

## Go SMarT Med

# GOUVERNANCE DES SERVICES MARITIMES DES TRANSPORTS DANS LA MÉDITERRANÉE



## REPORT TECNICO SULLA NUOVA STRUTTURA DI GOVERNANCE GO SMART MED

A cura di:

CIREM (Coordinatore dell'attività), CENTRALABS, LOGIT LAB

## Sommario

PREMESSA.....	3
1. IL CONTESTO D'INTERVENTO E I LIMITI DELL'ATTUALE SISTEMA DI GESTIONE.....	4
2. I DRIVERS DELLA NUOVA GOVERNANCE.....	6
3. IL MODELLO ANALITICO PER LA DEFINIZIONE DEL NUOVO ASSETTO DI RETE .....	8
4. LA RETE Go Smart Med .....	11
4.1 La caratterizzazione della rete attuale.....	11
4.1.1 <i>Il bilancio della rete attuale</i> .....	13
4.2 La rete Go Smart Med ottimizzata .....	18
4.3 Il confronto tra i due assetti di rete .....	21
5. GLI INDIRIZZI PER L'INTEGRAZIONE TARIFFARIA.....	24
5.1. Un modello matematico di integrazione ottimale di un sistema tariffario.....	30
5.2. La Teoria dei Giochi.....	31

## PREMESSA

Il progetto Go SMarT Med nasce per contribuire a sviluppare un sistema di trasporto marittimo delle merci nel Mediterraneo occidentale coordinato ed efficiente in grado di migliorare la connessione dei nodi secondari e terziari dell'area di cooperazione alle reti TEN-T e mitigare l'isolamento dei territori periferici e insulari.

A tal fine, il progetto Go Smart Med, utilizzando dati reali di domanda e offerta provenienti da indagini ed interviste dirette e indirette ai vari attori coinvolti nella catena di trasporto transfrontaliera, propone un nuovo modello di governance per il sistema di trasporto marittimo dell'area basato sulla riorganizzazione in chiave integrata dei servizi marittimi di linea ro-ro esistenti.

Il trasporto ro-ro rappresenta una delle principali opzioni su cui la politica europea dei trasporti si sta concentrando nel promuovere l'intermodalità e le iniziative connesse alle Autostrade del Mare ai fini dello sviluppo di sistemi di trasporto maggiormente sostenibili. In linea con gli orientamenti UE, il progetto Go Smart Med si propone di definire un nuovo schema di rete integrato e ottimizzato per i servizi di trasporto marittimo Ro-Ro attualmente operanti nell'area tirrenica finalizzato a migliorare l'offerta complessiva del servizio di trasporto marittimo nell'area. L'approccio metodologico utilizzato per la definizione di un nuovo modello di governance si basa sull'integrazione degli orari e delle frequenze dei servizi di trasporto marittimo merci esistenti mediante l'impiego di un modello analitico che determina l'assegnazione dei flussi di domanda sulla rete minimizzando una funzione multi-obiettivo composta dalla somma ponderata dei tempi e delle tariffe di viaggio.

Il confronto tra i due assetti di rete, attuale e ottimizzato, dimostra il potenziale impatto positivo derivante dalla riprogrammazione in chiave integrata dei servizi di linea esistenti e mette in luce quanto le potenzialità di un "sistema di bacino tirrenico" considerato nel suo complesso sarebbero superiori a quelle dei singoli servizi considerati collettivamente.

Il presente report è così strutturato: il Capitolo 1 illustra le principali caratteristiche del problema in esame; il Capitolo 2 descrive i drivers alla base del disegno del nuovo modello di governance; il Capitolo 3 descrive il modello analitico sviluppato per la definizione del nuovo assetto di rete; il Capitolo 4 presenta la rete Go Smart Med nei due assetti ante- e post- nuova governance e ne pone a confronto gli effetti in termini di qualità del servizio reso all'utente. Infine, il Capitolo 5 discute alcune possibili politiche di integrazione tariffaria applicabili nel contesto d'intervento.

## 1. IL CONTESTO D'INTERVENTO E I LIMITI DELL'ATTUALE SISTEMA DI GESTIONE

Il trasporto marittimo a corto raggio (Short Sea Shipping - SSS) costituisce uno dei principali pilastri nell'ambito delle politiche europee sui trasporti, avendo l'obiettivo principale di ridurre la congestione stradale, trasferire quote di trasporto merci dalla strada al mare, e rafforzare la coesione economica e sociale tra i paesi dell'area. Il cuore della strategia europea per la promozione dello SSS è rappresentato dalle Autostrade del Mare, che mirano, in modo diretto, a trasferire una quota significativa del traffico merci dalla strada al mare al fine di riequilibrare lo shift modale tra i vari modi di trasporto.

In particolare, il trasporto ro-ro costituisce una delle principali opzioni su cui la politica europea si sta concentrando ai fini dello sviluppo del trasporto intermodale e delle Autostrade del Mare. In questo senso è importante sottolineare come il trasporto ro-ro offra, rispetto al trasporto su strada, due importanti vantaggi:

1. costi generali più competitivi, in particolare per il trasporto merci non accompagnato;
2. una significativa riduzione dei costi ambientali e sociali a seguito dell'attenuazione della congestione e dell'aumento della sicurezza stradale.

L'area tirrenica interessata dal progetto Go Smart Med con i suoi numerosi porti commerciali e le brevi distanze di navigazione tra gli stessi costituisce il terreno perfetto per lo sviluppo di iniziative di SSS e Autostrade del Mare. Tuttavia, se si analizza più nel dettaglio la situazione esistente, emerge come il quadro del trasporto merci marittimo nell'area risulti costituito da una moltitudine di compagnie di navigazione che operano principalmente in assenza di sinergie e strategie di mercato coordinate. Infatti, sebbene il numero di servizi di linea attualmente in servizio possa in prima istanza apparire considerevole, un'analisi più approfondita rivela come questi servizi siano privi di qualsiasi caratteristica distintiva per cui possano essere considerati come un vero e proprio "sistema di trasporto tirrenico". Nella maggior parte dei casi, i servizi appaiono frammentati e non integrati, un numero significativo di rotte risulta in sovrapposizione in quanto concepite e dimensionate principalmente sulla base di criteri aziendali piuttosto che di soddisfazione della domanda effettiva. Inoltre, mentre su diverse coppie origine/destinazione (O/D) l'offerta di servizi di trasporto marittimo risulta sovradimensionata rispetto alla domanda registrata, su altre coppie O/D l'offerta di servizi di trasporto risulta attualmente insufficiente o inadeguata. L'insieme di questi elementi non consente di riferirsi al sistema di trasporto tirrenico come "sistema marittimo" ma piuttosto come un insieme scoordinato di singoli servizi. Il risultato finale è un insieme frammentato di connessioni marittime, che favorisce inevitabilmente l'uso del trasporto su strada laddove l'alternativa è presente, attribuibile principalmente alla mancanza di sinergie e politiche integrate attuate dalle regioni dello spazio di cooperazione.

In particolare, il regime di concorrenza tra le aziende di trasporto marittimo che operano nell'area appare inappropriato per poter beneficiare a pieno del potenziale della stessa mentre risulta auspicabile lo sviluppo di nuove politiche di gestione integrata che possano favorire la crescita di un "sistema di bacino tirrenico" più efficace e competitivo. Infatti, nonostante sia ormai ampiamente riconosciuto come le politiche di gestione integrata possano portare significativi benefici nel raggiungimento di una maggiore efficienza e competitività globale (Fancello et al., 2014), l'adozione di strategie di mercato coordinate appare ancora lungi dall'essere realizzata, principalmente a causa della riluttanza e della resistenza opposta dagli operatori marittimi. In questo senso, il progetto Go Smart Med si propone di mettere in luce i potenziali benefici derivanti da una revisione in chiave integrata e ottimizzata dei servizi di trasporto marittimo Ro-Ro attualmente operanti nell'area tirrenica nell'intento di fornire utili spunti ai decisori ai fini della promozione di strategie integrate volte al miglioramento dell'offerta di trasporto globale nell'area. I parametri operativi della nuova rete integrata sono determinati attraverso un approccio di ottimizzazione analitica basato sull'integrazione degli orari (minori tempi di percorrenza totali, comprensivi dei tempi di attesa in porto per la disponibilità del servizio) e delle frequenze dei servizi di linea di interesse. L'obiettivo finale dell'azione è quello di migliorare l'accessibilità marittima delle regioni dello spazio di cooperazione, con un riguardo particolare nei confronti dei territori insulari e più periferici.

## HIGHLIGHTS

- Insieme scoordinato di servizi di trasporto;
- Offerta di trasporto sovradimensionata su diverse coppie O/D e inadeguata su altre;
- Scarsa integrazione dei territori periferici e insulari.

## 2. I DRIVERS DELLA NUOVA GOVERNANCE

La definizione del nuovo modello di governance proposto da Go Smart Med intende rispondere alla necessità di migliorare i servizi di trasporto essenziali per lo sviluppo delle regioni insulari e periferiche, mediante una riprogrammazione integrata delle connessioni esistenti finalizzata ad aumentare le prestazioni dell'intera rete marittima tirrenica.

In ambito tirrenico sono 8 le compagnie marittime che operano stabilmente tra i porti dello spazio di cooperazione (Tab. 2.1).

**Tab.2.1. Compagnie ro-ro che operano stabilmente nell'area Go Smart Med.**

Logo	Nome	Abbreviazioni nel documento
	Blu Navy	Blu Navy
	Corsica Sardinia Ferries	CSF
	Corsica Linea – La Meridionale	CL – La Meridionale
	Grandi Navi Veloci	GNV
	Grimaldi Lines	Grimaldi
	Gruppo Grendi	Grendi
	Moby	Moby
	Tirrenia CIN	Tirrenia

Nella configurazione attuale, i servizi operati da queste compagnie, talvolta in forte sovrapposizione, risultano privi di qualsiasi coordinamento contribuendo a determinare l'inefficienza globale della rete di trasporto. La presenza stessa di numerosi servizi in sovrapposizione trova attualmente le sue ragioni esclusivamente nel forte regime di concorrenza e competizione tipico del libero mercato, ma risulta difficile da giustificare se analizzata dal punto di vista della relazione domanda-offerta di servizi, con numerose rotte caratterizzata da un'offerta di servizi significativamente sovradimensionata rispetto alle effettive esigenze di mercato.

In questo senso, il principio guida di Go Smart Med è che sia possibile migliorare l'offerta di trasporto globale attraverso una ripianificazione intelligente e coordinata delle connessioni esistenti che sia maggiormente rispondente ai flussi origine-destinazione (O/D) effettivi.

I vari servizi di linea che operano in una rete a corto raggio possono essere tipicamente distinti in due categorie:

- servizi diretti: collegano direttamente un'origine a una destinazione;
- servizi in connessione: implicano il trasbordo verso una o più destinazioni intermedie.

Essendo note le frequenze e le capacità dei vari servizi operativi tra i vari porti della rete in esame, l'obiettivo principale del processo di ottimizzazione alla base del nuovo modello di governance riguarda la riorganizzazione temporale di questi servizi all'interno di un programma settimanale razionalizzato in grado di minimizzare i tempi medi di viaggio all'interno della rete globale.

Il **tempo di viaggio totale** include il tempo speso in navigazione, il tempo per le operazioni portuali e il tempo di attesa in porto per la disponibilità del servizio. Per quanto riguarda quest'ultimo, da un punto di vista organizzativo, ci sono due modi principali in cui il tempo di attesa per il servizio può essere ridotto:

- distribuendo meglio le partenze relative allo stesso servizio nell'arco della settimana, in modo da ridurre il tempo medio di attesa per il servizio di interesse;
- coordinando meglio gli arrivi e le partenze dei servizi in connessione, in modo da ridurre il tempo di attesa per il servizio in connessione, garantendo al contempo il tempo necessario per l'espletamento delle operazioni di carico/scarico. A questo proposito, vale la pena sottolineare che un servizio in arrivo in un porto può risultare in connessione con un servizio in partenza dallo stesso porto solo se tra l'arrivo del primo e la partenza del secondo vi è un tempo sufficiente per il completamento delle necessarie operazioni portuali.



### 3. IL MODELLO ANALITICO PER LA DEFINIZIONE DEL NUOVO ASSETTO DI RETE

Il modello di ottimizzazione utilizzato per la definizione del nuovo assetto di rete determina l'assegnazione dei flussi di domanda sulla rete di trasporto minimizzando una funzione di costo generalizzato che considera sia il tempo che la tariffa di trasporto. La funzione obiettivo risulta composta dalla somma pesata di due obiettivi diversi, la minimizzazione dei tempi di viaggio sulla rete e la minimizzazione della tariffa di trasporto, e ne consente una loro valutazione gerarchica. Sono di seguito definiti i set, le costanti, le variabili e le equazioni del modello analitico impiegato per la definizione del nuovo assetto di governance.

- $S$ : set of direct services;
- $K$ : set of combinations of one or two services connecting one origin to one destination (both direct services and in connection services);
- $L$ : set of O/D pairs;
- $D$ : set of days in the planning horizon (weekly);

the following constants:

- compatibility ( $l.k$ ) equal to 1 if O/D pair  $l$  can be served by combination  $k$  (i.e., if origin and destination of  $k$  correspond to origin and destination of  $l$ ), 0 otherwise;
- $t_s$ : travel time of service  $s$ ;
- $c_s$ : shipping tariff of service  $s$ ;
- $\rho_s$ : loading/unloading time associated with arrival port of service  $s$ ;
- $s1_k$ : first service of combination  $k$ ;
- $s2_k$ : second service of combination  $k$  (if  $k$  is composed of a single service, the second service is taken as a dummy service with  $t, c$  and  $\rho$  equal to 0);
- $Q_{ld}$ : demand for O/D pair  $l$  on day  $d$ ;
- $Cmax_l$ : maximum allowable tariff for OD pair  $l$ ;
- $\tau max_l$ : maximum allowable elapsed time for O/D pair  $l$ ;
- $\varepsilon$ : a very small constant;
- $M$ : a very large constant;

the following variables;



- $X_{kld}$  binary variables taking 1 if O/D pair  $l$  is served by combination  $k$  on day  $d$ , 0 otherwise;
- $T_s$  departure time of service  $s$ ;
- $\tau_{ld}$  elapsed time from arrival at origin port to arrival at destination port for O/D pair  $l$  on day  $d$ ;
- $C_{ld}$  shipping tariff for O/D pair  $l$  on day  $d$ .

and finally, the model equations:

$$\min \alpha \sum_{l \text{ in } L} \sum_{d \text{ in } D} \tau_{ld} Q_{ld} + \beta \sum_{l \text{ in } L} \sum_{d \text{ in } D} C_{ld} Q_{ld} \quad (1)$$

$$\sum_{\substack{k \text{ in } K \\ \text{compatibility}(l,k)=1}} X_{kld} = 1 \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (2)$$

$$X_{kld} \leq 1 - \varepsilon(T_{s1(k)} + t_{s1(k)} + \rho_{s1(k)} - T_{s2(k)}) \quad \forall k \in K \quad \forall d \in D \quad (3)$$

$$T_{s1(k)} \geq 24(d-1) + 8 - M(1 - X_{kld}) \quad \forall k \in K \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (4)$$

$$\tau_{ld} \geq -24(d-1) - 8 + T_{s2(k)} + t_{s2(k)} + \rho_{s2(k)} - M(1 - X_{kld}) \quad \forall k \in K | s2(k) \neq 0 \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (5)$$

$$\tau_{ld} \geq -24(d-1) - 18 + T_{s2(k)} + t_{s2(k)} + \rho_{s2(k)} - M(1 - X_{kld}) \quad \forall k \in K | s2(k) = 0 \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (6)$$

$$C_{ld} \geq (c_{s1(k)} + c_{s2(k)} X_{kld}) \quad \forall k \in K \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (7)$$

$$X_{kld} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (8)$$

$$C_{ld} \leq Cmax_l \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (9)$$

$$\tau_{ld} \leq \tau max_l \quad \forall l \in L \quad \forall d \in D \quad (10)$$

La funzione obiettivo mostrata in (1) è una combinazione lineare dei tempi e delle tariffe di trasporto, pesata dalla domanda di ciascuna coppia O/D. Fissando in modo appropriato i coefficienti  $\alpha$  e  $\beta$  è possibile trasformare la funzione obiettivo in una funzione gerarchica in cui, nel confronto tra due soluzioni, il secondo obiettivo è preso in considerazione solo quando il valore del primo obiettivo è lo stesso per le due soluzioni. In altre parole, se una soluzione  $Z$  ha un valore migliore rispetto al primo obiettivo rispetto alla soluzione  $Z'$ ,  $Z$  sarà globalmente preferibile a  $Z'$ , qualunque sia il valore assunto dal secondo obiettivo. I vincoli (2) impongono che, ciascun giorno, ciascuna coppia O/D debba essere assegnata a

una combinazione compatibile. I vincoli (3) implicano che una coppia O/D possa essere assegnata a una combinazione se e solo se le relative merci risultano disponibili al porto di origine prima che parta il primo servizio delle combinazioni del giorno. Il tempo totale che intercorre tra l'arrivo al porto di origine e l'arrivo al porto di destinazione è computato utilizzando i vincoli (5) per le combinazioni di due servizi, e attraverso i vincoli (6) per le combinazioni composte da un singolo servizio. La tariffa di trasporto totale per ciascuna coppia O/D in ciascun giorno è computata attraverso il vincolo (7), mentre il dominio delle variabili è specificato in (8). Infine, i vincoli (9) e (10) non sono obbligatori ma consentono di escludere le soluzioni estreme in cui, ad esempio, il tempo di viaggio è molto basso e la tariffa molto alta, e viceversa. Si assume che le merci da imbarcare nel giorno  $d$  risultino disponibili nel porto di origine non prima delle 18:00; l'assunzione di ipotesi diverse implica il cambiamento dell'indicazione dell'orario all'interno del vincolo (6).

## 4. LA RETE Go Smart Med

Il presente capitolo definisce il nuovo assetto ottimizzato per la rete Go Smart Med composta dai quattro porti Core di Genova, Livorno, Cagliari e Palermo e i due porti Comprehensive di Tolone e Bastia.

Il Capitolo è strutturato in tre sezioni, la prima sezione illustra e descrive la rete in analisi, caratterizzandola in termini di domanda e offerta del servizio attuale, e definendone il bilancio globale così come derivato risolvendo la rete mediante l'impiego del modello di ottimizzazione presentato nel Capitolo 3. La seconda sezione, illustra invece il nuovo assetto ottimizzato di rete derivante dall'applicazione del modello analitico, infine la terza sezione pone a confronto il bilancio globale del nuovo assetto di rete rispetto alla configurazione attuale.

### 4.1 La caratterizzazione della rete attuale

La Tabella 4.1 illustra la domanda settimanale media, in termini di numero di unità ro-ro, relativa alle diverse coppie O/D appartenenti alla rete Go Smart Med a sei porti. Il dato di domanda settimanale è derivato dal mese più carico registrato nell'anno 2016. Le relazioni di traffico più forti sono la Bastia/Marsiglia/Bastia, la Ajaccio/Marsiglia/Ajaccio, la Genova/Palermo/Genova, la Olbia/Livorno/Olbia, la Cagliari/Livorno/Cagliari e la Palermo/Livorno/Palermo. Le coppie O/D con domanda nulla sono invece quelle per cui allo stato attuale non risultano presenti servizi di trasporto diretti o combinati organizzati, ma che offrono potenziali di crescita elevati a seguito del miglioramento dell'integrazione tra le opzioni di trasporto disponibili.

**Tab.4.1. La domanda di trasporto settimanale (anno 2016).**

<b>DOMANDA O/D (n. unità ro-ro/settimana)</b>	<b>Bastia</b>	<b>Genova</b>	<b>Tolone</b>	<b>Cagliari</b>	<b>Livorno</b>	<b>Palermo</b>
<b>Bastia</b>	-	13	224	0	196	0
<b>Genova</b>	19	-	0	357	0	867
<b>Tolone</b>	251	0	-	0	0	0
<b>Cagliari</b>	0	426	0	-	849	150
<b>Livorno</b>	177	0	0	843	-	643
<b>Palermo</b>	0	791	0	246	676	-

Le Tabelle 4.2 e 4.3 mostrano invece l'offerta di trasporto settimanale per le diverse coppie O/D in termini di, rispettivamente, frequenze settimanali sulle diverse tratte distinte per compagnia che eroga il servizio, e capacità complessiva in termini di numero di unità ro-ro trasportabili settimanalmente.

**Tab.4.2. L'offerta di trasporto settimanale – Compagnie e frequenze dei servizi.**

	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
Bastia	-	Moby (1)	CSF (7)		Moby (3) CSF (7)	
Genova	Moby (1)	-		Grimaldi-via Livorno (2) Tirrenia-via Livorno (3)		GNV (6) Grimaldi-via Salerno (4)
Tolone	CSF (7)		-			
Cagliari		Grimaldi-via Salerno (2) Tirrenia-via Livorno (3)		-	Grimaldi (3) Tirrenia (5)	Grimaldi-via Salerno (3) Tirrenia (1)
Livorno	Moby (3) CSF (7)			Grimaldi (3) Tirrenia (5)	-	Grimaldi (3)
Palermo		GNV (6) Grimaldi-via Salerno(4)		Grimaldi-via Salerno (3) Tirrenia (1)	Grimaldi (3)	-

**Tab.4.3. L'offerta di trasporto settimanale – La capacità dei servizi.**

Capacità settimanale (n. unità ro-ro)	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
Bastia	-	28	315	0	282	0
Genova	28	-	0	1018	0	1684
Tolone	315	0	-	0	0	0
Cagliari	0	1018	0	-	1607	475
Livorno	282	0	0	1607	-	681
Palermo	0	1684	0	475	681	-

I dati illustrati nelle tabelle precedenti mettono in rilievo un evidente surplus di offerta, in particolare su quelle rotte caratterizzate da una forte sovrapposizione di servizi in concorrenza, con una capacità residua media della rete stimata al 39%. La Tabella 4.4 mostra il surplus di offerta settimanale dettagliato per le diverse coppie O/D. Tale surplus di offerta può consentire, se opportunamente riorganizzato, di andare ad acquisire nuove quote di traffico su quelle direttrici oggi sotto-utilizzate a causa della non appetibilità del servizio di trasporto esistente.

La Tabella 4.5 mostra invece i valori di capacità ridotta che deriverebbero operando una riduzione delle frequenze dei collegamenti attivi in sovrapposizione sulla rete. I valori in corsivo sono quelli per cui è stata ipotizzata una riduzione del numero di frequenze

settimanali in funzione di una migliore rispondenza alla domanda registrata. La riduzione teorica è operata solo sulle frequenze dei servizi ro-ro cargo in sovrapposizione, rimangono invariate le frequenze dei servizi ro-pax. Tale scenario ipotetico prevede il passaggio da 96 (Tab. 4.2) a 80 partenze settimanali, con una conseguente diminuzione della capacità globale della rete pari al 16.7%.

**Tab.4.4. Surplus di capacità settimanale nell'assetto attuale (n. unità ro-ro).**

Capacità SETTIMANALE (n. unità ro-ro)	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	15	91	0	86	0
<b>Genova</b>	9	-	0	661	0	817
<b>Tolone</b>	64	0	-	0	0	0
<b>Cagliari</b>	0	592	0	-	758	325
<b>Livorno</b>	105	0	0	764	-	38
<b>Palermo</b>	0	893	0	229	5	-

**Tab.4.5. Capacità settimanale della rete con riduzione dei collegamenti in sovrapposizione (n. unità ro-ro).**

Capacità settimanale ridotta (n. unità ro-ro)	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	28	315	0	282	0
<b>Genova</b>	28	-	0	<b>634</b>	0	<b>1112</b>
<b>Tolone</b>	315	0	-	0	0	0
<b>Cagliari</b>	0	<b>634</b>	0	-	<b>1000</b>	<b>341</b>
<b>Livorno</b>	282	0	0	<b>1000</b>	-	681
<b>Palermo</b>	0	<b>1112</b>	0	<b>341</b>	681	-

Seppure tale scenario ipotetico non costituisca oggetto diretto della governance di Go Smart Med, lo stesso verrà ripreso ai fini della valutazione finanziaria della rete nell'ambito delle valutazioni di fattibilità del sistema.

#### 4.1.1 Il bilancio della rete attuale

In questa sezione è definito il bilancio settimanale della rete attuale in termini di tempi medi per il trasporto sulle diverse coppie O/D, e sulla rete nel suo complesso, così come derivati dall'applicazione del modello analitico di ottimizzazione illustrato nel Capitolo 3. La Tabella 4.6 illustra il programma orario settimanale, caratterizzante la rete attuale, sulla base del quale il modello definisce l'assegnazione ottimale dei flussi sulla rete.



**Tab.4.6. L'offerta di trasporto settimanale – Il programma orario dei servizi.**

Compagnia	Porto O	Porto D	Tipo	PROGRAMMA ORARIO SETTIMANALE						
				lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato	domenica
<b>Grandi Navi Veloci</b>	Palermo	Genova	misto	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:59	-
	Genova	Palermo		23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	-
<b>Grimaldi Lines</b>	Palermo	Livorno	misto	-	23:30	-	-	01:00	-	01:30
	Livorno	Palermo		23:30	-	-	01:00	-	01:30	-
	Cagliari	Palermo (via Salerno)	cargo	17:00	-	15:00	-	23:59	-	-
	Palermo	Cagliari (via Salerno)		19:00	-	13:00	-	10:00	-	-
	Cagliari	Genova (via Salerno)	cargo	17:00	-	-	-	23:59	-	-
	Genova (via Livorno)	Cagliari		20:00	-	21:00	-	-	-	-
	Palermo - (Salerno)	Genova	cargo	19:00	-	13:00	-	13:00 (diretto)	18:30	-
	Genova - (Salerno)	Palermo		22:00	-	22:00	-	03:00	20:00	-
	Cagliari	Livorno	cargo	23:59	-	23:59	-	23:59	-	-
	Livorno	Cagliari		-	23:59	-	23:59	-	23:59	-
<b>Tirrenia</b>	Cagliari	Palermo	misto	-	-	-	-	19:30	-	-
	Palermo	Cagliari		-	-	-	-	-	19:30	-
	Cagliari	Livorno	cargo	20:00	20:00	20:00	-	20:00	-	20:00
	Livorno	Cagliari		20:00	20:00	-	20:00	-	20:00	20:00
	Cagliari (via Livorno)	Genova	cargo	20:00	-	20:00	-	20:00	-	-
	Genova (via Livorno)	Cagliari		21:00	-	21:00	-	23:59	-	-
<b>Moby</b>	Bastia	Genova	misto	-	-	-	-	-	-	21:00
	Genova	Bastia		-	-	-	-	21:00	-	-
	Bastia	Livorno	misto	14:00	-	14:00	-	-	14:00	-
	Livorno	Bastia		08:30	-	08:30	-	-	08:30	-
<b>CSF</b>	Bastia	Livorno	misto	13:30	08:30	08:30	13:30	14:00	08:15	16:15
	Livorno	Bastia		08:00	14:00	14:00	08:00	14:00	14:00	10:45
	Bastia	Tolone	misto	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	20:00	21:00
	Tolone	Bastia		20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	23:00

Le Tabelle 4.7 e 4.8 illustrano, nella configurazione attuale, rispettivamente i tempi medi di attesa per il primo imbarco utile e i tempi del trasporto lungo le diverse coppie O/D, distinti in funzione del giorno di arrivo della merce in porto. Si assume che la merce sia disponibile per l'imbarco a partire dalle ore 18:00 del giorno di arrivo in porto.

Il tempo di attesa è calcolato come il tempo che intercorre dal momento in cui la merce arriva via terra nel porto di origine fino al momento in cui sono completate le operazioni di imbarco relative alla prima partenza utile verso il porto di destinazione di interesse.

Il tempo di trasporto è il tempo che intercorre dal momento in cui la merce arriva via terra al porto di origine fino al momento in cui sono completate le sue operazioni di sbarco presso il porto di destinazione, include pertanto il tempo di attesa per il servizio, il tempo di imbarco, il tempo speso in navigazione, e il tempo di sbarco. I valori di tempo indicati nelle due tabelle sono valori medi pesati che considerano nel calcolo il numero di unità ro-ro effettivamente imbarcabili sul vettore di interesse in funzione dell'orario di partenza e dei limiti di capacità specifici. I valori indicati in corsivo sono relativi ai collegamenti O/D per i quali attualmente non esiste né un servizio diretto né un servizio in connessione integrato. I relativi tempi di attesa per questi collegamenti sono calcolati considerando di giorno in giorno la prima coincidenza utile tra i vari servizi combinabili disponibili. La valutazione include il tempo necessario per lo svolgimento delle operazioni di trasbordo da un natante all'altro.

**Tab.4.7. Il bilancio settimanale della rete attuale – Il tempo medio di attesa (h).**

ROTTA O/D	TEMPO MEDIO DI ATTESA (h)							Tempo Medio settimanale per la coppia O/D (h)
	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato	domenica	
Bastia-Genova	147	123	99	75	51	27	3	75,0
Bastia-Tolone	5,3	3	3	3	3	27	12,7	8,1
<i>Bastia-Cagliari</i>	22	48	70	46	24	46	17	39
Bastia-Livorno	15,4	14,9	20,4	21,3	14,7	23	19,5	18,5
<i>Bastia-Palermo</i>	25,5	27	75,5	51,5	27,5	73,5	19	42,8
Genova-Bastia	99	75	51	27	9	147	123	75,0
<i>Genova-Tolone</i>	112	88	64	40	16	160	136	88
Genova-Cagliari	3	27	3	30	6	50	26	20,7
Genova-Palermo	4,2	11,3	5,4	6,1	10,8	17,9	28,2	12,0
Tolone-Bastia	26	26	26	26	26	29	20,7	25,7
<i>Tolone-Genova</i>	137	113	89	65	41	185	161	113
<i>Tolone-Cagliari</i>	60	84	60	40	60	108	84	70,9
<i>Tolone-Livorno</i>	34	33,5	34	34	36,3	52,5	28,5	36,1
<i>Tolone-Palermo</i>	41	89,5	65,5	41,5	87,5	32	8	52,1
<i>Cagliari-Bastia</i>	25	40,8	19,5	45,8	21,8	43,5	49	35,0
Cagliari-Genova	50	26	50	26	6	47,6	23,6	32,7
<i>Cagliari-Tolone</i>	52	51,7	28	52	28	52	76	48,5
Cagliari-Livorno	6	26	6	26	6	26	26	17,4
Cagliari-Palermo	45	21	49,5	25,5	6	47	23	31,0
Livorno-Bastia	14,5	20	14	14,5	20	16,7	14,1	16,3
<i>Livorno-Tolone</i>	35	47	23	34,5	47	23	23	33,2
Livorno-Cagliari	26	6	26	6	26	6	26	17,4
Livorno-Palermo	31,2	31	7	55,5	31,5	44,8	53,5	36,4
<i>Palermo-Bastia</i>	43	19	49	25	42,5	18,5	67	37,7
Palermo-Genova	9,9	10,7	9,9	10,7	8,9	14,7	25	12,8
<i>Palermo-Tolone</i>	52	28	76	42	51,5	27,5	76	51,9
Palermo-Cagliari	43	19	40	16	25,5	49	25	31,1
Palermo-Livorno	29,5	38,2	31	22,5	31,5	7,5	53,5	30,5



Tab.4.8. Il bilancio settimanale della rete attuale a 6 porti – Il tempo medio di trasporto (h).

ROTTA O/D	Tempo medio di trasporto (h)							Tempo Medio settimanale per la coppia O/D (h)
	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato	domenica	
Bastia-Genova	160	136	112	88	64	40	16	88
Bastia-Tolone	14,6	16	16	16	16	40	18	19,5
<i>Bastia-Cagliari</i>	48	83	96	72	50	72	67	69,7
Bastia-Livorno	22,4	21,9	27,4	28,3	21,7	30	26,5	25,4
<i>Bastia-Palermo</i>	50,5	53	101,7	77,7	53,7	98,5	51,5	69,5
Genova-Bastia	112	88	64	40	16	160	136	88
<i>Genova-Tolone</i>	135	111	87	63	39	183	159	111
Genova-Cagliari	43,0	68,8	44,8	70,0	46,0	100,0	76,0	55,1
Genova-Palermo	36,7	37,2	46,8	32,3	36,8	43,8	60,7	42,0
Tolone-Bastia	39	39	39	39	39	42	33,8	36,7
<i>Tolone-Genova</i>	160	136	112	88	64	208	184	136
<i>Tolone-Cagliari</i>	96	120	96	76	96	144	120	106,9
<i>Tolone-Livorno</i>	51	50,5	51	51	53,3	69,5	45,5	53,1
<i>Tolone-Palermo</i>	77	126,7	101,7	77,7	122,5	87	63	93,5
<i>Cagliari-Bastia</i>	51	78,8	45,5	71,8	47,8	69,5	75	62,8
Cagliari-Genova	90	66	90	66	64	96,4	72,4	77,8
<i>Cagliari-Tolone</i>	88	95,7	64	88	64	88	112	85,7
Cagliari-Livorno	28	48	28	48	28	48	48	39,4
Cagliari-Palermo	87	63	65,5	41,5	61,5	87	63	66,9
Livorno-Bastia	21,5	27	21	21,5	17	23,8	21,1	23,2
<i>Livorno-Tolone</i>	52	64	40	51,5	64	40	40	50,2
Livorno-Cagliari	48	28	48	28	48	28	48	39,4
Livorno-Palermo	52,2	53	29	77,7	53,7	66,3	74,5	58
<i>Palermo-Bastia</i>	69	45	75	51	69	45	93	93,9
Palermo-Genova	32,4	38,3	32,4	35	34,9	41,6	74	41,4
<i>Palermo-Tolone</i>	88	64	112	88	88	64	112	88
Palermo-Cagliari	90	66	98	74	41,5	90	66	75,1
Palermo-Livorno	51,5	60,2	53	44,7	54	30	75,5	52,7



## 4.2 La rete Go Smart Med ottimizzata

La Tabella 4.9 illustra il programma orario settimanale ottimizzato, derivato dall'impiego del modello analitico di cui al Capitolo 3. Il nuovo programma orario settimanale determina globalmente la minimizzazione dei tempi di attesa e di trasporto lungo la rete in analisi e consente inoltre di potenziare quei servizi in connessione, oggi non integrati, incentivando il coordinamento orario degli arrivi e delle partenze nei nodi di portuali di interscambio.

**Tab.4.9. L'offerta di trasporto settimanale – Il programma orario ottimizzato dei servizi.**

Compagnia	Porto O	Porto D	Tipo	PROGRAMMA ORARIO SETTIMANALE						
				lun	mar	mer	giov	ven	sab	dom
<b>Grandi Navi Veloci</b>	Palermo	Genova	misto	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	-	21:00
	Genova	Palermo		23:00	23:00	22:00	23:00	21:00	-	21:00
<b>Grimaldi Lines</b>	Palermo	Livorno	misto	-	23:30	-	-	01:00	-	01:30
	Livorno	Palermo		23:00	-	23:59	-	23:00	-	-
	Cagliari	Palermo (via Salerno)	cargo	21:00	-	21:00	21:00	-	-	-
	Palermo	Cagliari (via Salerno)		21:00	-	21:00	-	21:00	-	-
	Cagliari	Genova (via Salerno)	cargo	21:00	-	-	21:00	-	-	-
	Genova (via Livorno)	Cagliari		21:00	-	21:00	-	-	-	-
	Palermo - (Salerno)	Genova	cargo	21:00	-	21:00	-	21:00	21:00	-
	Genova - (Salerno)	Palermo		21:00	21:00	-	21:00	-	21:00	-
	Cagliari	Livorno	cargo	-	01:00	-	21:00	-	22:00	-
	Livorno	Cagliari		-	21:00	21:00	-	-	24:00	-
	<b>Tirrenia</b>	Cagliari	Palermo	misto	-	-	-	-	21:00	-
Palermo		Cagliari	-		-	-	-	-	21:00	-
Cagliari		Livorno	cargo	21:00	21:00	21:00	-	21:00	-	21:00
Livorno		Cagliari		23:00	-	23:00	23:00	23:00	-	23:00
Cagliari (via Livorno)		Genova	cargo	-	21:00	21:00	-	-	21:00	-
Genova (via Livorno)		Cagliari		-	21:00	-	21:00	-	21:00	-
<b>Moby</b>	Bastia	Genova	misto	-	21:00	-	-	-	-	-
	Genova	Bastia		-	-	-	-	21:00	-	-
	Bastia	Livorno	misto	08:00	-	13:00	-	-	14:00	-
	Livorno	Bastia		07:30	-	23:00	-	08:00	-	-
<b>CSF</b>	Bastia	Livorno	misto	13:00	23:00	08:30	13:00	13:00	23:59	13:00
	Livorno	Bastia		23:59	23:00	08:00	06:30	23:00	08:00	07:00
	Bastia	Tolone	misto	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00
	Tolone	Bastia		21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00

Le Tabelle 4.10 e 4.11 illustrano, per la configurazione ottimizzata, rispettivamente i tempi medi di attesa per il primo imbarco utile e i tempi del trasporto lungo le diverse coppie O/D, distinti in funzione del giorno di arrivo della merce in porto. Si assume che la merce sia disponibile per l'imbarco a partire dalle ore 18:00 del giorno di arrivo in porto. Come per il caso precedente, i valori di tempo indicati nelle due Tabelle sono valori medi pesati che considerano nel calcolo il numero di unità ro-ro effettivamente imbarcabili sul vettore di interesse in funzione dell'orario di partenza e dei limiti di capacità specifici. I valori indicati in corsivo sono relativi ai collegamenti O/D per i quali attualmente non esiste né un servizio diretto né un servizio in connessione integrato. I relativi tempi di attesa per questi collegamenti sono calcolati considerando di giorno in giorno la prima coincidenza utile tra i vari servizi combinabili disponibili. La valutazione include il tempo necessario per lo svolgimento delle operazioni di trasbordo da un natante all'altro.

**Tab.4.10. Il bilancio settimanale della rete ottimizzata a 6 porti – Il tempo medio di attesa (h).**

ROTTA O/D	Tempo medio di attesa (h) distinto per giorno della settimana							Tempo Medio settimanale (h)
	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato	domenica	
Bastia-Genova	27	3	147	123	99	75	51	75
Bastia-Tolone	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Bastia-Cagliari</i>	<i>42,5</i>	<i>18,5</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>22</i>	<i>25</i>	<i>26,3</i>
Bastia-Livorno	29,3	14,8	19,9	20,8	20,7	6,9	14	18,1
<i>Bastia-Palermo</i>	<i>44,5</i>	<i>20,5</i>	<i>49</i>	<i>25</i>	<i>73</i>	<i>46</i>	<i>25</i>	<i>40,4</i>
Genova-Bastia	99	75	51	27	3	147	123	75
<i>Genova-Tolone</i>	<i>113</i>	<i>89</i>	<i>65</i>	<i>41</i>	<i>17</i>	<i>161</i>	<i>137</i>	<i>89</i>
Genova-Cagliari	3	3	3	3	27	3	27	9,9
Genova-Palermo	3,4	3,4	10,3	3,4	9,6	3	9,6	6,1
Tolone-Bastia	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Tolone-Genova</i>	<i>17</i>	<i>161</i>	<i>137</i>	<i>113</i>	<i>89</i>	<i>65</i>	<i>41</i>	<i>89</i>
<i>Tolone-Cagliari</i>	<i>34</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>17,9</i>
<i>Tolone-Livorno</i>	<i>19</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>10,6</i>
<i>Tolone-Palermo</i>	<i>38</i>	<i>14</i>	<i>39</i>	<i>15</i>	<i>63</i>	<i>39</i>	<i>15</i>	<i>31,9</i>
<i>Cagliari-Bastia</i>	<i>19</i>	<i>17,5</i>	<i>16,5</i>	<i>19</i>	<i>18</i>	<i>18,5</i>	<i>11</i>	<i>17,1</i>
Cagliari-Genova	3	3	3	3	27	3	27	9,9
<i>Cagliari-Tolone</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>25</i>	<i>27,6</i>
Cagliari-Livorno	3,8	3	3	3	3	4	3	3,3
Cagliari-Palermo	3	3	3	3	3	51	27	13,3
Livorno-Bastia	6	6,8	6,5	14	6,8	13	13,5	9,5
<i>Livorno-Tolone</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>21,7</i>
Livorno-Cagliari	5	3	3,4	5	5	6	5	4,6
Livorno-Palermo	31,1	30	25,8	29	5	53	29	29
<i>Palermo-Bastia</i>	<i>41,5</i>	<i>17,5</i>	<i>19</i>	<i>19</i>	<i>42</i>	<i>18</i>	<i>65,5</i>	<i>31,8</i>
Palermo-Genova	4,6	9,9	4,2	9,9	4,2	3	7,9	6,2
<i>Palermo-Tolone</i>	<i>52</i>	<i>28</i>	<i>33</i>	<i>28</i>	<i>51,5</i>	<i>27,5</i>	<i>76</i>	<i>42,3</i>
Palermo-Cagliari	3	27	3	27	3	3	27	13,3
Palermo-Livorno	29,5	38,2	31	22,5	31,5	7,5	53,5	30,5

**Tab.4.11. Il bilancio settimanale della rete ottimizzata – Il tempo medio di trasporto (h).**

ROTTA O/D	Tempo medio di trasporto (h) distinto per giorno della settimana							Tempo Medio settimanale (h)
	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato	domenica	
Bastia-Genova	40	16	160	136	112	88	64	88
Bastia-Tolone	16	16	16	16	16	16	16	16
<i>Bastia-Cagliari</i>	<i>87</i>	<i>63</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>52</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>58</i>
Bastia-Livorno	36,3	21,8	26,9	27,8	27,7	13,9	21	25,1
<i>Bastia-Palermo</i>	<i>74,8</i>	<i>50,8</i>	<i>75,2</i>	<i>51,2</i>	<i>99,2</i>	<i>75,2</i>	<i>50</i>	<i>68</i>
Genova-Bastia	112	88	64	40	16	160	136	88
<i>Genova-Tolone</i>	<i>136</i>	<i>112</i>	<i>88</i>	<i>64</i>	<i>40</i>	<i>184</i>	<i>160</i>	<i>112</i>
Genova-Cagliari	53	43	52	43	67	43	77	49,3
Genova-Palermo	35,9	35,9	36,5	36,7	35,6	38,5	35,5	36,4
Tolone-Bastia	16	16	16	16	16	16	16	16
<i>Tolone-Genova</i>	<i>34</i>	<i>178</i>	<i>154</i>	<i>130</i>	<i>106</i>	<i>88</i>	<i>58</i>	<i>106,9</i>
<i>Tolone-Cagliari</i>	<i>73</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>52</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>54,3</i>
<i>Tolone-Livorno</i>	<i>39</i>	<i>26</i>	<i>26</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>26</i>	<i>26</i>	<i>28</i>
<i>Tolone-Palermo</i>	<i>74,5</i>	<i>50,5</i>	<i>75,2</i>	<i>51,2</i>	<i>99,2</i>	<i>74</i>	<i>50</i>	<i>67,8</i>
<i>Cagliari-Bastia</i>	<i>45</i>	<i>43,5</i>	<i>54,5</i>	<i>45</i>	<i>44</i>	<i>44,5</i>	<i>40</i>	<i>45,2</i>
Cagliari-Genova	54	43	43	61	67	43	78	55,6
<i>Cagliari-Tolone</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>76</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>64</i>	<i>65,7</i>
Cagliari-Livorno	25,8	25	25	25	25	26	25	25,3
Cagliari-Palermo	43	45	45	58,5	19	91	67	52,6
Livorno-Bastia	13	13,8	13,5	21	13,8	20	20,5	16,5
<i>Livorno-Tolone</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>
Livorno-Cagliari	27	25	25,4	27	27	28	27	26,6
Livorno-Palermo	52,6	52	54,8	51,2	27,2	74	50	51,7
<i>Palermo-Bastia</i>	<i>67,5</i>	<i>43,5</i>	<i>64</i>	<i>45</i>	<i>68,5</i>	<i>44,5</i>	<i>91,5</i>	<i>60,6</i>
Palermo-Genova	32,5	32,4	31,8	32,4	28,5	42,5	35,8	33,7
<i>Palermo-Tolone</i>	<i>88</i>	<i>64</i>	<i>88</i>	<i>64</i>	<i>88</i>	<i>64</i>	<i>112</i>	<i>81,1</i>
Palermo-Cagliari	44	74	50	85	61	19	68	57,3
Palermo-Livorno	51,5	60,2	43	44,7	54	30	75,5	52,7

### 4.3 Il confronto tra i due assetti di rete

In questo paragrafo vengono messi a confronto i due assetti di rete ante- e post-governance. La Tabelle 4.12 e 4.13 illustrano rispettivamente il bilancio finale delle due reti in termini di tempo medio di attesa per le diverse coppie O/D nei due assetti ante- e post-governance. La Tabella 4.14 mostra invece la variazione percentuale media del tempo di attesa per le diverse coppie O/D nel passaggio da rete attuale a rete ottimizzata. Globalmente, la nuova organizzazione del servizio assicurerebbe una riduzione del tempo medio di attesa sulla rete pari al 32,7%.

**Tab.4.12. Assetto ante-governance: Tempo medio di attesa (h).**

[h]	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	75.00	8.09	39.00	18.45	42.79
<b>Genova</b>	75.00	-	88.00	20.71	-	11.97
<b>Tolone</b>	25.68	113.00	-	70.86	36.11	52.14
<b>Cagliari</b>	35.04	32.74	48.57	-	17.43	31.00
<b>Livorno</b>	16.26	-	33.21	17.43	-	36.35
<b>Palermo</b>	37.71	12.84	51.86	31.07	30.52	-

**Tab.4.13. Assetto post-governance: Tempo medio di attesa (h).**

[h]	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	75.00	3.00	26.29	18.06	40.43
<b>Genova</b>	75.00	-	89.00	9.86	-	6.10
<b>Tolone</b>	3.00	89.00	-	17.86	10.57	31.86
<b>Cagliari</b>	17.07	9.86	27.57	-	3.26	13.29
<b>Livorno</b>	9.51	-	21.71	4.63	-	28.98
<b>Palermo</b>	31.79	6.23	42.29	13.29	30.52	-

**Tab.4.14. Variazione % tempo di attesa.**

VAR %	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	0.0%	-88.0%	-32.6%	-2.1%	2.5%
<b>Genova</b>	0.0%	-	1.1%	-52.4%	-	-49.1%
<b>Tolone</b>	-88.3%	-21.2%	-	-74.8%	-70.7%	-38.9%
<b>Cagliari</b>	-51.3%	-69.9%	-43.2%	-	-81.3%	-57.1%
<b>Livorno</b>	-41.5%	-	-34.6%	-73.4%	-	-20.3%
<b>Palermo</b>	-15.7%	-51.5%	-18.5%	-57.2%	0.0%	-
<b>MEDIA RETE</b>						<b>-32.7%</b>

Analogamente alle tabelle di cui sopra, le Tabelle 4.15 e 4.16 illustrano rispettivamente il bilancio finale delle due reti in termini di tempo medio di viaggio per le diverse coppie O/D nei due assetti ante- e post- governance. La Tabella 4.17 mostra invece la variazione percentuale media del tempo di viaggio per le diverse coppie O/D nel passaggio da rete attuale a rete ottimizzata. Globalmente, la nuova organizzazione del servizio assicurerebbe una riduzione del tempo medio di viaggio sulla rete pari al 18,7%.

**Tab.4.15. Assetto ante-governance: Tempo medio di viaggio (h).**

[h]	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	88.00	19.50	69.71	25.45	69.49
<b>Genova</b>	88.00	-	111.00	55.11	-	42.05
<b>Tolone</b>	38.68	136.00	-	106.86	53.11	93.49
<b>Cagliari</b>	62.75	77.83	85.67	-	39.43	66.93
<b>Livorno</b>	23.26	-	50.21	39.43	-	58.05
<b>Palermo</b>	63.86	41.38	88.00	75.07	52.69	-

**Tab.4.16. Assetto post-governance: Tempo medio di viaggio (h).**

[h]	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	88.00	16.00	58.00	25.06	68.01
<b>Genova</b>	88.00	-	112.00	49.33	-	36.38
<b>Tolone</b>	16.00	106.86	-	54.29	28.00	67.78
<b>Cagliari</b>	45.21	55.57	65.71	-	25.26	52.64
<b>Livorno</b>	16.51	-	40.00	26.63	-	51.67
<b>Palermo</b>	60.64	33.69	81.14	57.29	52.69	-

**Tab.4.17. Variazione % tempo di viaggio.**

VAR %	Bastia	Genova	Tolone	Cagliari	Livorno	Palermo
<b>Bastia</b>	-	0.0%	-18.0%	-16.8%	-1.5%	2.8%
<b>Genova</b>	0.0%	-	0.9%	-10.5%	-	-13.5%
<b>Tolone</b>	-58.6%	-21.4%	-	-49.2%	-47.3%	-27.5%
<b>Cagliari</b>	-27.9%	-28.6%	-23.3%	-	-35.9%	-21.3%
<b>Livorno</b>	-29.0%	-	-20.3%	-32.5%	-	-11.0%
<b>Palermo</b>	-5.0%	-18.6%	-7.8%	-23.7%	0.0%	-
<b>MEDIA RETE</b>						<b>-18.7%</b>

Osservando i dati riportati nelle precedenti tabelle, emerge con chiarezza il potenziale benefico globale che potrebbe derivare da una riorganizzazione in chiave sistemica dei servizi di trasporto marittimi attualmente operativi nell'area. Il vantaggio potenziale del nuovo assetto di governance è ancora più elevato se si considera il beneficio in termini di aumentata appetibilità del servizio che una riorganizzazione in chiave integrata della rete potrebbe produrre a vantaggio di quei collegamenti in connessione, oggi privi di qualsiasi coordinamento e non utilizzati a causa dell'inadeguatezza del servizio offerto, e il cui utilizzo futuro potrebbe andare a determinare un positivo riequilibrio rispetto all'attuale relazione domanda/offerta.

Le analisi realizzate confermano infatti come nella governance del sistema di trasporto tirrenico il passaggio da un modello di tipo aziendale ad un modello territoriale di bacino risulti un'evoluzione necessaria per il miglioramento dell'offerta globale resa all'utenza e il superamento delle inefficienze che caratterizzano l'attuale sistema.

## 5. GLI INDIRIZZI PER L'INTEGRAZIONE TARIFFARIA

L'integrazione tariffaria ha lo scopo di permettere una tariffazione unica che, per questo studio, vede la possibilità con un unico biglietto di raggiungere il porto di destinazione senza limitazioni. In questo modo, all'utente è consentito viaggiare sull'intera rete di trasporto nell'area integrata secondo i propri bisogni e necessità. Questa metodologia porta ad una massima accessibilità al sistema. L'obiettivo è avere un solo biglietto per tutti gli spostamenti e non tanti biglietti per tanti spostamenti.

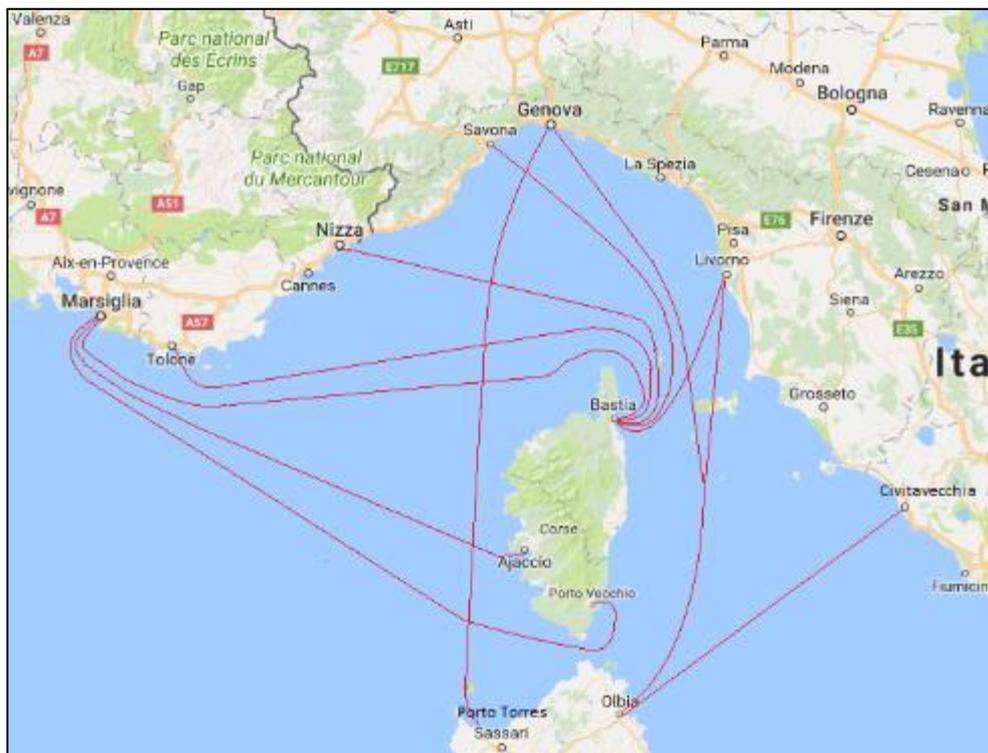
Un esempio di integrazione tra società di gestione (concessionarie) è il sistema "chiuso" del pedaggio presente sulle autostrade Italiane. Questo è un metodo utile che vede, nelle autostrade, il conducente del veicolo, non munito del sistema di pagamento elettronico Telepass, ritirare un apposito biglietto all'ingresso dell'autostrada e pagare l'importo dovuto all'uscita. Se, invece, il conducente è munito del sistema Telepass le due procedure sono completamente automatiche e non è necessario che si fermi nei portali elettronici di rilevamento posti negli ingressi e nelle uscite dalle autostrade soggette a pagamento del pedaggio. L'importo è direttamente proporzionale alla distanza percorsa dal veicolo, al coefficiente della sua classe ed a un coefficiente variabile da autostrada ad autostrada, detto tariffa chilometrica. Questa metodologia può essere quindi pensata per le Autostrade del Mare (AdM) con l'obiettivo di ridurre i tempi di imbarco e di sbarco delle navi ro-ro e ro-pax e migliorare l'accessibilità dei terminali portuali.

Un aspetto non di meno importanza è legato alla geografia dell'Europa che ha una lunga linea costiera e un mare chiuso, come il Mediterraneo, il Tirreno, l'Adriatico e il Mar Baltico, dove l'alternativa all'Autostrade del Mare in molti casi è più favorevole rispetto al trasporto su strada. In un'ottica di sviluppo ecosostenibile, viene limitata la congestione della rete stradale con i conseguenti benefici in termini di prevenzione degli incidenti e di riduzione dell'inquinamento, atmosferico, acustico, prodotto dal trasporto su gomma.

Nel quadro generale Europeo, l'ideale è un sistema di mercati aperti e concorrenziali e favorire l'interconnessione e l'interoperabilità delle reti nazionali, con l'accesso a tali reti, con interventi basati sulla definizione di standards comuni per la rimozione di barriere tecniche. Nella maggior parte dei casi, attualmente, l'alternativa intermodale non è per nulla competitiva rispetto al tutto strada, se non nei casi obbligati ad esempio collegamento con penisola - isole e viceversa. Ecco che viene portato da esempio uno studio dove tutti gli scenari prevedono una introduzione di un ecobonus pari al 25% del biglietto. Questo comporta una riduzione dei prezzi dei biglietti delle rotte AdM. L'ecobonus è un incentivo offerto dal governo italiano agli autotrasportatori, che ammonta ad una quota dal 20 al 30% del prezzo del biglietto, qualora utilizzino le rotte di AdM un numero elevato di volte in un anno. Oltre ad introdurre l'ecobonus è necessario, migliorare tre aspetti anche essi importanti: adeguare l'accessibilità ferroviaria e stradale ai porti; implementare una migliore

cultura organizzativa da parte sia delle compagnie di spedizione che delle autorità portuali; migliorare le performance delle Autostrade del Mare in termini di: puntualità, flessibilità, disponibilità, frequenza e velocità dei servizi. In Italia lo sviluppo delle AdM è difficile anche perché la maggioranza del trasporto merci riguarda brevi distanze. L'attuale sistema delle rotte di AdM tra i principali porti dell'arco ligure-tirrenico è composto da: Civitavecchia, Livorno, Genova, Savona, Nizza, Tolone, Marsiglia. Per svolgere lo studio dell'analisi integrata, sulla base di ricerche-studi svolti in precedenza, in particolare modo in riferimento allo studio svolto da Lupi, Farina, Pilato e Pratelli, sono analizzate le rotte relativamente al mese di ottobre 2015 che non hanno subito grosse variazioni rispetto al 2018. Trattandosi, generalmente, di rotte ro-pax, queste sono affette da modifiche delle frequenze dovute alla stagionalità, quindi è preso in riferimento l'ultima settimana del mese per definire la frequenza del servizio, perché è comunque la più lontana dal periodo di alta stagione. Con queste informazioni, non esiste attualmente nessun collegamento AdM diretto tra coppie di città della costa: occorre infatti necessariamente attraversare un porto della Sardegna o della Corsica, in cui l'autoarticolato deve essere sbarcato dalla prima nave e imbarcato sulla seconda.

**Figura 5.1: Le Autostrade del Mare attualmente in esercizio**



La mancata competitività del trasporto intermodale è dovuta anche al fatto che, fra i porti considerati, non esiste un unico servizio (rotta) che, seppure attraverso un porto intermedio, congiunge i porti origine e destinazione: la necessità del cambio di nave a Bastia comporta elevati tempi di viaggio (le due rotte non sono in coincidenza a Bastia) e costi (è necessario pagare due biglietti separati). Inoltre la necessità di attraversare il porto di Bastia incrementa

anche le distanze del trasporto intermodale. Per questo di seguito sono riportate tre tipologie di analisi:

1. Integrazione tra rotte alternative per una stessa destinazione;
2. Integrazione tra due rotte usate in successione con riduzione dei tempi di attesa al porto intermedio e possibilità di avere un prezzo particolarmente vantaggioso se effettuato entrambe le rotte (esempio: Livorno-Bastia + Bastia-Nizza);
3. Integrazione tra rotte usate per origine e destinazione sfruttando quanto previsto dal punto precedente (esempio: Livorno-Cagliari).

Il punto 1 viene suddivisa in altri due ipotesi:

- Perdendo la nave, ad esempio, si ha la possibilità di svolgere la traversata con la nave successiva di un altro operatore che ha la stessa origine e destinazione;
- Perdendo la nave, si ha la possibilità di raggiungere un altro porto, ad esempio non partire da Livorno ma partire anche da Genova o da Civitavecchia, sia mantenendo lo stesso operatore che non. L'ipotesi relativa al punto 1 presenta però un problema politico. Infatti attualmente c'è una situazione legata all'affiliazione degli autotrasportatori delle Autostrade del mare. Qui entra in gioco "il cliente abituale" ovvero si hanno più possibilità di poter trovare un posto in una seconda nave dello stesso operatore piuttosto che in una di diverso operatore. Questo accade ad esempio se l'autotrasportatore, che aveva prenotato con una compagnia navale A, perdendo la nave ad un porto raggiunge un altro porto vicino per prendere un'altra nave della stessa compagnia navale A; trovare però una sistemazione in breve tempo risulta più difficile se la compagnia navale A non è presente nell'altro porto e quindi l'autotrasportatore deve fare affidamento ad altre compagnie navali a lui non abituali.

Per poter studiare al meglio questa problematica, risulterebbe utile predisporre una piattaforma, un vero e proprio sito web, in cui sono caricati orari, prezzi e disponibilità in tempo reale con possibilità di fare o cancellare la prenotazione.

Invece l'analisi del punto sia 2 che 3, viene preso in riferimento lo studio fatto di recente da Lupi, Farina, Pilato, Pratelli basato sul costo monetario del tempo di viaggio, dal costo generalizzato e nel caso di intermodale accompagnato con l'utilizzo, ad esempio, di un autoarticolato di 16,5 metri. Il costo generalizzato è funzione ovviamente del costo monetario e oltre a tale parametro va considerato il valore monetario del tempo VT per il tempo di viaggio sull'arco. In letteratura, per questo ultimo parametro, in particolare per quanto riguarda il trasporto merci, c'è forte discordanza sul valore da assegnarli (cioè a VT) ma un valore più recente, sempre alle AdM, è stato proposto da Feo, pari a 6,82 €/h, considerando ad esempio spedizioni di 15 t si ottiene un VT di 0,455 €/h/t. Tale valore è

considerato il più affidabile per la determinazione del costo generalizzato. Nella determinazione dei costi monetari e dei tempi di percorrenza degli itinerari marittimi è importante andare a considerare una componente aggiuntiva data dal tempo speso al porto di interscambio in attesa della nave successiva.

Negli itinerari intermodali, che prevedono trasbordo da una nave alla successiva, i tempi ed i costi sono costituiti generalmente da: imbarco, al porto di origine, sulla prima nave; traversata sulla prima nave; sbarco, al porto di interscambio, dalla prima nave; attesa della seconda nave al porto di interscambio; imbarco, al porto di interscambio, sulla seconda nave; sbarco, al porto di destinazione, dalla seconda nave. Invece negli itinerari intermodali, che non prevedono trasbordo da una nave alla successiva, sono costituiti da: imbarco al porto di origine; traversata; attesa al porto intermedio; traversata; sbarco al porto di destinazione.

Riassumendo, per il calcolo del tempo di viaggio di un itinerario intermodale devono essere considerati i seguenti fattori:

- tempo di traversata;
- tempo richiesto per il carico e lo scarico dell'autoarticolato, nei due porti di inizio e fine della traversata e nel porto di interscambio se è previsto il cambio nave o del tempo di attesa al porto intermedio in attesa della partenza della stessa nave;
- tempo di attesa della nave successiva al porto di interscambio nel caso si abbia il cambio nave;
- "frequency delay".

Il tempo per il carico e lo scarico dell'autoarticolato completo (trasporto accompagnato) è stato basato sulle assunzioni riportate in letteratura tecnica (libro Russo). Riassumendo si considera quindi che un autoarticolato deve presentarsi al terminale ro-ro almeno un'ora e mezzo prima della partenza della nave e che il tempo necessario per lo scarico dell'autoarticolato dalla nave sia pari a circa mezz'ora, il tempo totale per l'imbarco e lo sbarco, da aggiungere al tempo di traversata è assunto pari a 2 ore. Inoltre, in genere, mezz'ora prima della partenza della nave, l'autoarticolato e l'autista sono già a bordo. Perciò sono considerati, nel trasporto accompagnato: un'ora per il carico dell'autoarticolato sulla nave, mezz'ora per lo scarico, più un'altra mezz'ora prima della partenza della nave in cui l'autista è già a bordo. Il tempo di attesa della nave successiva nel porto di interscambio è calcolato sulla base degli orari delle rotte.

Invece il "frequency delay" è una quantità che tiene conto della frequenza della rotta di AdM e che ci è molto di aiuto per l'analisi dello studio. In generale, non è disponibile una partenza della rotta nel momento desiderato dallo spediteore. Tale valore è tanto più alto quanto più bassa è la frequenza del servizio. Il "frequency delay" è stato determinato sulla base di una

ricerca di Ghobrial e Kanafani, svolta per il trasporto aereo, adattandone i risultati al trasporto marittimo.

In particolare, nella presente analisi, il “frequency delay”  $t_f$  è calcolato come segue:

$$t_f = \frac{1}{8} \cdot \frac{O_{pw}}{f_a}$$

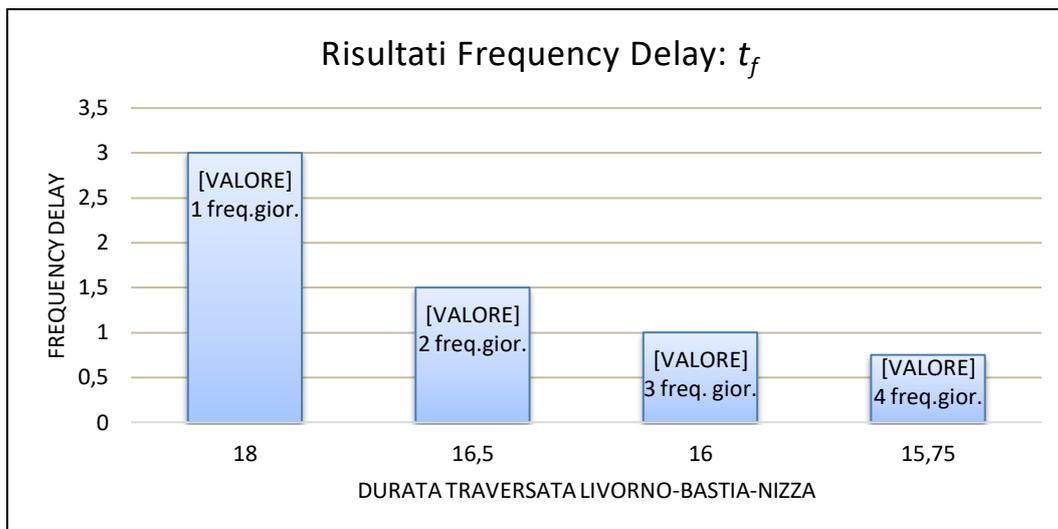
con

$O_{pw}$  = tempo di programmazione settimanale delle partenze in una rotta;  $O_{pw} = 168$  (7 giorni la settimana in cui i servizi AdM sono operativi e 24 ore al giorno)

$f_a$  = frequenza settimanale della rotta.

È in questa elaborazione che andiamo ad ipotizzare anche più di una frequenza giornaliera dell’arrivo dell’imbarcazione al porto, oltre che alla realizzazione di un unico biglietto. Tra le proposte di miglioramento si può prevedere, quindi, il mantenimento delle rotte e degli orari allo stato attuale ma prevedendo la realizzazione di un unico biglietto per le due rotte utilizzate nell’itinerario intermodale. Per esempio, nell’itinerario tra Livorno e Nizza non sarà più necessario pagare due biglietti, Livorno – Bastia e Bastia – Nizza, ma un unico biglietto, il cui prezzo viene calcolato come se non si trattasse di due rotte diverse, ma di un’unica rotta. Per questa proposta di miglioramento è stato necessario determinare una relazione che consenta di calcolare il prezzo del biglietto in funzione della lunghezza della rotta di AdM. Accorpendo le rotte esistenti in rotte più lunghe facenti scalo a Bastia e facendo riferimento ai tempi necessari per le operazioni di carico e scarico della nave nel caso di trasporto accompagnato è stato ipotizzato un tempo di sosta a Bastia pari a 3 ore (3 ore è il tempo necessario per scaricare e caricare il veicolo dalla nave). Inoltre, è stato pensato di portare la frequenza di tutte le rotte a 7 servizi la settimana (ossia una partenza giornaliera), in modo tale da ridurre il frequency delay a solo 3 ore. Se fosse pensata una frequenza maggiore ad esempio 2 e quindi 14 servizi a settimana otteniamo un valore di frequency delay pari a 1.5. Se invece la frequenza fosse pari a 3 allora arriviamo a 21 frequenze a settimanali. Questo comporta avere un miglioramento generale sia per gli utenti che per le compagnie ed in tabella 5.1 è presente il confronto tra le varie frequenze giornaliere della tratta Livorno-Bastia-Nizza senza cambio di nave a Bastia ma partenza con la stessa nave da Bastia fino a raggiungere Nizza.

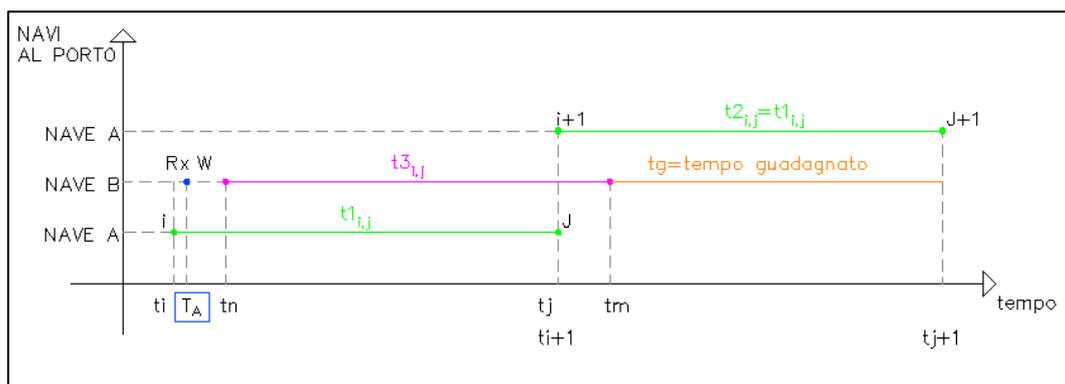
Tabella 5.1 : Valori del Frequency Delay sulle varie frequenze giornaliere e relative durate in ore



Di seguito viene riportata l'analisi del caso in cui il mezzo arriva al porto quando la nave è partita. Visto che il tempo di viaggio di un itinerario intermodale è funzione di diversi fattori ed alcuni di essi non sono modificabili, è possibile agire sulle frequenze giornaliere (come visto sopra).

In dettaglio considerando un tempo di viaggio  $t_{1,i,j}$  che dall'origine  $i$  arriva alla destinazione  $j$  impiegato dall'imbarcazione di una compagnia navale  $A$  e  $t_{2,i,j}$  pari a  $t_{1,i,j}$  perché è il tempo che fa la stessa nave  $A$  quando riparte dall'origine  $i$  ed arriva alla destinazione  $j$ , è possibile considerare una variabile  $R_x$  pari al tempo di ritardo dell'autoarticolato al porto. In relazioni alle informazioni del tempo di viaggio per la traversata ed in funzione alla frequenza delle navi allo stesso porto, si può affermare che il tempo guadagnato dall'autoarticolato  $t_g$  nel prendere la prima nave che arriva al porto (cioè subito la successiva a quella che l'autoarticolato non ha potuto prendere perché è giunto in ritardo) è il tempo della traversata  $t_{2,i,j}$  ( $=t_{1,i,j}$ ) per due detratto dal tempo della traversata effettuata con la seconda nave  $B$   $t_{3,i,j}$  e detratto del ritardo del veicolo al porto  $R_x$  e detratto anche il tempo di attesa per prendere la nave  $B$  pari a  $W$ .

$$T_g = \text{tempo guadagnato} = t_{1,i,j} * 2 - t_{3,i,j} - R_x - W$$



**Figura 2: Esempio di autoarticolato in ritardo al porto**

## 5.1. Un modello matematico di integrazione ottimale di un sistema tariffario

Il problema della suddivisione ottimale in zone del bacino di domanda di un sistema di trasporto collettivo è stato nel passato affrontato sia con approcci di tipo analitico, sia attraverso più recenti modelli di programmazione matematica. Prendendo spunto da questi ultimi e da uno studio svolto da Pratelli e Schoen, si presenta un modello di integrazione ottimale di un sistema, relativamente all'area oggetto di studio.

La determinazione della tariffa ottimale avviene attraverso la minimizzazione di una funzione di costo a componenti ponderate in modo da essere in grado di tener conto sia delle esigenze di pareggio del budget di ciascuna azienda (compagnia marittima) sia delle variazioni degli oneri monetari imposti all'utenza, segmentata per abbonati e viaggiatori con biglietto. Invece la determinazione in zone del bacino di domanda può avvenire usando un algoritmo euristico basato sulla ricerca casuale della configurazione più vantaggiosa.

L'obiettivo, come specificato in precedenza, è la proposta di un sistema di tariffe integrate che, con un unico tipo di biglietto, permetta al singolo utente di viaggiare all'interno di uno stesso comprensorio territoriale, suddiviso in più zone diverse, servendosi di uno o più mezzi e/o di differenti modi di trasporto collettivo di volta in volta gestiti da aziende di trasporto diverse (esempio possibilità di viaggiare con compagnie marittime diverse).

Quindi in sintesi gli obiettivi da raggiungere sono:

- minimizzare l'aumento del prezzo del biglietto pagato dall'utente con il vecchio (non integrato) e con il nuovo sistema di tariffe;
- minimizzare la riduzione dell'incasso totale;
- minimizzare la riduzione dell'incasso di ciascuna azienda di trasporto.

Nell'ambito della programmazione matematica, è utile impostare, assegnata una zonizzazione, quale può essere un sistema di tariffazione ottimale con uno schema che evidenzia i diversi insiemi con i relativi indici usati, i parametri numerici necessari, le variabili di decisione, i vincoli ed infine la funzione obiettivo. Il modello risulta utile per poter rappresentare quindi scenari di tariffazione differenti e rappresenta un classico schema di modello lineare con variabili intere. Per quanto riguarda il problema della zonizzazione ottimale dipenderà dai parametri scelti nel modello inferiore di tariffazione e la sua "bontà" verrà decisa in base al valore assunto dall'obiettivo del modello di tariffazione.

## 5.2. La Teoria dei Giochi

Il sistema di tariffazione integrata è assimilabile ad un gioco non cooperativo. Infatti è possibile raggiungere una situazione nella quale tutte le Compagnie di navigazione raggiungono il miglior risultato possibile a patto che esse (giocatori) rispettino delle regole (governance).

Tutte le Compagnie operano non per ottenere soltanto il miglior risultato individuale ma per ottenere il miglior risultato per tutto il gruppo. Indirettamente questo porta a raggiungere un risultato migliore anche per sé stesse. L'obiettivo è riuscire a massimizzare tutti, altrimenti, se il giocatore decidesse di massimizzare solo se, viene massimizzato il minimo e non il massimo.

Questo rappresenta il Teorema di Nash che afferma: "Il risultato migliore si ottiene quando ogni componente del gruppo fa ciò che è meglio per sé e per il gruppo".

Questo tratta una situazione competitiva, nei giochi non cooperativi infatti i giocatori non hanno la possibilità di stringere accordi vincolanti, a prescindere da quale sia il loro obiettivo (sono proprio le regole del gioco a impedire gli accordi). Ogni individuo partecipa con l'obiettivo di fare sempre la cosa che lo porti ad avere il massimo del guadagno possibile, in questo senso si comporta come un "intelligente ottimista": cerca in tutti i modi di seguire la strategia che pensa sia più vantaggiosa per sé stesso. Può accadere che durante il gioco emerga una condizione in cui ogni partecipante non abbia alcun incentivo a modificare la propria strategia, anche alla luce delle strategie attuate dagli altri. Questo è il punto di equilibrio di Nash: la presenza di un comportamento razionale è utile socialmente perché consente a tutti i giocatori di ottenere qualcosa, che al tempo stesso è nell'interesse di tutti i partecipanti. È possibile intraprendere le stesse azioni, svolte con l'ecobonus attualmente vigente sulle autostrade d'Italia, nelle autostrade del mare. Questa è una strategia per favorire tale tipologia di trasporto e renderla così più utilizzabile e più fruibile. La costituzione di un sistema di tariffe integrate e di percorrenze di tipo chiuso, sul modello della rete autostradale Italiana, trova verifica sia dal punto di vista funzionale con la riduzione dei tempi di attesa e quindi dei tempi di viaggio, sia dal punto di vista economico per quanto garantito dal modello di gioco non cooperativo di equilibrio di Nash.

Contact: [gosmartmed@gmail.com](mailto:gosmartmed@gmail.com)