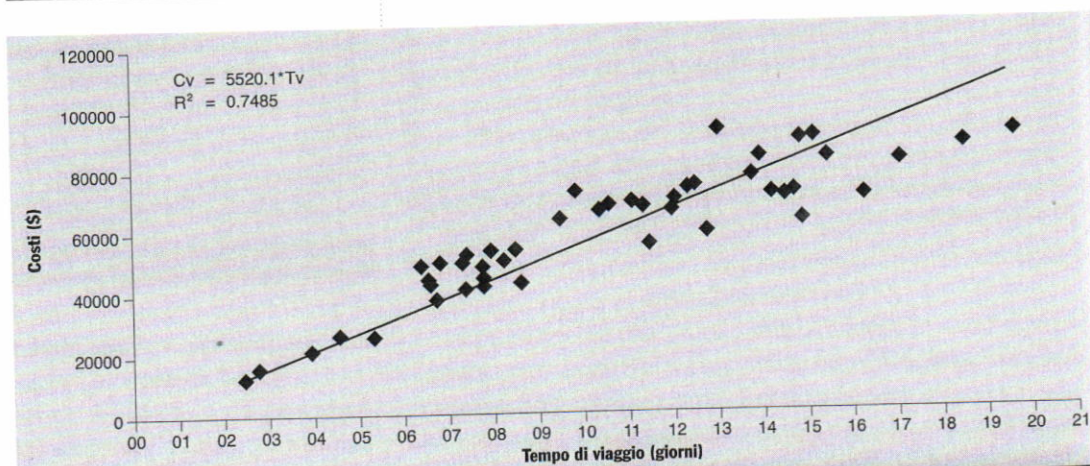


Fig.4. Modello di costo di viaggio in funzione del tempo totale di viaggio per navi di categoria B

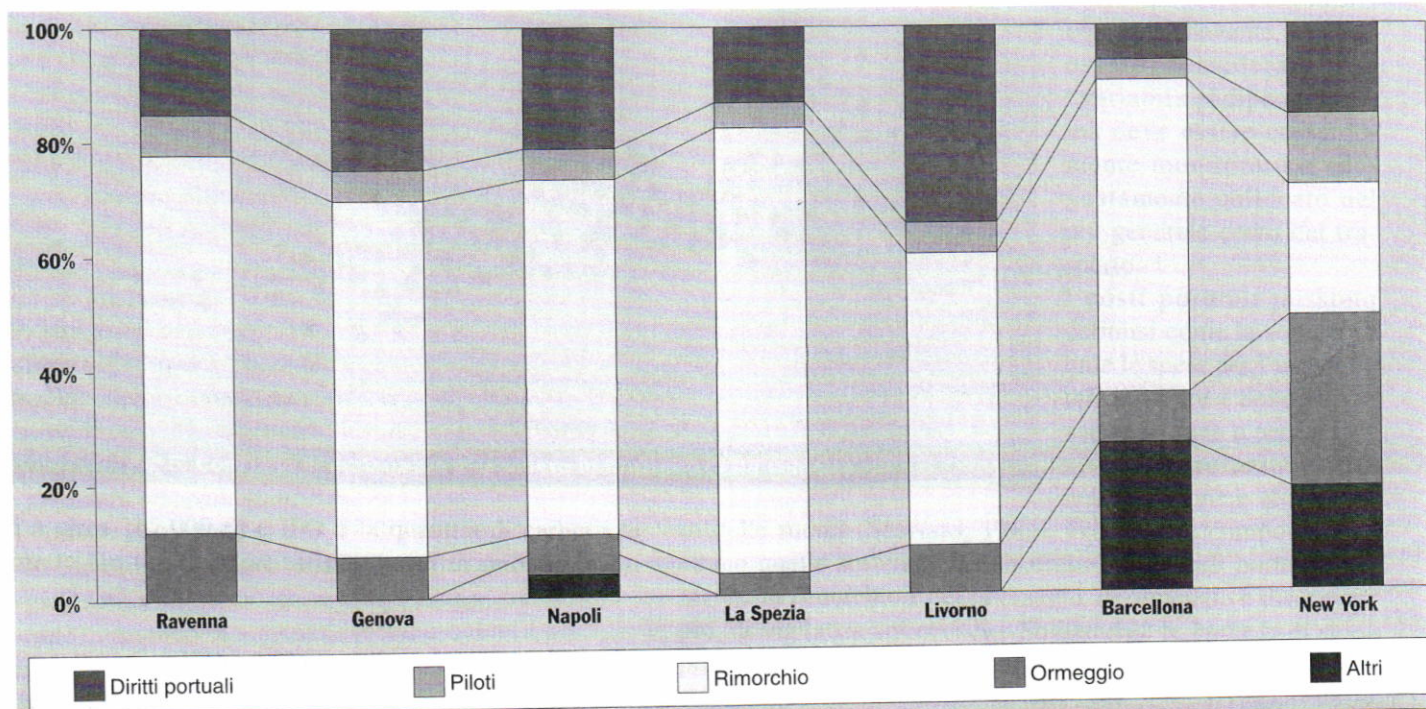


Fig. 6. Struttura dei costi portuali per le navi. (Fonte: Gruppo METIS, 1988)

la produttività degli scali e la dotazione di infra-sovrasttrutture e mezzi adeguati alle necessità di carico.

L'efficienza dei porti è da rapportare alla velocità di movimentazione dei carichi, e non solo nella fase di carico/scarico, ma anche nella fase di transito dal porto alla destinazione terrestre e viceversa. La diversità fra i porti è legata senz'altro alla organizzazione della forza lavoro, al layout del terminal, alla disponibilità di mezzi di banchina e di piazzale, alla strumentazione informatica, ma è sempre più importante l'organizzazione e la gestione dei servizi di trasporto inland.

Una componente importante dei costi portuali è costituita dalla "tassa di ancoraggio"; essa viene imposta dalla autorità statale (Capitanerie di porto) per tutte le navi battenti bandiera estera che effettuano almeno uno scalo nei porti italiani per operazioni commerciali. Essa ha durata annuale e viene così calcolata:

$$C_{bf} = NT * 3062.5 * 0.99 \quad (\$/anno)$$

con NT= stazza netta (tonn).

Le navi che eccedono un numero massimo di TEUs in coperta vengono gravate di una sovrattassa pari a:

$$\delta C_{bf} = TC * 13.6 * 3062.5 * 0.99 \quad (\$/anno)$$

dove: TC rappresenta il numero di TEUs in coperta.

Al fine di verificare in che misura grava la tassa di ancorag-

Parametri	Const	β_1	β_2	β_3
Coefficienti t-Student	38.5	0.85	-1.4	0.03
ρ^2	2.54	20.7	-20.21	7.39

Tab.9. Parametri calibrati e indicatori statistici.

gio sulle navi di differenti dimensioni e capacità, è proposta una relazione che la correla alla capacità di carico della nave (w, espressa in TEUs), alla capacità omogenea a 14 tonnellate Hom(14) e alla stazza netta (NT, in ton). La funzione di costo ricavata è del tipo:

$$C_{bf} = Const + \beta_1 * w + \beta_2 * Hom(14) + \beta_3 * NT \quad (\$/g)$$

Nelle Figg. 7-9 è presentata la dipendenza del costo di ancoraggio dalle variabili considerate separatamente, attraverso l'analisi di alcune navi portacontainer.

4.3.3. *Le tasse di transito attraverso canali, stretti, istmi*
 Il costo del trasporto via mare dipende anche dalla possibilità di usufruire di "scorciatoie" come quella del Canale di Suez (attualmente agibile alle navi con 150.000 tonnellate S.L. cariche e 370.000 tonnellate S.L. in zavorra), del canale di Panama o dello Stretto di Messina. L'attraversamento di questi canali è soggetto a pedaggi la cui entità è fissata dalla singole autorità nazionali.

5 Modelli di costo di viaggio generalizzato per il trasporto di container via mare

Un modello per la quantificazione del costo generalizzato del trasporto di container (CT) sulla tratta marittima sostenuto dall'operatore del servizio di trasporto è stato elaborato, nella consapevolezza che l'operatore considera per il proprio vantaggio e per soddisfare l'esigenza dell'utenza, sia attributi di costo monetario, sia attributi di costo temporale. Il costo generalizzato CT può essere dunque espresso come combinazione lineare di questi attributi, tramite opportuni coefficienti di omogeneizzazione α_1 e α_2 :

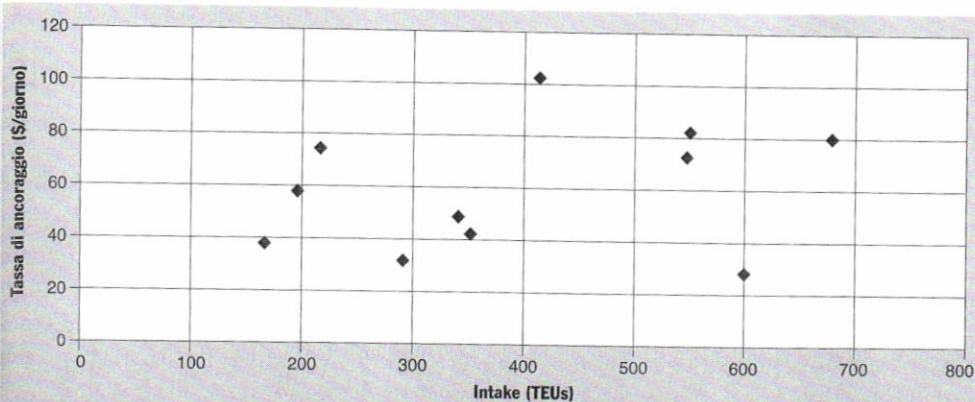


Fig. 7: tassa di ancoraggio in funzione della capacità di carico (w)

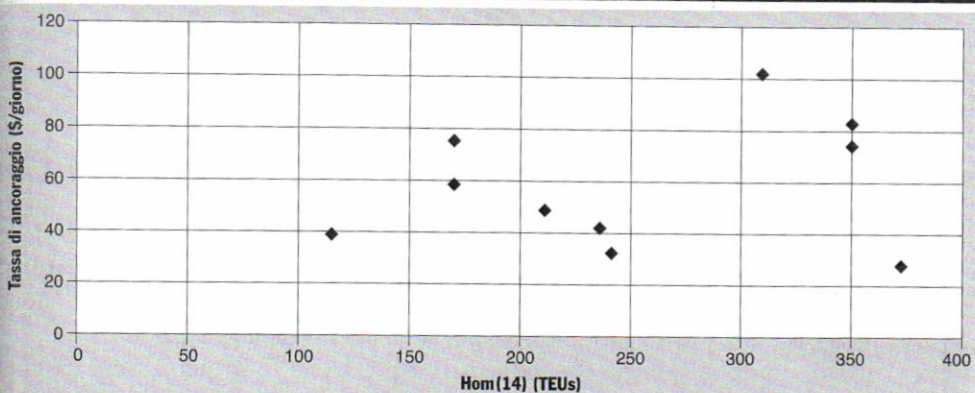


Fig. 8: tassa di ancoraggio in funzione della capacità omogenea a 14 tonnellate (Hom(14))

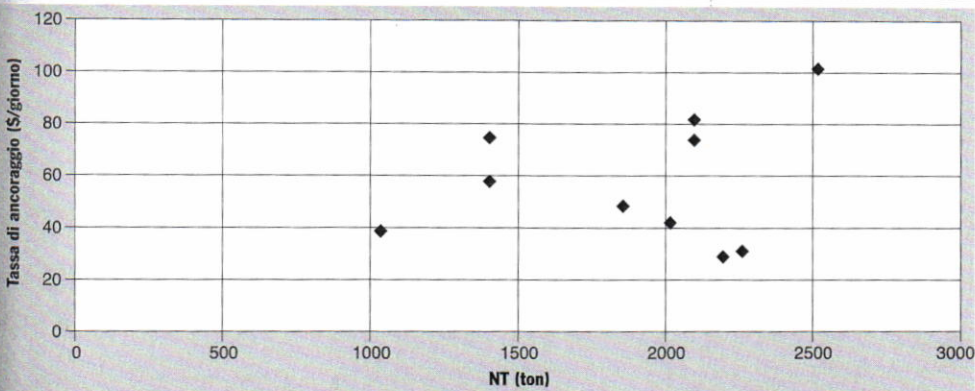


Figura 9: tassa di ancoraggio in funzione della stazza netta (N.T.)

$$C_1 = \alpha_1 * T_v + \alpha_2 * C_v \quad (5.1)$$

5.1. Tempi di viaggio.

La nave può compiere una rotta circolare oppure raggiungere uno o più porti lungo un percorso in linea. Nel caso in cui la nave compia n scali, si avranno (n*n-1) relazioni di traffico possibili. Il numero di tratte (archi) da percorrere sarà j=n-1. Il tempo totale di viaggio sarà dato da:

$$T_v = T_{st} + T_{pt} = \sum_{i=1}^{n-1} T_{si} + \sum_{i=1}^n T_{pi} \quad (5.2)$$

dove:

n= numero di porti toccati;

T_{si}= steaming time o tempo di percorrenza dell'arco marittimo i-esimo;

T_{pi}= tempo speso in ciascun porto.

Quest'ultimo dipende da numerosi fattori; alcuni più propriamente operativi, altri di natura politico-economica relativa ad accordi tra l'armatore o il charter (noleggiatore della nave) e il gestore del terminal.

Se il posto di ormeggio è libero, la sosta ha inizio, in genere, con l'arrivo della nave in rada e comprende i tempi occorrenti per la manovra di entrata in porto, per le operazioni di imbarco e sbarco delle merci e per la manovra di uscita. Se invece non vi è disponibilità di ormeggio, allora la sosta comprende, oltre ai tempi necessari alle manovre ed alle operazioni commerciali, anche il tempo di attesa in rada o nell'avamposto fino a che non si rende libero un posto di ormeggio. In questo caso la sosta della nave si può dividere in due parti: sosta in rada e sosta in porto. La prima va dall'arrivo in rada all'imbarco del pilota; la seconda, immediatamente successiva, va dall'imbarco del pilota per l'entrata in porto al suo sbarco per l'uscita. Quando la nave è ormeggiata, la durata delle operazioni commerciali dipende dalla quantità del carico da maneggiare e dalla produttività del lavoro delle maestranze portuali.

I fattori operativi che incidono sulla permanenza nel porto possono essere:

- il numero di container movimentati tra imbarco e sbarco ed eventualmente la possibilità che la nave possa essere servita da più di una gru; ciò dipende dal tipo di nave e dal tipo di stivaggio effettuato e dalla disponibilità di mezzi del gestore del terminal;
- le operazioni di ingresso e di manovra della nave in porto;
- l'attesa di contenitori non ancora disponibili nel terminal dovuta a molteplici fattori quali il ritardo all'appuntamento di una nave attesa o il mancato sdoganamento dei contenitori;
- la possibilità di servire la nave immediatamente senza attendere in coda l'inizio del turno di operazioni.

Il tempo totale T_p speso nel porto può essere dunque posto pari alla somma dei tempi corrispondenti ai quattro fattori sopra indicati:

$$T_{pt} = T_{p1} + T_{p2} + T_{p3} + T_{p4} \quad (5.3)$$

dove:

- T_{p1} , tempo impiegato per la movimentazione delle merci (cargo handling time), che costituisce l'aliquota di tempo produttivo in banchina. Esso può essere espresso come rapporto: $T_{p1}=m/p$, con m = numero di container da movimentare e p = produttività del porto (movimenti/h), ovvero velocità di movimentazione dei container;
- T_{p2} , tempo di manovra, dato dalla somma del tempo speso per effettuare la manovra di ormeggio nel canale del porto, dal tempo di attesa dei rimorchiatori e dei piloti;
- T_{p3} , perditempo aggiuntivo derivante dalla mancata disponibilità dei contenitori al terminal, causato da molteplici fattori, quali ritardo nella connessione della nave di origine, contenitori non pronti di dogana, ecc.;
- T_{p4} , tempo di attesa fuori dal porto, "all'ancora", dovuto principalmente alla congestione del porto.

In Fig.10 sono rappresentati, a titolo esemplificativo, i tempi impiegati per lo svolgimento di alcune operazioni che si compiono all'arrivo della nave in porto. Le operazioni rappresentate riguardano l'arrivo della nave in rada, il pilotaggio, l'ormeggio, le operazioni di carico/scarico, l'allontanamento della nave dal porto.

Si noti che la nave 1 attende in rada prima di compiere le operazioni di ingresso in porto un tempo maggiore rispetto alle altre navi. Ciò può dipendere dalla mancanza di posti disponibili per l'ormeggio in banchina. La nave 3 trova subito

l'ormeggio disponibile; però una volta ormeggiata deve attendere un certo tempo affinché abbiano inizio le operazioni di sbarco. Tale attesa è dovuta all'inefficienza del terminal (mancanza di personale o di gru disponibili, ecc.). La durata delle operazioni di carico/scarico è variabile in funzione dei movimenti da effettuare e dall'efficienza del terminal: le navi 2 e 4 fruiscono di un servizio ottimale, in quanto il tempo speso è pari a quello strettamente necessario allo svolgimento delle operazioni; mentre la nave 1 impiega un tempo maggiore a causa dell'attesa di un carico che deve essere imbarcato e che non è ancora giunto nel porto, per il ritardo della nave madre proveniente dal porto di origine.

Il tempo di percorrenza dell'arco marittimo T_{si} può essere ottenuto quale rapporto tra la distanza tra due scali D_i , espressa in miglia marine (1 miglio marino=1.852 km) e la velocità di crociera (v_i) espressa in nodi (1 nodo = 1 miglio/h) :

$$T_{si} = \frac{D_i}{v_i} \quad (5.4)$$

In Fig.11 sono riportate per alcune navi in attività con differenti caratteristiche dimensionali e di capacità, i valori delle velocità dichiarate degli armatori. Come si può osservare, al crescere della capacità di carico e quindi dalla dimensione della nave, le velocità aumentano con legge lineare.

Quale velocità v_i nell'espressione (5.4) può essere assunta

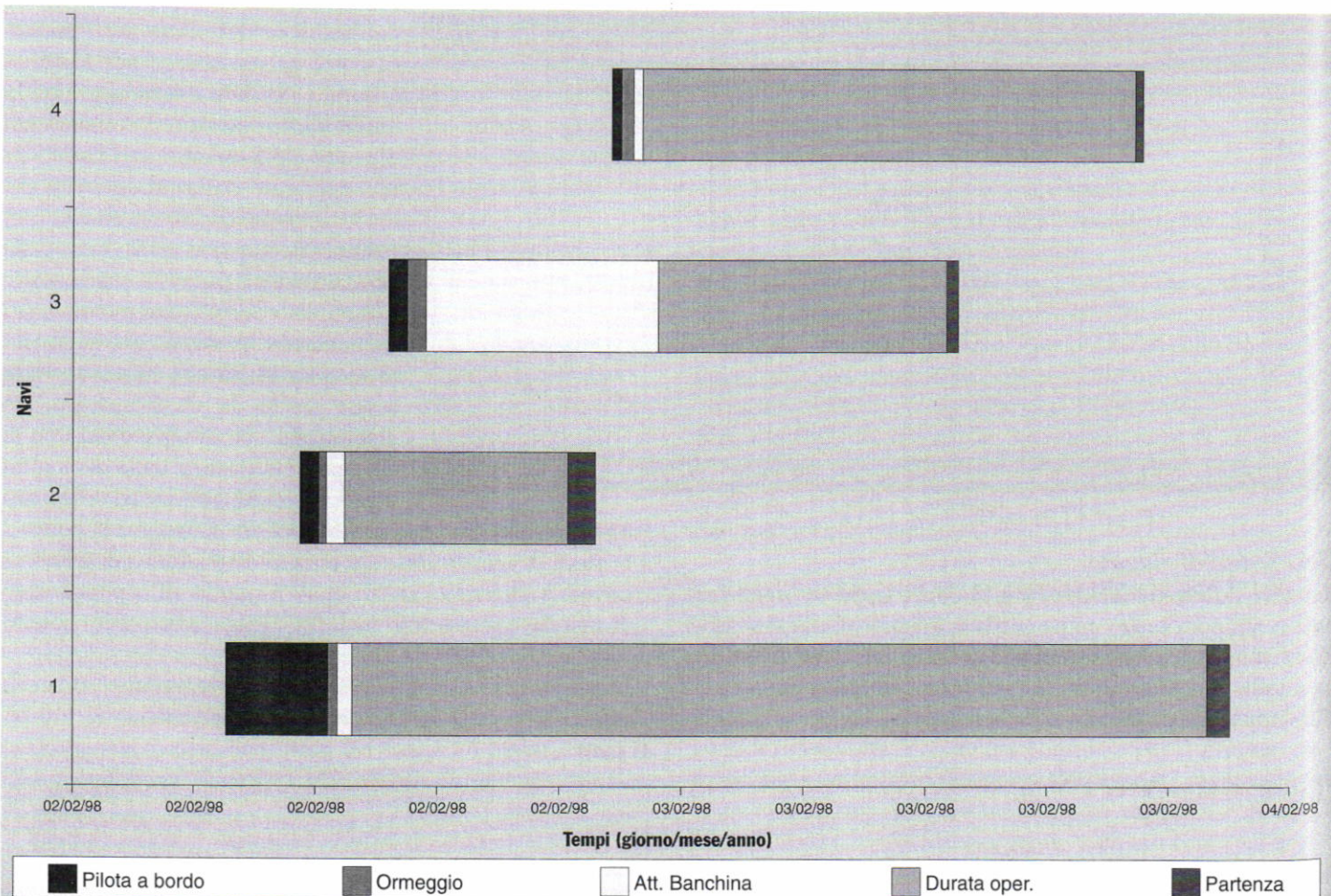


Fig. 10: tempi impiegati per lo svolgimento di alcune operazioni che si compiono all'arrivo della nave in porto

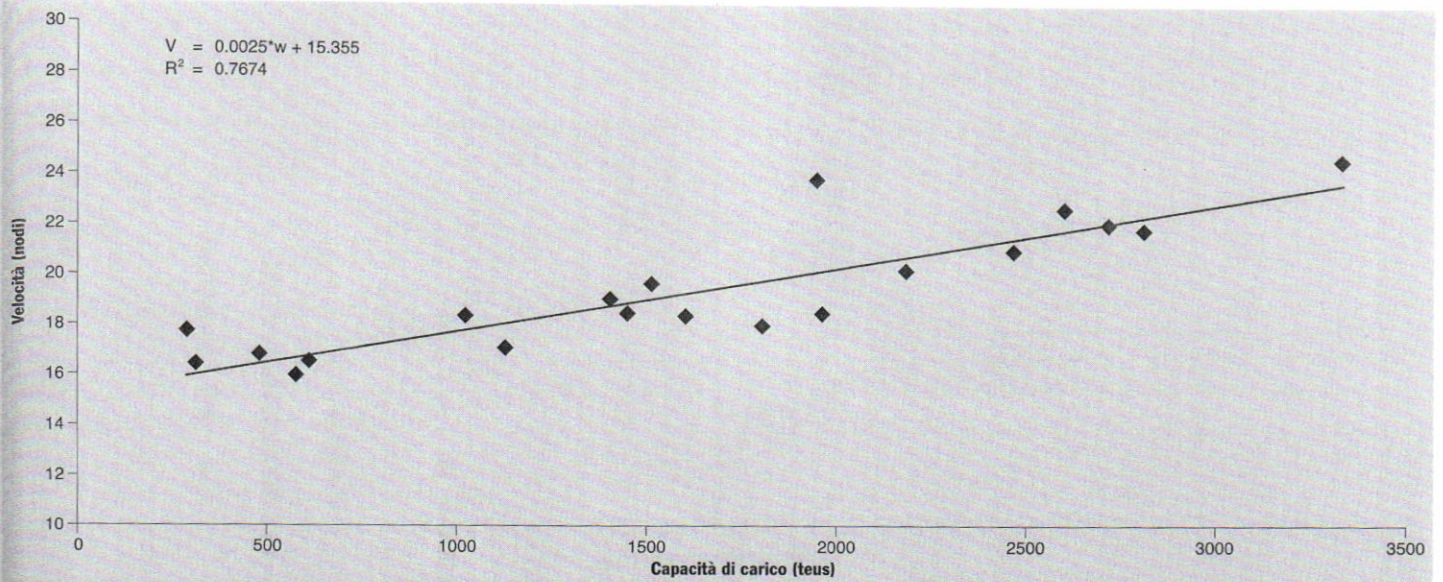


Fig. 11: velocità dichiarata dagli armatori per navi con differenti capacità di carico

quella dichiarata dagli armatori (v_a) o una velocità derivata da questa per tenere conto di fattori diversi (v_r). In effetti la velocità reale è sempre minore della velocità dichiarata dagli armatori del 10% circa. La Fig.12 riporta lo scartamento (slack) tra la velocità dichiarata dagli armatori e la velocità effettivamente mantenuta dalle navi durante il viaggio.

5.2. Costi monetari

Il costo di viaggio C_v include un insieme di oneri già individuati, che possono essere ricondotti a 10 aliquote fondamentali, su base annua:

$$C_v = C_a + C_{eq} + C_{ins} + C_{man} + C_{gf} + C_{IFO} + C_{MDO} + C_{bf} + C_p + C_x \quad (5.5)$$

dove:

- C_a = ammortamento del costo della nave;
- C_{eq} = costo di equipaggio;
- C_{ins} = costo di assicurazione;
- C_{man} = costo della manutenzione della nave;
- C_{gf} = spese generali;
- C_{bf} = tassa di ancoraggio nei porti;
- C_{IFO} = costo del carburante per il propulsore principale;
- C_{MDO} = costo del gasolio per i motori ausiliari;
- C_p = costi portuali (agenzie, pilotaggio, ecc.);
- C_x = costi di transito attraverso i canali.

Nell'ottica di un noleggiatore (charter o feeder operator) le aliquote di costo non sono così disaggregate. Alcune componenti sono tradotte in termini di costo di nolo (Time charter); in esso l'armatore fa usualmente ricadere i costi di equipaggio, di manutenzione e di assicurazione, nonché un'aliquota di profitto. L'espressione (5.5) diventa allora:

$$C_v = C_{chart} + C_{gf} + C_{IFO} + C_{MDO} + C_{bf} + C_p + C_x = \quad (5.6)$$

$$= C_{chart} * T_v + c_{IFO} * F * T_s + c_{MDO} * MDO + C_{bf} + \sum_i c_{pi} + C_{gf} + \sum_i c_{xi}$$

dove:

- C_{chart} = costo di noleggio di una nave (\$/giorno);
- T_v = tempo totale di viaggio (giorni);
- c_{IFO} = prezzo unitario del carburante (\$/ton);
- F = consumo di carburante giornaliero (ton/giorno);
- T_s = tempo di percorrenza dell'arco marittimo o steaming time (giorni);
- c_{MDO} = prezzo unitario del gasolio (\$/ton);
- MDO = consumo di gasolio complessivo per i motori ausiliari (ton);
- c_{pi} = costi portuali variabili da porta a porta (\$);
- c_{xi} = costo di attraversamento del canale i-esimo (\$).

Il costo di noleggio della nave C_{chart} , pur fortemente condizionato dalle fluttuazioni di mercato, è strettamente dipendente dalle caratteristiche tipologico-dimensionali della nave. Esso costituisce comunque la voce che incide maggiormente sui costi complessivi di viaggio, gravando per il 65-70%. Una funzione di costo proposta è del tipo:

$$C_{chart} = Const + \beta_1 * Hom(14) + \beta_2 * v + \beta_3 * v \quad (\$/g)$$

In Tab. 5 si riportano i valori dei parametri calibrati relativi al modello.

Il segno negativo del coefficiente stimato evidenzia la disutilità a noleggiare una nave che presenta un consumo di carburante più elevato, se confrontata con altre di uguali caratteristiche.

Parametri	Const	β_1	β_2	β_3
Coefficienti	-4294.1	3.69	632	-50.66
t-Student	-6.02	4.07	10.13	-2.43
ρ^2		0.74		

Tab. 5. Parametri del modello di costo di noleggio (Time charter)

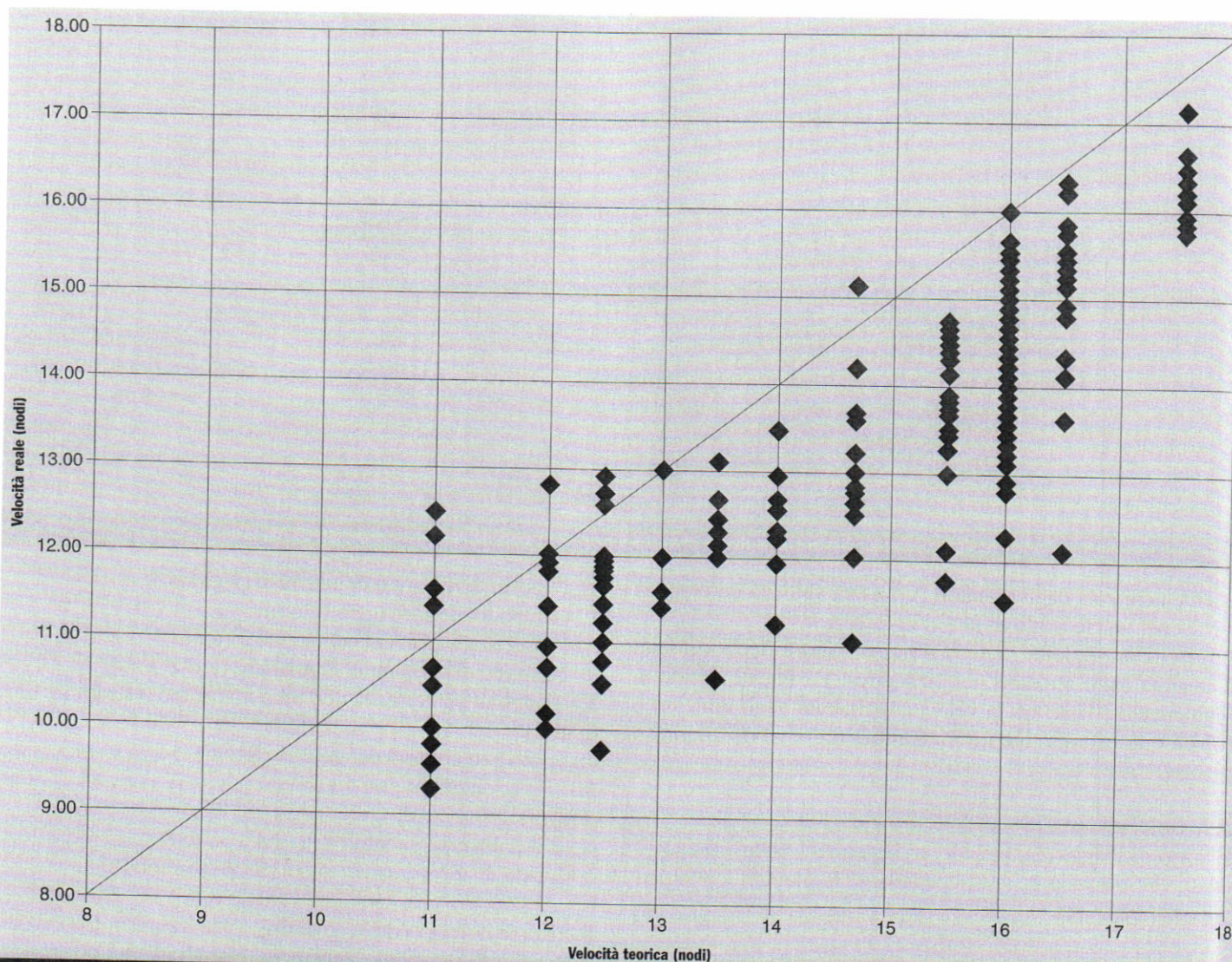


Fig.12. Scartamento tra velocità dichiarata dagli armatori e velocità reale

6 Conclusioni

Nella nota presentata sono state definite le caratteristiche tecniche e i parametri economici che caratterizzano una nave porta-container; tali grandezze sono state messe in relazione tra loro seguendo un approccio analitico. La conoscenza di tali parametri può servire come supporto in sede di pianificazione per migliorare l'efficienza del servizio erogato dai gestori di una flotta navale.

I dati in possesso, utilizzati per la stima dei modelli, sono relativi al trasporto di container mediante navi impiegate in un servizio feeder, in cui tempi e costi sono riferiti all'intero viaggio compiuto ed aggregati su intervalli temporali di un mese.

La mancanza di alcune informazioni, quali il numero di porti scalati, il numero di movimenti effettuati in ciascun porto, non ha permesso di effettuare una stima dei tempi di sosta in porto.

Ulteriori sviluppi della ricerca sono previsti; essi saranno orientati ad un maggior approfondimento nel calcolo dei tempi di sosta in riferimento sia al flusso di container, sia alle performances dei singoli terminal portuali.

L'analisi condotta è da considerare come un primo approccio per la individuazione di modelli più complessi necessari allo sviluppo di procedure di simulazione dei traffici su reti intermodali. Tali simulazioni potranno contribuire a migliorare la conoscenza del settore e permettere valutazioni più razionali in rapporto a politiche di sviluppo e analisi di scenario.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1997), "Intermodalità marittima e porti". Quaderno n.6. Freight Leader Club.

BUSSOLO M., PANADA A. (1988), "Indagine sul trasporto marittimo in Italia. Fatti, indicazioni, tendenze." Gruppo METIS. Editore ISEDI. Milano.

COMITATO COORDINAMENTO E SVILUPPO DELL'AREA DI GIOIA TAURO (1998), *Dossier "Porto di Gioia Tauro"*. Presidenza Consiglio dei Ministri. Roma.

DALLARI F., MUSSO A. (1997), *"Trasporto marittimo container: il servizio feeder"*. Rivista Logistica.

DREWRY SHIPPING CONSULTANT LTD. (1991), *"Strategy and profitability in global container shipping"*.

GATTUSO D. (1996), *"Prospettive di sviluppo della portualità italiana nel bacino del Mediterraneo"*. Seminario di studi "Civiltà Mediterranea: esperienze culturali a confronto". Reggio Calabria.

IMAKITA J. (1978), *"A Techno-Economic Analysis of the Port Transport System"*. Gower Edition. Gran Bretagna.

MUSSIO G. (1997), *"Le navi per il trasporto intermodale"*. Quaderno del Corso di Formazione Professionale nel settore del trasporto merci e della logistica. Politecnico di Milano.

SCARFATO T. (1986), *"Il costo della nave in porto"*. Rapporto CNR.

NOTE

¹ Hom (14) = capacità di carico omogenea, ovvero capacità di carico nell'ipotesi di TEUs a peso equivalente.