

Care studentesse e cari studenti,

I contenuti che seguono sono un'ermetica selezione dai materiali che il prof. Cappelli ed io utilizzavamo qualche tempo fa per i corsi teorici di trasporti, e riguardano gli argomenti affrontati durante i corsi laboratoriali nei quali sono coinvolto nell'A.A. 2019/20. Essi possono essere utilizzati in prima battuta sia a livello di laurea triennale che di magistrale.

L'eterogeneità dei testi di partenza non consente di uniformare a livello grafico (font, interlinee, margini, etc.) i contenuti dei diversi capitoli, se non riscrivendo sostanzialmente tutto al fine di usare un font compatibile con le varie formule e con gli altri contenuti. Di questo aspetto poco ordinato del lavoro mi scuso, ma la necessità di rendere i testi disponibili celermente ha prevalso sull'eleganza della facciata.

Rimando infine ai testi "*Tecnica ed economia dei trasporti*" di Stefano Ricci e "*Transportation Decision Making*" di Kumares Sinha e Sam Labi per ulteriori approfondimenti su questioni specifiche. Entrambi i testi sono disponibili nella biblioteca IUAV.

Buon lavoro,

Silvio Nocera

## INDAGINI E FASE CONOSCITIVA DI UN PIANO

### Premessa

Nel seguito si farà riferimento alle fasi di attuazione di un Piano regionale dei trasporti [P.R.T.] ed in particolare alle operazioni relative alla prima fase di lavoro (fase conoscitiva).

La metodologia è comunque da intendersi di tipo generale anche se i riferimenti operativi, (cartografie da utilizzare, organizzazione e tipologie di indagine), sono significativi del livello di approccio regionale.

Anche la definizione "regionale", che è caratteristica dell'organizzazione amministrativa italiana (ma non solo) deve essere intesa come riferimento ad una pianificazione di aree territoriali intercomunali (pertanto ci si può riferire analogamente a Piani Provinciali dei Trasporti come a Piani di Aree Metropolitane o comunque intercomunali).

In particolare, in qualche caso, si farà riferimento alla pianificazione regionale dell'Emilia Romagna. Ciò perché questa Regione è stata una delle prime in Italia che ha elaborato un Piano Regionale Integrato dei Trasporti (PRIT, prima edizione 1986, primo aggiornamento 1990; secondo aggiornamento 1995, terzo aggiornamento 1998) ma anche perché si tratta di uno dei casi esemplari di pianificazione dei trasporti integrata e continuamente aggiornata.

Ovviamente tutti i riferimenti di dettaglio vanno intesi come esempi di soluzione ed applicazione di procedure generali, che in ogni caso particolare vanno verificati e calibrati.

### Alcune definizioni

*Un piano di trasporti è uno strumento logico-matematico per individuare interventi ed azioni atti ad "ottimizzare" il funzionamento di un sistema plurimodale di trasporto in relazione ad insieme di obiettivi, concordanti o meno, definiti a priori.*

Per **sistema** intendiamo l'insieme delle reti infrastrutturali e dei servizi che su queste si esercitano o è possibile esercitare. Il concetto "**plurimodale**" evidenzia che il sistema è composto da più modi (stradale, ferroviario, marittimo, aereo) fra loro integrati (**sistema intermodale**).

I **nodi di scambio**, che consentono l'integrazione tra i diversi modi di trasporto, rappresentano pertanto sia gli elementi terminali di ciascun modo (stazioni ferroviarie, aeroporti, porti, interporti) sia gli elementi di connessione tra modi. Alcuni nodi, come le intersezioni stradali ed i bivi e le diramazioni ferroviarie sono unicamente monomodali, in quanto non consentono integrazione tra modi ma sono tipici di ciascun modo e deputati solo a consentire la modificazione di itinerario sulla rete. Analogamente i parcheggi per autovetture o le stazioni di autolinee possono rappresentare nodi monomodali. Se il parcheggio è in prossimità di un stazione ferroviaria (ad esempio) può rappresentare anche un nodo di scambio intermodale.

Un **piano dei trasporti** rappresenta un programma di interventi (e sulle infrastrutture e sui servizi di trasporto) e di azioni da intraprendere e quindi è uno strumento deputato a risolvere un problema di scelta.

Nei problemi di scelta e di ottimo (in genere vincolato) atto concettuale determinante e fondamentale è l'individuazione della funzione obiettivo (da minimizzare o massimizzare, cioè ottimizzare).

Si ricorda che un ottimo assoluto esiste solo in presenza di un obiettivo unico (analisi mono-obiettivo del tipo di quella economica **Benefici/ Costi** o di quella finanziaria **Ricavi/Costi**). In caso di più obiettivi sarà possibile solo l'individuazione di un ottimo relativo (Analisi **multi - obiettivo**)

Possiamo dunque ridefinire un **piano di trasporti** come un processo che permette di individuare gli interventi su una rete (plurimodale e pluriservizi), tali da massimizzare o minimizzare i valori di una funzione obiettivo opportunamente scelta e misurata sulla rete stessa.

Un piano completo riguarderà tutti i modi di trasporto esistenti e proponibili: rete plurimodale. Questi stessi modi saranno studiati in modo da affidare a ciascuno di essi il ruolo più opportuno rispetto al sistema di obiettivi prefissati: **piano integrato**.

Per quanto riguarda la scelta della funzione obiettivo è tradizionale quella della **efficienza economica**, che si basa sui principi dell'economia del benessere e che nel nostro caso assume la forma del minimo del costo generalizzato di trasporto sulla rete. Altri obiettivi possibili sono: massima accessibilità ai diversi punti del territorio; minimo uso delle risorse energetiche deperibili; minimo impatto ambientale. In caso di obiettivi plurimi l'analisi delle scelte viene effettuata con **tecniche multicriteri**, rinunciando al paradigma dell'ottimo e ricerca la **soluzione di miglior compromesso** tra tutti gli obiettivi posti alla base del piano.

### **Le fasi di un piano di trasporti**

Gli studi per la redazione di un piano di trasporti possono essere logicamente suddivisi in tre fasi sequenziali: conoscitiva, diagnosi, progetto.

Le diverse fasi contengono in sintesi i seguenti elementi.

#### **- FASE CONOSCITIVA**

Come per qualsiasi processo decisionale, si tratta di riconoscere tutti gli elementi fisici e funzionali atti a definire lo stato attuale del sistema su cui si vuole intervenire. Nel nostro caso si tratta della struttura del territorio, che determina e condiziona l'entità e la struttura della domanda di trasporto; dell'offerta di trasporto in termini di reti e servizi che su essa si svolgono; della domanda di trasporto che interessa il territorio in esame.

#### **- FASE DI DIAGNOSI**

Terminata la fase conoscitiva, con tutte le opportune indagini che si renderanno necessarie e le relative elaborazioni atte a rappresentare in forma sintetica la conoscenza del sistema <sup>(\*)</sup>. In questa fase occorre riconoscere cosa, nella situazione attuale, non risulta coerente con gli obiettivi scelti. Si tratta in pratica di "diagnosticare" il malfunzionamento del sistema e le relative cause.

#### **- FASE DI PROGETTO**

In questa fase vengono innanzitutto messi a punto tutti gli strumenti, in genere modelli, di simulazione e progetto. Alcuni di questi in realtà sono già stati utilizzati nella fase di diagnosi; in questa fase vengono ricalibrati per tener conto della evoluzione futura del sistema complessivo. Si fa in particolare riferimento ai modelli di previsione della domanda, ai modelli per la verifica fisica della rete (assegnazione), ai modelli per la verifica economica della rete e per la valutazione degli interventi (calcolo dei costi generalizzati, analisi benefici-costi, analisi multiobiettivo.). Ciò fatto si ricercano gli interventi che ottimizzano il funzionamento del sistema secondo gli obiettivi prefissati, mediante processi iterativi di ricerca della soluzione ottima.

*Nel seguito si espongono gli elementi base che compongono le operazioni costituenti la fase conoscitiva, oggetto di queste note.*

---

<sup>(\*)</sup> Ciò in genere viene fatto utilizzando le forme matriciali che per la loro compattezza presentano la dovuta sinteticità: matrici origine-destinazione, matrici di utilizzazione del territorio, matrici dei parametri del sistema di trasporto (plurimodale):

## FASE CONOSCITIVA DEL PIANO

### - OPERAZIONI PRELIMINARI

#### 1. Esame cartografico del territorio di studio

Acquisizione della cartografia esistente a vari livelli, (una base di riferimento comunemente accettata è quella in scala 1:200.000), acquisizione di documenti base di studio del territorio e della domanda, offerta di trasporto, a livello intercomunale, provinciale (bacino di traffico) e regionale.

2. Esame degli obiettivi di pianificazione dei trasporti e di programmazione economica e territoriale (se esistenti) a livello regionale, provinciale ed intercomunale

#### 3. Individuazione di tutti i sistemi-servizi di trasporto esistenti

- Strada (vari livelli) (\*)

- ferrovia (vari livelli)

- autostrada <sup>1</sup>

- idrovia

- porti

- centri merci

- aeroporti

- etc.

4. Zonizzazione del territorio ed individuazione dei 'poli' di interesse regionale e delle loro caratteristiche.

#### 5. Studio della offerta di trasporto.

Qualificazione delle caratteristiche tecniche, di prestazione e funzionali di tutti i modi-sistemi e servizi di trasporto. Costruzione del grafo plurimodale.

#### 6. Studio della domanda di trasporto

---

(\*) (Servizi collettivi su gomma - autolinee -)

<sup>1</sup> Si è separata l'analisi dell'offerta di trasporto tra strada ed autostrada non perché si tratti di modi o sistemi di trasporto diversi, ma in quanto le diverse prestazioni offerte, in genere, determinano tipologie di offerta differenti (ad esempio i servizi di autolinea su strada ordinaria in genere svolgono prevalenti funzioni di accessibilità territoriale mentre quelli che utilizzano il sistema autostradale sono in genere rivolti a collegamenti di medio – lunga percorrenza, di tipo intercity, e spesso svolgono funzioni di collegamento competitive con l'offerta di trasporto ferroviario ed a volte anche con quella aerea (ad esempio i collegamenti BUS Catania- Roma, Lametta Terme – Roma, etc).

- caratteristiche qualitative e quantitative della mobilità regionale, da individuare escludendo quella di interesse di livelli inferiori di pianificazione;
- elaborazione e verifiche di congruenza dei dati esistenti raccolti;
- organizzazione ed esecuzione di indagini integrative dei dati base esistenti e raccolti.

*Le fasi preliminari, comprese le precedenti 1, 2, 3, hanno lo scopo di entrare nel problema e di acquisire tutte quelle informazioni necessarie ad organizzare il lavoro successivo. Gli elementi costituenti la fase conoscitiva sono rappresentati in realtà dalle operazioni 4, 5 e 6 che andranno a formare i principali output di questa fase di lavoro.*

Premesso che tutti i riferimenti che vengono qui fatti al territorio regionale rimangono in genere validi per qualsiasi territorio di studio, anche se qualsiasi piano ha sempre tali specificità che lo rendono differente da qualsiasi altro, si forniscono nel seguito alcune specificazioni delle operazioni base della fase conoscitiva.

### **Studio dell'assetto del territorio**

Ai fini di un piano di trasporti il territorio viene studiato allo scopo di individuare i principali poli generatori ed attrattori di domanda (passeggeri e merci). A ciascun polo va poi associata una porzione di territorio, in modo che la somma di tali aree costituisca tutto il territorio di studio: tale operazione va sotto il nome di zonizzazione. Tale operazione è molto delicata in quanto successivamente lo studio della domanda riguarderà solamente gli spostamenti interzonali, trascurandosi ai fini del piano tutta la mobilità che si svolge all'interno di ciascuna zona. E' quindi necessario che ciascuna zona sia il più possibile omogenea e che, per definizione, al suo interno non si svolga domanda altrimenti definita regionale.

D'altra parte occorre che il numero delle zone non sia troppo elevato poiché la domanda, espressa in termini di flussi di scambio, è proporzionale al quadrato del numero delle zone.

A ciascun polo vanno associate le grandezze caratteristiche della zona, capaci di esprimere la produzione di spostamenti. Alcune di queste possono essere:

- popolazione,
- popolazione attiva,
- addetti per ramo di attività economica,
- unità locali produttive,
- aree destinate a servizi, (m<sup>2</sup>)
- superficie edificata (m<sup>2</sup>)
- superficie agricola (m<sup>2</sup> o Ha)
- indice di motorizzazione (N° di abitanti/N° di veicoli circolanti, per comune e per zona)

- indici economici (PIL, reddito delle famiglie, Valore Aggiunto, consumo pro - capite, etc)
- posti letto in ospedali,
- posti letto in alberghi,

Si fa notare che queste sono le variabili che poi verranno utilizzate all'attualità ed al futuro nei modelli di generazione ed attrazione e pertanto vanno accuratamente scelte, senza sovrabbondanza, in quanto gli studi economici connessi al piano dovranno poi fornire attendibili valutazioni sulla loro evoluzione futura. In linea generale è bene tenere presente che una ridondanza di dati e variabili di riferimento non arricchisce l'informazione complessiva, sia perché spesso le variabili sono connesse sia perché si inseriscono (cumulandoli) gli errori di valutazione connessi alla stima di ciascuna variabile.

### **Studio dell'offerta di trasporto**

Con questa operazione occorre riconoscere e quantificare tutte le grandezze atte a definire univocamente le caratteristiche fisiche e funzionali di tutti gli elementi che compongono la rete plurimodale di trasporto, sia nei suoi elementi lineari (archi stradali, ferroviari, idroviari) sia puntuali (nodi stradali e ferroviari, porti, aeroporti, interporti).

Preliminarmente a ciò occorre che sia stata definita la rete di interesse per lo studio in atto, operazione da svolgere coerentemente con l'individuazione della domanda di analogo interesse e con la zonizzazione del territorio.

Risultato sintetico e ad alto contenuto informativo di questa operazione è la costruzione del ***grafo plurimodale di trasporto***, strumento di simulazione capace di permettere, associato ai modelli di assegnazione, la *verifica fisica della rete* di trasporto esistente e di progetto.

### **Studio della domanda di trasporto**

La domanda di trasporto passeggeri e merci deve essere conosciuta in termini di matrice origine-destinazione tra le zone in cui è stato suddiviso il territorio di studio: domanda di interesse per il piano.

Nell'ipotesi del tutto particolare e non generalizzabile di una pianificazione contemporanea ed integrata a livello di sub - porzioni territoriali (province, bacini di traffico, etc.) si può assumere che la domanda da studiare sia quella interzonale ed interprovinciale (interbacinale), escludendosi quella quota che risulta avere sia l'origine che la destinazione dello spostamento interne alla stessa provincia o bacino.

### **dati esistenti**

*Se non esistono precedenti studi specifici, si può affermare che in generale la conoscenza della domanda di trasporto è uno dei problemi più rilevanti di un piano di trasporti (come di qualunque studio trasporti). E' utile ribadire che un piano o uno studio di trasporti è finalizzato ad organizzare il sistema della mobilità (offerta di trasporto) in modo coerente con le necessità della domanda e con il sistema degli obiettivi posti a*

*base dello studio. Pertanto non è possibile formulare proposte coerenti e scientificamente accettabili in assenza di un quadro conoscitivo completo sulla domanda di trasporto.*

Nella maggioranza dei casi gli unici dati disponibili sono:

- i flussi di veicoli passeggeri e merci transitanti in alcune sezioni della rete, rilevati, con la procedura CEE per i T.G.M., dall'ANAS e dalle Province ogni cinque anni, con alcuni aggiornamenti annuali (come è evidente non si tratta in questo caso propriamente di dati di domanda ma solo di impegno delle infrastrutture stradali);
- dati O.D. tra nodi della rete ed in particolare:
  - a) O.D. veicoli passeggeri e merci tra caselli della rete delle autostrade in concessione;
  - b) O.D. delle merci (in tonnellate annuali, per categorie merceologiche) tra stazioni della rete delle F.S. e delle ferrovie concesse;
  - c) qualche O.D. dei passeggeri delle F.S. tra stazioni, ricostruibile attraverso i biglietti venduti (non sempre, però, tutti i dati dei biglietti venduti sono opportunamente elaborati);
  - d) O.D. passeggeri e merci tra aeroporti (si noti che gli spostamenti che richiedono trasbordo risultano come due spostamenti distinti; il dato quindi distorce il fenomeno reale);
  - e) O.D. passeggeri e merci tra porti.

Si faccia molta attenzione che i dati O.D. sopra citati sono tutti relativi a nodi della rete e non ai poli del territorio. Le informazioni in questo modo ricostruibili non sono quindi esaustive della descrizione della domanda, non risultando noti gli spostamenti tra le effettive origini e destinazioni ed i punti di accesso ed uscita dal sistema di trasporto rispetto al quale è noto il dato.

### **Indagini sulla domanda di trasporto**

La procedura classica, messa a punto *in aree a domanda concentrata* (aree urbane e metropolitane), prevede, per le persone, le indagini O.D. a domicilio, per i residenti nell'area di studio, integrate da quelle al cordone per non residenti (rilievo degli spostamenti in penetrazione e di attraversamento). Per le merci vale un discorso analogo sostituendo alle indagini a domicilio quelle presso le unità produttive e rilevando, sempre al cordone, sui modi di trasporto, gli spostamenti merci in entrata nell'area e quelli che l'attraversano.

Quando *l'area di studio diviene vasta* (province, regioni, nazioni) ed i generatori di domanda risultano distribuiti, tale procedura risulta impraticabile per l'entità dei campioni statistici da rilevare al fine di garantire la loro significatività per le zone in cui è stato suddiviso il territorio. A meno che non si possa procedere ad una zonizzazione per aree molto vaste, con ciò che questo però implica in termini di quote di domanda trascurate.

*E' bene sottolineare con forza che ogni situazione presenta le sue specificità e che quindi le procedure vanno di volta in volta calibrate sul singolo caso reale.*

Quindi senza avere la pretesa di fornire una procedura standard valida sempre nei piani regionali si propone una soluzione di orientamento, calibrata sul caso Emilia Romagna.

### **La soluzione Emilia Romagna**

Nel caso specifico era prevista la redazione contemporanea e metodologicamente coordinata dei piani di Bacino (i bacini di traffico coincidono con le province, avendo raggruppato insieme quelle di Ravenna e Forlì). In tale situazione vale la possibilità di rilevare la sola domanda interzonale - interbacinale, rinviando ai piani di livello inferiore la definizione di quella che si svolge tutta in ciascun bacino.

In queste condizioni il modello Emilia Romagna individua la possibilità di utilizzare i dati O.D. esistenti tra nodi della rete, integrati con indagini O.D. su strada ed indagini O.D. presso le unità produttive.

### **Indagini O.D. su strada**

Utilizzando l'opportunità di poter suddividere il territorio regionale in porzioni delimitate da screen lines coincidenti con i confini provinciali, l'indagine su strada è stata effettuata ad un campione di conducenti veicoli passeggeri e merci transitanti per opportune sezioni di rilevamento, collocate sulle strade che compongono il grafo regionale e che incidono su di una screen line o sul cordone regionale.

Le procedure e le informazioni raccolte con questa indagine sono riportate nell'**allegato 1**.

L'indagine è stata effettuata nel periodo maggio-giugno; la durata del rilevamento era di 12 ore, estendibile alle 24 ore mediante opportuni rilievi campione distribuiti su tutto il territorio.

I problemi precedentemente esposti, connessi alla conoscenza parziale della domanda tra nodi della rete, vengono ritenuti non inficiare i risultati del piano per due motivi:

- a) in sede di piani di bacino tale approssimazione viene corretta con indagini di dettaglio;
- b) ai fini dello studio della mobilità e della rete regionale si ritiene trascurabile l'influenza degli spostamenti per accedere ai modi sui quali si conosce l'O.D.

### **Indagini presso le unità produttive**

Poiché la precedente indagine non poteva essere estesa a tutto l'arco temporale di un anno, in modo da poter rilevare la diversa distribuzione merceologica delle merci, soggetta a fenomeni stagionali, tali aspetti sono stati investigati direttamente presso le unità produttive del secondario (agricoltura e zootecnica, artigianato e industria manifatturiera).

Mentre per l'agricoltura e l'artigianato si disponeva di dati di base sufficienti a riprodurre l'O.D. di tali comparti della produzione mediante l'uso di opportuni modelli, per *l'industria manifatturiera* sono state approntate specifiche indagini presso un campione di imprese.

La ricerca ha coinvolto circa **540 aziende** sulle circa **3000 presenti** nella regione con l'obiettivo di ricostruire i seguenti aspetti della domanda connessa al settore:



- ✓ distribuzione della produzione nell'anno, quantità spedite per mese, aree di destinazione e modo di trasporto utilizzato;
- ✓ quantità di materie prime ricevute nell'anno e mese per mese, aree di provenienza e modo di trasporto utilizzato.

### **Elaborazioni dei dati di domanda di trasporto**

L'elaborazione dei risultati delle ricerche di domanda effettuate ha permesso di ricostruire le seguenti cinque principali rappresentazioni.

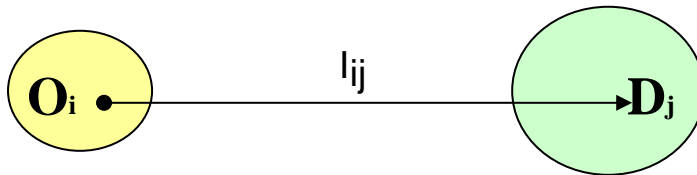
- 1) MATRICE ORIGINE-DESTINAZIONE VEICOLI PASSEGGERI, espressa in T.G.M. (traffico giornaliero medio annuale), di tutta la mobilità di interesse regionale, esclusi gli spostamenti auto stradali in attraversamento della Regione.
- 2) MATRICE ORIGINE-DESTINAZIONE VEICOLI-MERCI, espressa in T.G.M. ed analoga alla precedente.
- 3) MATRICE ORIGINE-DESTINAZIONE VEICOLI PASSEGGERI, espressa in T.G.M., tra caselli autostradali ottenuta mediante elaborazione dei dati forniti dalle Società Concessionarie.
- 4) MATRICE ORIGINE-DESTINAZIONE VEICOLI MERCI, espressa in T.G.M., tra caselli autostradali (analoga alla precedente).
- 5) FLUSSOGRAMMA DEL T.G.M., sulla viabilità di interesse regionale, di veicoli passeggeri e merci (elaborazione dei rilevamenti T.G.M.-C.E.E. e dei flussi medi per tronco autostradale forniti dalle Società Concessionarie).

## CAPITOLO 6

## STUDIO E PREVISIONE DELLA DOMANDA DI TRASPORTO

**6.1 - Definizione di domanda di trasporto.**

La domanda di trasporto è definita dal numero di spostamenti  $l_{ij}$  effettuati da una generica origine  $O_i$  verso una generica destinazione  $D_j$  in un determinato periodo di tempo.



Quando parliamo di flusso di **spostamenti** intendiamo persone e cose che hanno necessità di muoversi sul territorio in un determinato momento (ora e giorno). L'uso di diversi modi di trasporto per realizzare lo spostamento non è ancora preso in considerazione.

**6.2 - La domanda di trasporto è una funzione variabile nello spazio e nel tempo**

In quanto spaziale è rappresentabile con un flusso avente:

- punto di origine in  $O_i$
- punto di destinazione  $D_j$
- un itinerario da  $O_i$  verso  $D_j$

Questo flusso varia nel tempo in relazione alle necessità espresse dalla domanda e viene comunemente denominato Relazione di traffico (RTF) o "Linea di Desiderio".

**6.3 - Numero delle relazioni di traffico.**

Le relazioni di traffico rappresentano un flusso di spostamenti da una generica origine  $O_i$  ad una generica destinazione  $D_j$ .

Il territorio in cui si deve effettuare lo studio di trasporti è stato preliminarmente suddiviso in zone di origine e destinazione degli spostamenti (v. zonizzazione – fase conoscitiva di un piano – capitolo 5), che quindi rappresentano le possibili aree di origine e destinazione degli spostamenti. Pertanto l'insieme delle relazioni di traffico possono essere rappresentate attraverso una matrice degli spostamenti in cui nelle righe poniamo le origini e nelle colonne le destinazioni (v. anche il successivo paragrafo 6.9).

Le relazioni di traffico saranno quindi tante quanti sono i possibili collegamenti da una zona a tutte le altre. Se le zone sono  $N$ , da ogni zona partiranno  $N-1$  Relazioni di Traffico (abbiamo ora escluso gli spostamenti tra una zona e se stessa cioè gli spostamenti interni alla zona, che per definizione di zonizzazione dovremmo

trascurare). Se consideriamo anche questi ultimi, le relazioni che partono dalla generica zona (i) sono N, le zone (i) sono anch'esse N e quindi l'insieme degli spostamenti sarà  $= N \times N = N^2$ .

#### **6.4 - Espressione della funzione di domanda di trasporto.**

La domanda è una funzione dello **spazio S** e del **tempo T**, quindi può essere rappresentata come:

$$I_{ij} = F(S,T)$$

La dimensione della domanda, in pratica l'intensità degli spostamenti, dipende dalle motivazioni, dall'utilità connessa allo spostamento e dal costo del trasporto che rappresenta una resistenza allo spostamento stesso. Nel **costo** dobbiamo considerare la **componente monetaria** (prezzo) ma anche le **altre risorse** dell'utente, quali il tempo, il disagio, la sicurezza. Il Costo che comprende tutte queste componenti viene chiamato "**costo generalizzato**".

#### **6.5 – Articolazione della domanda per finalità**

La domanda di trasporto può essere stratificata a seconda delle finalità (scopo) del trasporto .

Per ogni RTF avremo diverse funzioni di domanda, tante quante sono le finalità del trasporto prese in considerazione.

Si noti che la finalità del trasporto consente anche di distinguere l'oggetto del trasporto, cioè persone o cose.

Ad esempio avremo finalità del tipo: lavoro, scuola, acquisti, svago, ecc., nel caso di trasporto di persone; e finalità del tipo: rifornimento di esercizi commerciali, recapito a domicilio, trasporto per magazzinaggio ecc., nel caso di trasporto di cose.

#### **6.6 - Territorio ove è presente la domanda di trasporto.**

Essendo la domanda di trasporto una funzione anche spaziale occorre:

- definire il territorio A in cui si esplora la domanda;
- avere per ogni punto del territorio A notizie sulle qualità, quantità e prezzi di quei beni, riconducibili alla *utilizzazione del territorio*, che condizionano i flussi di domanda (ad esempio il reddito o la disponibilità di veicoli privati sono variabili che indicano una maggiore o minore propensione agli spostamenti).

#### **6.7 - Il territorio A non è mai un sistema isolato.**

Cioè A non è mai privo di scambio di spostamenti con il suo esterno. Pertanto ci sono sempre da considerare:

- flussi di domanda aventi punto-origine  $O_i$  entro A e  $D_j$  fuori di A (**spostamenti di uscita**)
- flussi di domanda aventi punto-origine  $O_i$  fuori di A e  $D_j$  dentro A (**spostamenti di penetrazione o ingresso**)
- flussi di domanda aventi sia  $O_i$  che  $D_j$  fuori di A (**flussi di attraversamento**)

### **6.8 - Definizione dell' origine $O_i$ e della destinazione $D_j$ : ZONIZZAZIONE**

L'origine o la destinazione di uno spostamento può essere, al limite, una unità elementare assai piccola nell'ambito del territorio. In termini di edificato: l'appartamento, il negozio, il singolo ufficio; in termini di insediamento umano: la famiglia, la comunità, l'unità locale.

Considerare come punto origine o punto destinazione una unità elementare di questo tipo (microanalisi), presenta il vantaggio di minimizzare la variabilità all'interno dell'unità stessa dei parametri in gioco, ma conduce ad una disaggregazione dei dati normalmente inaccettabile, in quanto rende estremamente complesse ed onerose le operazioni di elaborazione e di trattamento dei dati oltre a richiedere indagini estremamente dettagliate e quindi lunghe e costose.

Di norma, quindi, si procede mediante **aggregazione delle unità elementari** (macroanalisi), ottenendo così delle parti del territorio, chiamate **zone**, che vengono considerate i punti origine  $O_i$  ed i punti di destinazione  $D_j$  degli spostamenti.

Il problema è, dunque, la definizione dei criteri di aggregazione delle unità elementari. Si noti che la soluzione del problema è indipendente dal fatto che si abbia a che fare con un territorio già urbanizzato (in tutto o in parte), o con un territorio da urbanizzare.

Alcuni dei criteri normalmente utilizzati sono i seguenti:

- (a) utilizzare come frontiere delle zone le barriere naturali o artificiali: corsi d'acqua, autostrade, ferrovie, perimetri murali; cioè tutti quegli elementi il cui attraversamento può avvenire soltanto in punti obbligati;
- (b) definire delle zone di forma regolare in modo che la distanza fra i centri delle zone sia rappresentativa della durata media (in tempo o in spazio) degli spostamenti fra le zone;
- (c) ricercare una configurazione delle zone tendente a far coincidere i centri delle zone con intersezioni o punti della rete di trasporto;
- (d) ottenere delle zone che coincidano o risultino una aggregazione di unità territoriali individuate nelle grandi rivelazioni statistiche (sezioni di censimento) o in altre occasioni (sezioni elettorali);
- (e) assicurare il maggior livello possibile di omogeneità delle zone per quanto riguarda la qualità degli insediamenti nelle zone stesse.

Tanto più si cerca di rispettare l'ultimo criterio, tanto più si è costretti ad utilizzare una ripartizione del territorio per zone di limitata estensione; si tende al limite alle unità elementari definite in precedenza. Pertanto l'*omogeneità* di ogni singola zona sarà raramente assoluta, ma si avrà, invece, una mescolanza di attività entro la medesima zona.

Ciò avviene in particolare nelle aree centrali della città, ove insieme agli insediamenti residenziali esistono sempre attività terziarie rilevanti, in gran parte indipendenti dalle residenze delle stesse. Invece, nelle aree residenziali di nuova espansione urbana è presente in generale soltanto l'attività commerciale (terziaria) connessa alla funzione residenziale.

In linea di principio, quindi, ogni zona potrà essere, nello stesso tempo, generatrice ed attrattrice di traffico.

In fine, per quanto riguarda il criterio (d), se ne segnala l'importanza dal punto di vista operativo. Infatti, tutta una serie di dati relativi agli insediamenti nel territorio sono riferiti a questo tipo di unità territoriali (sezioni di censimento o sezioni elettorali). In Italia questi dati sono raccolti ed elaborati dall'ISTAT ed a livello europeo sono raccolti (forniti dagli stati membri) da EUROSTAT.

**6.9 - La Matrice degli interscambi o Matrice Origine – destinazione [O.D.]**

Supponiamo di avere suddiviso il territorio A in N zone e supponendo che ogni singola zona sia ad un tempo generatrice e attrattrice il numero di relazioni di traffico RTF sarà  $N(N-1)$ . Considerando tali RTF, per ciascuna  $f_w$ , le funzioni di domanda di trasporto saranno tante quante le RTF e cioè  $N(N-1)$ . Inoltre, poiché ormai abbiamo delle zone come punti-origine e punti-destinazione, esisteranno certamente spostamenti aventi origine e destinazione nella medesima zona. Quindi, ancora N relazioni di traffico e cioè w funzioni di domanda di trasporto. In totale, quindi, sull'intero territorio A, le RTF sono  $N^2$ . Queste  $N^2$  funzioni di domanda di trasporto sono rappresentabili tramite una *Matrice degli Interscambi*  $M_I$ .

$I_{11}$	$I_{12}$	...	$I_{1j}$	...	$I_{1i}$	...	$I_{1N}$	$G_1$	}
$I_{21}$	$I_{22}$	...	$I_{2j}$	...	$I_{2i}$	...	$I_{2N}$	$G_2$	
.	.		.		.		.		
$I_{j1}$	$I_{j2}$	...	$I_{jj}$	...	$I_{ji}$	...	$I_{jN}$	$G_j$	
.	.		.		.		.		
$I_{i1}$	$I_{i2}$	...	$I_{ij}$	...	$I_{ii}$	...	$I_{iN}$	$G_i$	
.	.		.		.		.		
$I_{N1}$	$I_{N2}$	...	$I_{Nj}$	...	$I_{Ni}$	...	$I_{NN}$	$G_N$	
<b>GENERAZIONI DEGLI SPOSTAMENTI</b>									
<b>ATTRAZIONI DEGLI SPOSTAMENTI</b>									
$A_1$	$A_2$	...	$A_j$	...	$A_i$	...	$A_N$	<b>La somma delle <math>G_i</math> e = Somma <math>A_j</math> = totale spostamenti</b>	

**Nella matrice il generico elemento  $I_{ij}$  è il numero di spostamenti partenti dalla zona  $N_i$  diretti alla zona  $N_j$ .** Lo spostamento inverso è quello che dalla zona "J" va alla zona "i" =  $I_{ji}$ . In linea generale non è detto che  $I_{ij}$  sia uguale a  $I_{ji}$ , soprattutto nel caso dei flussi merci dove il circuito degli spostamenti non può essere ricondotto all'uscita da casa ed al ritorno a casa, come per le persone.

La generica riga ( $I_{i1}$   $I_{i2}$ ... $I_{ij}$ ... $I_{ii}$ ... $I_{iN}$ ), è composta da tutti gli spostamenti che hanno origine nella zona  $N_i$  e destinazione in qualsiasi zona. La generica colonna ( $I_{1i}$ ,  $I_{2i}$ ... $I_{ji}$ ... $I_{ii}$ ... $I_{Ni}$ ) è composta da tutti gli spostamenti che hanno destinazione nella zona  $N_i$  ed origine in qualsiasi zona.

Valgono, quindi, le condizioni:

- la somma delle Generazioni è uguale al totale degli spostamenti (somma degli interscambi  $I_{ij}$ )
- la somma delle Attrazioni è uguale al totale degli spostamenti (somma degli interscambi  $I_{ij}$ )

- per cui: la Somma delle  $G_i$  è = alla Somma delle  $A_i$  = totale flussi di domanda.

$G_i$  viene chiamata **generazione** della zona  $N_i$ ;  $A_i$  viene chiamata **attrazione** della zona  $N_i$ .

Gli elementi della diagonale principale  $I_{ij}$  sono composti dagli spostamenti aventi origine e destinazione nella medesima zona. Questi vengono chiamati **spostamenti intrazonali** in contrapposizione agli altri che sono chiamati **spostamenti interzonali**. Tanto più le zone sono di limitata estensione, tanto più gli elementi della diagonale principale  $I_{ij}$  tendono a zero.

A fini esemplificativi si riporta una matrice di spostamenti di persone tra alcune zone in cui è possibile suddividere l'area di Venezia (i dati, seppure verosimili, sono puramente indicativi ed approssimati e riportati solo ai fini della comprensione del ruolo e del significato della matrice origine-destinazione):

ZONE:

1. Venezia Piazzale Roma
2. Venezia FS S.Lucia
3. Venezia Tronchetto
4. Venezia Mestre
5. Venezia Aeroporto

## ESEMPIO DI MATRICE DEGLI SPOSTAMENTI DI PERSONE/GIORNO

ZONE	ZONE	1	2	3	4	5	GENERAZIONE DI CIASCUNA ZONA
	Venezia Piazzale Roma		Venezia FS S.Lucia	Venezia Tronchetto	Venezia Mestre	Venezia Aeroporto	
1	Venezia Piazzale Roma	-	5.000	7.000	30.000	2.000	44.000
2	Venezia FS S.Lucia	1.000	-	-	18.000	300	19.300
3	Venezia Tronchetto	7.000	-	-	500	-	7.500
4	Venezia Mestre	30.000	18.000	500	-	2.000	50.500
5	Venezia Aeroporto	2.000	200	-	2.200	-	4.400
	ATTRAZIONE DI CIASCUNA ZONA	40.000	23.200	7.500	50.700	4.300	125.700

Flussi giornalieri medi di persone

#### 6.10 Ricerche sulla domanda ai fini della misura della matrice O.D.

*Per studiare la domanda e quindi conoscere i relativi flussi che compongono la matrice O.D. occorre effettuare ricerche ed indagini. Queste sono non complesse, in quanto si utilizzano procedure statistiche consolidate, però richiedono tempi e costi sostenuti. Tuttavia questa parte degli studi di trasporti è non solo indispensabile ma anche strategica poiché solo la conoscenza della domanda ci fornirà gli elementi per valutare il sistema attuale e le relative inefficienze e quindi poter individuare e proporre correttivi e progetti.*

Nel seguito si espongono le principali fonti di dati in genere disponibili sulla domanda e quindi le indagini integrative da svolgere.

a) Ricerca dei dati ed informazioni mediante consultazione di pubblicazioni, annuari, bollettini o mediante raccolta e collezione di dati non pubblicati giacenti presso Enti Pubblici, società, Istituzioni. (*ricerca in ufficio*).

b) Ricerca di dati nel vivo della realtà, mediante rivelazioni originali presso la popolazione, le imprese, le aziende, ecc. (*ricerca sul terreno*).

c<sub>1</sub>) Le fonti di ricerca nell'ambito del primo settore sono:

- ISTAT, per quanto riguarda tutti i dati ricavabili dai censimenti generali o parziali della popolazione, dell'industria, commercio ed artigianato, dell'agricoltura, delle forze di lavoro;
- la Camera di commercio, per quanto riguarda le imprese commerciali, industriali e l'artigianato;
- gli ordini professionali;

- gli Enti pubblici, per quanto riguarda l'impiego pubblico e la gestione dei relativi servizi;
- l'Automobile Club per la informazioni sul parco veicolare circolante, sugli incidenti, su rilevazioni di traffico;
- l'ANAS, per la struttura della rete viaria e per i dati sui censimenti periodici della circolazione;
- le Ferrovie dello Stato, le compagnie aeree e le Autolinee in concessione, per il relativo movimento di merci e passeggeri;
- le Amministrazioni locali (Comuni, Province, Regioni) nei loro diversi uffici che si occupano rispettivamente di: utilizzazione del territorio (popolazione, attività di vario tipo, occupazione, posti di lavoro, ecc.); rete di trasporto (strade di gestione locale, aziende municipalizzate di trasporto); caratteristiche generali della popolazione (reddito, composizione familiare media, percentuale di popolazione attiva, ecc.);
- il Ministero dei Trasporti per quanto riguarda dati generali sul sistema dei trasporti in concessione (per es. informazioni sulle autolinee e ferrovie in concessione), nonché sulla motorizzazione in generale (per es. numero delle patenti rilasciate, statistiche sugli incidenti, circolazione degli autocarri, ecc.). Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha inoltre recentemente messo a punto un **Sistema di Supporto alle decisioni** (DSS) denominato **SIMT** che contiene numerose informazioni utili a livello nazionale sui flussi degli spostamenti. Il **SIMT** è stato messo a punto per nuovo Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGTL) concluso nel 2001 e la legge 166/2002 prevede che le relative informazioni (banche dati e sistemi di elaborazione) siano messi a disposizione della collettività (al momento, *aprile 2003*, non sono però ancora state rese note le relative procedure per cui l'accesso non è ancora in realtà disponibile).

**c2)** Il secondo settore tende a completare le informazioni raccolte con la ricerca in ufficio e quindi le relative **ricerche sul terreno** saranno più o meno approfondite a seconda dei risultati ottenuti in precedenza.

In generale la *ricerca sul terreno* si articola sui tre seguenti gruppi di indagini:

- a) **le indagini origine-destinazione** che hanno lo scopo di individuare la MATRICE ORIGINE – DESTINAZIONE  $M_I$  esistente;
- b) **le indagini sulla utilizzazione del territorio**, che tendono a produrre la MATRICE  $M_U$  esistente (è una matrice, in quanto per ogni zona avremo più variabili esplicative; in questo caso ovviamente il numero delle righe è ancora uguale al n° delle zone, ma le colonne saranno tante quante le variabili esplicative dell'uso del territorio);
- c) **le indagini sul Sistema di Trasporto** che servono ad individuare le funzioni di prestazione del trasporto che in genere legano il prezzo che l'utente è disponibile a pagare con il flusso che utilizza quel sistema.

#### **6.14 - La funzione di produzione del trasporto**

La funzione domanda di trasporto ha come variabile indipendente anche il **prezzo generalizzato del trasporto**  $\bar{p}$  (*sintesi delle prestazioni offerte dal sistema di trasporto; si definisce prezzo generalizzato in quanto è la somma del prezzo monetario e di tutte le altre risorse impiegate dall'utente: tempo di viaggio, confort, sicurezza, etc*). Quindi la domanda dipende anche dal sistema di trasporto a servizio del territorio A. E' necessario conoscere il valore di  $\bar{p}$  su ogni elemento, vertice od arco, di questo sistema di trasporto; intendendo per **vertice** una infrastruttura di manovra e/o terminale: intersezione, stazione, fermata; per **arco** l'infrastruttura di traiettoria tra due vertici adiacenti. In questo modo, poiché il collegamento tra la zona  $N_i$  e la



zona  $N_i$  è composto da un cammino formato dalla successione di vertici ed archi, si può ottenere il valore  $\bar{p}_{ij}$  del prezzo generalizzato di trasporto da  $N_i$  ad  $N_j$ , come somma dei prezzi di trasporto pagati per percorrere tutti i vertici ed archi che compongono il cammino.

Ma il prezzo che si deve sostenere per utilizzare un generico elemento del sistema di trasporto non ha un valore unico ed invariante, bensì è in generale una funzione del flusso di trasporto  $H =$  veicoli per unità di tempo che utilizzano l'elemento stesso (*si ricordi l'andamento delle prestazioni di un arco di infrastruttura stradale in funzione del flusso rappresentato dalla curva di deflusso*). Questa funzione che rappresenta il costo per l'utente (cioè il prezzo) per sostenere uno spostamento è detta **funzione di produzione del trasporto**.

**Quindi, in effetti, si può dire di aver descritto il sistema di trasporto a servizio del territorio **A** una volta conosciuta la funzione che esprime la dipendenza del prezzo dai flussi di domanda sulla rete [  $\bar{p} = \bar{p}(H)$  ] per tutti gli elementi che compongono l'itinerario da percorrere per andare da una zona ad un'altra.**

**L'utente in genere percepisce solo parzialmente tali costi e spesso ne sottovaluta l'ammontare.**

Colui che si sposta con l'autovettura (o moto) propria percepisce il costo del carburante, i pedaggi ed il prezzo del parcheggio (negli USA lo chiamano il "Pocket cost"), ma non valuta l'ammortamento del veicolo (il costo annuale di possesso del bene cioè la distribuzione nel tempo e sulla percorrenza del costo di acquisto dell'auto) né le tasse ed assicurazioni che comunque ritiene di dover pagare indipendentemente dallo spostamento. L'utente del servizio ferroviario paga un biglietto (prezzo del trasporto) ma ignora che questo è il risultato dell'attribuzione di diversi costi che sostiene il gestore sia per l'uso dell'infrastruttura, sia per i servizi di stazione sia, infine, per l'esercizio del treno (ad esempio l'energia, il personale di guida, il personale di controllo, l'acquisto e la manutenzione dei veicoli). Analogo è il caso del trasporto con autobus, anche se le aziende di trasporto BUS non pagano le infrastrutture che usano, al pari dell'utente dell'auto propria. Nel caso particolare italiano, ma non solo, il prezzo del biglietto copre solo una parte di tutti questi costi sostenuti dall'esercente un servizio di trasporto (oggi non più del 30-35 % del totale dei costi), in quanto la restante parte è sostenuta dallo Stato cioè dalla collettività attraverso il pagamento delle tasse sul reddito. Questa situazione dipende dall'applicazione del dettato della Costituzione che garantisce la mobilità di ogni cittadino sull'intero territorio nazionale ed ha determinato che l'uso dei sistemi collettivi pubblici sia sostenuto dalla collettività. Questo nel tempo ha portato rilevanti distorsioni, in quanto le aziende, cui i costi sostenuti erano rimborsati a piè di lista dallo Stato prima e dalle Regioni poi non avevano interesse ad ottimizzare i servizi ma piuttosto ad incrementare le percorrenze, visto che i contributi venivano pagati a consuntivo dei km percorsi, Così con la crescita economica del paese, i servizi collettivi pubblici, sempre meno efficienti e poco confortevoli, venivano a costare alla collettività sempre di più ma venivano anche usati sempre meno. Ad esempio dal 1981 (anno della prima riforma – inattuata – del trasporto pubblico in Italia –

L. 151) al 1991 gli utenti del Trasporto Pubblico Locale (TPL) in Italia si sono dimezzati mentre le percorrenze sono raddoppiate. Nel 1997 è stata varata la nuova legge di riforma del TPL, Decreto Legislativo D.L.vo 422/97 aggiornato con il D.L.vo 400/1999, che impone che i ricavi da traffico non possano essere inferiori al 35% dei costi (quindi ancora resta a carico della collettività il 65% del costo) e che i servizi vengano attribuiti mediante confronto concorrenziale (Gare) da svolgersi entro il 31.12.2003.

Questa situazione complessivamente genera che l'utente percepisce i reali costi del trasporto in modo distorto, in quanto o non li contabilizza (i costi del mezzo proprio) o ne sostiene direttamente solo una parte. Il risultato è che quando sceglie il modo di trasporto che ritiene più conveniente per il suo spostamento mette a confronto costi parziali e quindi dal punto di vista economico (cioè dell'interesse collettivo) sceglie in modo poco efficiente per la collettività, che tuttavia, con le sue scelte politiche, ha determinato tale squilibrio.

## CAPITOLO 11

# Metodologia per l'esecuzione degli Studi di Fattibilità delle infrastrutture di trasporto

**La scarsità di risorse finanziarie che i bilanci pubblici stanziavano a favore di progetti di sviluppo è tale da imporre che le decisioni di investimento siano sostenute da approfondite analisi che, oltre a dimostrare l'adeguatezza dell'intervento rispetto agli obiettivi da perseguire, individuino la soluzione in grado di assicurare il più efficace utilizzo delle risorse e, attraverso valutazioni "obiettive", di verificare l'affidabilità, l'efficacia e la rilevanza degli interventi.**

A tale scopo la legge 144/99 prevede che lo Studio di Fattibilità:

- sia strumento **ordinario preliminare per opere di costo complessivo superiore a lire 20 miliardi**
- sia strumento obbligatorio per opere **il cui costo complessivo è superiore a 100 miliardi di lire**

Gli **studi di fattibilità approvati dalle amministrazioni costituiscono certificazione di utilità** degli investimenti ai fini dell'accesso ai fondi disponibili per la progettazione preliminare e dei finanziamenti delle opere.

Per certificare (valutarne positivamente i risultati) gli studi di fattibilità (Sdf) delle opere pubbliche promossi da Regioni, Province, Comuni, società di gestione dei servizi pubblici, aziende speciali, ecc, sono stati istituiti i **Nuclei regionali di valutazione e verifica degli investimenti pubblici (Nuvv)**: unità tecniche di supporto alla programmazione, alla valutazione e al monitoraggio degli investimenti pubblici.

Non esistendo in Italia una normativa specifica né una prassi consolidata sugli Sdf, le singole amministrazioni regionali, in accordo tra loro, hanno adottato una "Guida per la certificazione degli studi di fattibilità" alla quale i nuclei regionali di valutazione delle opere pubbliche potranno apportare eventuali aggiornamenti metodologici.

La guida delinea i requisiti minimi di uno Sdf a partire da esperienze valutative nazionali ed internazionali nel finanziamento delle opere pubbliche. La struttura prevede la verifica di fattibilità nei diversi ambiti dell'opera:

- ~ analisi propedeutiche e alternative di progetto
  - la fattibilità tecnica,
  - la compatibilità ambientale,
  - la sostenibilità finanziaria (realizzazione, manutenzione e gestione dell'opera),
  - la convenienza economico-sociale,
  - le verifiche procedurali,
  - l'analisi dei rischi.

Queste analisi, condotte in parallelo, consentono la formulazione di un giudizio positivo o negativo per ognuno dei sei ambiti sopra elencati. La qualità complessiva del progetto andrà dunque ricercata intervenendo sugli aspetti che risultano negativi (così dove la compatibilità ambientale non sia garantita si dovrà provvedere ad una rielaborazione del progetto o dove la sostenibilità finanziaria non sia superata sarà necessario ricercare nuove soluzioni organizzative) al fine di ottenere un progetto di verificata fattibilità sotto tutti gli aspetti.

**11.1. Analisi propedeutiche e alternative di progetto**

Prevedono:

- ~ inquadramento complessivo dell'opera: descrizione del contesto (analisi dei flussi, delle capacità e dei livelli di servizio delle infrastrutture esistenti) in cui si inserisce il progetto, sue finalità e soggetti coinvolti (proprietario, gestore, ecc),
- ~ stima ed analisi del fabbisogno – domanda, e della proposta per il suo soddisfacimento – offerta: a partire dall'identificazione di bisogni ( beni e servizi richiesti) o di squilibri sulla rete (sovraccarico di alcuni archi, utilizzo eccessivo di una modalità di trasporto) si determina la domanda esistente e futura, si valuta quindi l'offerta attuale e quella prevedibile in assenza di intervento e con intervento.
- ~ modello di gestione e manutenzione dell'opera: è necessario descrivere il modello di gestione previsto individuandone normativa, soggetti, modalità, attività e azioni necessarie.
- ~ alternative progettuali: la fase di progettazione preliminare deve fornire dei tracciati approssimati per le infrastrutture onde individuare i corridoi d'influenza delle diverse alternative e le stime sommarie dei costi d'investimento.

Uno stesso problema potrà essere risolto mediante soluzioni alternative (non necessariamente solo variazioni di tracciato) anche molto differenti, riportiamo alcuni esempi:

Problema	Possibili soluzioni alternative
Tangenziale di Mestre	
	Costruzione del Passante largo
	Realizzazione del tunnel sotto la tangenziale
	Costruzione della strada dei "Bivi"

Problema	Possibili soluzioni alternative
Congestione di un centro storico	
	Differenziazione degli accessi (es. ZTL = zone a traffico limitato con chiusura parziale al traffico privato )
	Miglioramento del servizio pubblico su gomma ( aumento della frequenza e della capacità dei mezzi)
	Creazione di parcheggi di interscambio
	Chiusura del centro storico
	Realizzazione di corsie riservate

**11.2. FATTIBILITA' TECNICA**

Si articola principalmente in tre ambiti:

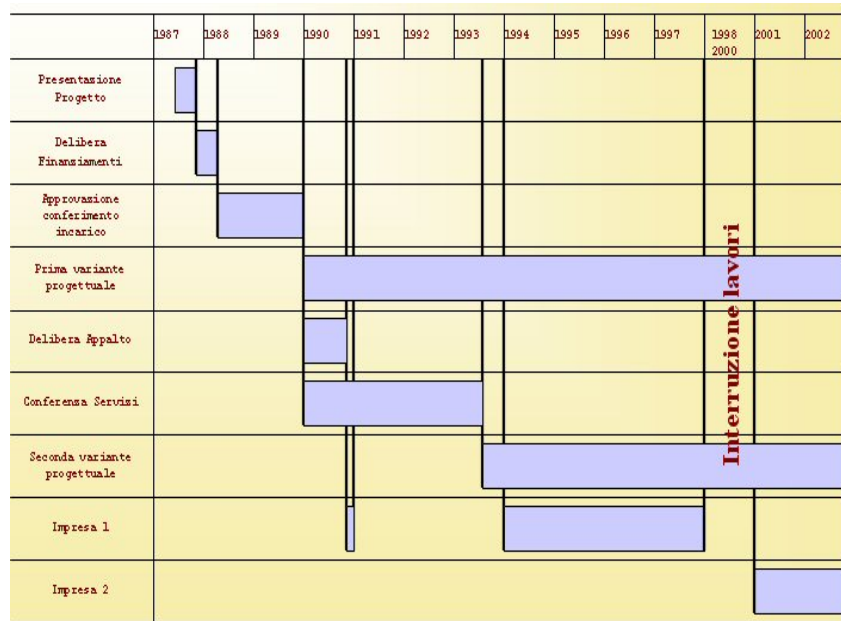
- le funzioni da insediare: sarà necessario giustificare le ragioni delle scelte e verificare la compatibilità con quelle già insediate nell'area su cui si interviene;
- le caratteristiche tecniche e dimensionali dell'opera (progettazione preliminare e relativa stima dei costi);
- le relazioni logiche e temporali tra attività e opere: la realizzazione del progetto può essere articolata per parti autonome (sarà possibile iniziare a costruire un'autostrada in più punti contemporaneamente), strumento efficace è il **diagramma di Gantt**.

**IL DIAGRAMMA DI GANTT** (dal nome del suo ideatore, l'ingegnere americano Henry Gantt) mostra la sequenza temporale e organizzata delle attività. La struttura di questo diagramma si basa sul fatto che un qualsiasi progetto, anche piuttosto complesso, può essere scomposto in attività elementari ognuna delle quali è caratterizzata da due parametri essenziali: la data di inizio e di fine. Se tali parametri vengono fra loro confrontati graficamente è possibile mettere chiaramente in evidenza le interazioni temporali che esistono fra le suddette attività elementari, e di conseguenza gestirle nel modo ottimale al fine del raggiungimento del risultato finale. Un classico diagramma di Gantt si articola in un certo numero di barre orizzontali (ad ognuna delle quali corrisponde una attività), disposte in un piano parallelamente ad una scala temporale di riferimento (rappresentabili in giorni, settimane, mesi). La lunghezza di ogni barra corrisponde alla durata della corrispondente attività, mentre la disposizione delle barre mette in evidenza eventuali interazioni e conflitti.

Fig 1. Esempio di diagramma di Gantt

La rappresentazione permette:

- di pianificare nel tempo qualsiasi successione di operazioni,
- di valutare lo stato di avanzamento delle singole attività,
- di individuare le attività che si rivelano critiche agli effetti del raggiungimento del risultato finale, vale a dire che un loro slittamento si ripercuote sulla durata dell'intero progetto,
- di evidenziare anche le attività non critiche, vale a dire quelle per le quali è possibile tollerare ritardi (entro certi limiti) di verificare il grado di completamento del progetto,
- di valutare quanto tempo occorre per giungere alla soluzione del problema o alla realizzazione del progetto,
- di confrontare i tempi previsti con i tempi realmente impiegati, in modo da valutare se la previsione era stata fatta bene.



In altre parole, un diagramma di Gantt consente di organizzare l'operatività del progetto in modo tale da minimizzarne i tempi di realizzazione. Se ci limitasse ad eseguire in ordine sequenziale le singole attività, i tempi sarebbero esattamente pari alla somma della durata di queste ultime, ma organizzandole opportunamente sarà solo la durata delle attività critiche ad influenzare quella globale dell'intero progetto. Infatti, quelle non critiche possono essere condotte anche contemporaneamente ad altre, togliendo così addendi alla somma di cui sopra. La possibilità di avere sempre a disposizione una visione di assieme dell'intero progetto consente una più efficace distribuzione delle risorse disponibili, a tutto vantaggio dei risultati finali.

Nell'ambito degli SDF, in particolare per quanto riguarda gli aspetti di fattibilità tecnica il diagramma di Gantt è lo strumento più semplice ed efficace per sintetizzare le seguenti informazioni preprogettuali:

- individuazione degli elementi (**attività elementari e/o opere distinguibili**) che costituiscono l'opera pubblica nella sua fase di realizzazione;
- individuazione degli **eventi** fondamentali che caratterizzano lo sviluppo dell'intervento (anche per la fase di realizzazione);
- **calendarizzazione** e definizione della durata degli elementi e, eventualmente, degli eventi.

### 11.3. 11.2 LA COMPATIBILITA' AMBIENTALE

Data la natura pre-progettuale dello SdF non è possibile effettuare un vero e proprio studio di compatibilità ambientale si tratta dunque di:

- verificare il quadro normativo in materia ambientale e conformità rispetto agli strumenti di pianificazione del settore
- analizzare e descrivere la situazione ambientale esistente: solitamente la procedura consiste nella sovrapposizione delle “diverse carte tematiche” ( geologica, paesaggistica, zoologica,.. ecc.) per individuare le aree “sensibili” che il tracciato dovrà necessariamente evitare
- analizzare i principali fattori di rischio e impatto ambientale dovuti alla nuova opera
- individuare le possibili misure di mitigazione e compensazione del progetto.

### 11.4. SOSTENIBILITA' FINANZIARIA

Si valuta solo nel caso in cui il progetto vada in Project Financing o per la gestione dei servizi ( punto di vista del privato-gestore) ovvero per tutte le iniziative che prevedono il contributo totale o parziale dei privati nella realizzazione o gestione dell'opera

#### obiettivo

E' necessario condurre un analisi finanziaria relativa:

- alla fase realizzativa dell'opera (investimento e finanziamento)
- alla fase di esercizio ovvero gestione e manutenzione (costi ed eventuali ricavi)  
nel caso in cui la gestione preveda rientri finanziari (tariffe) questi dovrebbero consentire il recupero di tutte le uscite  
altrimenti si dovranno individuare competenze, titolarità e modalità per la copertura del deficit di esercizio

#### metodologia

L'analisi finanziaria si articola in tre principali ambiti:

1. stima della situazione finanziaria senza intervento:
  - a. quantificazione dei **costi di investimento** per realizzare interventi che sarà necessario effettuare nell'arco temporale di analisi (di solito 20 anni per le strade e di 30 per le ferrovie) al fine di mantenere l'offerta attuale
  - b. quantificazione dei **costi di esercizio** per mantenere gli attuali livelli di efficienza
  - c. quantificazione di eventuali **rientri tariffari e non** (sovvenzioni pubbliche) nella situazione senza intervento
2. stima con la realizzazione dell'opera:
  - a. quantificazione dei **costi di investimento** per realizzare l'opera
  - b. quantificazione dei **costi di esercizio**: manutenzione e gestione dell'opera
  - c. quantificazione di eventuali **rientri tariffari e non**, va considerato anche il valore residuo dell'opera dopo 20/30 anni.
3. valutazione di sintesi dei risultati finanziari tramite il calcolo degli indicatori di fattibilità (VAN e SRI) e piano di finanziamento
  - ◆ calcolo del **valore attuale netto (VAN)** dei costi e dei rientri scontati al tasso convenzionale del 5% (nella situazione attuale, definito dal Ministero dell'Economia),
  - ◆ calcolo del **saggio di rendimento interno (S.R.I)**, cioè il tasso di attualizzazione che applicato alla differenza tra flussi di ricavi e di costo, rende nullo il VAN del progetto
  - ◆ definizione di fattibilità o di non fattibilità di un progetto, scelta tra le alternative

*La metodologia di calcolo degli indicatori è riportata al paragrafo 11.5.1, la procedura è esattamente la stessa che si applica nell' analisi economica benefici/costi se non che in questo caso valutiamo unicamente costi e ricavi finanziari.*

### 11.5. FATTIBILITA' ECONOMICA

L'analisi economico-sociale ha lo scopo di verificare il grado di utilità di un investimento di spesa di un progetto pubblico; il progetto ottimo non è più quello che massimizza il rapporto ricavi/costi (come avveniva nell'analisi finanziaria), ma quello che massimizza appunto l'utilità sociale.

Il problema dell'adozione di un valido criterio per confrontare diversi progetti nel settore dei trasporti, posti tra loro in alternativa, è attualmente molto discusso da tecnici e studiosi del settore.

Numerose esperienze e ricerche in Europa e negli USA hanno sin qui analizzato varie ed importanti questioni relative ai metodi di analisi tecnico-economica esistenti.

Tradizionalmente la metodologia legata alle scelte sui progetti di investimento pubblici è l'"analisi costi-benefici", basata sull' "idea che sia opportuno intraprendere un'attività se i benefici risultanti sono superiori ai costi". Il limite di questa tecnica consiste nella monetizzazione attraverso cui l'analista uniforma tutte le voci di benefici e costi in modo da poterle confrontare: esistono numerosi beni e servizi che, pur non essendo scambiati sul mercato ( e quindi avere un prezzo) possono tuttavia avere un impatto rilevante sul benessere dei cittadini (ambiente, salute, ecc), a queste sono attribuibili solo giudizi di valore. Tuttavia, le scelte regolative dei *policy makers* spesso influenzano proprio la disponibilità dei suddetti beni e servizi e ciò rende necessario trovare criteri atti a valutarne gli effetti sul benessere sociale. I pesi monetari da assegnare a queste voci risultano essere dunque un arbitrio dell'analista la qual cosa conduce ad una procedura non trasparente in quanto ogni analista che la riesegua probabilmente otterrà un risultato differente e quindi non efficace.

In sintesi si può affermare quanto segue:

- l'analisi benefici- costi si presenta come una metodologia mono-obiettivo, il confronto avviene esclusivamente a livello economico
- il limite principale dell'analisi benefici-costi consiste nel fatto che essa non può tener conto di tutto ciò che non può essere valutato in termini quantitativi e monetari e, in particolare, non può considerare tutti quei benefici che un progetto produce e dei quali è, di fatto, impossibile stimare il valore;
- l'analisi benefici-costi non è in grado di tener conto della distribuzione dei benefici tra le diverse componenti della collettività.

In società complesse si è in presenza di obiettivi multipli e vi è quindi la necessità di valutare non solo l'effetto economico del progetto ma anche tutte le sue ricadute e vincoli (ad es. ambientali). Più adatta al raggiungimento di tali fini sembra essere l'analisi multiobiettivo, la quale permette di valutare il progetto ottimo utilizzando un modello matematico che consente la normalizzazione della misura degli obiettivi escludendo l'impiego di giudizi di valore. Si garantisce in tal modo l'unicità e l'univocità della soluzione anche in successive prove eseguite da gruppi operativi diversi.

Riportiamo di seguito la descrizione delle due metodologie.

### 11.5.1 Analisi Benefici Costi

L'analisi benefici-costi (B/C) è una tecnica di analisi finalizzata a confrontare l'efficienza di differenti alternative (politiche pubbliche, progetti, interventi di regolazione) utilizzabili in un dato contesto per raggiungere un obiettivo ben definito. L'analisi B/C verifica se i benefici che un'alternativa è in grado di apportare alla collettività nel suo complesso (i *benefici sociali*) sono maggiori dei relativi costi (*costi sociali*). Un progetto è giudicato desiderabile nel caso in cui dal confronto tra i benefici totali e i costi totali risulti una prevalenza dei primi, il che equivale a sostenere che la collettività nel suo insieme riceve un beneficio netto dalla sua realizzazione. In presenza di opzioni alternative di intervento, è giudicata preferibile l'opzione in cui la prevalenza dei benefici sui costi è maggiore. La logica dell'analisi B/C è che le risorse di una collettività sono limitate e il decisore politico deve destinarle agli interventi che massimizzano il beneficio netto per la società. Il risultato ottenuto permette di verificare se la stessa è preferibile al lasciare immutata la situazione attuale (*status quo*); si è quindi in presenza di un confronto implicito tra l'intervento e lo *status quo*. Se invece l'analisi B/C è sviluppata con riferimento a due o più possibili opzioni alternative di intervento, finalizzate al raggiungimento del medesimo obiettivo, allora costituisce uno strumento per la scelta dell'alternativa preferibile. Tradizionalmente l'analisi è svolta *ex ante* ed è finalizzata a decidere sull'opportunità di allocare risorse ad un determinato progetto, politica o intervento di regolazione.

Strutturalmente questa analisi è simile a quella finanziaria, ma deve tener conto anche di costi e benefici economici (esterni o indiretti) non derivanti, quindi, da costi e rientri finanziari. Questi corrispondono a beni ed a servizi non vendibili, sopportati o a favore della collettività (costi sociali relativi alla salute, all'impiego di tempo, benefici derivanti da miglioramento ambientale, maggior sicurezza, ecc)

L'analisi economica si articola in tre fasi:

1. situazione senza intervento:
  - a. quantificazione dei **costi economici interni**, derivati da quelli finanziari a cui vanno sommati **i costi economici esterni** che la collettività deve sostenere:
    - **costi di investimento** (opere che comunque si realizzano indipendentemente dal progetto in valutazione)
    - **costi di manutenzione**
    - **costi unitari del trasporto (costo economico di esercizio, costo economico del tempo)**  
 ( per la valutazione dei costi vedi capitolo 12)
  - b. allo stesso modo si quantificano i **benefici: economici interni**, derivati dai finanziari, a favore della collettività
2. stima con la realizzazione dell'opera:
  - a. quantificazione dei **costi economici interni** derivati da quelli finanziari a cui vanno sommati **i costi economici esterni** che la collettività deve sostenere:
    - **costi di investimento** (comprensivi dei nuovi costi connessi alla realizzazione dell'opera in valutazione)
    - **costi di manutenzione**
    - **costi unitari del trasporto (costo economico di esercizio, costo economico del tempo)**  
 ( per la valutazione dei costi vedi capitolo 12)
  - b. allo stesso modo si quantificano i **benefici economici interni**, (risparmi tariffari e minori costi del trasporto connessi alla realizzazione dell'opera) derivati dai finanziari, **benefici economici esterni** (maggior sicurezza, miglioramento delle condizioni ambientali), a favore della collettività  
 La valutazione dei benefici utilizza prevalentemente due strumenti metodologici:
    - il metodo del risparmio dell'utente
    - il metodo del surplus del produttore  
 ( la descrizione delle due metodologie è riportata in allegato al cap 12)
3. valutazione di sintesi dei risultati economici tramite il calcolo degli indicatori di fattibilità (VAN e SRI):



- ◆ calcolo del valore **attuale netto (VAN)** dei costi e dei rientri scontati al tasso convenzionale del 5%
- ◆ calcolo del **saggio di rendimento interno (S.R.I)**, cioè il tasso di attualizzazione che applicato alla differenza tra flussi di ricavi e di costo, rende nullo il VAN del progetto
- ◆ definizione di fattibilità o di non fattibilità di un progetto, scelta tra le alternative

**Gli indicatori di fattibilità: VAN e SRI**

La realizzazione dei progetti, così come le altre politiche pubbliche, hanno normalmente conseguenze che si estendono lungo un orizzonte multiperiodale, dispiegando i propri effetti per diversi anni. Per questa ragione l’analisi costi-benefici richiede il confronto di costi e benefici che si verificano in tempi diversi.

**Il saggio r** è lo strumento che consente di riferire ad una sola epoca, costi e ricavi di un progetto, al fine di calcolare i parametri di redditività dell’analisi costi-ricavi

Tale saggio si assume convenzionalmente positivo, in quanto gli individui attribuiscono ai capitali attuali una maggiore utilità rispetto a quelli futuri. Preferireste avere un milione di euro oggi o tra dieci anni? Ipotizzando che vi abbiano promesso un pagamento di 1.000.000 € tra dieci anni e vogliate sapere quanto varrebbe all’oggi dovrete applicare un coefficiente di anticipazione (

$$\frac{1}{(1+r)^n}$$

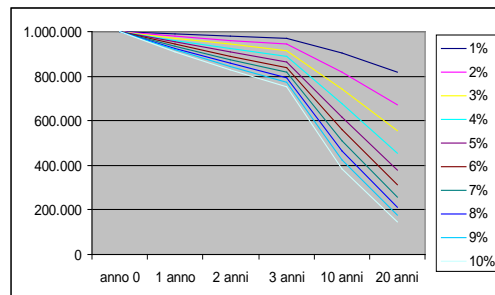
, vedi pagina seguente) da cui otterreste:

- applicando un saggio r del 2%, un valore attualizzato di 820.348 €
- applicando un saggio r del 7%, un valore attualizzato di 508.349 €

La tabella e il grafico riportano il valore attualizzato che assumerebbe 1.000.000 € se pagato tra 1, 2, 3, 10 o 20 anni ed in relazione al saggio applicato.

- al passare del **tempo, diminuisce** il valore
- per **saggi** più elevati, **diminuisce** il valore

Saggio di interesse "r"	1 anno	2 anni	3 anni	10 anni	20 anni
1%	990.099	980.296	970.590	905.287	819.544
2%	980.392	961.169	942.322	820.348	672.971
3%	970.874	942.596	915.142	744.094	553.676
4%	961.538	924.556	888.996	675.564	456.387
5%	952.381	907.029	863.838	613.913	376.889
6%	943.396	889.996	839.619	558.395	311.805
7%	934.579	873.439	816.298	508.349	258.419
8%	925.926	857.339	793.832	463.193	214.548
9%	917.431	841.680	772.183	422.411	178.431
10%	909.091	826.446	751.315	385.543	148.644



Se il saggio è modesto, i vantaggi futuri vengono apprezzati di più: è più probabile che la valutazione abbia esito positivo, gli investimenti sono percepiti come più sicuri.

Ad influenzare il valore del saggio è il rischio dell’investimento: a saggi bassi corrispondono investimenti a basso rischio, a saggi elevati investimenti a rischio elevato

In via generale, nell’analisi dell’impatto delle politiche pubbliche, il momento temporale di riferimento al quale ricondurre tutti i costi e benefici è il momento di inizio dell’implementazione della politica, il cosiddetto **tempo zero**. Lo sconto intertemporale effettuato rispetto al tempo zero, si chiama **attualizzazione**, il saggio di sconto si chiama **saggio di attualizzazione** ed il valore delle grandezze monetarie espresse rispetto al tempo zero si chiama **valore attuale**.

La determinazione del **valore attuale, Va**, di una grandezza monetaria F disponibile in un momento futuro all’anno n, posto che il saggio di attualizzazione sia r, è dato da:

$$Va = \frac{F}{(1+r)^n} = \frac{F}{q^n}$$

il rapporto  $\frac{1}{(1+r)^n}$  o  $\frac{1}{q^n}$  è denominato **coefficiente di anticipazione** o fattore di sconto ed è equivalente al valore attuale di 1 € disponibile tra n anni dato un saggio r.

Grazie al coefficiente di anticipazione, posso confrontare valori di flusso differiti nel tempo e stimare il loro valore attuale

$$Va = F_0 + F_1 / q + F_2 / q^2 + \dots + F_n / q^n$$

dove F rappresenta l'ammontare della grandezza monetaria, n la scadenza temporale.

Posso a questo punto valutare un investimento confrontando il valore attuale dei flussi con l'ammontare dell'investimento.

L'operazione di attualizzazione è alla base del calcolo degli indicatori di fattibilità: **il valore attuale netto (VAN), il saggio di rendimento interno (SRI).**

Considerando il flusso nel tempo di Benefici e Costi relativi all'intervento oggetto di valutazione, con il procedimento sopra illustrato è possibile calcolare il **Valore Attuale Netto (VAN)** della somma dei costi e dei benefici come la somma attualizzata dei benefici netti (ovvero benefici meno costi) del progetto:

$$Van = B_0 - C_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n}$$

dove

$B_0$  = benefici all' anno zero ( presumibilmente nulli)

$C_0$  = costi all'anno zero

$B_n$  = benefici all' anno n

$C_n$  = costi all'anno n

Vi sono due possibili risultati

il VAN del progetto è positivo o nullo: il progetto è fattibile

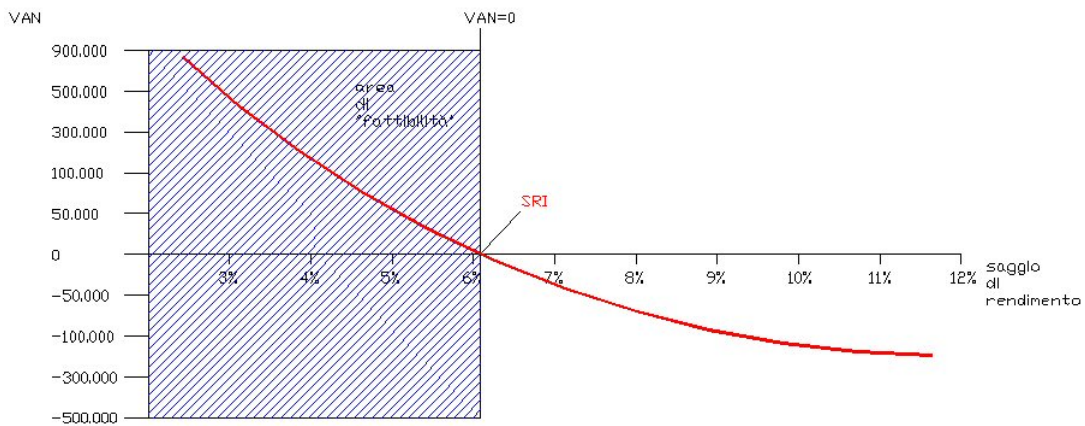
il VAN è negativo: il progetto non è fattibile

Nell'analisi costi-benefici di una politica o progetto pubblico il VAN indica il beneficio sociale netto che l'intervento è in grado di apportare alla collettività. Una politica è valutata come desiderabile solo nel caso in cui il VAN risulti positivo. Il VAN non ha valore contabile, ma esprime solo la capacità dell'investimento di generare rendimenti inferiori o superiori ad una soglia di riferimento, rappresenta perciò uno strumento di valutazione. La determinazione del VAN offre non solo un criterio di accettabilità di un intervento pubblico, ma anche un criterio di scelta. Infatti, nel caso di interventi alternativi – e a parità di altre condizioni – la scelta del policy-maker dovrebbe ricadere sull'intervento con il VAN più elevato.

Un altro metodo basato sull'attualizzazione è il **saggio di rendimento interno (SRI)**. Si definisce SRI il valore del saggio r che eguaglia il valore attuale dei flussi di costi al valore attuale dei flussi di benefici, ossia il valore del tasso di sconto che rende pari a zero il VAN di un progetto:

$$R_0 - C_0 + \frac{R_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{R_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_n - C_n}{(1+r)^n} = 0 \quad \text{VAN} = 0,$$

Il SRI esprime la redditività del capitale investito



Osserviamo dal grafico che all'aumentare del saggio il VAN diminuisce fino a diventare negativo per saggi molto elevati, questo avviene in quanto stiamo riducendo il valore dei ricavi futuri; al contrario per saggi bassi è molto probabile che il VAN risulti positivo (se il progetto è sensato).

### 11.5.2 Analisi multiobiettivo o multicriteria

Il problema dell'adozione di un valido criterio per confrontare diversi progetti nel settore dei trasporti, posti tra loro in alternativa, è attualmente molto discusso da tecnici e studiosi del settore.

L'analisi multicriteria consente di determinare la migliore tra più opzioni in campo sulla base di criteri e valori precedentemente assegnati. Per approfondimenti si rimanda alla lezione sul tema o al libro "Transportation Decision Making" (autori: Sinha e Labi).

### 11.6. LE VERIFICHE PROCEDURALI

Lo Sdf deve verificare le condizioni istituzionali amministrative e organizzative necessarie all'attuazione dell'intervento.

Gli ambiti di analisi, verifica e previsione riguardano:

- gli **adempimenti tecnici, amministrativi e procedurali** (autorizzazioni, pareri, nulla osta, ecc.)
- le interferenze con altri enti
- l'individuazione dei **partner istituzionali, gestionali e finanziari** coinvolti nell'attuazione e gestione dell'opera
- verifica delle **competenze tecniche e gestionali** per assicurare il buon funzionamento dell'opera

### 11.7. L'ANALISI DI RISCHIO E SENSITIVITA'

- L'analisi di rischio ha lo scopo di identificare gli eventi sfavorevoli che possono incidere sulle condizioni di fattibilità dell'opera: il fine è valutare entro quali limiti i rischi insiti nel progetto possano influenzare i risultati economici dell'opera
- L'analisi di sensitività consiste nell'esaminare la variazione dei risultati finanziari ed economici in relazione a variazioni (legate all'analisi del rischio) dei costi e dei benefici: il fine è di verificare la validità e la stabilità delle ipotesi assunte e di identificare le aree di maggiore incertezza per potere prevedere le opportune misure di mitigazione

## CAPITOLO 12

### PROCEDIMENTI DI STIMA DEI BENEFICI E DEI COSTI

*Per effettuare la valutazione dei benefici il metodo più sperimentato e quindi utilizzato è quello del risparmio dell'utente. Si tratta di un metodo messo a punto per verificare la redditività di investimenti destinati alla costruzione delle grandi infrastrutture di trasporto a prevalente funzione di collegamento e cioè a servizio del traffico intercittà e delle aree fortemente urbanizzate. Nel caso della rete di trasporto a prevalente funzione di accessibilità, però, il metodo del risparmio dell'utente non è applicabile per l'impossibilità di valutare i benefici relativi al traffico generato che, su questo tipo di rete, rappresentano la componente più rilevante. D'altro canto la rete di trasporto a prevalente funzione di accessibilità è una parte importantissima del sistema di trasporto, il vero e proprio tessuto connettivo, che in termini di lunghezza e di numerosità complessiva degli elementi supera ogni altro tipo di rete di trasporto. Il metodo del surplus del produttore è assai più indicato per la valutazione dei benefici di interventi su questo tipo di rete in quanto si basa sui benefici dei produttori insediati nell'area di influenza e non su quelli degli utenti del sistema di trasporto. Anche questo metodo presenta però dei limiti in quanto è di tipo mono-obiettivo e applicabile ad infrastrutture di accessibilità a servizio di attività di produzione, rimanendo escluse quelle a servizio di attività di aree residenziali e di servizi.*

#### 12.1 Inquadramento del problema e considerazioni di carattere generale

Nella presente nota si affronta il problema della stima dei benefici e dei costi, ai fini di una analisi di fattibilità di quell'insieme di elementi della rete globale di trasporto che hanno prevalentemente funzione di accessibilità alle porzioni elementari del territorio.

Poichè una rete globale di trasporto è un organismo complesso, al fine di analizzarne le funzioni, si usa una sua classificazione in più livelli funzionali e gerarchici. Ne derivano, all'interno dell'insieme rete, tre sub-insiemi formati rispettivamente dalle sub-rete di primo livello, di secondo livello e di terzo livello.

Il criterio di classificazione tiene conto, esplicitamente o implicitamente, delle funzioni principali dell'elemento generico della rete; cioè la funzione di collegamento e la funzione di accessibilità.

La funzione di collegamento è prevalente nella sub-rete di primo livello mentre la funzione di accessibilità lo è nella sub-rete di terzo livello. Gli elementi di rete da assegnare al secondo livello assolvono tutte e due le funzioni in dosi più o meno comparabili e pertanto sono spesso di più difficile classificazione.

Il prevalere di una funzione sull'altra fa cambiare alcune caratteristiche e degli elementi della rete e del flusso di veicoli che li percorre.

Le caratteristiche più importanti sono le seguenti.

##### a) **Degli elementi della rete**

- numerosità
- capacità (dell'elemento)
- standards di progetto (dell'elemento)
- lunghezza (dell'elemento)

##### b) **Del flusso veicolare**

- volume
- velocità
- lunghezza (del viaggio)

- categorie di veicoli

**La sub-rete a prevalente funzione di accessibilità presenta:**

**a) caratteristiche di rete**

- numerosità degli elementi: notevole (in senso relativo)
- capacità per elemento: bassa
- standards di progetto: mediocri
- lunghezza per elemento: modesta

**b) caratteristiche del flusso veicolare**

- volume: scarso
- velocità: bassa
- lunghezza (del viaggio): modesta
- composizione veicolare: veicoli a motore medio pesanti e leggeri, veicoli non a motore, pedoni.

La funzione di accessibilità è di carattere generale e, come tale, può essere propria di qualsiasi modo di trasporto a servizio di qualsiasi tipo di territorio; intendendo in quest'ultimo caso, qualsiasi possa essere la qualità e la quantità degli insediamenti sul territorio.

Ma nella grande maggioranza delle situazioni la sub-rete di terzo livello è composta di strade: in campo urbano si hanno le strade di quartiere, in quello suburbano o interurbano le strade comunali, vicinali, consorziali, poderali.

Non è da escludere a priori che anche altri modi di trasporto possano far parte della sub-rete di terzo livello, ma sono più rari e comunque minoritari rispetto al trasporto su strada. Linee ferroviarie locali, di navigazione lacustre o fluviale ed, in qualche caso, impianti a fune possono essere di esempio.

Per il tramite della funzione di accessibilità si opera la saldatura tra assetto territoriale e sistema di trasporto e quindi la sub-rete di terzo livello finisce di fatto per integrarsi e quasi per confondersi, con le unità elementari che costituiscono l'organizzazione dell'insediamento umano nel territorio.

Si tratta quindi di una parte importantissima dell'intero sistema di trasporto, il vero e proprio tessuto connettivo, che in termini di lunghezza complessiva supera spesso quella delle sub-reti primaria e secondaria.

*Inoltre la prevalente funzione di accessibilità fa sì che, dal punto di vista dei trasporti, la sub-rete di terzo livello sia considerata, a ragione, come l'origine prima e la destinazione ultima di tutti i tipi di spostamenti; sia cioè in pratica a servizio di tutto il trasporto.*

Per lo stesso motivo dal punto di vista dell'assetto territoriale essa, integrata dalle infrastrutture di sosta che ne sono parte, è vista come l'interfaccia di tutte le attività territoriali: residenziali, terziarie a servizio delle residenze, primarie, secondarie, terziarie propriamente dette; con qualsiasi densità di insediamento (dal diffuso al concentrato); in agglomerati urbani di ogni taglia (città o paesi), nelle campagne, comunità montane, ecc.

A fronte della sua importanza funzionale e della sua dimensione fisica, sta il fatto che assai raramente le tecniche di analisi di fattibilità sono state impiegate per valutare progetti riguardanti la sub-rete di terzo livello.

La ragione di questa contraddizione dipende, in buona misura, dal fatto che queste tecniche hanno avuto impulso e sviluppo in quanto, per la realizzazione di progetti di trasporto, si sono utilizzati fondi internazionali o federali e l'erogazione di questi fondi è stata spesso condizionata dall'effettuazione di una analisi di redditività dell'investimento.

Ora è avvenuto che i progetti così finanziati hanno riguardato soltanto la sub-rete di primo livello, in ottemperanza ad una strategia di intervento sul sistema di trasporto dei governi e delle agenzie internazionali che

ha privilegiato la costruzione delle grandi infrastrutture di collegamento, lasciando allo sviluppo indotto e successivo ed al finanziamento nazionale o locale la realizzazione delle reti di accessibilità.

Questa strategia ha influito da un lato sulla distribuzione, all'interno delle popolazioni e dei soggetti economici interessati, dei benefici di ritorno degli investimenti effettuati sul sistema dei trasporti ed ha condizionato d'altro lato la messa a punto delle tecniche di analisi di fattibilità.

Per quanto riguarda il primo aspetto è stato premiato il traffico intercittà rispetto a quello rurale, l'industria rispetto all'agricoltura, le aree fortemente urbanizzate rispetto a quelle ad urbanizzazione diffusa.

Circa la seconda questione, il condizionamento ha prodotto come effetto la tendenza a valutare, quasi esclusivamente, i benefici diretti dell'investimento a fronte di quelli indiretti ed in particolare la riduzione del costo di trasporto dell'utente (metodo del risparmio dell'utente), piuttosto che l'impatto di sviluppo generato dalla realizzazione della nuova infrastruttura.

La frequenza d'uso del metodo del risparmio dell'utente deriva anche, in modo evidente, dalla maggior semplicità di applicazione.

Ma questa non è una ragione sufficiente. Le motivazioni sono più convincenti se si considerano le due componenti del flusso del traffico che vengono usualmente prese in esame nell'ambito di una analisi di fattibilità: il traffico di base  $H_B$  ed il traffico generato  $H_G$ .

Il traffico di base può essere definito come quella parte di flusso che già esiste al momento dell'effettuazione dello studio di fattibilità della nuova infrastruttura e che viene individuata nella fase iniziale di rilevazione e di ricerche sulla situazione in atto.

Il traffico generato nasce invece con la nuova infrastruttura e rappresenta l'effetto, sul sistema di trasporto, dello sviluppo indotto da questa sul sistema economico dell'area attraversata.

Da questo punto di vista si possono distinguere due tipi di progetti di trasporto da sottoporre ad analisi di fattibilità: quelli in cui il traffico di base è prevalente rispetto al traffico generato e quelli in cui è vero il viceversa.

Generalizzando, senza però commettere errori di sostanza, si può anche dire che il primo tipo di progetti comprende le infrastrutture a prevalente funzione di collegamento (sub-rete di primo livello) e/o a servizio di aree già in fase di sviluppo economico. Il secondo tipo, le infrastrutture a prevalente funzione di accessibilità (sub-rete di terzo livello) e/o a servizio di aree con basso livello di attività economica.

Come già accennato i grandi progetti di trasporto che hanno costituito, per così dire, il banco di prova delle tecniche di analisi di fattibilità, hanno avuto come oggetto le infrastrutture della sub-rete di primo livello a prevalente funzione di collegamento e quindi con prevalente traffico di base.

Di conseguenza è avvenuto che il prendere in considerazione come beneficio derivante dalla realizzazione del progetto la sola riduzione del costo di trasporto del traffico di base è risultato spesso sufficiente per giustificare, in termini di efficienza economica, l'opportunità dell'investimento.

In questa situazione non c'è stato di fatto alcuno stimolo particolare a mettere a punto una procedura standard di valutazione dello sviluppo indotto dai progetti di trasporto sulla produzione e sul reddito dell'area attraversata e di calcolo dei relativi benefici, cosiddetti indiretti.

Uno degli scopi della presente nota è di porre in luce come nel caso della sub-rete a prevalente funzione di accessibilità la situazione sia totalmente rovesciata e come sia assolutamente necessario abbandonare il calcolo dei benefici in termini di riduzione del costo del trasporto dell'utente (metodo del risparmio dell'utente).

La configurazione rete di terzo livello-territorio cui si fa più specificamente, ma non esclusivamente, riferimento in questa nota è del tipo: rete stradale a servizio di un territorio con insediamenti diffusi di carattere produttivo (agricoltura, ma anche piccola industria) e con basso livello di sviluppo socio-economico.

I trasporti, e particolarmente le strade, vengono usualmente considerati come una componente importante per promuovere lo sviluppo di questo tipo di aree. Ad essi è attribuito il compito da un lato di stimolare l'economia locale e d'altro lato di assicurare l'accesso ai servizi sociali e l'integrazione delle popolazioni entro la comunità globale.

Per questi motivi negli ultimi anni c'è stata una netta tendenza delle agenzie di finanziamento internazionali ad aumentare gli investimenti per studi di fattibilità, progetti e costruzioni delle sub-reti stradali con funzione di accessibilità in aree cosiddette rurali.

Queste sub-reti sono così diventate uno dei numerosi possibili investimenti in competizione reciproca per l'impiego ottimo di risorse limitate. Ma per l'elaborazione dei relativi studi di fattibilità devono essere messe a punto nuove metodologie che tengano conto degli effetti di sviluppo che seguono la costruzione del sistema di trasporto.

Il metodo del risparmio dell'utente è inapplicabile in questi casi perchè su ogni singolo elemento di queste sub-reti il traffico di base è assai modesto, talvolta solo stagionale, al limite inesistente e la realizzazione del progetto di trasporto avrà come conseguenza un notevole aumento (in termini relativi) del flusso del traffico che è così tutto flusso generato.

Per quest'ultimo, non ha senso parlare di riduzione del costo di trasporto come beneficio derivante dal progetto, perchè il problema è a monte ed è rappresentato dal fatto che non si sa stimare il traffico generato mediante lo studio della funzione di domanda di trasporto, perchè non si riescono ad individuare l'andamento ed i valori numerici della curva del prezzo di domanda.

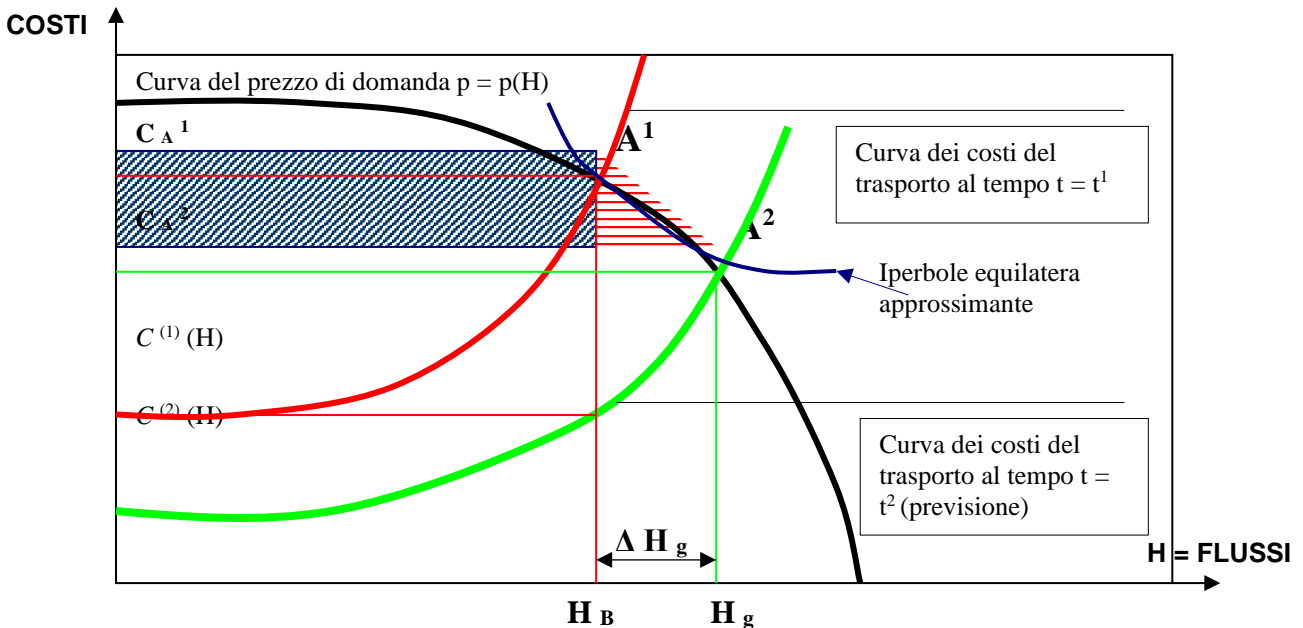
Occorrono quindi nuove metodologie ed in proposito qui di seguito vengono poste all'attenzione del lettore il metodo del surplus del produttore, che pur essendo valido presenta un circoscritto campo di applicazione e l'analisi multi-obiettivo che si presenta assai più interessante, perchè di applicabilità più generalizzata e quindi ricca di possibilità di sviluppo.

In proposito chi scrive è dell'opinione che il lavoro di ricerca necessario per mettere a punto una metodologia specifica per gli studi di fattibilità delle reti a prevalente funzione di accessibilità sia anche utile per una successiva applicazione anche agli altri tipi di reti, in modo da superare il metodo del risparmio dell'utente, che è certamente uno strumento di analisi assai limitato ai fini della giustificazione economica di un investimento nel comparto dei trasporti.

Proprio per mettere in evidenza que'ultima affermazione si ritiene utile premettere una breve descrizione di questo metodo, considerando la sua applicazione prima ad un progetto di una strada con prevalente funzione di collegamento e con alto traffico di base e poi ad una strada con prevalente funzione di accessibilità e con alto traffico generato.

## 12.2 Il metodo del risparmio dell'utente

In Figura è schematicamente illustrato il calcolo dei benefici relativi ad un progetto di una strada ad alto traffico di base, secondo questo metodo.



Nella figura la curva  $p = p(H)$  rappresenta il prezzo di domanda aggregata degli utenti; la curva  $\bar{c}^{(1)} = \bar{c}^{(1)}(H)$  il costo di trasporto unitario medio dell'utente nella situazione senza progetto; la curva  $\bar{c}^{(2)} = \bar{c}^{(2)}(H)$  lo stesso costo nella situazione con il progetto.

La variabile  $H$  è il flusso di circolazione sulla strada espresso in veicoli omogenei. Nei casi reali, poichè il flusso sulla strada è composto da diverse categorie di veicoli con costo di trasporto differenziato, sarà  $H = \sum_j H_j$  e quindi il calcolo dei benefici secondo il procedimento del risparmio dell'utente andrà ripetuto per ogni  $H_j$ , cioè tante volte quante sono le categorie di veicoli omogenei.

Le funzioni  $\bar{c}_j = \bar{c}_j(H)$  che esprimono le variazioni del costo unitario medio di trasporto dell'utente di classe  $J$  con il flusso di circolazione  $H$ , sono del tipo:

**COSTO GENERALIZZATO DEL TRASPORTO (costo monetario + tempo monetizzato)**

$$\bar{c} = \bar{c}_0 + \lambda \cdot t_0 + \lambda \cdot \Delta t$$

ove:

- $\bar{c}_0$  è il costo monetario sopportato dall'utente e che si suppone invariabile con il flusso  $H$ . <sup>(1)</sup>
- $t_0$  è il tempo di percorrenza della strada in condizioni di circolazione libera in cui  $(dt/dH)=0$  e cioè per i valori del flusso compresi tra  $0 \leq H \leq H^*$ , essendo  $H^*$  il flusso di passaggio dal regime di circolazione libera a quello di circolazione condizionata.
- $\Delta t = t - t_0$  è l'incremento del tempo di percorrenza della strada in regime di circolazione condizionata in cui  $dt/dH \neq 0$  e cioè per valori del flusso  $H^* \leq H \leq H_M$ , essendo  $H_M$  la capacità della strada.
- $\lambda$  è il valore monetario del tempo che si suppone invariabile con il tempo stesso e quindi con il flusso  $H$ .

<sup>(1)</sup>Con maggiore precisione si dovrebbe considerare la variabilità del costo monetario con la velocità  $V$  e quindi con il flusso  $H$ , per quanto riguarda le componenti del costo variabili con la percorrenza.



La conoscenza delle funzioni  $\bar{c}_j = \bar{c}_j(H)$  consente di valutare il costo  $C_j = \bar{c}_j H_j$  per classe  $j$  di utenti ed il costo totale  $C = \sum_j C_j = \sum_j \bar{c}_j H_j$ , sia nella situazione senza progetto che nella situazione con il progetto.

Nel caso semplificato di Figura si è supposto che il flusso di circolazione  $H$  sia composto tutto di veicoli omogenei ed inoltre che la realizzazione del progetto non comporti la modifica della capacità  $H_M$  della strada sotto analisi.

In questa situazione calcolate le curve  $\bar{c}^{(1)} = \bar{c}^{(1)}(H)$  e  $\bar{c}^{(2)} = \bar{c}^{(2)}(H)$ , i loro due punti di intersezione  $A^{(1)}$  e  $A^{(2)}$  con la curva di domanda  $p = p(H)$  di coordinate  $(H_B, \bar{c}_A^{(1)})$  e  $(H_B + H_G, \bar{c}_A^{(2)})$ , risolvono completamente il problema. Infatti consentono di calcolare:

- il beneficio relativo al traffico di base  $H_B$

$$B_B = H_B(\bar{c}_A^{(1)} - \bar{c}_A^{(2)})$$

rappresentato dall'area del rettangolo tratteggiato trasversalmente in Figura ;

- il traffico generato  $H_G$ ;

- il beneficio  $B_G$  relativo a quest'ultimo rappresentato dall'area del triangolo tratteggiato orizzontalmente in Figura; area usualmente approssimata con l'area di un triangolo:

$$B_G = 1/2 \Delta H_G (\bar{c}_A^{(1)} - \bar{c}_A^{(2)})$$

Nei casi reali la curva di domanda aggregata non è nota, e viene usualmente stimata mediante una iperbole equilatera di equazione  $p = (k/H)$  univocamente determinata dal passaggio per il punto  $A^{(1)}$  di coordinate  $(H_B, \bar{c}_A^{(1)})$ .

L'approssimazione che ne consegue è accettata in primo luogo in quanto si stima che per alti valori del traffico di base  $H_B$ , la curva  $p = k/H$  approssimi in modo soddisfacente l'andamento presumibile della  $p = p(H)$  e perchè i due punti  $A^{(1)}$  e  $A^{(2)}$  non sono fra loro molto distanti sull'asse  $H$ , dato che si opera nel campo in cui sta progressivamente diminuendo l'elasticità della  $p = p(H)$ .

In secondo luogo il valore della riduzione di costo di trasporto del traffico di base  $B_B$ , è molto superiore a quello del traffico generato  $B_G$  ed anzi è tale che esso, portato come solo beneficio nell'analisi di fattibilità, assicura un valore accettabile del tasso interno di ritorno dell'investimento.

A riprova di ciò, spesso nei capitolati di affidamento degli studi di fattibilità redatti dalle agenzie internazionali di finanziamento si richiede di calcolare l'indicatore di rendimento economico **“tasso di ritorno dell'investimento”** considerando una volta il solo traffico di base ed una seconda sia il traffico di base che quello generato.

Dato che trasformare il tempo impiegato nel trasporto in un valore monetario implica stimare il “valore monetario del tempo ( $\lambda$ )” e che questa operazione può introdurre elementi “soggettivi” (quanto vale un'ora di tempo?) può essere richiesto di calcolare il risparmio dell'utente soltanto in termini di riduzione del costo monetario  $\bar{c}_0$ . La procedura di analisi rimane ovviamente la stessa.

Completamente differente è il caso delle **infrastrutture di trasporto a basso traffico di base** come sono in genere quelle che compongono la rete di terzo livello a prevalente funzione di accessibilità.

In questi casi si ha che  $H_G \gg H_B$  e pertanto  $B_G \gg B_B$  ed inoltre la riduzione di costo di trasporto del traffico di base  $B_B$ , portato da solo come beneficio nell'analisi di fattibilità, non consente di ottenere valori accettabili del tasso interno di ritorno dell'investimento.

<sup>2</sup> Spesso il valore monetario del tempo viene calcolato in base al valore dell'ora media di lavoro per le categorie di utenti coinvolti nello studio. Nei paragrafi seguenti si indicano alcune procedure di valutazione.

In questo caso i benefici derivanti dal traffico generato  $H_G$  sono nettamente superiori a quelli derivanti dal traffico di base  $H_B$ .

In questa situazione, per applicare il procedimento del risparmio dell'utente, è assolutamente necessario conoscere la curva di domanda  $p = p(H)$ , in modo da poter calcolare il flusso di traffico generato, a fronte del mutato andamento della curva del costo di trasporto  $\bar{c}(2) = \bar{c}(2)(H)$  dovuto alla realizzazione del progetto.

Lo studio della funzione  $p = p(H)$  richiede peraltro una analisi complessa e difficile sull'interazione tra infrastruttura di trasporto e attività economiche presenti nell'area di influenza dell'infrastruttura stessa, le quali, nel caso della rete a prevalente funzione di accessibilità ed a basso traffico di base, è probabile che siano di modesto livello e di natura produttiva, sia agricola che industriale, essendo marginali o addirittura inesistenti le attività di tipo terziario.

***Quindi in realtà il fenomeno che si deve studiare riguarda il meccanismo attraverso cui la riduzione del costo di trasporto viene trasferita in nuove quote di produzione (agricola o industriale) e/o in nuove quote di reddito (metodo del risparmio del produttore).***

***Tale metodo risulta complesso e di difficile applicazione, pertanto in questi casi è preferibile abbandonare l'analisi di tipo benefici-costi ed utilizzare la multi obiettivo, in cui tutti i possibili effetti del progetto possono essere valutati singolarmente nella propria unità di misura e quindi comparati anche in funzione di diverse importanze relative.***

#### **DETERMINAZIONE DEI BENEFICI ECONOMICI RELATIVI AGLI SCENARI "CON" INTERVENTO**

I benefici indotti dagli interventi inseriti all'interno di ogni Progetto vengono valutati, con il metodo del risparmio dell'utente, in termini di variazione dei costi generalizzati d'uso della rete delle infrastrutture o dei servizi di trasporto esistenti nell'area ed utilizzati dalla domanda di spostamento più direttamente interessata.

Altri benefici, che possono essere considerati nel caso della rete stradale, sono quelli derivanti dalla diminuzione dei costi connessi all'incidentalità.

A tal proposito, in alcuni recenti studi internazionali, sono stati considerati i seguenti valori unitari medi:

- il costo economico di un incidente è stato considerato pari a:
  - 5000 €, nel caso dei veicoli leggeri;
  - 25000 € nel caso dei veicoli pesanti;
- il costo economico di un ferito in un incidente è stato considerato pari a 25000 €;
- il costo economico di un morto in un incidente è stato considerato pari a 1 milione €.

Nello studio di fattibilità del corridoio plurimodale adriatico (finanziato dalla UE e relativo agli anni 1998 – 1999) Il numero di incidenti, di feriti e di morti è stato calcolato utilizzando i seguenti parametri medi:

- 14,31 incidenti ogni 100 milioni di veicolixkm;
- 25 feriti ogni 100 milioni di veicolixkm;
- 1,04 morti ogni 100 milioni di veicolixkm;

Nel caso di miglioramenti di tratti stradali sono stati considerati i seguenti coefficienti riduttivi medi applicati al valore dei veicolixkm che transitano su di essi:

- 0,97 nel caso degli incidenti che provocano feriti;
- 0,949 nel caso degli incidenti che provocano morti.

Un'ulteriore notazione riguarda il fatto che, al fine incrementare il livello di attendibilità dello studio, è opportuno considerare solo gli effetti "diretti" dell'intervento, cioè quelli riconducibili alla domanda "sicuramente" interessata dalle possibilità offerte dal nuovo collegamento, trascurando i benefici "indiretti" tra i quali possono essere inclusi i benefici conseguibili da:

- traffico generato;
- l'aumento del valore immobiliare degli insediamenti residenziali e produttivi esistenti nell'Area di Studio conseguente alle migliori condizioni di accessibilità possibili a valle degli interventi;
- l'incremento della capacità attrattiva dell'area rispetto a possibili iniziative economiche relative al settore terziario.

Tale condotta permette di operare in senso cautelativo e, quindi, di non sovrastimare i benefici indotti dal progetto.

## 12.3 Analisi dei costi

*Le valutazioni che seguono illustrano una metodologia operativa per il calcolo dei costi del trasporto e degli oneri di investimento e manutenzione per i progetti da valutare in un'analisi di fattibilità (piano dei trasporti, studio di fattibilità di un sistema infrastrutturale, etc.)*

*Le indicazioni, di carattere operativo, sono riferite a dei casi reali e presentano una buona attendibilità.*

*La questione metodologica è abbastanza complessa. Da una parte sarebbe giusto ed opportuno che in un'analisi di fattibilità sia inserita anche una progettazione preliminare (come fra l'altro richiede la legge sugli appalti pubblici in Italia – la cosiddetta Merloni ter – con riferimento alla prima fase di progettazione preliminare). Tuttavia spesso non ci sono i tempi e le risorse per realizzare tali progettazioni e comunque, a livello di piani di aree vaste, sarebbe oggettivamente fuori scala pensare di progettare a livello anche solo preliminare tutti gli interventi alternativi, tra cui, poi, solo alcuni verranno selezionati come efficienti. Pertanto è comunemente accettato che i costi di investimento e manutenzione delle opere siano valutati, a livello di studio e di piano, con procedure parametriche. Queste procedure sono nel seguito descritte insieme a quelle relative ai costi operativi di trasporto, il cui calcolo è necessario per poter effettuare, ad esempio, il calcolo dei benefici di un progetto o di un insieme di progetti, con il metodo (molto diffuso) del risparmio dell'utente.*

### 12.3.1 VALUTAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO

Sulla base delle attività di raccolta della documentazione disponibile, delle analisi conseguenti e degli studi integrativi specificatamente effettuati, è possibile determinare i costi di investimento relativi a ciascun Progetto che si intende porre in valutazione.

In relazione alle esigenze dello studio che, a parità di tutte le altre condizioni, intende confrontare i benefici conseguenti alla realizzazione di ciascuno progetto d'intervento, si può assumere che il periodo di realizzazione delle opere sia distribuito in un arco temporale che mediamente può variare da uno a cinque anni.

L'entrata in esercizio di ciascun progetto o gruppo di interventi è quindi variabile nel tempo futuro tra uno e cinque anni dalla data di riferimento dello studio.

Si segnala che la questione non è indifferente nelle analisi di fattibilità che occorre effettuare, in quanto sia i benefici degli interventi sia l'andamento dei costi (di realizzazione ed esercizio) dipendono dall'entrata in esercizio di ciascun progetto considerato. Inoltre entrate in esercizio di opere o interventi in periodi futuri differenti, determinano una diversa concomitanza ed integrazione di effetti; per questo la stessa entrata in esercizio di un'opera dovrebbe essere oggetto di specifica valutazione di efficienza ed efficacia.

**I costi di investimento finanziari** possono essere valutati attraverso la realizzazione di una progettazione preliminare dell'intervento oppure, quando a livello di piano o di studio di corridoio e di area vasta non è prevista una progettazione preliminare, attraverso **analisi di tipo parametrico** (costi/km per tipologia di opera; costi unitari di opere o interventi paragonabili; per esperienza).

Poiché i progetti devono essere valutati dal punto di vista della collettività è necessario esprimere i **costi di investimento in termini economici**, ovvero considerare che la previsione di spesa complessiva comprende

anche le quote imputabili ai trasferimenti (imposte e tasse), la previsione di spesa va dunque depurata da tali quote che costituiscono un rientro nelle casse pubbliche.

I costi di investimento sono stati disaggregate nelle seguenti componenti elementari:

- mano d'opera;
- materiali e noli;
- espropri;

in quanto su ciascuna di esse le incidenze dei trasferimenti è differente.

In particolare sono comunemente accettati, in Italia (anno 1999) i seguenti **fattori di conversione** o **coefficienti di trasferimento** tra costi monetari e costi economici:

- mano d'opera 0,786;
- materiali ed altri costi 0,306;
- espropri 0,000.

Da cui:

**costo di inv. economico** dell'opera = **mano d'opera** x 0,768 + **materiali ed altri costi** x 0,306 + **espropri**.

In via del tutto esemplificativa si riportano di seguito alcuni costi unitari di investimento di opere infrastrutturali di trasporto (valutati con riferimento all'anno 2000 e con riferimento a valori medi di opere realizzate in Italia negli ultimi anni).

Tipologia di opera	Costo parametrico	Costo indicativo per km
Strada a due corsie, standard V o VI CNR, (9,5- 10,5 metri di carreggiata) pianeggiante	€ Milioni/km	<b>3</b>
Strada a due corsie, standard V o VI CNR, in zona montuosa	€ Milioni/km	<b>5</b>
Strada a 4 corsie, carreggiate separate, III CNR (18,5 m)	€ Milioni/km	<b>10</b>
Autostrada 4 corsie, carreggiate separate, 24 m	€ Milioni/km	<b>15</b>
Autostrada a 6 corsie (3+3+ banchine da 3 metri e spartitraffico da 4 m) - pianeggiante	€ Milioni/km	<b>20</b>
Autostrada a 6 corsie (3+3+ banchine da 3 metri e spartitraffico da 4 m) - montuosa	€ Milioni/km	<b>25</b>
Ferrovia regionale ad un binario	€ Milioni/km	<b>4</b>
Ferrovia regionale a due binari	€ Milioni/km	<b>10</b>
Ferrovia ad alta velocità (250 – 300 km/h)	€ Milioni/km	<b>30</b>
Ferrovia urbana	€ Milioni/km	<b>10</b>
Ferrovia metropolitana tradizionale (in galleria urbana)	€ Milioni/km	<b>150</b>
Ferrovia Metropolitana leggera (in funzione della % in galleria)	€ Milioni/km	<b>20</b>
Tramvia urbana moderna (con percorso separato)	€ Milioni/km	<b>8</b>

### 12.3.2 VALUTAZIONE DEI COSTI DI MANUTENZIONE

#### Interventi sulla rete stradale

Ai fini della valutazione benefici/costi, oltre alla determinazione dei costi d'investimento è necessario individuare il costo da destinare alla manutenzione annuale delle opere realizzate nell'ambito dei diversi progetti e gruppi di progetti sottoposti ad analisi.

In particolare, le metodologie di calcolo dei costi di manutenzione sono differenziate in funzione della tipologia d'intervento: realizzazione di nuovi collegamenti o miglioramento di assi stradali già esistenti.

Nel caso delle nuove realizzazioni, infatti, possono essere considerati dei valori "aggiuntivi" connessi all'incremento di estensione della rete, rispetto all'esborso annuale attuale relativi al costo di manutenzione, pari ad un valore medio di 20.600 €/km (anno 2002) mantenuto costante nell'intero periodo di analisi.

Nel caso, invece, di interventi di miglioramento di assi attualmente esistenti, di rettifiche di tracciato, di allargamenti, di modifiche di standard ecc. viene in genere considerato un valore medio di costi aggiuntivi di manutenzione pari a 7.700 €/km (2002) mantenuto costante nell'intero periodo di analisi.

I precedenti valori tengono conto sia del costo relativo alla manutenzione ordinaria che dell'incidenza annuale dei costi connessi alle manutenzioni straordinarie.

Al fine di effettuare l'analisi benefici/costi è necessario, in ogni caso, valutare l'incidenza dei trasferimenti sull'ammontare degli esborsi monetari aggiuntivi annualmente destinati alla copertura dei costi per la manutenzione.

A tale scopo, innanzitutto, vengono suddivise le somme indicate in precedenza in due componenti la cui incidenza percentuale sul totale degli importi è stata considerata pari a:

Mano d'opera	30% del totale
Materiali e noli	70% del totale

successivamente sono in genere utilizzati due **coefficienti di trasferimento** posti pari a quelli utilizzati nel caso della trasformazione dei costi di investimento monetari in costi di investimento economici; in particolare essi sono stati i seguenti:

Mano d'opera: 0,786;

Materiali e noli: 0,306.

#### Interventi sulla rete ferroviaria

Anche nel caso degli interventi sulla rete ferroviaria è necessario valutare l'ammontare annuale dell'incremento di costo relativo alla manutenzione delle opere realizzate nell'ambito di diversi progetti sottoposti ad analisi.

In particolare, le metodologie di calcolo dei costi di manutenzione possono essere differenziate in funzione della tipologia d'intervento: realizzazione di raddoppi o di linee a semplice binario.

Come dati di riferimento si possono utilizzare i seguenti valori unitari (rif. Anno 2002):

Costo di manutenzione di linea a doppio binario: 10.000,00 €/km- anno;

Costo di manutenzione di linea a singolo binario: 6.000,00 €/km- anno.

### 12.3.3 DETERMINAZIONE DEI COSTI UNITARI DEL TRASPORTO

Inquadramento

Il costo generalizzato del trasporto è composto da una serie di voci elementari che, nel loro insieme, possono essere comprese in due macro-gruppi:

- i costi monetari del trasporto connessi all'uso del veicolo (costi per la trazione ed oneri accessori);
- il costo del tempo necessario per lo spostamento (da addebitare alle persone o cose che devono essere movimentate) <sup>3</sup>

Nel caso specifico, per calcolare il costo generalizzato del trasporto, quindi, è necessario determinare:

- il costo che, effettivamente, il viaggiatore o lo spedizioniere (nel caso del trasporto di merce) deve sostenere per muoversi (tale costo deve essere depurato, ovviamente, dei trasferimenti);
- il costo del tempo impiegato dal viaggiatore medio (o dalla merce) per muoversi.

In particolare le componenti di domanda più rilevanti da considerare sono le seguenti:

*Trasporto sulla rete stradale:*

- gli spostamenti di persone su veicolo leggero<sup>4</sup>;
- gli spostamenti di merci su mezzo pesante;

*Trasporto sulla rete ferroviaria:*

- gli spostamenti di persone;
- gli spostamenti di merci;

*Trasporto sulla rete dei porti:*

- gli spostamenti di merci <sup>5</sup>

Per ciò che concerne la prima categoria di spostamenti (trasporto stradale) è necessario valutare il costo del trasporto connesso:

- all'uso del mezzo leggero;
- all'uso del mezzo commerciale;
- al tempo delle persone e delle merci che si spostano;

per la seconda categoria (trasporto ferroviario) è necessario valutare:

- il costo del **treno x km** passeggeri;
- il costo del **treno x km** merci;
- il costo del tempo delle persone e delle merci;

per la terza categoria (trasporto marittimo) è necessario valutare:

---

<sup>3</sup> Si fa qui riferimento alla procedura semplificata in cui dei costi non monetari, ma monetizzabili ai fini dell'analisi benefici – costi, si considera solo la risorsa tempo, trascurando sicurezza, comfort e le altre esternalità.

<sup>4</sup> In un piano a scala ampia (piano nazionale, studi di corridoio di trasporto di livello nazionale o internazionale) è possibile trascurare la componente su bus turistico o di linea; così non è negli altri casi

<sup>5</sup> Nelle stesse condizioni della nota precedente, si possono trascurare gli spostamenti di persone per via marittima, in genere connessi a motivi turistici, a meno dei collegamenti con le isole maggiori; la questione è da valutare caso per caso.

- il costo della **t x km** merci dal luogo di origine al porto di partenza;
- il costo della **t x km** merci via mare;
- il costo della **t x km** merci dal porto di arrivo al luogo finale di destinazione.

Per la determinazione di ciascuno dei costi unitari indicati in precedenza si possono utilizzare:

- dati inseriti nelle valutazioni tecnico-economiche di opere infrastrutturali italiane di rilevanza nazionale;
- in mancanza di dati ufficiali, ci si può basare su valori desumibili da pubblicazioni specializzate del settore relativi al costo di trazione dei veicoli (QUATTRORUOTE, per ciò che concerne i veicoli leggeri, e TUTTOTRASPORTI, per quanto riguarda i veicoli pesanti);
- dati raccolti presso le aziende di trasporto pubblico sia a capitale pubblico che private.

**Rete stradale: Costo economico unitario di esercizio del trasporto su mezzo privato**

Ai fini della determinazione del costo economico del trasporto su mezzo privato si possono considerare i dati relativi al parco veicolare pubblicato nel mensile QUATTRORUOTE ed i valori di costo chilometrico riferiti ad una percorrenza media di 20.000 km/anno.

Ad esempio, per ciascun segmento di mercato indicato nella tabella seguente, si può utilizzare il costo chilometrico della vettura più venduta che, successivamente, viene trasformato in costo economico considerando un **coefficiente di trasferimento** pari a 0,4.

**Segmenti di mercato ed incidenza sul totale del parco veicolare della vetture di riferimento considerate**

Segmento	Tipologia	Vettura più venduta	Immatr.	%
A	Citycar	Fiat Panda	41.823	18,0%
B	Piccole	Fiat Punto berlina	84.119	36,2%
C	Compatte	Fiat Bravo	26.773	11,5%
C2	Compatte 3 volumi 4 porte	Alfa Romeo 146	4.323	1,9%
D1	Medie standard	Alfa Romeo 156	12.915	5,6%
D2	Medie di prestigio	Mercedes classe C berlina	2.321	1,0%
E1	Superiori standard	Lancia K berlina	1.172	0,5%
E2	Superiori di prestigio	Mercedes classe E berlina	2.992	1,3%
F	Grandi berline	Audi A8/S8	324	0,1%
G1	Station Wagon inferiori	Ford Escort Station Wagon	18.831	8,1%
G2	Station Wagon medio-superiori	Fiat Marea Weekend	14.169	6,1%
G3	Station Wagon lusso	Volvo V70	1.443	0,6%
H1	Coupé	Opel Tigra	5.287	2,3%
H2	Spider e Cabriolet	Mercedes SLK	1.633	0,7%
H3	Alte prestazioni	Porsche 911 Carrera	178	0,1%
I	Fuoristrada	Mitsubishi Pajero	4.618	2,0%
L1	Multispazio piccole	Renault Mégane Scénic	6.670	2,9%
L2	Multispazio medie	Fiat Ulysse	1.380	0,6%
L3	Multispazio grandi	Ford Galaxy	1.256	0,5%
Totale			232.227	100%

Fonte: QUATTRORUOTE,



**Costo chilometrico medio ponderale economico del trasporto relativo ai veicoli leggeri**

Segmento	Vettura più venduta	Incidenza sul totale	Costo categoria (€/km)	
			Monetario	Economico
A	Fiat Panda	18,0%	0,19	0,11
B	Fiat Punto berlina	36,2%	0,23	0,14
C	Fiat Bravo	11,5%	0,29	0,18
C2	Alfa Romeo 146	1,9%	0,32	0,19
D1	Alfa Romeo 156	5,6%	0,40	0,24
D2	Mercedes classe C berlina	1,0%	0,52	0,31
E1	Lancia K berlina	0,5%	0,53	0,32
E2	Mercedes classe E berlina	1,3%	0,62	0,37
F	Audi A8/S8	0,1%	0,83	0,50
G1	Ford Escort Station Wagon	8,1%	0,31	0,19
G2	Fiat Marea Weekend	6,1%	0,36	0,22
G3	Volvo V70	0,6%	0,54	0,32
H1	Opel Tigra	2,3%	0,28	0,17
H2	Mercedes SLK	0,7%	0,56	0,33
H3	Porsche 911 Carrera	0,1%	1,55	0,93
I	Mitsubishi Pajero	2,0%	1,29	0,77
L1	Renault Mégane Scénic	2,9%	0,33	0,20
L2	Fiat Ulysse	0,6%	0,44	0,27
L3	Ford Galaxy	0,5%	0,45	0,27
Valore medio ponderato			0,30	0,18

Fonte: QUATTORRUOTE,

**Rete stradale: Costo economico unitario di esercizio del trasporto merci**

Ai fini della determinazione del costo economico del trasporto su mezzo commerciale sono considerati i dati relativi al parco veicolare circolante ed a due ipotesi di conduzione del veicolo: conducente dipendente da una azienda strutturata di trasporti (che comporta un costo unitario chilometrico superiore) e conducente dipendente da azienda cooperativa ovvero in proprio.

In particolare sono stati considerati i valori di 7 categorie di veicoli commerciali i cui costi unitari chilometrici possono essere desunti dal bimestrale TUTTOTRASPORTI.

Al fine di ottenere un valore medio da utilizzare nelle elaborazioni successive, sono stati considerati i costi monetari indicati nella tabella seguente:

**Costi monetari chilometrici medi dei mezzi commerciali circolanti (€/km)**

Categoria dei veicoli	Percorrenza media annua (km)	Autista		Media
		Dipendente	Padroncino	
Autocarri fino a 6 tonn.	40.000,00	1,02	0,89	0,96
Autocarri tra 6 e 7,5 tonn.	40.000,00	1,07	0,94	1,01
Autocarri tra 7,5 e 11,5 tonn.	60.000,00	1,01	0,77	0,89
Autocarri tra 11,5 e 16 tonn.	60.000,00	1,07	0,84	0,96
Autocarri tra 16 e 18 tonn.	80.000,00	1,06	0,87	0,97
Autocarri tra 18 e 26 tonn.	100.000,00	1,03	0,88	0,96
Autocarri tra 26 e 44 tonn.	140.000,00	1,02	0,88	0,95

Per poter esprimere, in termini economici, il costo chilometrico medio dei mezzi commerciali è stato considerato un coefficiente relativo ai trasferimenti pari a 0,4; in tal modo il costo chilometrico economico risultate è pari a 0.57 €/km.

Nell'ipotesi di un trasporto medio di 4 t (mediamente riscontrato sui trasporti di media percorrenza – circa 150 – 200 km) il costo per t x km su strada si colloca intorno alle 0,23 € (economico pari a circa 0,14 €). Sulle lunghe percorrenze, ove si riscontra un carico medio di circa 10 - 14 t i corrispondenti valori si collocano tra 0,09 e 0,06 €/t x km (costo finanziario) e tra 0,05 e 0,04 € (costo economico).

Rete ferroviaria: Costo economico di esercizio del servizio di trasporto

Per determinare il costo economico relativo ai servizi di trasporto pubblico sulla rete ferroviaria si utilizzano informazioni riguardanti il costo:

- del personale e del lavoro per la gestione della rete (infrastrutture);
- dell'ammortamento relativo alla rete;
- dell'energia;
- degli equipaggi e per il personale di accompagnamento;
- della manutenzione ordinaria;
- della pulizia dei convogli;
- del personale di verifica del materiale rotabile;
- del personale biglietterie ed uffici informazioni;
- del settore merci e logistica ed il personale dei centri polifunzionali merci;
- di voci diverse e varie;
- del coordinamento operativo del trasporto;
- della Direzione Generale (escluso comparto rete, già compreso);
- dell'ammortamento del trasporto.

Rapportando i costi relativi alle voci precedenti con i valori di produzione (attuale, futura in assenza di intervento e futura in presenza di intervento, con relativo incremento di domanda di trasporto e, quindi, di offerta) è possibile calcolare i **costi di esercizio** per linea e per l'intera rete di studio

Per determinare il costo del trasporto espresso in termini economici è in genere utilizzato **un coefficiente** pari a 0,75 per tener conto della maggior efficienza, rispetto al trasporto stradale, che, mediamente, è possibile ottenere utilizzando la rete ferroviaria.

Analisi condotte in Italia **per il trasporto merci** portano ad una stima di circa 0,06 €/t x km (in termini finanziari) e di 0,04 € in termini economici, cui però occorre sommare i costi connessi agli spostamenti terminali (tra nodo ferroviario e origine e destinazioni reali sul territorio, che avvengono comunque su strada) ed i costi di movimentazione ai terminali.

**Nel seguito si riporta un esempio di calcolo di costo di trasporto merci intermodale (strada – ferrovia) al fine di fornire alcuni elementi di confronto con gli altri modi di trasporto.**

Ponendo che il costo di movimentazione ai terminali sia dell'ordine delle 18 € per container (circa 6 tonnellate di carico utile) ed uno spostamento medio su strada di 50+ 50 km (per collegarsi alle origini e destinazioni sul territorio), otteniamo un costo totale (intermodale) per uno spostamento su ferrovia di 500 km come ad esempio riportato nel seguito.

CONFRONTO DEI COSTI DEL TRASPORTO MERCI CON L'INTERMODALITA' ED IL TUTTOSTRADA								CONFRONTO TEMPI DI VIAGGIO		
Costi di riferimento	unità di misura	Costi unitari	unità di misura	Parametri	Dimensione spedizione (t)	Costo del trasporto (lire)	unità	Valori di riferimento	unità	Tempi (ore)
Costo puramente ferroviario	€/ t x km	0,06	km	500	6	185,92	€	70	velocità commerciale	7,14
Terminalismo stradale	€/ km	0,95	km	100	6	95,54	€	50	velocità commerciale	2,00
Costo movimentazione ai terminali	€	18	operazioni	2	6	36,15	€/movim.		tempo min. due operazioni.	4,00
Costo totale della spedizione					6	317,62	€/viaggio		Tempo totale	13,14
Costo per tonnellata					6	52,93	€/t			
Costo Unitario (lire/ t x km) ferrovia intermodale			km	500	6	0,10	€/txkm			
<b>COSTO SPEDIZIONE TUTTO STRADA</b>	€/ km	<b>0,95</b>	km	500	6	<b>477,72</b>	€	<b>50</b>	<b>velocità commerciale</b>	<b>10,00</b>
<b>COSTO / t TUTTO STRADA</b>						<b>79,62</b>	€/t			
<b>COSTO/t x km TUTTO STRADA</b>	€/ km	<b>0,95</b>	km	500	6	<b>0,15</b>	€/txkm			

Al variare delle percorrenze risulta la situazione sintetizzata nella tabella seguente e nei tre grafici esemplificativi allegati, sempre assumendogli stessi valori unitari di riferimento.

### Confronto dei costi di trasporto (finanziari) tra ferrovia intermodale e tutto strada

PERCORRENZA	km	1000	750	500	300	200
costo spedizione ferrovia	€	503,54	410,58	317,62	243,25	206,07
costo spedizione strada	€	955,44	716,58	477,72	286,63	191,09
tempo totale ferrovia	ore	20,29	16,71	13,14	10,29	8,86
tempo totale strada	ore	20	15	10	6	4
costo/t x km ferrovia	€/t-km	0,08	0,09	0,10	0,13	0,17
costo/t x km strada	€/t-km	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Si può notare che:

- il costo totale della spedizione è paragonabile nei due casi per le brevi distanze (200km), in tutti gli altri casi il trasporto stradale presenta valori superiori e crescenti con la percorrenza; il costo ferroviario, seppure crescente con la percorrenza, presenta un tasso di crescita molto più modesto, in quanto le spese fisse del terminalismo stradale e della movimentazione ai nodi terminali (centri merci ferroviari ed interporti) pesa progressivamente meno;
- I tempi di viaggio sono paragonabili solo per le lunghe percorrenze (1000 km nell'esempio riportato); per percorrenze inferiori il trasporto tutto stradale si presenta sempre competitivo, in quanto la maggiore velocità commerciale (potenzialmente) possibile con il trasporto merci ferroviario viene compensata negativamente dai tempi del terminalismo;
- I costi unitari totali per lo spostamento (€/t x km) risultano praticamente costanti per il trasporto stradale (anche se gli operatori tendono a fare anche consistenti sconti sulle percorrenze più lunghe); quelli ferroviari sono crescenti al diminuire delle percorrenze, per le stesse motivazioni richiamate ai punti precedenti.

#### Rete stradale: Costo economico del tempo

Per determinare il costo economico del tempo relativo agli spostamenti di persone e di merci si possono valutare le informazioni contenute in una serie di studi recentemente elaborati da diverse amministrazioni pubbliche.

In particolare sono stati utilizzati i seguenti valori economici:

- **8 €/h per ciascun passeggero** dei veicoli leggeri; poiché il coefficiente medio di occupazione dei veicoli rilevato nel corso di indagini specificamente condotte in Italia negli ultimi anni è stato pari a 1,53 pass./veicolo, il costo economico del tempo attribuibile a ciascun veicolo è pari a **12 €/h**;
- **45 €/h per i veicoli utilizzati per il trasporto delle merci**; il valore economico dell'unità di carico delle merci trasportate (unità di peso, volume, lotto) si potrà ottenere dividendo il costo del veicolo per le unità trasportate in media, nell'ambito dell'area di studio in esame.

I valori precedenti rappresentano, pertanto, la disponibilità a pagare media implicita nei comportamenti di scelta del percorso sulla rete stradale, utilizzabili nei modelli di simulazione di rete e nelle valutazioni di scelta.

#### Rete ferroviaria: Costo economico del tempo

*Il valore del tempo per le persone e le merci è unicamente dipendente dal valore attribuito allo spostamento da parte di chi questo spostamento effettua ovvero determina (per le merci) ed ancora (per le merci) dal valore stesso che la merce ha o acquisisce nel momento in cui si sposta ovvero per il fatto di potersi trovare in un dato momento in un altro punto del territorio.*

*Pertanto, il valore del tempo è, in genere, indipendente dal modo di trasporto utilizzato, essendo una caratteristica di ciò che si sposta.*

Tuttavia in alcuni studi recenti si sono utilizzati dei ragionamenti semplificati per tenere conto che, nella situazione esistente, la scelta del modo ferroviario è caratterizzata da una diversa qualità richiesta allo spostamento.

Nel caso dei servizi di trasporto offerti sulla rete ferroviaria, è possibile valutare il costo del tempo relativo ai passeggeri ed alle merci trasportate nel modo (semplificato) seguente.

A tal fine si può fare riferimento ai valori utilizzati nel caso del trasporto su strada applicando un coefficiente riduttivo per tener conto:

- del minore “reddito” dei passeggeri che scelgono di utilizzare il servizio di trasporto ferroviario per spostarsi sulle medio - lunghe distanze;
- del minor valore delle merci che vengono movimentate sui servizi di trasporto ferroviario che, mediamente, consente prestazioni inferiori in termini di tempo di servizio.

Si è ritenuto, pertanto in alcuni recenti studi, che i costi del tempo delle persone e delle merci trasportate su ferrovia possano, ragionevolmente, essere valutati pari all'80% di quelli relativi al costo del tempo delle unità di traffico trasportate su strada.

In tal modo i **costi economici unitari** considerati nelle analisi relative ai servizi di trasporto ferroviari risultano pari a:

- **passeggeri: 6,20 €/ora;**
- **tonnellate: 3,72 €/ora.**

***Si rammenta che il metodo corretto per una valutazione del costo del tempo si dovrebbe basare su specifiche indagini, che confrontino le preferenze dichiarate con quelle rivelate (misurate oggettivamente), come si è esposto nel capitolo relativo alle indagini merci (cfr. capitolo 3).***