

On the cost of road-rail combined transport / Sul costo del trasporto combinato strada rotaia

*Original*

On the cost of road-rail combined transport / Sul costo del trasporto combinato strada rotaia / DALLA CHIARA, B., Pellicelli, M.. - In: INGEGNERIA FERROVIARIA. - ISSN 0020-0956. - STAMPA. - LXVI:11(2011), pp. 951-965.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2486990 since:

*Publisher:*

CIFI (Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani)

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



## Sul costo del trasporto combinato strada-rotaia

### On the cost of road-rail combined transport

Prof. Ing. Bruno DALLA CHIARA<sup>(\*)</sup>, Dott.ssa Michela PELLICELLI<sup>(\*\*)</sup>

#### 1. Premessa

Se un trasporto porta a porta (“door to door”) è effettuato utilizzando un unico modo di trasporto - stradale, ferroviario, fluviale, marittimo, aereo - tale trasporto è definito monomodale. Se invece s'utilizzano in sequenza più modi di trasporto, il trasporto si dice plurimodale o multimodale.

Il trasporto intermodale è notoriamente «Il trasferimento di merce mediante una medesima unità di caricamento o un medesimo veicolo stradale utilizzando due o più modi di trasporto e senza la manipolazione della merce stessa» [UN/ECE], quindi un trasporto plurimodale effettuato senza rottura di carico mediante un'unità di trasporto intermodale, utilizzando in sequenza almeno una coppia di modi di trasporto, quali quello stradale-ferroviario o stradale-marittimo, ciascuna delle quali dà luogo ad un *trasporto combinato* (t.c.)<sup>(1)</sup>.

Gli inland-terminal, cioè i terminali intermodali nei quali si effettua il trasferimento o trasbordo strada-rotaia, sono i nodi caratteristici del trasporto combinato - abbinati o meno ad un interporto - nelle cui aree attrezzate e tramite adatti mezzi di movimentazione avviene lo scambio delle unità di trasporto intermodale tra strada e rotaia.

S'individuano due distinte tipologie di trasporto combinato [1]:

- tra i porti e gli inland terminal, di regola con i container marittimi;
- tra inland terminal<sup>(2)</sup>, per il trasporto strada-rotaia (*ferroviage*), accompagnato o non accompagnato, delle unità di trasporto intermodale.

<sup>(\*)</sup> Politecnico di Torino – I Facoltà di Ingegneria – Trasporti.

<sup>(\*\*)</sup> Università di Pavia, Facoltà di Economia - Economia Aziendale.

<sup>(1)</sup> Il termine multimodale si presta quindi ad un impiego nel trasporto sia di persone sia di merci, mentre quello intermodale è più propriamente utilizzabile per il trasporto delle merci e nell'ambito della logistica.

<sup>(2)</sup> Nel trasporto combinato strada-rotaia “accompagnato” è possibile caricare sul treno anche il veicolo motore e l'autista. È una forma generalmente antieconomica ma utilizzata dal trasporto stradale nelle tratte ove sussistono limitazioni o proibizioni di traffico stradale pesante (transiti di valichi o di nazioni con traffico contingentato) ovvero per beneficiare della trazione ferroviaria durante il riposo obbligatorio previsto nel trasporto stradale in Europa.

#### 1. Foreword

If a door to door transport is carried out by a single transport mode – by road, rail, inland waterways, sea or air – this transport is defined as uni-modal. If, otherwise, more than one transport mode is utilized in sequence, the transport is defined as multimodal.

The intermodal transport is notoriously «The movement of goods in one and the same loading unit or road vehicle, which uses successively two or more modes of transport without handling the goods themselves in changing modes» [UN/ECE], by extension, the term intermodality has been used to describe a system of transport whereby two or more modes of transport are used to transport the same loading unit or truck in an integrated manner, without loading or unloading, in a [door to door] transport chain; at least a couple of transport modes has to be used, as the road-rail or road-maritime, each of which provides a *combined transport*<sup>(1)</sup>.

The inland-terminals, which are the intermodal terminals where the road-rail transfer is carried out, are the typical nodes for the combined transport, were they coupled with a freight village (logistic center) or not; in their equipped areas, by way of suitable handling means, the modal shift - between road and rail - of the intermodal transport units takes place.

Two different typologies of combined transport are classified [1]:

- among ports and inland terminals, regularly with di maritime containers;
- among inland terminals<sup>(2)</sup>, for the road-rail transport (*ferroviage*), accompanied or unaccompanied, of intermodal transport units.

<sup>(\*)</sup> Politecnico di Torino, I Faculty of Engineering – Transport Systems.

<sup>(\*\*)</sup> University of Pavia, Faculty of Economics – Business Economics.

<sup>(1)</sup> The term *multimodal* is appropriate both when referred to the transport of passengers and of goods, while the *intermodal* one can be more properly used for the transport of goods and in the context of logistics.

<sup>(2)</sup> In the accompanied road-rail transport it is possible to load also the motor coach and the driver on the train. It is generally an anti-economic choice but used in road transport on those stretches where limitations or bans for heavy transport are applied on roads - as at border crossings on mountains or in nations with impositions on freight traffic - or even in order to benefit of the rail traction during the compulsory resting periods, as applied in road transport in Europe.

Nell'articolo si analizzano le voci di *costo* del trasporto combinato, vale quindi a dire «Il trasporto intermodale, in cui la maggior parte del tragitto [...] si effettua per ferrovia, vie navigabili o per mare, mentre i percorsi iniziali e/o terminali, i più corti possibili, sono realizzati su strada» [UN/ECE] o, in modo più esteso, il “trasporto intermodale, nel quale l'autocarro, il rimorchio o il semirimorchio con o senza veicolo trattore, la cassa mobile o il container effettuano la parte iniziale o terminale del tragitto, la più corta possibile, su strada e la parte intermedia prevalente del tragitto su ferrovia o via mare o vie navigabili”.

Tale analisi economica costituisce la premessa per considerazioni di carattere più ampio, che si aprono all'orizzonte, come l'uso della connessione ferroviaria transasiatica in alternativa o in aggiunta al trasporto marittimo, finora dominante e quasi esclusivo nelle relazioni tra Europa ed est asiatico. Una premessa è però doverosa, nell'analisi dei costi: il fattore *tempo* sta sempre più assumendo, da qualche anno, un ruolo determinante nelle scelte modali da parte delle aziende di produzione e delle aziende di trasporto. In effetti la globalizzazione dei mercati e l'esternalizzazione delle produzioni hanno favorito la commercializzazione di materie e prodotti anche nel caso di lunghe distanze, per le quali diviene indispensabile rispettare le tempistiche necessarie al fine di garantire la realizzazione degli obiettivi produttivi. Nel seguito si pongono le basi per la valutazione del costo a prescindere dal tempo impiegato per il trasporto.

### 2. La formazione del prezzo del trasporto combinato strada-rotaia

Nel trasporto combinato strada-ferrovia, il tragitto “porta a porta” comporta i seguenti costi [1, 2, 3]:

- trazione stradale iniziale e relativi oneri organizzativi;
- operazioni nel terminal di partenza;
- trazione sulla tratta ferroviaria;
- operazioni nel terminal di arrivo;
- trazione stradale finale e relativi oneri organizzativi;
- costo d'utilizzo dell'UTI (Unità di Trasporto Intermodale);
- costo d'utilizzo del carro ferroviario per il trasporto intermodale;
- costi organizzativi e di gestione dell'operatore ferroviario.

La tratta ferroviaria è quella in genere a minor costo per l'effetto della *concentrazione di traffico*, mentre sono molto variabili e solitamente elevati i costi delle trazioni stradali iniziali e finali, che non dipendono per tratte brevi dalle distanze percorse ma dal tempo impiegato in ogni servizio<sup>(3)</sup>. Si devono poi aggiungere i costi dei terminal.

<sup>(3)</sup> Questo tempo è difficilmente gestibile in quanto dipende in massima parte dalle condizioni della circolazione stradale nelle aree intorno ai terminal e dai tempi d'attesa nelle località d'origine/destinazione per il carico e lo scarico della merce.

Within this paper, the cost items are analyzed for the combined transport, that is of the «Intermodal transport where the major part of the European journey is by rail, inland waterways or sea and any initial and/or final legs carried out by road are as short as possible» [UN/ECE] or, in a more extended way, the “intermodal transport where the lorry, the trailer or semi-trailer with or without motor coach, the swap body or the container cover the initial or final part of the travel, as short as possible, by road while the prevailing intermediate one by railway, sea or inland waterways”.

The economic analysis constitute the premise for more extended considerations, which loom on the horizon, like the use of the trans-Asian rail connection as an alternative or in addition to the maritime transport, until now dominating and nearly exclusive in the exchanges between Europe and East of Asia.

A premise is needed indeed, in the analysis of costs: the *time* factor is assuming much more, since a few years, a determining role in the modal choices made by production companies and transport operators. As a matter of fact, the globalization of markets and the outsourcing of productions have favored the commercialization of materials and products also at long distances, for which it becomes necessary to respect the required time-scheduling in order to guarantee the achievement of the goals of production. In the following part, the bases for the cost evaluation, regardless the required time, are set.

### 2. The generation of price in the road-rail combined transport

In the road-rail combined transport, a door to door shipment involves the following costs [1, 2, 3]:

- initial road haulage with related organisational costs;
- operations in the starting terminal;
- haulage through the railway connection;
- operations at the arrival terminal;
- final road haulage and related organisational costs;
- cost for the use of the *Intermodal Transport Unit (ITU)*;
- cost for the use of the railway wagon for the intermodal transport;
- organization and management costs of the railway operator.

The railway connection represents generally the lowest cost because of the traffic *concentration*, whilst the costs of the initial and final road haulage - which do not depend for short trips on the distances covered but, rather, on the time used for each service - vary widely and are generally high<sup>(3)</sup>. To this, the cost related to the terminal has to be added.

<sup>(3)</sup> This time is difficult to be managed, since it greatly depends on the conditions of road circulation in the areas around the terminals and on the waiting time in the origin/destination areas for the loading and unloading of the cargoes.

Per un'analisi di convenienza sul trasporto combinato si dispone generalmente di queste informazioni:

- il prezzo per il trasporto da terminal a terminal (tratta su rotaia) di una UTI formulato dall'operatore ferroviario, che comprende a sua volta:
  - il costo del treno completo suddiviso per UTI in funzione del BEP<sup>(4)</sup>;
  - il costo d'impiego dei carri speciali utilizzati nel trasporto;
- il costo d'impiego delle UTI;
- i prezzi delle operazioni di terminal in partenza ed in arrivo.

In genere, in un confronto con altra modalità di trasporto – in prospettiva e per il caso citato, via mare, ma solitamente fino ad oggi con il trasporto stradale - si determina il valore della *distanza ferroviaria di convenienza* cioè della distanza minima al di sotto della quale il trasporto combinato strada-rotaia di una determinata UTI su una specifica relazione di traffico non può essere conveniente [4].

Si assuma che:

$P_{st}$  = prezzo di un trasporto alternativo (in genere stradale) "porta a porta" da A a B;

$D_s$  = distanza del vettore alternativo in km;

$P_{sk}$  = prezzo di mercato del trasporto alternativo in €/km<sup>(5)</sup>.

Risulta:

$$P_{st} = D_s \cdot P_{sk}$$

Si assume che:

$P_{tc}$  = prezzo di un trasporto combinato strada-rotaia da A a B.

Esso sarà composto da una serie di costi, ognuno corrispondente ad una attività specifica:

$P_{ts}$  = trazioni terminali stradali iniziale ( $P_{tsi}$ ) e finale ( $P_{tsf}$ );

$P_{tf}$  = trazione ferroviaria tra terminal;

$P_{tg}$  = operazioni nei terminal iniziale ( $P_{tgi}$ ) e finale ( $P_{tgf}$ );

$P_{nc}$  = onere per i carri (può essere compreso in  $P_{tf}$ );

$P_{uti}$  = onere per l'utilizzo dell'UTI;

<sup>(4)</sup> *Break Even Point* cioè il numero di UTI da caricare su quel determinato treno per raggiungere il punto di pareggio tra costi e ricavi per l'operatore ferroviario.

<sup>(5)</sup> Nel caso di calcolo del costo chilometrico di un veicolo stradale:

- i costi fissi annuali (ammortamenti, tasse di circolazione, assicurazioni, costo del lavoro dipendente) devono essere ripartiti sulla percorrenza;
- i costi variabili (carburanti, lubrificanti, pneumatici, autostrade, manutenzioni e riparazioni) sono direttamente imputabili al chilometro.

For an analysis on the cost-effectiveness of the combined transport, the following information is generally available:

- the price to transport an ITU from a terminal to another one (railway connection); this is formulated by the railway operator and includes:
  - the cost of the complete train, broken down by an ITU as a function of the BEP<sup>(4)</sup>;
  - the cost for the use of the special wagons utilized for the transport;
- the cost for the use of the ITU's;
- the prices of the terminal operations at origin and destination.

In general, in the comparison with another modality of transport - as a perspective and for the mentioned case by seaway, but to date generally versus road transport - the value of the *cost-effective railway distance* has to be determined, i.e. the minimum distance below which the road-rail combined transport of a given ITU on a specific traffic relationship cannot be cost-effective [4].

Let us assume that:

$P_{st}$  = price of an alternative (generally road) door to door transport from A to B;

$D_s$  = distance of the alternative vector in km;

$P_{sk}$  = market price of the alternative transport in €/km<sup>(5)</sup>.

It is then obtained:

$$P_{st} = D_s \cdot P_{sk}$$

It is assumed that:

$P_{tc}$  = price of a combined road-rail transport from A to B.

It will be composed by a series of costs, each of them corresponding to a specific activity, namely:

$P_{ts}$  = initial ( $P_{tsi}$ ) and final ( $P_{tsf}$ ) road terminal hauls;

$P_{tf}$  = railway haulage between terminals;

$P_{tg}$  = operations in the initial ( $P_{tgi}$ ) and final ( $P_{tgf}$ ) terminals;

$P_{nc}$  = charge for the wagons (it can be included in  $P_{tf}$ );

$P_{uti}$  = charge for the use of the ITU;

<sup>(4)</sup> *Break Even Point* i.e. the number of ITU's to be loaded on that given train to break even the cost and revenue for the railway operator.

<sup>(5)</sup> In case of calculating the cost per kilometer of a road vehicle:

- the fixed yearly costs (depreciation, excise duties, insurance, cost of labor) are to be spread on the pathway;
- the variable costs (fuel, lubricants, tires, motorways, maintenance and repairs) can be computed directly per kilometer.

$P_{of}$  = competenze per l'operatore ferroviario;

$N$  = numero di UTI corrispondenti al BEP del treno.

La trazione ferroviaria tra terminal vale per un treno completo:

$$P_{if} = D_f \cdot P_{fk}$$

ove

$D_f$  = distanza ferroviaria tra i terminal;

$P_{fk}$  = costo chilometrico del treno.

La trazione ferroviaria per una UTI  $P_{ifu}$  vale:

$$P_{ifu}/N = (D_f \cdot P_{fk})/N$$

Si può scrivere:

$$P_{tc} = P_{tsi} + P_{tsf} + P_{ifu}/N + P_{tgi} + P_{tgf} + P_{nc} + P_{vtt} + P_{of}$$

L'equilibrio economico tra i due trasporti si ha per:

$$P_{st} = P_{tc}$$

ovvero

$$D_s \cdot P_{sk} = P_{tsi} + P_{tsf} + (D_f \cdot P_{fk})/N + P_{tgi} + P_{tgf} + P_{nc} + P_{vtt} + P_{of}$$

Per semplificare il ragionamento si possono raggruppare i valori indipendenti dalla distanza ( $P_{tgi}$ ,  $P_{tgf}$ ,  $P_{tsi}$ ,  $P_{tsf}$ ) con quelli quasi indipendenti dalla distanza ( $P_{nc}$ ,  $P_{vtt}$ ) in quanto legati al tempo di utilizzo dei beni, assegnando il simbolo  $K$  all'insieme di questi costi. Sulle trazioni terminali si avrà modo di fornire alcune precisazioni nel seguito.

Ne deriva che:

$$D_s \cdot P_{sk} = (D_f \cdot P_{fk})/N + K + P_{of}$$

Nell'ipotesi semplificativa che  $D_s = D_f = D$  si può scrivere:

$$P_{sk} = P_{fk}/N + (K+P_{of})/D$$

Tale ipotesi può risultare troppo semplificativa nel caso in cui si abbiano estese trazioni stradali finali e trazioni ferroviarie brevi, cioè al di sotto indicativamente di poche centinaia di chilometri (esempio, 250-350 km); ma, normalmente, con trazioni stradali dell'ordine di poche decine di chilometri e percorrenze ferroviarie estese a diverse centinaia di chilometri, l'errore diviene marginale e ancor più trascurabile se si fa riferimento a lunghissime percorrenze, come il caso citato delle connessioni Europa-Asia. In quest'ultimo caso occorre tuttavia distinguere tra l'alternativa ferroviaria e quella marittima di lunga distanza, meritevole di una trattazione ad-hoc, con la trazione finale - di regola stradale - dalle origini delle spedizioni ai terminal e da questi alle destinazioni ultime.

Si deduce, dalla formulazione sopra indicata, che il costo chilometrico della trazione ferroviaria ripartito per UTI deve essere inferiore al costo chilometrico del trasporto per modalità alternativa della quantità  $(K+P_{of})/D$ .

Dato un valore di  $P_{fk}$  e di  $(K+P_{of})$  l'eguaglianza si verificherà per un valore di  $D$  che è appunto la *minima distanza di convenienza*.

In fig. 1 [1, 2, 3] viene riportata la schematizzazione della struttura dei costi del trasporto combinato, mentre

$P_{of}$  = fees for the railway operator;

$N$  = number of ITU's corresponding to the BEP of the train.

The railway haulage between terminals is equivalent, for a complete train, to:

$$P_{if} = D_f \cdot P_{fk}$$

where:

$D_f$  = railway distance between the terminals;

$P_{fk}$  = cost of the train per kilometre.

The railway haulage for one ITU,  $P_{ifu}$  is worth:

$$P_{ifu}/N = (D_f \cdot P_{fk})/N$$

We can therefore write:

$$P_{tc} = P_{tsi} + P_{tsf} + P_{ifu}/N + P_{tgi} + P_{tgf} + P_{nc} + P_{vtt} + P_{of}$$

The economic balance between the two transport alternatives is given by:

$$P_{st} = P_{tc}$$

i.e.:

$$D_s \cdot P_{sk} = P_{tsi} + P_{tsf} + (D_f \cdot P_{fk})/N + P_{tgi} + P_{tgf} + P_{nc} + P_{vtt} + P_{of}$$

In order to simplify the reasoning, we can assemble the values which do not depend on distance ( $P_{tgi}$ ,  $P_{tgf}$ ,  $P_{tsi}$ ,  $P_{tsf}$ ) to the ones which are nearly independent on distance ( $P_{nc}$ ,  $P_{vtt}$ ) since they are linked to the time of utilization of the goods and allocate the symbol  $K$  to these costs as a whole. On the final road hauls, some specifications will be provided in the following.

Hence:

$$D_s \cdot P_{sk} = (D_f \cdot P_{fk})/N + K + P_{of}$$

In the simplified assumption that  $D_s = D_f = D$ , we can write:

$$P_{sk} = P_{fk}/N + (K+P_{of})/D$$

This hypothesis may result too much simplifying when dealing with long road ending haulages and short rail haulages, that is below some hundreds of kilometres indicatively (e.g. 250-300 km); yet, usually, with road haulages in the order of a few tens of kilometres and rail traction as extended as many hundreds of kilometres, the error becomes marginal and even much more negligible when dealing with very long distances, as in the case of the Europe-Asia links. In this last case we have to distinguish between the rail transport and the long-range maritime alternative, worthy of an ad-hoc analysis, with the final traction, usually by road, from the origin of the shipment to the terminals and from these last to the final destinations.

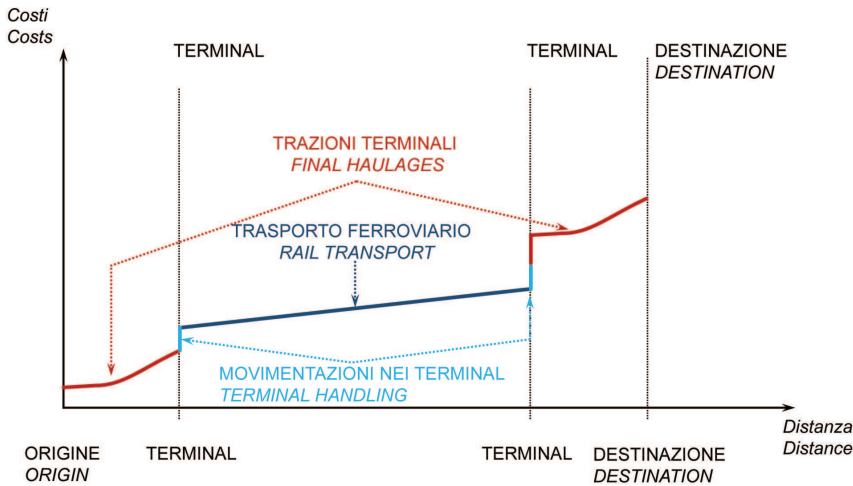
Consequently, from the abovementioned expression, the cost per kilometre of the railway haulage broken down by ITU must be lower than the cost per kilometre of the transport by an alternative modality of quantity  $(K+P_{of})/D$ .

Given a value of  $P_{fk}$  and  $(K+P_{of})$ , the equivalence will be verified by a value of  $D$ , which is exactly the *minimum cost-effective distance*.

In fig. 1 [1, 2, 3] the scheme of the cost structure for road-rail combined transport is reported, while the fig.

la fig. 2 riporta il confronto tra il trasporto combinato strada-rotaia ed il trasporto interamente stradale, identificato talvolta anche come “tutto strada”, con l’indicazione dei differenziali  $\Delta_1$  e  $\Delta_2$  tra le due alternative di trasporto, nella fattispecie a favore del combinato. Il costo di una trazione stradale finale diviene trascurabile allorquando un terminal sia ubicato presso un interporto, dal quale la spedizione prenda origine [1, 3, 5].

2 reports a comparison between the road-rail combined transport and the complete road transport, identified sometimes as “wholly by road”, with the indication of  $\Delta_1$  e  $\Delta_2$  differentials among the two transport alternatives, in the specific case in favour of combined transport. The cost of the final road haulage can be deleted when a terminal is placed close to or inside a freight village or logistics centre, from which the shipment may start [1, 3, 5].



(Fonte: elaborazione da base Cemat - Source: processing from CEMAT)

Fig. 1 - Schematizzazione indicativa della struttura dei costi del trasporto combinato. Cost scheme showing the structure of costs for combined transport.

### 3. Considerazioni sulla formazione del prezzo del trasporto combinato

Un buon esito del trasporto combinato strada-rotaia presuppone quindi, tra le esigenze prioritarie, la rilevanza delle percorrenze chilometriche; anche il trasporto combinato strada-mare, nel caso “ro-ro”, cioè un trasporto di veicoli completi e non di UTI in alternativa ad esempio alla trazione stradale - è influenzato dalle lunghe distanze.

Lo scopo fondamentale del trasporto combinato consiste infatti nell’effettuare lunghe distanze su un percorso diverso da quello stradale, riservando a quest’ultimo, per le sue caratteristiche di flessibilità ed adattamento, la penetrazione capillare sul territorio.

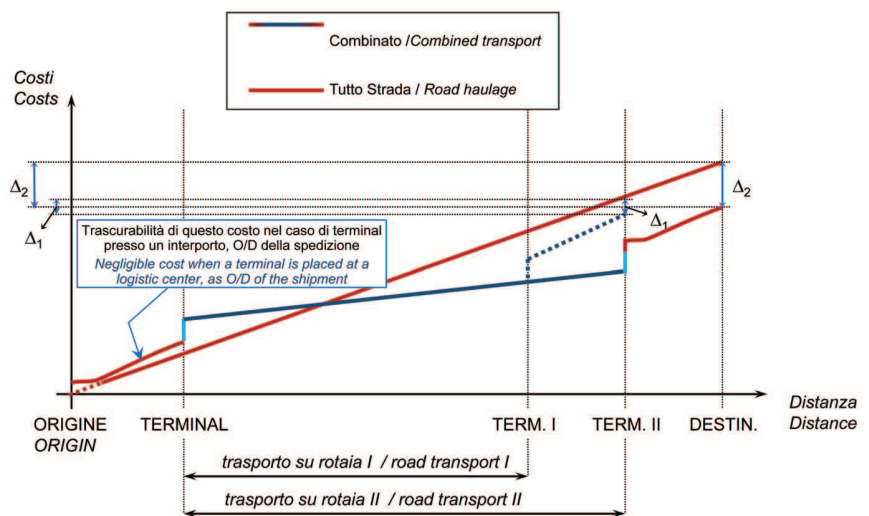
Solitamente assume particolare rilievo, in questo contesto, la verifica dei limiti di convenienza del trasporto ferroviario rispetto a quello stradale, in funzione della percorrenza. Invero, specie nella logica di una connessione ferroviaria di lunga percorrenza come quella

### 3. Considerations on the generation of the combined transport price

The combined road-rail transport can be cost-effective if the distance to be covered is significant; also the road-seaway transport in the ro-ro case, i.e. a transport of complete vehicles rather than ITU’s as an alternative - for instance - to road haulage, is influenced by long distances.

The main purpose of combined transport consists of covering long distances on a different pathway than the road one, reserving to the latter the capillary penetration throughout the territory, because of its features of flexibility and adaptation.

Special relevance is usually given, within this context, to the verification of the cost-effectiveness limits of the railway transport in comparison to the road one, as a function of the distance to be covered. With particular reference to the logic of a long-distance railway connection,



(Elaborazione da dati Cemat - Source: processing from CEMAT)

Fig. 2 - Confronto tra trasporto combinato strada-rotaia e trasporto interamente stradale. Comparison between road-rail combined transport and transport operated entirely by road.

trans-asiatica, occorre oggi tenere sempre più in considerazione la differenza di *tempi* di percorrenza, i quali costituiscono un rilevante criterio di confronto tra il tutto-strada ed il *ferroustage* e nel nostro caso con il trasporto marittimo.

Nonostante tale semplificazione del problema, risulta evidente l'impossibilità d'operare un raffronto che abbia carattere generale, sia in ragione delle diverse tipologie di offerta del comparto ferroviario (a collettame, a carro completo, trasporto container, trasporto semirimorchi), sia per la grande quantità di navi di differenti dimensioni, percorrenze annue, capacità di carico e quindi tali da determinare un costo chilometrico molto variabile da caso a caso. Occorre inoltre tenere presente che, per il trasporto ferroviario a carro completo, si utilizzano talvolta carri di natura diversa, soggetti ciascuno a differente tariffazione. Nel caso del trasporto combinato l'offerta ferroviaria è univoca, ma pur sempre passibile di contrattazione.

Per disporre di valori ben definiti di confronto tra una spedizione via mare ed una con trasporto combinato si possono pertanto analizzare solamente situazioni particolari, non prive tuttavia di significato<sup>(6)</sup>.

#### 4. Considerazioni sulle principali voci di costo di un trasporto combinato<sup>(7)</sup>

##### *Trazione ferroviaria*

È la voce di regola più importante come costo del treno completo ed anche la più sensibile perché dalla sua divisione per il numero di UTI, corrispondente al BEP del treno a meno dell'utile, deriva la base del prezzo che l'operatore ferroviario propone al mercato.

L'ipotesi di un numero di UTI alto abbassa l'incidenza del costo unitario del treno ma rende più difficile il rag-

---

<sup>(6)</sup> Nel caso del trasporto stradale può essere calcolato sul valore medio dei costi chilometrici della categoria di veicolo prescelta di volta in volta. Il calcolo dei costi chilometrici viene effettuato tenendo ovviamente conto sia dei *costi fissi* (ammortamento economico del capitale di acquisto, tasse di circolazione, assicurazioni, costo del lavoro dipendente), che dei *costi variabili* (carburanti, lubrificanti, pneumatici, autostrade, manutenzioni e riparazioni, costo del lavoro autonomo).

I costi fissi vanno ripartiti, sul costo chilometrico, in funzione della percorrenza annua dell'automezzo. Il costo del trasporto su strada risulta quindi in parte inversamente proporzionale alle percorrenze chilometriche.

Per la determinazione del costo delle percorrenze ferroviarie, si possono utilizzare, per quel che riguarda il trasporto ferroviario, le tariffe riportate nei bollettini commerciali degli esercenti ferroviari; esse costituiscono solo un'indicazione in quanto passibili di contrattazioni e modifiche in funzione della spedizione.

<sup>(7)</sup> Si ringrazia l'Ing. ERCOLANI per il supporto fornito nella redazione del testo, già oggetto dei lavori citati in bibliografia [1, 2], rivisti con l'intento di un possibile rilancio, nella logica energetica e delle relazioni transasiatiche, della trazione ferroviaria per il trasporto merci di media, lunga e anche - ora - lunghissima percorrenza.

such as the trans-Asian one, increasing significance is to be given to the difference in the *coverage time*, which is an important term of comparison between the road-only and the road-rail transport with - in our case - sea shipping.

In spite of such simplification, it is obvious that no general comparison can be made because of both the different typologies offered by the railway industry (groupage, complete wagon, container transport, semi-trailer transport) and the large quantity of ships of different dimensions, yearly distances covered, and load capacities, which are such to determine - subsequently - a widely variable cost per kilometre depending upon the cases. Furthermore, it must be kept in mind that wagons of different types are sometimes utilized in the railway haulage of complete wagons, and that each of them is subject to a different tariff system. In the road-rail combined transport, the rail supply is unique, though liable of negotiations.

In order to have at disposal some well-defined comparison values between seaway shipment and combined transport, we can only analyse particular situations, which are nevertheless far from being meaningless<sup>(6)</sup>.

#### 4. Considerations on the main cost items of combined transport<sup>(7)</sup>

##### *Railway haulage*

This is usually the most significant item of the cost of the complete train and also the most sensitive one, since the basis of the price the railway operator proposes to the market derives from its breaking down on the number of ITU's, which corresponds to the BEP of the train except for the profit.

Transporting a large number of ITU's lowers the impact of the unit cost of the train, but this makes the BEP harder

---

<sup>(6)</sup> Road transport can be calculated on the average value of the cost per kilometer of the category of vehicles which is selected every time. The calculation of the cost per kilometer is carried out taking into account - obviously - the *fixed cost* (i.e. economic depreciation of the purchasing capital, excise duties, insurance, cost of labor on payroll), as well as the *variable* one (i.e. fuel, lubricants, tires, motorway, maintenance and repairs, cost of the sub-contracted labor).

The fixed cost is to be broken down on the cost per kilometer as a function of the distance covered by the means on a yearly basis. Subsequently, road transport cost results to be partly indirectly proportional to the kilometers covered.

In order to determine the cost of railway transport, we can use the tariffs reported in the trade bulletins of the railway service providers. Though, they are merely indicative, since they are subject to negotiations and changes depending upon the specific shipments.

<sup>(7)</sup> An acknowledgment is reserved to Eng. ERCOLANI, for the support provided for preparing the text, already published on some quoted works [1, 2], that have been revisited with the aim of a possible revitalization, in the energy and trans-Asian links viewpoint, of the medium, long and now even very-long freight transport by rail.

giungimento del BEP e riduce la capacità di utile perché il numero di UTI corrispondente al BEP può essere molto vicino al massimo carico ammissibile sul treno. L'ipotesi di un numero di UTI basso eleva l'incidenza del costo unitario del treno pur rendendo più facile il raggiungimento del BEP ed aumentando la capacità di utile perché maggiore è il numero di UTI caricabile oltre al BEP prima di arrivare al massimo carico ammissibile sul treno. Le imprese ferroviarie formulano prezzi dei treni legati ad un peso massimo trainabile dal locomotore o locomotori<sup>(8)</sup> ed ad una lunghezza massima consentita dal percorso del treno tra i due terminal di arrivo e di partenza. Certamente il condizionamento derivante dalla potenza disponibile sul o sui locomotori verrebbe meno nel caso di *treni merci a potenza distribuita*, una volta superati i limiti tecnologici del caso, oggi non più ostativi con le esperienze maturate.

### Terminal

La voce relativa alle operazioni di movimentazione – carico e scarico – e di gestione è indipendente dalle distanze percorse. Il costo del terminale d'interscambio coinvolge l'ammortamento ed interessi passivi, le spese di manutenzione (terreno, infrastrutture, impianti, attrezzature), il personale, i costi d'esercizio (energia, materiale di consumo, spese generali), le spese varie (assicurazioni,...) e le imposte.

Il numero di tiri o movimenti gru minimo utilizzato per ogni spedizione è solitamente il seguente:

- 2 tiri gru (uno in partenza ed uno in arrivo) per le UTI di classe A e B (casse mobili) che su strada utilizzano l'autoarticolato;
- 2 tiri gru (uno in partenza ed uno in arrivo) per il semirimorchio;
- 4 tiri gru (due in arrivo e due in partenza) per le UTI di classe C (casse mobili) che su strada sono generalmente trasportate in coppia sull'autotreno.

In quest'ultimo caso generalmente sono messi in conto solo 2 tiri gru in quanto il trasporto combinato cerca di adeguarsi agli usi del trasporto tutto-strada che non fa differenza tra le unità di trasporto siano esse autoarticolato o autotreno.

Sovente però l'assenza di sincronismo tra vettori stradali e ferroviari determina l'uso del deposito, con raddoppio dei tiri.

Nel caso del container, valgono considerazioni analoghe; il container da 20 piedi (TEU) è considerato di regola come una spedizione singola quindi assoggettato a 2 tiri gru<sup>(9)</sup>.

<sup>(8)</sup> Corrispondente a 20 carri in molti paesi Europei, 35 secondo i recenti obiettivi comunitari, ma attuabili in Europa al momento forse solo in Svizzera ed in alcune tratte sparse del territorio continentale.

<sup>(9)</sup> In questo onere non sono in genere comprese le pratiche amministrative di spedizione per conto dell'operatore ferroviario, che formano una voce a parte.

to be attained and reduces the potential benefits, since the number of ITU's corresponding to the BEP can be very close to the maximum amount allowed on the train. On the other hand, a low number of ITU's raises the impact of the unit cost of the train, but it makes the BEP easier to be attained and increases the potential benefits, since the number of ITU's to be loaded beyond the BEP before reaching the maximum amount allowed on the train is higher. The railway companies formulate prices for the trains which depend on the maximum weight that can be towed by the locomotive(s)<sup>(8)</sup> and on a maximum length allowed by the pathway of the train between the origin and destination terminals. Certainly the conditioning element coming from the available power on one or more locomotives would miss its meaning in case we had *freight trains with distributed power*, once the technological limits were overcome, nowadays no more hindering with the matured experiences.

### Terminals

The item relevant to the handling - loading/unloading - and for the management operations does not depend on the distance covered. The cost of the exchange terminal involves the depreciation and borrowing rates, the maintenance expenses (i.e. land, infrastructures, systems and equipment), the personnel, the operational costs (energy, consumables, overheads), the miscellaneous expenses (insurance and the like) and the taxes.

The minimum number of crane handling operations or movements used for each shipment is usually as follows:

- 2 crane movements (one at starting and one in arrival) for the ITU's of classes A and B (*swap bodies*) which - on the road - use articulated vehicles;
- 2 crane movements (one at starting and one in arrival) for the semi-trailer;
- 4 crane movements (two in arrival and two at starting) for the class C ITU's (swap bodies), which are usually transported in pairs on the road train.

In this last case, only 2 crane movements are taken into account, since combined transport is attempting to follow the uses of road-only transport, which makes no difference between the transport units, irrespectively on their being articulated vehicles or road trains.

Usually the lack of synchronism of road vehicles with trains implies the use of depot, therefore the doubling of movements.

In case of containers, similar consideration subsist: the 20' container (TEU) is regularly considered as a single shipment and subsequently subject to 2 crane movements<sup>(9)</sup>.

<sup>(8)</sup> In many European countries, this corresponds to 20 wagons; the recent EU objectives are up to 35 of them, but this can be implemented to date perhaps only in Switzerland and in some sections spread throughout the territory of the Continent.

<sup>(9)</sup> This charge does not usually include the shipment administration procedures on behalf of the railway operator, which form a separate item.

### UTI

L'impresa di trasporto su strada o l'm.t.o. (*multimodal transport operator*), di fatto uno spedizioniere multimodale, che utilizzano il trasporto combinato devono disporre di UTI (tipicamente le casse mobili nel trasporto solo terrestre), onere che rientra quindi tra gli addendi del prezzo del trasporto combinato; esso costituisce a volte la meno importante delle voci di costo (circa 2-5%).

Le UTI - cassa mobile, container o semirimorchio - impiegate in un trasporto combinato sono generalmente messe a disposizione del caricatore della merce da parte dell'operatore del trasporto che ha stipulato il contratto di trasporto "porta a porta" e che ne ha la regia. Nel costo del trasporto s'inserisce un valore giornaliero - ammortamento più manutenzioni - corretto con una percentuale di giorni di probabile non utilizzo e moltiplicato per i giorni d'impiego in un trasporto "one way" o "round trip" a seconda dell'organizzazione operativa dell'operatore del trasporto.

Nel caso del trasporto via mare occorre fare inevitabilmente riferimento al container. Nelle spedizioni solo terrestri, nelle quali è evidentemente inclusa anche quella Europa-Est asiatico citata in precedenza, l'uso delle casse mobili e semirimorchi risulta evidentemente più adatto - a meno di esigenze di stivaggio - stante la netta riduzione del carico trasportato che esse comportano, per minore tara.

### Carro ferroviario

La tariffa ferroviaria comprende l'uso del carro ma, nel caso del trasporto combinato, l'elevata specializzazione dei carri impiegati fa sì che nella generalità dei casi i carri sono messi in composizione al treno dall'operatore ferroviario che lo organizza e lo gestisce. In questo caso la tariffa ferroviaria è scontata di una quantità che dovrebbe compensare il mancato impiego del "carro rete", come si denominano sovente i carri di proprietà dell'impresa ferroviaria.

Anche in questo caso, come nel caso delle UTI, nel costo del trasporto s'inserisce un valore giornaliero riferito alla capacità di carico - ammortamento più manutenzioni - corretto con una percentuale di giorni di probabile non utilizzo e fermo per manutenzione (circa un 10% dei giorni annui, in base ad indicazioni di operatori del trasporto combinato nazionali) e moltiplicato per i giorni di impiego in un trasporto "one way" in quanto il treno è acquistato dall'operatore ferroviario non solo "vuoto per pieno"<sup>(10)</sup>, ma anche "bidirezionale": ogni direzione è un servizio a se stante.

È frequente il caso nel quale i treni bidirezionali viaggino a "composizione bloccata" cioè con la stessa composizione di carri nei due sensi di una relazione di traffico e ciò indipendentemente dal fatto che i carri siano carichi o vuoti.

L'evoluzione tecnologica dei carri ferroviari ha portato alla costruzione di carri composti da più moduli atti al carico in modo da risparmiare in tara e lunghezza: mentre

<sup>(10)</sup> L'operatore ferroviario intermodale rende disponibili i carri vuoti, acquisisce i clienti, carica-scarica i carri.

### ITU's

The road transport company or the m.t.o. (*multimodal transport operator*), as a matter of fact a multimodal shipping company, which use the combined transport, need to have available the ITU's (typically, the swap bodies in land transport only), a liability to be added in the price of combined transport; this is sometimes the least significant cost item (approx. 2 to 5%).

The ITU's- swap bodies, containers or semi-trailers - which are used in a combined transport are generally made available to the loader of the goods by the transport operator which stipulated the door-to-door transport agreements and which is managing it. The cost of transport includes a daily value - depreciation plus maintenance - which is to be corrected by a percentage of days of likely non-utilization and multiplied by the days of use in "one way" or "round trip" transport, depending upon the operational organization of the transport operator.

When dealing with maritime transport, referring to the container is ineluctable. In land shipments, among which the abovementioned Europe-East Asian one is clearly included, the use of swap bodies and semitrailers comes out to be more suitable - unless some stowage needs emerge - given the relevant reduction of the transported cargo they imply, consequent to a minor tare.

### Railway wagon

The railway tariff includes the use of the wagon, but - in case of combined transport - the high level of specialization in the wagons used is such that - in most cases - the composition of the train is defined by the railway operator which organizes and manages it. In this case, the railway tariff is discounted by a quantity which should compensate the missing use of the "network wagon", i.e. the wagons owned by the railway company.

Also in this case - as it occurs with the ITU's - the cost of the transport includes a daily value referred to the loading capacity (i.e. depreciation plus maintenance) which is corrected by a percentage of days of likely non-utilization and downtime for maintenance (approximately 10% of the days in a year, on the basis of data provided by national operators of combined transport) and multiplied by the days of utilization in a "one way" transport, since the train is purchased from the railways operator not only as "empty for full"<sup>(10)</sup>, but also as bidirectional (each direction is a separate service).

Often, the bi-directional wagons travel with shuttle trains, i.e. in "frozen composition", with the same composition of the wagons in the two directions of a traffic relationship, and this irrespectively on the fact that the wagons are loaded or empty.

The technological evolution of the railway wagons has led to the building of wagons composed by several modules

<sup>(10)</sup> The intermodal railway operator makes available the empty wagons, acquires the customers, loads and unloads the wagons.

da un punto di vista ferroviario la Rete ferroviaria immatricola il mono-modulo o pluri-modulo indifferentemente, dal punto di vista dell'utilizzazione e della redditività ci si riferisce al modulo in quanto è, come dimensione e come portata, l'elemento base per il carico delle UTI.

### *Trazione stradale iniziale e finale*

È una voce fondamentale perché, pur non essendo direttamente dipendente dalla distanza tra l'origine e la destinazione del trasporto e risentendo del tempo d'impiego, può assumere valori elevati che possono mettere fuori mercato il trasporto combinato nei confronti del trasporto tutto-strada.

I trazionisti stradali hanno un'attività d'impresa il cui costo giornaliero non è sempre rapportato alla distanza percorsa ma – considerate le brevi percorrenze di questi servizi – è connesso al numero di servizi tra terminal e località di O/D della merce che essi possono effettuare nella giornata. La durata di ognuno di questi servizi è influenzata da tre variabili:

- a) tempi dovuti alla congestione stradale nelle aree urbane e suburbane in cui operano;
- b) tempi d'attesa negli impianti di O/D per il carico e lo scarico della merce;
- c) tempi d'attesa nei terminal intermodali.

Da quanto sopra si trae la conclusione che in un trasporto combinato occorre fare in modo di organizzare in maniera efficiente ed intensiva le trazioni terminali stradali per tenerne basso il costo ben sapendo, tuttavia, che la loro efficienza e la loro produttività – quindi in definitiva il loro costo – sono fattori non compiutamente gestibili dall'organizzazione del trasporto intermodale.

In particolare, è vero che aumentano gli oneri delle trazioni terminali stradali con la distanza dal centro di origine/destinazione finale al terminale intermodale, ma comunque assumono un valore fisso di base che è strettamente legato alla capacità operativa di un trazionista ed alle sue fatturazioni minime giornaliere (fig. 1). Ciò rende tale voce praticamente indipendente dalla distanza percorsa dalle merci, purché il punto di spedizione e destinazione sia sufficientemente prossimo al terminale: si può indicare, a stima, entro 30-35 km, ma anche talvolta percorrenze maggiori, comunque limitate dalla necessità di svolgere almeno due viaggi di andata e ritorno al giorno, o chiudere in attivo economico la giornata di lavoro.

### *L'operatore ferroviario*

*L'operatore del trasporto* (autotrasportatore, spedizioniere, m.t.o.) assume nel mercato l'onere del contratto di trasporto con il quale s'impegna a trasferire determinate merci dal punto A al punto B a fronte d'un compenso predefinito.

Nel caso in cui l'operatore del trasporto detenga quantità di traffico tali da consentirgli di completare il carico di un treno su quella percorrenza e con la frequenza voluta egli potrebbe avere convenienza ad effettuare in proprio un "company train".

appropriate for loading, in order to save both tare weight and length. Whilst - on the railway point of view - the railway network registers indifferently the single module or multi-module, on the point of view of the use and profitability reference is made to the module, since this is the base element for the load of the ITU's as related to the dimensions and payload.

### *Initial and final road haulage*

This is an essential item, because - even though it does not depend directly on the distance between the origin and destination of the transport and being influenced by time requested - its value may be high and push combined transport out of the market versus the road-only transport.

The road haulers run an entrepreneurial activity whose daily cost is not always related to the distance covered but - since such distances are relatively short - rather depends on the number of services between the terminal and the place of origin or destination of the goods they can perform within the day. The duration of each of these services is influenced by three variables, namely:

- a) time due to the road congestion of the urban and suburban areas where they operate;
- b) waiting time in the origin and destination sites for the loading and unloading of the goods;
- c) waiting time in the intermodal terminals.

The aforementioned findings lead to the conclusion that - in combined transport - the road terminal haulages are to be organized effectively and intensively in order to keep their cost low, bearing in mind - however - that their efficiency and productivity - and therefore, finally, their cost - are factors which cannot be fully managed by the organization of the intermodal transport.

In particular, it is true that the costs of the terminal road hauls increase with the distance from the centre of origin/destination to the intermodal terminal, but - in any case - they take a fixed basis value which is strictly linked to the operational capacity of a hauler and to its minimum daily invoicing. This makes this item virtually independent on the distance covered by the goods, provided that the shipping and destination point is sufficiently close to the terminal: we can say - as an estimate - within 30 to 35 km, but also sometimes longer distances, anyway limited by the need to carry out at least two complete travels per day or conclude the daily activity with a profit.

### *The railway operator*

*The transport operator* (road haulage contractor, forwarding agent, m.t.o.) is the one which signs the transport agreement, through which it commits to transfer some given goods from point A to B against a preliminarily defined remuneration.

In case the transport operator holds such quantities of traffic to allow it completing the load of a train on the given distance and at the wished frequency, it might find it cost-effective to develop its own "company train".

In caso contrario egli si rivolge al mercato dell'intermodalità terrestre ove l'operatore ferroviario offre slot di treni per le UTI degli operatori del trasporto: l'operatore ferroviario acquista treni (generalmente bidirezionali) di determinata lunghezza e capacità sulla relazione di traffico tra A e B da una impresa ferroviaria; questa garantisce la trazione e la disponibilità della traccia oraria che essa a sua volta acquisterà dal proprietario della infrastruttura ferroviaria.

Il carro ferroviario, nel caso del trasporto tradizionale, è generalmente messo a disposizione dall'impresa ferroviaria ed il suo costo è compreso nel prezzo della trazione, ma nel caso dell'intermodalità terrestre la specializzazione dei carri e la necessità d'una loro gestione ottimizzata fanno sì che nella maggior parte dei casi i carri siano in disponibilità (proprietà, leasing, noleggio) dell'operatore ferroviario: in questo caso l'impresa ferroviaria pratica uno sconto rispetto al prezzo comprensivo di carro.

L'operatore ferroviario è una figura caratteristica di alta specializzazione che opera sul mercato in condizioni di rischio commerciale in quanto – acquistando il treno dall'impresa ferroviaria nelle condizioni “pieno per vuoto” – inizia a godere d'un utile solo quando il coefficiente di carico del treno supera il BEP (fig. 3).

Otherwise, it will have to address the market of intermodal land transport, where the railway operator offers slots of trains for the ITU's of the transport operators: the railway operator purchases trains (generally in both directions) of a given length and capacity on the traffic relationship between A and B from a rail company; the latter ensures the haulage and the availability of the time slot which - on its turn - it will purchase from the owner of the railway infrastructure.

The railway wagon, in the case of conventional transport, is generally made available by the railway enterprise and its cost is included in the price of the haulage, but - in case of intermodal land transport - the specialization of the wagons and the call for their optimized management is such that - in most cases - the wagons are held (by ownership, leasing or rental) by the railway operator: in this case, the railway enterprise applies a discount versus the price which would include the supply of the wagon.

The railway operator is a highly specialized character which operates on the market in conditions of trade risk since - buying the train from the railway company in the “full for empty” conditions – it will attain profits only when the load coefficient of the train exceeds the BEP (fig. 3).

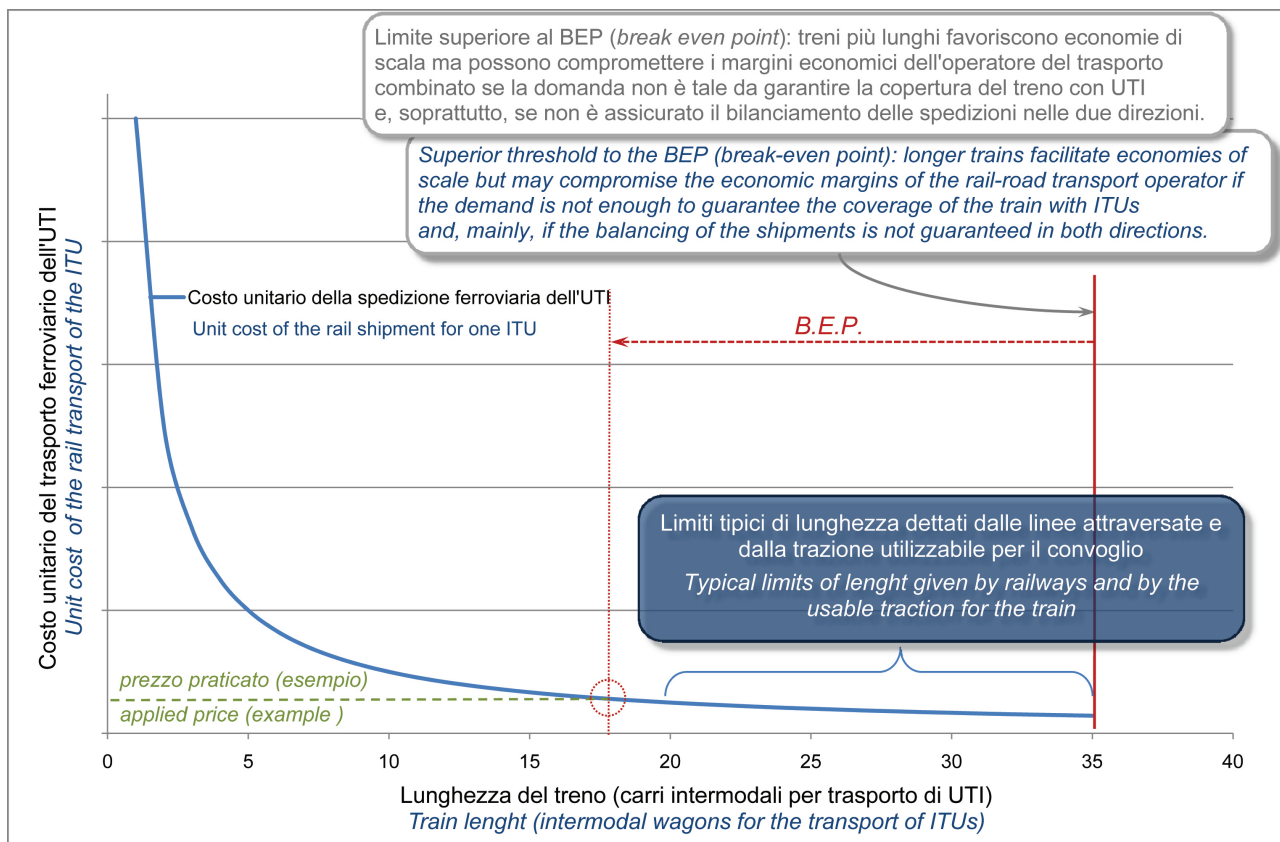


Fig. 3 - Relazione generale tra costo unitario e lunghezza del treno. *General relationship between the unit cost and the train length.*

L'esperienza e l'imprenditorialità dell'operatore ferroviario gli consentono – in sede di lancio del progetto di un nuovo treno - di analizzare a fondo il mercato e di determinare il valore da attribuire al BEP (generalmente espresso in numero di UTI per treno).

La forbice di valori entro i quali fissare il valore del BEP è abbastanza ristretta:

- non troppo basso perché ne deriverebbe:
  - un alto prezzo del costo del treno per UTI,
  - con relativa difficoltà a raggiungere il BEP,
  - pur rimanendo, se lo si superasse, un buon margine di guadagno;
- non troppo alto perché ne deriverebbe:
  - un minor prezzo del costo del treno per UTI,
  - con relativa facilità a raggiungere il BEP,
  - ma con limitato margine di guadagno se lo si raggiunge.

Verso l'alto il valore del BEP è teoricamente eguale alla massima capacità del treno da cui ne deriva che:

- corrisponderebbe ad un elevato numero di UTI;
- questo numero di UTI consentirebbe di contenere l'incidenza del costo treno per UTI;
- il prezzo basso richiesto di conseguenza al mercato faciliterebbe il raggiungimento del BEP;
- raggiunto il BEP non si avrebbe, però, possibilità di guadagno.

### *Osservazioni sulla convenienza del trasporto combinato*

A. La distanza minima di convenienza di un trasporto combinato strada-rotaia in Europa cade in genere nell'intervallo di circa 450-600 km ma è mutevole nel tempo e nei vari Stati; è chiaro che questa soglia si può modificare in funzione dei costi delle componenti del trasporto alternativo (marittimo, tutto-strada) e del trasporto combinato, nel quale, per citare i principali, sono importanti il costo della rotaia ed il costo delle trazioni stradali terminali.

B. L'aumento delle distanze accresce la competitività del trasporto combinato strada-rotaia e così pure influisce su di essa il grado d'equilibrio dei due sensi di traffico di una relazione.

C. Nel valutare le convenienze del trasporto combinato rispetto a modalità alternative non ci si deve soffermare sulla valutazione della convenienza di un singolo trasporto perché il trasporto combinato può offrire all'operatore del trasporto che lo utilizza in determinate condizioni vantaggi globali ed indiretti che non si percepiscono nella quantificazione dei costi del singolo trasporto. Per esempio si possono citare come effetti globali (ciclo annuale dell'impresa) ed indiretti (slegati dal singolo atto di trasporto) che accrescono la competitività dell'impresa:

The experience and entrepreneurship of the railway operator enable - when launching a new train - to analyze the market in depth and determine the value to be allocated to the BEP (which is generally expressed as a number of ITU's per train).

The window of values within which the BEP is to be defined is rather restricted:

- not too low, since this would entail:
  - a high price of the cost of the train per ITU,
  - with some difficulties in reaching the BEP,
  - even though a good margin of profit would remain if the BEP were exceeded;
- not too high, since this would entail:
  - a lower price of the cost of the train per ITU,
  - and the BEP would be relatively easily reached,
  - but with a limited margin of profit once reached.

When moving upwards, the value of the BEP is theoretically the same as the maximum capacity of the train, hence:

- it would correspond to a high number of ITU's;
- this number of ITU's would enable to contain the impact of the cost of the train per ITU;
- the low price which would consequently be requested to the market would facilitate to reach the BEP;
- yet, no profit would ever be achieved once the BEP is reached.

### *Remarks on the convenience of combined transport*

A. The minimum cost-effective distance of road-rail combined transport in Europe falls generally inside the range between approx. 450 and 600 km, but it varies in time and in the different States; this threshold can be modified as a function of the costs of the alternative transport components (seaway, road transport only) and of combined transport where - to mention but the main ones - a significant role is played by the cost of the rail and of the terminal road haulage.

B. The increase of the distances increases the competitiveness of the road-rail combined transport; which is also influenced by the degree of balance of the two traffic directions in a relationship.

C. In evaluating the cost-effectiveness of combined transport versus the alternative modalities, we should not limit to the assessment of the cost-effectiveness of a single transport, since - in some conditions - combined transport may offer the haulage operator, who utilizes it, some overall and indirect advantages which cannot be perceived when quantifying the cost of one transport. For instance, we can mention as overall (yearly turnover of the company) and indirect (not connected to the single transport operation) effects which increase the competitiveness of the enterprise:

- C1) aumento della capacità di trasporto perché nel trasporto non accompagnato i fattori di produzione - motrice ed autista stradale - non sono immobilizzati nella tratta ferroviaria avendo, quindi, la possibilità di continuare a muovere volumi di trasporto e produrre fatturato mentre le UTI viaggiano su rotaia;
- C2) l'aumento della capacità di trasporto si può conseguire con limitati impegni di capitale (una cassa mobile costa circa un decimo di un autoarticolato stradale ed ha la stessa potenziale capacità di trasporto);
- C3) quanto più un'impresa di trasporto merci si converte al trasporto combinato, tanto più si riduce il numero di personale operaio, pur a fronte di un modesto aumento di personale impiegatizio e d'un necessario arricchimento in capacità di sistemi telematici. Di conseguenza essa acquisisce a basso costo elevata flessibilità nell'adattarsi alle fluttuazioni della domanda di mercato: si verifica che, rispetto ad una impresa di autotrasporto tutto-strada, quella che utilizza il trasporto combinato ha parità di capacità di trasporto ottenuta con limitati investimenti e deve affrontare contenute spese fisse.

D. Le imprese che utilizzano il trasporto combinato convertono raramente tutto il loro traffico da altre modalità alla rotaia (pochi sono i casi d'impresе di trasporto costituite per utilizzare esclusivamente il trasporto combinato) per cui a seconda dell'andamento del mercato dosano l'utilizzo della rotaia:

- per traffici specifici dell'impresa o peculiari al trasporto combinato;
- per superare le punte di traffico come capacità complementare al tutto-strada, che rimane la modalità base del traffico aziendale.

E. Dagli anni novanta il trasporto combinato strada-rotaia non accompagnato ha raggiunto concentrazioni di traffico su talune relazioni - nazionali italiane ed internazionali - sulle quali è stato possibile introdurre la tecnica del treno *shuttle*<sup>(11)</sup>. Nello stesso periodo si è ravvisata l'opportunità di estendere il raggio operativo del TC anche a bacini deboli che non avrebbero avuto la capacità di produrre traffico sufficiente per un treno diretto tra di esse. Con la tecnica *gateway*<sup>(12)</sup> si è superato l'inconveniente in quanto i nodi principali della rete del trasporto combinato hanno svolto non solo la funzione di punto di trasferi-

- C1) increase of the transport capacity, because in the non-accompanied transport the production factors - i.e. the motor coach and the road driver - are not immobilized during the railway traction and can therefore keep on moving transport volumes and produce turnover while the ITU's are travelling on the rail;
- C2) the transport capacity can be increased through a limited use of capital (a swap body costs approximately one tenth of an articulated road vehicle and has the same potential transport capacity);
- C3) the more a freight transport company converts to combined transport, the more it will reduce its number of blue collars, even though this will entail a limited increase of white collars and call for some capacity increase of telematic systems or ITS. Consequently, the company shall acquire high flexibility at low cost to adapt to the fluctuation of the market demand: it has been ascertained that - as compared to a road-only transport company - the one which utilizes combined transport has the same capacity, though obtained through limited investments and is to afford a limited amount of overheads.

D. The companies which utilize combined transport rarely convert all their traffic from other modalities to rail (there are few cases of transport enterprises established to use combined transport only); subsequently they batch the use of the rail depending upon the market trend:

- for specific traffic of the enterprise, or for traffic which is specific to combined transport;
- to overcome the traffic peaks as a complementary capacity to the road-only transport, which remains the basic modality of the trade traffic.

E. Since the nineteen nineties, the road-rail unaccompanied combined transport has reached traffic concentrations on some domestic (Italian) and international relationships, on which the technique of the *shuttle train*<sup>(11)</sup> could have been introduced. In the same period of time, the opportunity was detected to extend the operational radius of combined transport also to weak basins which would not be able to produce sufficient traffic for a direct train between them. The *gateway*<sup>(12)</sup> technique has enabled to overcome such inconvenience, since not only do the main knots of the combined transport network accomplish the function of transferring the ITU's from the rail-

<sup>(11)</sup> I treni *shuttle* sono treni rapidi "punto a punto" a composizione bloccata. Essi si caratterizzano essenzialmente per: elevata frequenza (giorni lavorativi), velocità sostenuta (ad esempio, 120 km/h), composizione del treno bloccata. I treni *shuttle* hanno consentito al trasporto combinato d'offrire una maggiore qualità del servizio, in termini di celerità, affidabilità e puntualità.

<sup>(12)</sup> Modalità della gestione del traffico ferroviario che si accompagna ad un utilizzo più intenso dei terminali per lo smistamento diretto delle UTI tra treni invece dello smistamento dei carri completi mediante le "stelle di lancio".

<sup>(11)</sup> The *shuttle trains* are fast, frozen composition point-to-point trains. They are essentially characterized by: high frequency (working days), high speed (120 km/h), frozen train composition. The *shuttle trains* have enabled the combined transport to offer a better quality of the service, in terms of celerity, reliability and punctuality.

<sup>(12)</sup> A modality of managing the railway traffic which is accompanied by a more intensive use of the terminals for the direct sorting of the ITU's between trains instead of sorting complete wagons through the marshalling yards.

mento delle UTI tra rotaia e strada al servizio del loro bacino di traffico di competenza, ma anche quella di punto di scambio delle UTI tra treni afferenti e defluenti utilizzando sia la tecnica dello smistamento ferroviario orizzontale dei carri, sia quella del trasferimento delle UTI tra carri di treni differenti [1, 6].

Le osservazioni e le stime sulle voci che contribuiscono alla formazione del prezzo, la conseguente dipendenza dell'economicità del trasporto combinato dalle percorrenze - come confermato dai dati reali della domanda - provano come lo sviluppo del *ferroustage* sia vincolato a questioni di convenienza a livello d'impresa.

Inoltre la dimensione delle aziende di trasporto stradale, ancora diffusamente piccole a livello nazionale, è anch'essa una condizione estremamente vincolante per attuare direttamente un trasporto combinato conveniente.

### 5. Considerazioni sui ritorni a vuoto

Nel trasporto combinato le UTI devono circolare in quanto si deve mantenere disponibile la capacità di carico delle imprese di trasporto.

Nel caso in cui la relazione di traffico non sia equilibrata questa esigenza obbliga ad effettuare i cosiddetti *ritorni a vuoto* delle UTI, fatto quindi fisiologico che si verifica tanto più intensamente in un senso di una relazione di traffico quanto più essa è squilibrata, come ad esempio si verifica nei collegamenti tra un bacino di traffico forte ed uno debole.

Nella concorrenza tra trasporto marittimo o tutto-strada e trasporto combinato si possono creare asimmetrie operative che hanno differenti riflessi economici:

- a. se si confronta un trasporto combinato con il viaggio tutto-strada, effettuato da un autotrasportatore che ha contrattato il trasporto direttamente sul mercato, teoricamente non si riscontra differenza perché anche l'autotrasportatore deve far tornare la sua *unità di trasporto stradale* alla località di partenza (in entrambi i casi si possono praticare tariffe ridotte al mercato per i cosiddetti *viaggi di ritorno* mentre il veicolo stradale è più flessibile nel caso delle triangolazioni in cui un lato del triangolo è percorso a vuoto per poter caricare il viaggio di ritorno);
- b. se, invece, si confronta un trasporto combinato con il viaggio tutto-strada effettuato da un autotrasportatore che ha ricevuto l'incarico di trasporto da un m.t.o. - vale a dire l'operatore del trasporto che ha contrattato il trasporto direttamente sul mercato - si riscontrano forti differenze perché:
  - l'autotrasportatore - come nel caso precedente - deve far tornare la sua *unità di trasporto stradale* alla località di partenza;
  - l'm.t.o. non è oberato dalla necessità del ritorno dell'unità di trasporto in quanto il contratto di tra-

way to the road at the service of the traffic basin of their competence, but they also act as exchanging point of the ITU's between the incoming and outgoing trains using both the technique of the horizontal railway sorting of the wagons and the one of transferring the ITU's between wagons of different trains [1, 6].

The remarks and estimates which contribute to the generation of the price, the subsequent dependency of the cost effectiveness of combined transport on the coverage - as confirmed by the actual data of the demand - prove that the development of road-rail transport depends on cost-effectiveness issues at enterprise level.

Furthermore, the dimensions of the road transport companies - which, in Italy, are still small in their majority - constitute as well an extremely binding condition to implement directly a cost-effective combined transport.

### 5. Considerations on the empty returns

In combined transport, the ITU's must circulate, since the load capacity of the transport companies is to be kept available.

If the traffic relationship is not balanced, such requirement obliges to perform the so-called *empty returns* of the ITU's, a physiological fact which occurs more intensively in one direction of a traffic relationship the more such relationship is unbalanced as it is the case - for instance - in the connections between a strong traffic basin and a weak one.

In the competition between seaway (or road only) transport and the combined one, operational asymmetries may generate, with different economic impacts, namely:

- a. if we compare combined transport to the road only journey made by a road haulage contractor which has negotiated the transport directly on the market, we may theoretically not find any difference, because also the road haulage contractor needs to have its *road transport unit* returned to point of origin (in both cases, reduced tariffs can be applied to the market for the so-called *return journeys*, whilst the road vehicle is more flexible in case of triangulations where one side of the triangle is covered empty to then load the return journey);
- b. if - on the other hand - we compare a combined transport with the road-only journey covered by a haulage contractor which receives the appointment to transport from a m.t.o. - i.e. the transport operator which contracted the transport directly on the market - remarkable differences are detected since:
  - the haulage contractor needs - as in the previous case - to have its *road transport unit* returned to the place of origin;
  - the m.t.o. is not burdened by the need to return the transport unit, since the transport agreement stip-

sporto che ha stipulato con l'autotrasportatore non prevede - nella maggior parte dei casi - impegni dell'm.t.o. per il viaggio di ritorno, incombenza e costi che rimangono a carico dell'autotrasportatore.

Occorre rimarcare quanto sia importante, per un'azienda di trasporto su strada, essere coinvolta in quantità di traffico sufficientemente elevate da evitare i ritorni a vuoto e da poter effettuare un numero sufficiente - inversamente proporzionale alla lunghezza della tratta ferroviaria - di trazioni terminali al giorno per ogni automezzo di cui dispone. In tale ottica, *le aziende di ridotte dimensioni non possono da sole ricorrere vantaggiosamente al trasporto combinato* se non con l'eventuale ausilio di un operatore che svolge come servizio l'organizzazione della spedizione anche per piccoli operatori del trasporto su strada. È inoltre strettamente legata ai costi, quindi alla possibilità di rendere conveniente il t.c., la prossimità - in termini di distanza e tempi - dei terminali dalle origine/destinazioni delle merci [5, 6]. Pertanto un'accessibilità diffusa alla rete ferroviaria, eventualmente con semplice spostamento della linea elettrica presso i binari lungo la linea principale dedicati al trasferimento modale ("trasbordo"), può favorire il trasporto combinato [1].

Si può concludere che il viaggio di ritorno ha una incidenza che rende poco competitivo il trasporto combinato per gli m.t.o. quando i traffici di una relazione siano squilibrati. Questo aspetto assume una particolare rilevanza se applicato al caso del trasporto marittimo come alternativa al trasporto ferroviario lungo la connessione ferroviaria trans-asiatica, citata come esempio in precedenza, in quanto mentre le navi "giramondo" caricano e scaricano nei porti lungo la rotta, per i treni - se sono a composizione bloccata - occorre garantire un ritorno carico, a meno che non si decida d'operare con i treni così come con le navi, cioè con fermate intermedie nelle quali la merce viene caricata e scaricata in funzione della domanda del bacino gravitante attorno al terminal "fermata". Chiaramente un'impostazione di questo genere non renderebbe più applicabili le considerazioni economiche precedenti, ma renderebbe sicuramente ben più competitivo il trasporto combinato, sia per le distanze in gioco sia per la possibilità d'effettuare fermate per perseguire il più possibile il pieno carico, così come di regola svolto anche nel trasporto pubblico.

### 6. Conclusioni

Le imprese ricercano le migliori soluzioni per le proprie produzioni secondo la logica del profitto aziendale: la globalizzazione e la liberalizzazione dei mercati hanno senza dubbio favorito notevolmente gli scambi commerciali rispetto al passato. Le imprese di grandi dimensioni, più sovente delle altre, hanno non di rado delocalizzato le proprie produzioni, anche con l'obiettivo di raggiungere nuovi mercati; altre società ricercano forniture a basso costo per aumentare i risultati aziendali.

ulated with the haulage contractor does not include - in most cases - any commitment by the m.t.o. as related to the return journey, and such responsibility and cost remain at the charge of the haulage contractor.

We need to highlight the importance - for a road transport company - to be involved in sufficiently high quantities of traffic in order to avoid any empty return and carry out a sufficiently high number of terminal haulages for every vehicle of its fleet, which must be reversely proportional to the length of the railway section. In such perspective, *the small sized companies cannot achieve profit from combined transport unless they are supported by an operator whose service is organizing the shipment for small sized operators of road transport too*. Furthermore, the proximity - in terms of both distance and timing - of the origin and destination freight terminals is strictly linked to the costs, hence to the opportunity to actuate combined transport [5, 6]. Therefore, a spread accessibility to the railway network - which can be implemented, if required, by simply moving the power supply line above the tracks along the main line and purposely dedicated to transfer - may foster combined transport [1].

It may be concluded that the return journey affects the competitiveness of combined transport for the m.t.o.'s when the traffic in a relationship is unbalanced. This aspect is particularly significant if applied to the case of sea-way transport in alternative to the railway one along the abovementioned trans-Asian links since - whilst the ships operating in round-the-world service load and unload the harbours along their courses, for the trains - if their composition is frozen (shuttle trains) - a loaded return needs to be ensured, unless it is decided to operate with the trains in the same way as with the ships, i.e. with intermediate stops during which containers are loaded and/or unloaded as a function of the basin which gravitates around the ship-stop terminal.

Evidently such a formulation would not allow anymore the application of the previous economic considerations, but would make the combined transport surely more competitive, both for the involved distances and for the possibility to make stops along the travel in order to pursue the complete load as much as possible, so as usually operated in public transport.

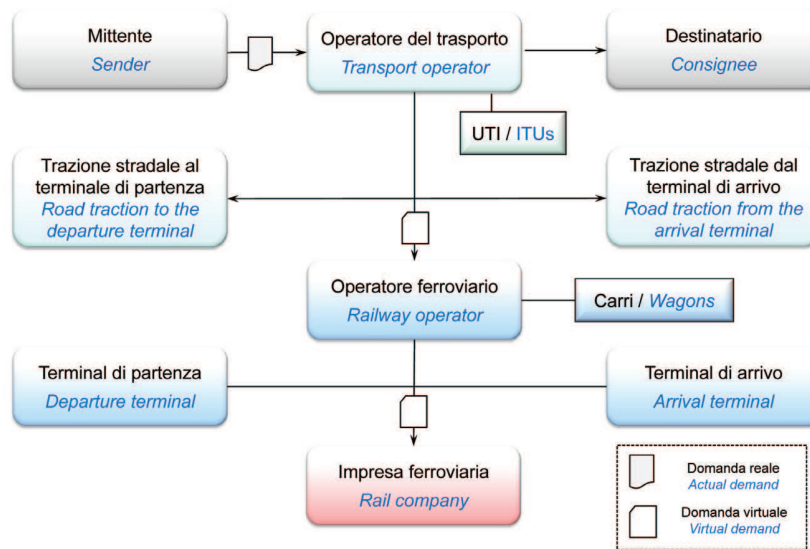
### 6. Conclusions

Companies look for the best solutions for their productions according to the profit business logic: globalization and liberalization of markets have doubtless notably favored the commercial exchanges when compared to the past. Big companies, more frequently than the others, have not rarely outsourced their productions, even with the aim to reach new markets; other companies look for low-cost supplies in order to reach their business results.

Le scelte da parte delle imprese che riguardano il tipo di trasporto per i materiali e prodotti - soprattutto di lunga percorrenza, come quello intessuto negli ultimi vent'anni tra Europa ed Asia - dipendono da numerosi fattori: qualità ed affidabilità del servizio, flessibilità, distanze da percorrere, tempi di percorrenza delle merci, costi di trasporto.

Il trasporto combinato strada-rotaia, attraverso le relazioni di media e lunga percorrenza, risulta essere oggi una scelta conveniente per le imprese e ancor più lo sarà se, con opportune politiche e scelte economiche, si riuscirà a favorire una logica di maggiore attenzione per l'uso energetico e le emissioni che ne derivano: oltre alle relazioni nazionali e continentali, nuove connessioni si stanno profilando all'orizzonte, con le linee ferroviarie transasiatiche in particolare, per il trasporto combinato - per la prima volta - di lunghissima percorrenza. Esso si pone in alternativa o affiancamento al trasporto marittimo, anche per intercettare lungo il percorso mercati come quelli della vicina Asia e della Russia, finora meno raggiunti dalle relazioni del trasporto merci su rotaia tra l'Europa e l'Asia.

APPENDICE - APPENDIX



Gli attori (9) del trasporto combinato non accompagnato strada-rotaia [fonte: Ercolani, 2006]  
 Actors (9) of rail-road combined transport, unaccompanied [source: Ercolani, 2006]

(Fonte/Source: ERCOLANI, 2006)

Gli attori (0) del trasporto combinato non accompagnato strada-rotaia.

Those choices, made by companies, which concern the transport of materials and products - mainly for long haulage, as that braided in the last twenty years between Europe and Asia - depend upon a number of factors: quality and reliability of the service, flexibility, distances to be covered, travel time for goods, transport costs.

The road-rail combined transport, through the medium and long range connections, results nowadays

as a convenient option for companies and this will be much more evident if it will be possible to accomplish, with some appropriate political and economic choices, a more careful logic for the energy use and the emissions that derive from this: besides the existing national and continental relationships, new ones loom on the horizon, with the trans-Asian railways for a combined transport based on very long distances, for the first time. This emerges as an alternative or addition to the maritime transport, also in order to intercept - along the path - markets as those of the West Asia and of Russia, until now less reached by freight transport connections on rail between Europe and Asia.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

[1] DALLA CHIARA B., "Sistemi di trasporto intermodali: progettazione ed esercizio", 2009, ISBN: 978-88-8482-299-4, pp. 288. EGAF Editore.  
 [2] DALLA CHIARA B., ERCOLANI F., GAČANIN E., KISO F., "Intermodalni Transport", pp. 1-224, University of Sarajevo, Birograf, Tempus project, Sarajevo, 2004.  
 [3] Freight Leaders Club, "Il trasporto combinato delle merci", Quaderno n. 9, 1999.  
 [4] MUSSO A., MALAVASI G., "Un nuovo approccio per la valutazione dei limiti di convenienza del trasporto combinato", Ingegneria Ferroviaria n. 4, 1993.  
 [5] MUZIO E., "Il terminal intermodale", Il trasporto combinato in Europa, Conferenza dell'Istituto di Ricerca Internazionale, Milano, 24-25 gennaio 1996.  
 [6] PICCIONI C., ANTONIAZZI F., MUSSO A., "La localizzazione dei terminali per il trasporto combinato strada-ferrovia: un'applicazione dei modelli di facility location e di optimal location", Ingegneria Ferroviaria, luglio-agosto 2010.