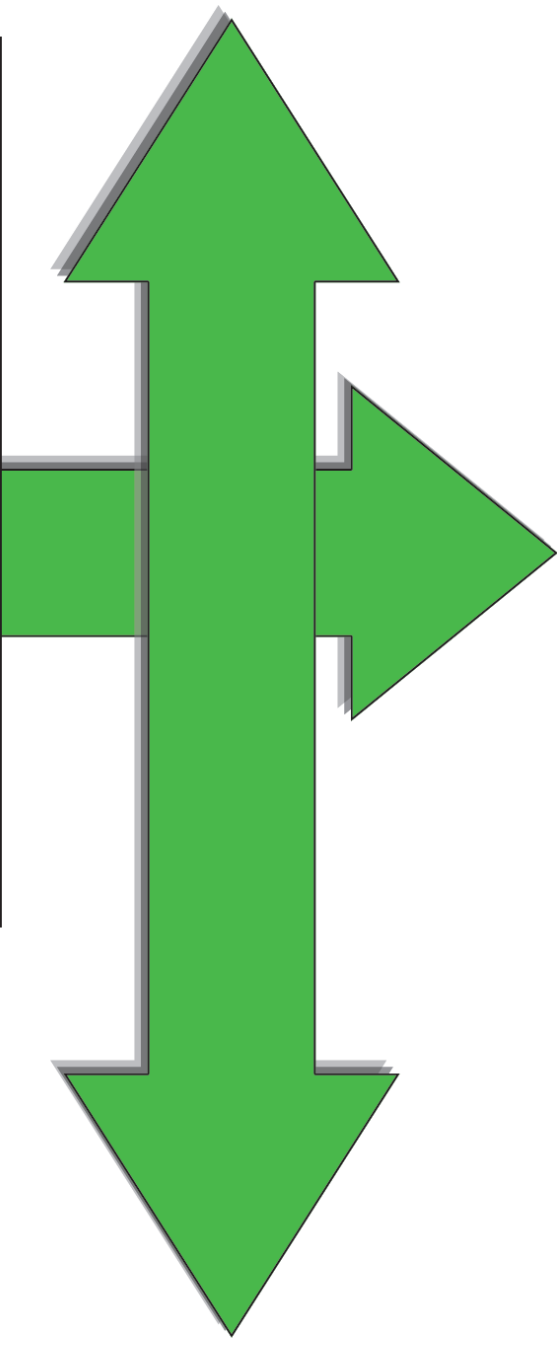


R.E.Po.T.
Rivista di
Economia e
Politica dei
Trasporti



Anno 2017, Numero 2

Rivista Scientifica della Società Italiana di
Economia dei Trasporti e della Logistica



ISSN 2282-6599



Le Analisi Costi Benefici applicate alle infrastrutture di trasporto: il problema della sovrastima dei benefici

Alessio Marabucci*

¹Atac Spa, Università Roma Tre

Riassunto

E' noto che la metodologia dell'Analisi Costi Benefici (ACB) riveste un ruolo fondamentale per la valutazione dei progetti di investimento, e tale ruolo nel tempo è diventato sempre più rilevante.

La normativa recente, primo tra tutti il DPCM 3 agosto 2012, ha introdotto una riforma fondamentale per utilizzare al meglio le risorse pubbliche, per cui solo i progetti attentamente valutati mediante l'ACB e che dimostrino la loro convenienza per la collettività e la loro sostenibilità sociale ed ambientale, potranno essere finanziati con le risorse statali. Anche il D.lgs 50/2016, il Nuovo codice degli appalti, ha introdotto importanti novità, in quanto tale documento pone l'ACB come la base del Documento di programmazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti (MIT).

In questo contesto appare ancora più importante l'attenzione che deve essere posta nella valutazione dei costi, ma soprattutto dei benefici connessi ad un investimento; in particolare nel caso della valutazione di nuove linee metropolitane si rischia di sovrastimare i benefici, soprattutto quelli legati ai risparmi dei tempi e dei km di percorrenza sui mezzi privati a seguito della diversione modale dopo l'apertura al pubblico della nuova infrastruttura.

Spesso però i risultati dei modelli di simulazione trasportistica tesi a valutare l'effetto sull'utenza di una nuova infrastruttura di trasporto sovrastimano questi effetti, come probabilmente si è verificato nel caso delle valutazioni dei progetti riguardanti la linea C, la linea B1 e la linea D della metropolitana di Roma.

Questo lavoro intende proporre alcuni accorgimenti che potrebbero aiutare l'analista impegnato in queste valutazioni, al fine di evitare di attribuire un beneficio eccessivo a queste opere e ridimensionarne l'impatto sulla congestione stradale..

Parole chiave: Analisi Costi-Benefici, valutazione, benefici

1. Il contesto teorico di riferimento

L'Analisi Costi Benefici (ACB) è uno strumento di valutazione degli investimenti pubblici, che trae origini dall'Economia del Benessere; nel corso del tempo ha avuto un allontanamento dai fondamenti teorici che ne hanno costituito, e che ne costituiscono ancora, le fondamenta, facendola divenire sempre più un mero esercizio di stima compiuto adottando uno schema di valutazione "standard".

Il tentativo di regolamentare l'ambito delle analisi economiche, più che quelle finanziarie, si scontra con il *trade-off* esistente tra la possibilità dell'analista di avanzare le proprie ipotesi, arricchendo lo studio (e la letteratura) in merito, e la necessità di semplificare la metodologia e le variabili economiche da quantificare, al fine di rendere il lavoro fruibile al decisore pubblico; questo porta le ACB ad essere troppo

* Autore a cui spedire la corrispondenza: Alessio Marabucci (alessiomarabucci@gmail.com)

semplificistiche e lontane dal quantificare i reali “benefici”, o “malefici”, di cui la collettività godrà, o subirà, sia in fase di realizzazione che di esercizio della nuova infrastruttura.

E' da precisare che le ACB sempre più di frequente sono compiute da figure professionali diverse dall'economista, in particolare dagli ingegneri (civili, trasportisti), architetti ecc.. La figura dell'ingegnere è di fondamentale importanza in sede di valutazione di un progetto di investimento, soprattutto per quanto riguarda la stima dei costi dell'infrastruttura (se si tratta di progetti che prevedono la realizzazione di opere “fisiche”), mentre per il calcolo dei benefici diventa indispensabile il contributo dell'economista¹.

L'ACB ha dei limiti sia di natura tecnica che politica, e tali limiti sono stati ampiamente dibattuti in letteratura. Tali limiti insistono, sinteticamente, su alcuni elementi, ovvero:

- l'assunzione implicita di mercati efficienti a monte e a valle;
- la costanza dei prezzi relativi prima e dopo l'investimento;
- i dubbi sulla sommabilità interpersonale ed intertemporale delle utilità;
- l'assenza di parametri attinenti alla distribuzione del reddito.

D'altro canto l'ACB presenta l'indubbio vantaggio di essere ormai entrata nel linguaggio comune quanto sui tavoli tecnici quanto durante i dibattiti politici, anche per la pratica impossibilità di trovare, finora, un metodo alternativo alla stessa ACB che sia altrettanto consolidato e condiviso².

Nonostante questi limiti l'ACB rimane comunque un metodo, se non il metodo per eccellenza, universalmente accettato in materia di valutazione di investimenti pubblici.

Inoltre, a corollario di quanto detto, va considerata la distinzione tra analisi *ex-ante* ed analisi *ex-post*:

- nel primo caso si valuta se è opportuno implementare la politica o il progetto, ovvero si valuta se quella specifica destinazione dei fondi sia preferibile rispetto a soluzioni alternative, per cui il risultato può portare alla decisione di selezionare una opzione progettuale, oppure di mantenere lo *status quo*;
- nel caso invece della valutazione *ex-post* si valuta se determinate scelte di politica o di progetto sono risultate vantaggiose per la società, per cui lo scopo può essere quello di esaminare a fondo i processi decisionali che hanno condotto alla scelta, e, se l'ACB *ex-post* produce un risultato negativo, correggerli.

In generale l'ACB *ex-post* fornisce informazioni sull'effettivo contributo del progetto al benessere sociale, e costituisce un valido strumento di verifica dei risultati, anche se spesso tale valutazione *ex-post* non viene fatta.

¹ Questa commistione tra le due figure nel tempo ha creato, e sta creando, una nuova professionalità, a cavallo tra le discipline dell'economia e dell'ingegneria, per cui diventa fondamentale creare un linguaggio comune che faccia da raccordo fra le due tecniche in modo tale da migliorare sempre di più la qualità dei lavori prodotti.

² Si potrebbe obiettare che l'ACB sia forse eccessivamente manipolabile in base al risultato che si vuole ottenere, ma tale osservazione decade mentre si osserva che l'ACB di un progetto singolo può essere per certi versi adattata alle esigenze dell'analista (o di chi ha commissionato lo studio), ma questo non è più vero se si analizza un *ranking* di progetti, in quanto i parametri rilevanti assunti devono essere invariati (come i costi ambientali, il saggio di sconto sociale ecc.).

Uno dei capisaldi da non dimenticare per ovviare almeno in parte a questi problemi è che l'applicazione pratica del metodo dell'ACB dovrebbe sempre garantire la terzietà dell'analista, la robustezza dei calcoli e l'uso comparativo, per costruire graduatorie tra progetti diversi.

1.2 Gli elementi che costituiscono l'ACB

L'ACB tipicamente è formata da più parti, precisamente:

- analisi finanziaria;
- analisi economica;
- analisi sociale;
- analisi di sensibilità;
- analisi del rischio.

L'analisi finanziaria è condotta dal punto di vista del soggetto privato, quindi non tiene conto degli effetti esterni, che riverberano i loro effetti su soggetti diversi dall'imprenditore-management, e valuta ogni singola voce di costo e di ricavo ai prezzi di mercato, al fine di individuare un eventuale profitto (ovvero una massimizzazione della funzione-obiettivo del *manager*) per l'imprenditore.

L'analisi economica è fatta dal punto di vista del soggetto pubblico ed ha lo scopo di quantificare la maggior parte degli effetti diretti ed indiretti su tutti i soggetti interessati dall'intervento, adottando un apposito sistema di prezzi (i prezzi-ombra, o prezzi contabili o prezzi efficienti) in grado di attribuire il giusto valore alle risorse e che siano comunque meno distorti dei prezzi di mercato.

L'analisi sociale è sempre operata dal punto di vista del soggetto pubblico, ma l'obiettivo non è tanto il miglioramento del benessere sociale quando una migliore distribuzione della ricchezza, per cui si preoccupa di valutare un progetto sotto il profilo di una maggiore equità più che di una maggiore efficienza allocativa³. L'analisi di sensibilità e l'analisi del rischio tipicamente vengono fatte solo sull'analisi economica (o economico-sociale), anche se più correttamente andrebbero condotte anche sull'analisi finanziaria; lo scopo di questi due approfondimenti, perché di fatto non si tratta di analisi separate rispetto a quella economica, è di testare la solidità⁴ dei risultati ottenuti dalla valutazione, al fine di individuare criticità che potrebbero manifestarsi e che potrebbero rendere un progetto, magari inizialmente conveniente, non più consigliabile.

Queste particolari analisi, quella di sensibilità e di rischio, nella pratica difficilmente vengono condotte in modo approfondito⁵, in quanto è richiesta sia un'elevata onerosità di calcolo per la loro attuazione sia una serie di scelte in merito al tipo di probabilità da

³ Spesso l'analisi sociale viene inglobata nell'analisi economica, che viene corretta per tenere conto dei diversi gruppi di soggetti interessati da un progetto pubblico e di come può aumentare l'equità tra i gruppi a seguito della realizzazione del progetto.

⁴ L'analisi di sensibilità tende ad individuare delle "variabili" (particolari voci di costo o di beneficio) la cui variazione rispetto ad un valore "di base" (quello che emerge dalle stime che portano poi ai risultati dell'analisi economica) potrebbe comportare una variazione sensibile degli indicatori di convenienza economica; l'analisi del rischio introduce un concetto di aleatorietà nel progetto, per cui le variazioni suddette di quelle voci di costo o di beneficio "sensibili" vengono inserite in un contesto probabilistico, al fine di permettere una stima del grado di rischio associato al progetto, mediante numerose simulazioni di scenari alternativi a quello "di base".

⁵ Spesso infatti ci si limita a fare delle analisi di scenario, in cui si fanno variare simultaneamente i costi (verso l'alto/basso) ed i benefici (verso il basso/alto) per vedere come cambiano gli indicatori di convenienza economica dopo tali variazioni. Si tratta di una pratica che distorce i risultati, in quanto variando simultaneamente più voci di costo o di beneficio non si riesce ad isolare il contributo di ogni singola variabile rispetto al risultato finale, per cui sarebbe consigliabile condurre una corretta analisi di sensibilità, che faccia variare una variabile alla volta fermo restando il resto (il principio *ceteris paribus* applicato).

attribuire a ciascuna variabile di interesse, informazioni che spesso non si rendono disponibile o non lo sono in maniera completa.

Infine, ma non in ordine di importanza, le scelte operate dalle Amministrazioni Pubbliche in linea di massima andrebbero prese in maniera oggettiva e indipendente da ideali e preferenze politiche, ovvero da quelli che vengono definiti genericamente come giudizi di valore⁶.

1.3 I limiti dell'ACB

La teoria economica sottostante all'ACB riguarda in particolare il principio delle preferenze individuali e la massimizzazione dell'utilità; il primo principio implica nell'ACB l'applicazione di una razionalità di tipo individualistico circa scelte che, per loro natura, hanno una valenza pubblica, quindi collettiva⁷, mentre il secondo principio, quello della massimizzazione dell'utilità, è il ben noto "*principio paretiano*"⁸.

I fondamenti teorici dell'ACB pongono però una anche serie di problemi, come quello della confrontabilità⁹, quello della misurabilità¹⁰ e quello della monetizzazione¹¹.

In questa sede non si intende entrare nel dettaglio di queste tematiche, basti però considerare che la l'ultima tematica elencata, la monetizzazione dei costi e dei benefici, induce necessariamente all'esistenza di un sistema di prezzi di mercato per ciascun effetto determinato dal progetto, e tale costellazione dei prezzi¹² deve rispecchiare correttamente il valore della scarsità delle risorse coinvolte nel processo in atto.

⁶ L'economista chiamato a valutare un progetto, e quindi ad applicare le diverse tecniche di stima dovrebbe essere neutrale rispetto alle influenze esterne, che possono derivare da condizionamenti di varia natura (politico, istituzionale ecc.).

Nella pratica però la realtà mostra come i giudizi di valore siano un argomento di importanza fondamentale, in quanto la tematica interessa proprio gli analisti che si confrontano con il tema della scelta economica, e appare sempre strettamente connesso con gli obiettivi della politica economica, per cui la questione difficilmente è indipendente rispetto ai giudizi che la informano. Ne consegue che occorre sempre considerare e valutare con attenzione l'argomento dei giudizi di valore, soprattutto quando la collettività è chiamata a confrontarsi con la politica economica e con il tema dell'intervento pubblico. In tale ambito va inquadrato il rapporto tra l'analista e i responsabili della programmazione.

⁷ Tale razionalità affonda le sue radici nei comportamenti degli individui, tesi ad agire su un mercato presupponendo che l'individuo sia il miglior giudice del proprio benessere, e che la società nel suo insieme possa essere considerata come la somma dei singoli individui che la compongono, secondo una logica di antropocentrismo e individualismo metodologico.

⁸ Il Principio di Pareto afferma che un cambiamento nello *status quo* di una collettività è desiderabile se determina il miglioramento del benessere di almeno uno dei suoi membri, senza causare il peggioramento nel benessere di nessuno degli altri.

⁹ Il primo problema insinua un punto debole nell'ACB a causa dell'effettiva possibilità di conciliare il punto di vista individuale con l'obiettivo della massimizzazione del benessere collettivo e, cosa ancor più complessa, devono verificarsi le condizioni in base alle quali diventa possibile fare dei confronti tra i livelli individuali di benessere.

¹⁰ Il secondo problema indebolisce anch'esso le fondamenta teoriche dell'ACB in quanto si deve concretizzare l'effettiva possibilità di identificare e quantificare gli effetti dell'azione pubblica, al fine di verificare la verosimiglianza dell'obiettivo (o degli obiettivi) del progetto con la massimizzazione del benessere sociale.

¹¹ Il terzo e ultimo problema riguarda la quantificazione monetaria di tutti i costi e di tutti i benefici correlati direttamente o indirettamente al progetto, per cui la conseguenza di ciò è che tutte le grandezze non quantificabili (o non quantificabili in maniera completa e precisa) vengono escluse dall'edificio analitico dell'ACB.

¹² I due presupposti alla base di questo schema logico, ovvero l'esistenza e l'adeguatezza del sistema dei prezzi, si fondano a loro volta sull'ipotesi, spesso tutt'altro che verificata nella realtà, di mercati perfetti e

Rimane inoltre un tema ancora più delicato, ovvero l'obiettivo che l'ACB si pone in termini di miglioramento del benessere¹³, per cui l'ACB rimane un valido strumento di supporto alle decisioni, ma non può essere lo strumento perfetto, e non aspira ad esserlo, per cui l'analista impegnato nella valutazione di un qualsivoglia progetto di investimento avente i connotati di un intervento pubblico deve tenere bene a mente questi limiti, al fine di evitare di compiere errori, anche gravi, nella valutazione.

1.4 I principali indicatori di convenienza economico-finanziaria dell'ACB

L'ACB si avvale dell'uso di alcuni indicatori molto compatti, che permettono di valutare la convenienza o meno di un dato progetto. In questa sede si illustrano i più usati nella pratica.

Il VAN (*Valore Attuale Netto*) consiste nella somma di tutti gli importi (costi e benefici) relativi all'arco di vita del progetto riportati ad un medesimo istante di tempo (attualizzazione).

$$VAN = -CI + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \quad (1)$$

dove nella (1):

- CI è il costo iniziale dell'investimento (con il segno meno ad indicare la sua natura di costo);
- B_t, C_t sono i benefici ed i costi relativi a tutti gli anni considerati;
- t è l'istante di tempo generico;
- r è il tasso di sconto.

TIR (Tasso Interno di Rendimento): è quel valore del tasso di sconto che rende il VAN uguale a zero. E' un indicatore sintetico, espresso in percentuale e riferito alla redditività intrinseca del progetto stesso; può essere preso a paragone per confrontare il progetto con altri investimenti (costo opportunità) o con il costo del denaro preso a prestito per realizzare il progetto medesimo (tasso di interesse passivo).

In termini analitici:

$$VAN = -CI + \sum_{t=1}^{t=n} (B_t - C_t)(1+TIR)^{-t} = 0 \quad (2)$$

dove i termini nell'espressione (2) hanno lo stesso significato di quelli usati per la formula del VAN.

Rapporto B/C (Rapporto Attualizzato Benefici/Costi): è un indicatore adottato per compensare il difetto maggiore del VAN, cioè la sua mancanza di legame con la grandezza relativa dei

completi, nei quali gli effetti, quindi i benefici ed i costi, di un dato progetto possono essere valutati, e quindi "scambiati".

¹³ Sotto un altro punto di vista questa problematica si manifesta anche rispetto all'effettiva capacità dei prezzi "di equilibrio" di essere davvero dei corretti indicatori della variazione al margine del benessere sociale associata alla concretizzazione di un progetto. La teoria economica fornisce gli strumenti per cercare di correggere queste distorsioni generate dall'uso di un prezzo di mercato usato per valutare la variazione marginale del beneficio di un agente economico a seguito della realizzazione di un progetto pubblico, che quindi include effetti non quantificabili in moneta dai prezzi di mercato utilizzati, ma anche questi strumenti correttivi, tesi ad "avvicinare" il prezzo di mercato a quello "ideale" di corretta valutazione delle risorse circa il bene in questione, sono soggetti ad una regola di approssimazione, in quanto esisterà sempre una discrepanza tra il prezzo "di mercato" e il prezzo "contabile" (o "sociale"), e tale approssimazione sarà funzione a sua volta della struttura delle preferenze degli individui, della natura del bene in oggetto ecc. per cui l'"ottimo", ovvero la corretta valutazione di tutti gli effetti di un dato progetto, di fatto non potrà mai essere raggiunto.

progetti. Esso consiste nel rapporto tra i ricavi/benefici attualizzati ed i costi attualizzati con il medesimo tasso di sconto.

$$\text{Rapporto}_{\text{Benefici-costi}} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} (B_t)/(1+r)^t}{\sum_{t=1}^{t=n} (C_t)/(1+r)^t} \quad (3)$$

In base a questo criterio un progetto di investimento sarebbe preferito ad altri in base al valore del rapporto tra i Benefici ed i Costi attualizzati, che in ogni caso deve essere maggiore di uno. Esiste poi un corposo set di indicatori, le cui formulazioni analitiche sono più o meno articolate, ma in questa sede ci si concentrerà solamente sui tre elencati, in quanto di immediata interpretazione e ben conosciuti anche dai non addetti ai lavori.

2. L'ACB applicata alle infrastrutture di trasporto

L'ACB valuta i progetti considerando i loro effetti monetari o monetizzabili come variazioni dopo un confronto tra uno scenario "con il progetto" (chiamato anche *P*, ovvero Progetto) ed uno scenario "senza il progetto" (definito anche *NP*, ovvero Non progetto), per cui si genera un unico "aggregato" economico in cui tutti i diversi impatti vengono sommati algebricamente, con i benefici caratterizzati da un segno positivo ed i costi da un segno negativo.

In particolare il raffronto tra benefici e costi nell'ottica del decisore pubblico per la scelta tra sistemi di trasporto deve considerare per ciascun anno *t* di vita utile del progetto *i-esimo* alcune caratteristiche, quali:

- *CC*: differenza tra i costi di costruzione del Progetto e gli eventuali costi di costruzione o manutenzione straordinaria del Non Progetto, includendo all'ultimo anno di valutazione una voce positiva (quindi un beneficio) che rappresenta il valore residuo dell'opera;
- *CM*: ovvero il differenziale tra i costi di investimento in mezzi, veicoli o infrastrutture del Progetto e del Non Progetto;
- *CME*: il differenziale tra i costi di manutenzione di esercizio del Progetto rispetto al Non Progetto;
- *RT*: il differenziale tra i ricavi della vendita dei servizi di trasporto nel Progetto e nel Non Progetto;
- *ITI*: la differenza tra gli introiti per tasse e imposte conseguenti al Progetto e al Non Progetto;
- *DS*: la variazione di *surplus* percepito dagli utenti del sistema di trasporto nel Progetto rispetto alla situazione di Non Progetto;
- *BUNP*: le variazioni dei benefici non percepiti dagli utenti tra il Progetto e il Non progetto, per cui in questa voce possono rientrare le variazioni di costi dovuti ad eventuali voci finora non considerate nel calcolo del surplus, quali l'incidentalità stradale, i costi di consumo dei veicoli (lubrificanti, pneumatici ecc.);
- *ENU*: la variazione degli effetti per i non utenti tra il Progetto e il Non Progetto, per cui in questa grandezza vengono compresi tutti gli impatti sull'ambiente (inquinamento atmosferico, inquinamento acustico ecc. tutti opportunamente monetizzati) e sul sistema economico-territoriale.

Tutte le grandezze di cui sopra vanno valutate ai prezzi-ombra, avendo cura di evitare i doppi conteggi.

La differenza sostanziale tra un'ACB generica ed una applicata espressamente ai trasporti riguarda la caratterizzazione della voce *DS*, in quanto è proprio questa la grandezza più importante nell'intera espressione del VAN e va considerata in modo particolare; infatti la quantificazione di tale voce deriva direttamente dai modelli di simulazione trasportistica che a loro volta dipendono da una struttura teorica molto

articolata, basata sul concetto di utilità che un generico utente *i-esimo* percepisce utilizzando i diversi sistemi di trasporto a sua disposizione¹⁴.

E' in questa fase che entrano in gioco i modelli di simulazione trasportistica, i quali restituiscono tra i loro output l'effetto, in termini di variazione tra lo scenario di Progetto e quello di Non Progetto, della nuova infrastruttura nel contesto geografico di riferimento.

Nella pratica i principali benefici sono espressi dalla:

- variazione dei tempi di percorrenza sui mezzi privati (al netto della variazione degli stessi tempi di percorrenza sul mezzo pubblico);
- la variazione dei km di percorrenza sui mezzi privati;
- la variazione dell'incidentalità stradale¹⁵.

Quello che rileva sono i benefici associati alla variazione ai tempi e ai km percorsi sui mezzi privati, che costituiscono i motivi per i quali si decide di realizzare ad esempio una nuova metropolitana; la valutazione degli impatti (positivi) sull'ambiente delle infrastrutture di trasporto su ferro va incontro a notevoli difficoltà di natura pratica, sui quali non si intende entrare in questo lavoro.

3. I casi-studio

Questo lavoro si basa sul confronto tra tre progetti di investimento in infrastrutture di trasporto che riguardano la città di Roma; più precisamente l'analisi, partendo dalle originali ACB condotte a suo tempo da STA SpA per conto del Comune di Roma, rielabora le ACB e ne mette a confronto i risultati, per poi discutere di un problema insito in tutte e tre le valutazioni, ovvero una sovrastima dei benefici dovuti ai minori tempi/km di percorrenza sul mezzo privato dopo l'apertura al pubblico delle tre infrastrutture.

Prima di procedere si vuole riassumere sinteticamente le caratteristiche salienti di ciascuna infrastruttura, oltre a presentare una mappa in cui le tre linee sono inserite (assieme a quelle attuali).

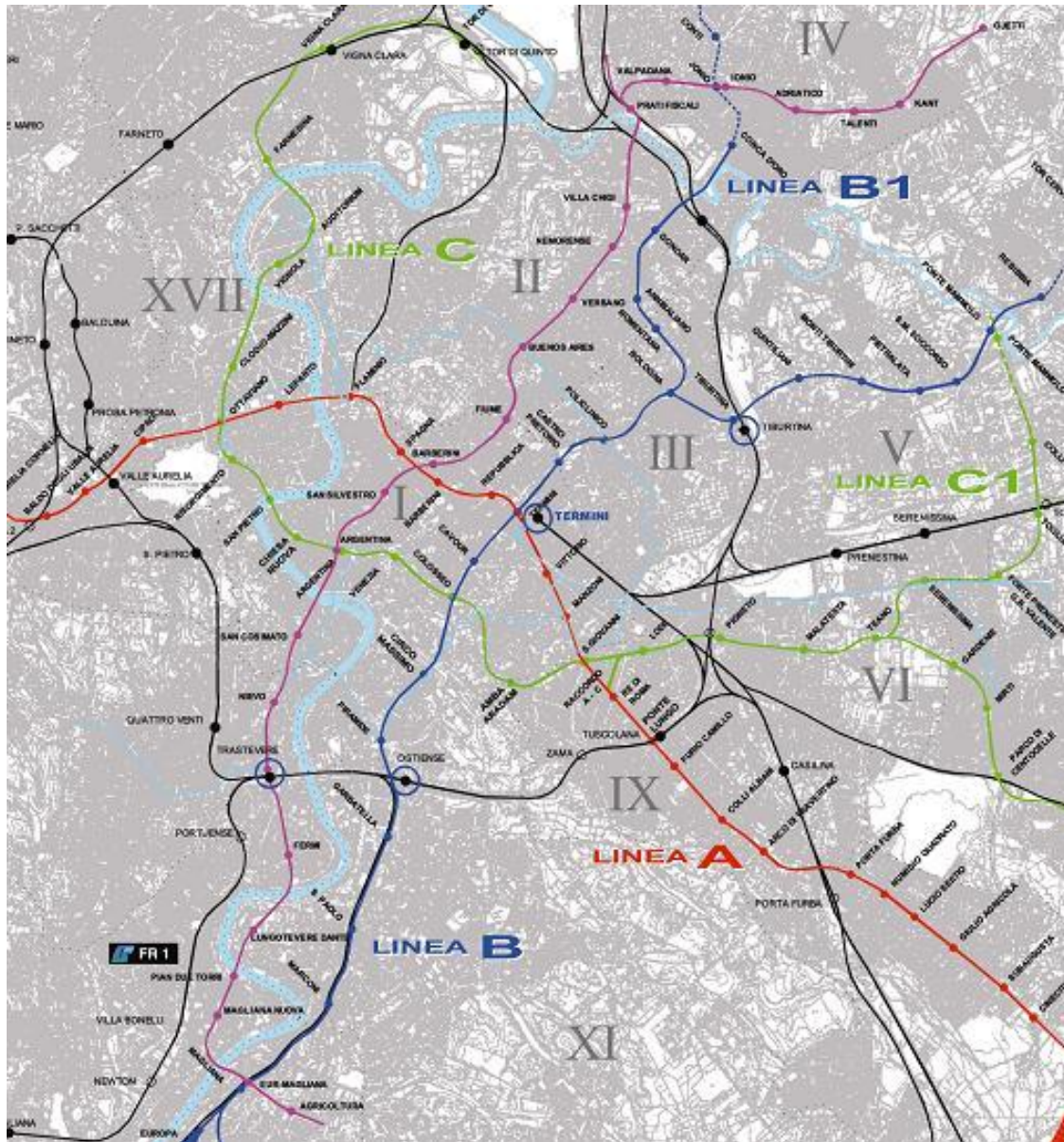
Figura 1: Le linee metropolitane A, B/BI, C e D

¹⁴ Indicando con g_{od}^{NP} il costo generalizzato del trasporto, ovvero il costo che l'utente sostiene per fare il suo spostamento (ad esempio lo spostamento casa-lavoro) a partire da un luogo di origine o ad uno di destinazione d (indicati sinteticamente con od) e indicando con $d_{od}(g_{od}^{NP})$ il numero di utenti che si spostano nella situazione di non progetto e considerando tutti i viaggi effettuati si può derivare un'utilità netta, o surplus, data dalla differenza tra quanto si sarebbe disposti a pagare ed il costo g_{od}^{NP} che effettivamente si paga.

Qualora grazie al Progetto P il costo generalizzato passasse ad un livello g_{od}^P inferiore rispetto a quello di Non Progetto allora il numero di utenti che si spostano aumenterebbe, passando ad un livello superiore $d_{od}(g_{od}^P)$ maggiore di quello di Non Progetto.

Per calcolare correttamente la variazione di surplus prodotta dal Progetto è opportuno distinguere tra i viaggi effettuati anche nella situazione di Non Progetto e quelli che si effettuano solo in seguito alla riduzione del costo generalizzato, quindi per il generico viaggio/utente *i-esimo* del primo gruppo la variazione di utilità netta o di surplus è data da $DS = (U^i - g_{od}^P) - (U^i - g_{od}^{NP}) = g_{od}^{NP} - g_{od}^P$, ovvero dalla differenza tra il costo generalizzato negli stati NP e P, per cui la variazione di surplus totale DS'_p per i viaggi/utenti di questo gruppo vale pertanto: $DS'_p = d_{od}(g_{od}^{NP}) \cdot (g_{od}^{NP} - g_{od}^P)$

¹⁵ Sull'ultimo aspetto, quello dell'incidentalità stradale, non si discuterà ulteriormente in questo lavoro, ferma restando la sua importanza (ma anche la sua difficoltà di valutazione) nell'ambito delle ACB applicate alle opere trasportistiche.



Fonte: Elaborazioni STA SpA (2004)

3.2 Linea C della metropolitana di Roma

La Linea C, terza metropolitana di Roma prevista dal nuovo Piano Regolatore Generale, ha l'obiettivo di collegare direttamente aree e quartieri oggi distanti, attraversando la città, da nord-ovest a sud-est, e quasi raddoppiando con la sua estensione, una volta completamente realizzata, lo sviluppo della rete metropolitana attualmente esistente.

Al momento è prevista la realizzazione della prima parte chiamata Tracciato Fondamentale¹⁶, finanziato in base alla convergenza di risorse statali, regionali e comunali¹⁷.

¹⁶ Tale Tracciato Fondamentale, lungo 25,6 km e con 30 stazioni, parte dal territorio del Comune di Monte Compatri, ricalca il tracciato della pre-esistente ferrovia Termini-Pantano (oggi Termini-Centocelle), scende nel sottosuolo poco prima del Grande Raccordo Anulare con due gallerie affiancate a binario singolo e prosegue, alla profondità di circa 30 m dal piano stradale, verso il centro storico attraversandolo completamente fino al quartiere Mazzini.

Completa l'infrastruttura il deposito-officina posto a Graniti per il ricovero, la manutenzione e la riparazione dei 30 treni previsti a servizio del Tracciato Fondamentale.

Costo complessivo di investimento: circa 3.812 milioni di euro.

3.3 Linea B1

La Linea B1 è la diramazione della Metro B da piazza Bologna sino al GRA.

Il tracciato si sviluppa secondo le previsioni del Piano Regolatore Generale della città di Roma.

Il bacino d'utenza della Linea B1 è il quadrante nord-est, popolato da mezzo milione di abitanti che vivono nei quartieri Bologna-Nomentano, Trieste-Africano, Montesacro e nel cosiddetto "oltre Aniene". Complessivamente è un'area grande come la città di Bologna, il cui traffico di collegamento con il resto della città si canalizza su appena tre ponti: Ponte delle Valli, Ponte Tazio e Ponte Nomentano.

Il tracciato è interamente in sotterraneo, per una lunghezza di circa 5 chilometri, e prevede quattro stazioni:

- S. Agnese/Annibaliano (a piazza Annibaliano)
- Libia (lungo viale Libia in corrispondenza di piazza Palombara Sabina)
- Conca d'Oro (a piazza Conca d'Oro);
- Jonio (all'incrocio tra viale Jonio e via Scarpanto).

Costo di investimento: circa 910 milioni di euro.

3.4 Linea D

Il ruolo principale della linea D è quello di completare la copertura, da parte del trasporto pubblico di massa, di quegli ambiti urbani non serviti dalle linee metro A, B/B1 e C e caratterizzati da una densità di residenti e posti di lavoro compatibile con tale modo di trasporto. Mentre la linea C supporta la mobilità che lega la direttrice sud-est verso i Castelli all'opposta direttrice nord-ovest, passando attraverso il centro, la linea D è pensata per collaborare con la linea B secondo un tracciato in parte parallelo ad essa, che si sviluppa da sud (EUR-Magliana) in direzione nord-est, verso Montesacro-Talenti. La realizzazione della linea D potrebbe consentire:

- una migliore accessibilità del centro storico, attraverso la "chiusura della maglia" costituita dalle quattro linee metro con le quattro stazioni di corrispondenza - Termini (A/B), Colosseo (B/C), Venezia (C/D) e Spagna (A/D);
- un sostanziale alleggerimento della pressione esercitata dal traffico privato sul centro storico;
- l'attraversamento di zone ad alta densità di residenze, uffici e negozi (Trieste, Salario);
- il collegamento al centro e tra loro di zone residenziali e commerciali della città consolidata, quali viale Marconi e Magliana Nuova a sud e Prati Fiscali, Montesacro Alto e Talenti a nord;
- il decongestionamento di importanti arterie stradali (quali il Lungotevere e la via Olimpica), con un significativo miglioramento della qualità urbana e ambientale;
- la valorizzazione delle relazioni tra la linea D e le altre componenti della mobilità esistenti o di programma, quali svincoli, parcheggi, piste ciclo-pedonali, sottopassi di aree ferroviarie;

¹⁷ Ad oggi risulta interamente finanziata la sezione del Tracciato Fondamentale dal capolinea di Monte Compatri/Pantano alla stazione Fori Imperiali.

La suddivisione in tratte del Tracciato Fondamentale deriva da motivazioni di ordine funzionale e da esigenze di natura progettuale, di procedure approvative e di finanziamenti.

- la riqualificazione delle aree attraversate che, in molti casi, sia a sud che a nord, presentano zone di disagio urbano e ambientale;
- il miglioramento delle condizioni ambientali in termini di inquinamento sia acustico che atmosferico.

Costo complessivo di investimento: circa 2.822 milioni di euro.

La tabella riporta un confronto tra i dati più significativi dei tre progetti appena descritti.

Tabella 1: le linee C, B1 e D della metropolitana di Roma a confronto

	Linea C	Linea B1	Linea D
Totale costi di investimento (milioni di euro)	3.812	910	2.822
Lunghezza (km)	25,6	5	20,4
Costo al km	148,9	182,0	138,3
Numero stazioni	30	4	22
Numero anni di cantiere	12	5	10
Quota annua di realizzazione annua	8,3%	20,0%	10,0%

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

I dati relativi al numero di anni di cantiere sono solo indicativi (in quanto originariamente contemplati nelle ACB a suo tempo redatte), in quanto la linea C è lungi dall'essere completata: i lavori sono iniziati nel 2007

La prima tratta di 15 stazioni, Monte Compatri-Pantano-Parco di Centocelle, è entrata in esercizio il 9 novembre 2014, mentre la seconda di 6 stazioni, Mirti-Lodi, è stata inaugurata il 29 giugno 2015.

Ad oggi la cadenza dei treni è di 12 minuti tra le stazioni di Pantano ed Alessandrino e di 6 tra Alessandrino e Lodi dalle 6:00 alle 20:30, mentre dalle 5:30 alle 6:00 e dalle 20:30 alle 23:30 la cadenza è di 12 minuti sull'intera tratta (che si riduce a 6 minuti nelle ore di punta e nel tratto centrale della linea); nella primavera del 2018 si concretizzerà la connessione con la linea A mediante il nodo di scambio di San Giovanni.

Per la linea B1 si sono resi necessari alla fine dieci anni di realizzazione, dato che l'apertura dei cantieri è avvenuta nell'autunno del 2005 ma poi, per un insieme di problemi tecnici (tra cui l'eliminazione della stazione di Nomentana, che un tempo era contemplata dal progetto) hanno fatto sì che la tratta Bologna-Conca d'Oro venisse completata solo a giugno 2012, mentre l'ulteriore tratta fino a Jonio è stata ultimata nell'aprile del 2015¹⁸.

La Linea D ad oggi esiste solo su carta, in quanto non ci sono fondi pubblici sufficienti a finanziare l'opera; si valutava di realizzare l'infrastruttura in *project financing*, coinvolgendo quindi anche soggetti privati, ma il progetto è rimasto inattuato, al netto di evoluzioni future.

¹⁸ Già questi elementi dovrebbero attirare l'attenzione dell'analista sul tema dell'incertezza, in quanto l'allungamento del numero di anni di cantiere in maniera così rilevante rispetto al progetto originale comporta, da un lato, un notevole incremento dei costi (infatti sia la linea C che la linea B1 hanno mostrato una crescita abnorme degli oneri di investimento rispetto a quanto programmato) e, dall'altro, il differimento dei benefici al futuro, con un conseguente impatto sull'esito finale della valutazione, troppo spesso molto ottimistica.

4. Le ACB delle linee metropolitane C, B1 e D

Come anticipato l'obiettivo di questo lavoro è di confrontare le ACB dei progetti ora presentati al fine di evidenziare una probabile sovrastima dei benefici associati alle infrastrutture oggetto di valutazione.

Va ribadito che tra i principali benefici dovuti all'apertura di una nuova linea metropolitana di certo vanno annoverati i risparmi di tempi e di chilometri percorsi dai mezzi privati sulla rete stradale; va però altrettanto puntualizzato che tali benefici spesso sono sovrastimati, perché i modelli di simulazione trasportistica come output riportano i *veicoli-h* ed i *veicoli-km* nei due scenari di Progetto e di Non Progetto ed il differenziale la variazione dei tempi e dei km (tipicamente una riduzione), che troppo spesso è a favore dell'intervento¹⁹.

Per lo scopo di questo lavoro sono stati presi i dati direttamente dagli studi originali prodotti da STA (Società dei Trasporti Automobilistici) SpA negli anni che vanno dal 1999 al 2004 per conto del Comune di Roma e sono stati rielaborati al fine di riprodurre le ACB dei progetti in esame, al fine di valutare come, ad avviso dello scrivente, è probabile che i benefici delle infrastrutture esaminate siano stati sovrastimati.

La tabella 1 già descritta riporta i costi di investimento ed alcune informazioni sulle infrastrutture (lunghezza in km, numero stazioni ecc.), mentre ora si riportano i dati relativi ai costi di esercizio (raggruppati sinteticamente in "costi di personale" e "altri costi").

Tabella 2: le linee C, B1 e D della metropolitana di Roma: costi di esercizio

Costi di esercizio (milioni di euro)	Linea C	Linea B1	Linea D
Costo del personale	45,0	10,7	33,3
Altri costi (materiali, materie prime, costi diversi gestione)	31,3	7,5	23,1
Totale costi di esercizio	76,2	18,2	56,4

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

Per quanto riguarda questi valori di costo si tratta di voci espresse ai prezzi di mercato, per cui per condurre l'analisi economica andranno sottratte le componenti di "trasferimento"²⁰ (mediante appositi fattori di conversione), mentre i benefici sono direttamente valutati ai "prezzi-ombra".

¹⁹ Infatti è noto che la costruzione di un'ACB, come visto nella parte introduttiva di questo lavoro, dovrebbe prevedere la costruzione di uno scenario "con il Progetto" (chiamato appunto Progetto) e di uno scenario "senza il Progetto" (ovvero il Non Progetto), e dal confronto tra i due si otterrebbero i benefici ed i costi incrementali dovuti alla realizzazione dell'infrastruttura in esame. Infine su tale differenziale, o meglio sul saldo netto (dato dai benefici meno i costi anno per anno) che si viene a determinare andrebbero calcolati gli indicatori di convenienza VAN, TIR e Rapporto benefici/costi.

In genere nella pratica della valutazione dei progetti pubblici non si procede alla costruzione dell'analisi finanziaria (come invece correttamente andrebbe fatto), bensì si procede subito all'analisi economica condotta ai prezzi-ombra, che poi nella pratica consistono nei prezzi "di mercato" dai quali vengono detratte le componenti di "trasferimento" (ovvero le imposte e le tasse, i sussidi, i trasferimenti ecc. cioè tutte quelle componenti alle quali non corrisponde un'effettiva creazione di ricchezza); questa semplificazione rischia di relegare l'ACB al ruolo di una semplice appendice dello studio trasportistico, condotta in maniera meccanica senza la giusta contestualizzazione al contesto in cui l'opera va inserita.

²⁰ Gli studi condotti da STA non prevedevano la predisposizione anche dell'analisi finanziaria, bensì si passava subito all'analisi economica, costruita direttamente sullo scenario "differenziale" tra quello di Progetto e di Non Progetto.

Tabella 3: le linee C, B1 e D della metropolitana di Roma: benefici (trasportistici)

Tempi e km di percorrenza	Linea C	Linea B1	Linea D
Variazione tempi di percorrenza (veicolixh)	-14.148,2	-16.711,3	-10.520,0
Variazione km percorrenza (veicolixkm)	-258.279,4	-132.015,8	-182.174,0
Variazione passeggeri/ora (passeggerixh)	3.302,8	10.617,7	2.631,9
Benefici da domanda indotta (passeggerixh)	4.646,8	1.890,0	3.702,9
Valori economici unitari benefici tempi/km (euro)	Linea C	Linea B1	Linea D
Valore del tempo trasporto privato (euro)	2,6	2,6	2,6
Valore dei km su mezzo privato (euro)	0,29	0,29	0,29
Fattore di riempimento veicoli privati	1,4	1,4	1,4
Valore del tempo trasporto pubblico (euro)	2,0	2,0	2,0
Fattore di espansione all'anno	Linea C	Linea B1	Linea D
Incidentia ora di punta su totale giornata (%)	0,14	0,14	0,14
Numero giorni effettivi/anno	300	300	300
Fattore di espansione ora di punta/anno	2.142,9	2.142,9	2.142,9

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

Le voci più rilevanti di beneficio sono date dalle variazioni dei tempi e dei km di percorrenza sul mezzo privato: i valori assumono segno meno in quanto dal confronto tra il Progetto ed il Non Progetto si ha una riduzione dei tempi e dei chilometri percorsi dai veicoli privati (autovetture, motocicli, ciclomotori, autocarri), mentre la variazione dei tempi di percorrenza su mezzo pubblico (*passeggeri-h*) aumenta (visto che dopo l'apertura della nuova generica metropolitana aumenta la quota di spostamenti sul mezzo pubblico, con conseguente aumento dei tempi di percorrenza con questa modalità di trasporto).

I "prezzi-ombra" del tempo e dei km di percorrenza sul mezzo privato e sul mezzo pubblico sono quelli che all'epoca venivano usati per quantificare questi benefici, anche se probabilmente si tratta di valori sottostimati (2,6 euro per un'ora di tempo di percorrenza sul mezzo privato sembra un po' basso), ma per coerenza con gli scopi di questo lavoro sono stati lasciati immutati.

I parametri di "espansione all'anno" costituiscono il primo dei problemi nei quali si incorre in queste valutazioni, in quanto i differenziali di tempi e km di percorrenza fanno riferimento all'ora di punta (i modelli di simulazione trasportistica "ragionano" infatti sull'ora di punta, e sono calibrati per produrre output basati su questo concetto), per cui un'espansione di questi valori dall'ora di punta all'anno implica necessariamente delle ipotesi (come sul "peso" dell'ora di punta sul totale della giornata, o sul numero di giorni effettivi annui ecc.) che possono portare già ad una prima sovrastima dei risultati.

Tabella 4: le linee C, B1 e D della metropolitana di Roma: benefici economici

Quantificazione economica dei benefici (mln. euro)	Linea C	Linea B1	Linea D
Variatione tempi su mezzo privato	107,7	127,2	80,1
Variatione km su mezzo privato	219,9	112,4	155,1
Variatione tempi su mezzo pubblico	-13,8	-44,5	-11,0
Variatione passeggerixh (domanda indotta)	19,5	7,9	15,5

Fonte: elaborazioni su dati Dip. VII Comune di Roma

Già questa tabella di riepilogo evidenzia come i benefici siano davvero consistenti, ma ancora non è stata considerata la componente dovuta alla sicurezza stradale, ovvero alla riduzione di incidenti, feriti e morti grazie all'apertura della nuove linee metropolitane²¹.

La maggiore sicurezza stradale, data dalla riduzione di incidenti, feriti e morti su strada, è sintetizzata in tabella.

Tabella 5: le linee C, B1 e D della metropolitana di Roma: sicurezza stradale

<i>Parametri di incidentalità</i>	Linea C	Linea B1	Linea D
Incidenti	223,4	14,3	132,4
feriti	305,7	25,0	165,6
morti	1,0	1,0	2,2

Valore economico unitario (euro)

Incidenti	5.644,9	5.644,9	5.644,9
feriti	28.219,2	28.219,2	28.219,2
morti	1.128.458,3	1.128.458,3	1.128.458,3

Quantificazione economica dei benefici (mln. euro)

Incidenti	1,3	0,1	0,7
feriti	8,6	0,7	4,7
morti	1,2	1,2	2,5
Totale benefici da minore incidentalità stradale	11,1	2,0	7,9

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

Pur se la consistenza economica dei benefici associati alla maggiore sicurezza stradale non è rilevante come quella dei benefici più prettamente "trasportistici" (tempi e km) assume comunque un peso nella valutazione complessiva dei progetti in esame.

Infine si riporta una tabella di sintesi tutti i benefici economici quantificati in euro, espressi ai prezzi-ombra.

Va notato che i benefici relativi ai tempi di percorrenza sono già al netto dell'incremento del tempo di viaggio (complessivo) sul mezzo pubblico, per i motivi sopra descritti.

²¹ Infatti a fronte di una diminuzione dei km percorsi su strada da autovetture, motocicli, ciclomotori e mezzi pesanti si dovrebbe avere una conseguente flessione del numero di incidenti stradali, con conseguenti minori feriti e minori morti; il problema consiste nel trovare una correlazione tra km percorsi e incidenti, dato che non è detto che tale legame sia di tipo lineare, come invece si ipotizza negli studi che si stanno analizzando.

Tabella 6: le linee C, B1 e D della metropolitana di Roma: sicurezza stradale

Sintesi benefici economici (mln. di euro)	Linea C	Linea B1	Linea D
Benefici da variazione dei tempi di percorrenza	93,8	82,7	69,0
Benefici da variazione dei km di percorrenza	219,9	112,4	155,1
Benefici da domanda indotta	19,5	7,9	15,5
Benefici da minore incidentalità stradale	11,1	2,0	7,9

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

Con questi elementi di base si può procedere allo sviluppo dell'analisi economica direttamente sullo scenario "differenziale" per le tre distinte infrastrutture.

Ulteriori ipotesi sono date da:

- la lunghezza temporale di riferimento dei progetti, fissata in 40 anni;
- il valore residuo dell'opera all'ultimo anno di vita utile, in misura del 30% del costo di investimento;
- il tasso di attualizzazione, fissati in ragione del 5% (reale, dato che l'analisi si conduce a prezzi costanti).

Le ACB condotte in questo lavoro per ogni linea metropolitana non danno gli stessi risultati di quelle originariamente prodotte da STA, in quanto sono diverse le ipotesi di lavoro (durata temporale, tasso di sconto, invarianza dei benefici e dei costi nel tempo); questo perché lo scopo di questo lavoro non è quello di riprodurre pedissequamente queste valutazioni, che oltremodo sono state fatte anche 20 anni fa, bensì quello di utilizzare i dati di input, in particolare i costi (di investimento e di esercizio) ed i benefici (variazioni di tempi e km, incidentalità) per sviluppare dei modelli di ACB "di base", dai quali partire per mostrare come, qualora si tenessero in considerazione alcuni accorgimenti sulla stima dei benefici (in particolare per i tempi ed i km di percorrenza) i risultati cambierebbero rispetto agli scenari "di base".

Una volta sviluppato il flusso dei costi e dei benefici per tutti gli anni dell'orizzonte temporale (fissato in misura di 40 anni per tutte le infrastrutture) e una volta costruito lo scenario "differenziale" di ciascuna linea rispetto al Non Progetto è possibile costruire i consueti indicatori di convenienza economica, ovvero il VAN, il TIR ed il Rapporto Benefici/Costi.

Il processo di attualizzazione è basato su un tasso di sconto sociale reale (ovvero al netto dell'inflazione) del 5%.

E' stato adottato tale tasso in quanto negli studi analizzati, in particolare quello sulla linea D, il tasso usato era pari al 4,87%; tale tasso era stato ricavato mediante un metodo abbastanza articolato, che partiva dall'analisi in serie storica dell'andamento dei BTP a 30 anni, depurato dall'inflazione, valutato su un periodo di riferimento di circa 20 anni (1983 – 2002), per cui si è preferito usare un valore molto simile a quel 4,87%, ovvero il 5% del presente lavoro, per non allontanare troppo i risultati della presente rielaborazione rispetto a quelli degli studi condotti a suo tempo.

Rimane fermo il punto in base al quale la scelta del tasso di sconto è un fattore determinante nell'ACB, per cui usare un tasso in luogo di un altro genera necessariamente risultati differenti e che ad oggi in letteratura non esiste un "metodo" di scelta del tasso univoco, ma su questo tema si rimanda alla vasta letteratura esistente.

I risultati di sintesi sono riportati in tabella.

Tabella 7: le linee C, B1 e D della metropolitana di Roma: risultati ACB

Riepilogo risultati di sintesi ACB (mln. euro)	Linea C	Linea B1	Linea D
VAN (analitico) - mln. euro	1.654,9	2.758,5	1.377,6
VAN costi investimento	-2.029,3	-542,4	-1.551,0
VAN costi di esercizio	-523,7	-179,6	-432,1
VAN benefici tempi di percorrenza	1.094,1	1.385,6	897,0
VAN benefici km di percorrenza	2.563,8	1.883,1	2.015,3
VAN benefici domanda indotta	226,9	132,6	201,5
VAN benefici incidentalità stradale	128,8	32,8	103,0
VAN valore residuo dell'opera	194,2	46,4	143,8
<hr/>			
VAN (sintetico) - mln. euro	1.654,9	2.758,5	1.377,6
TIR	8,52%	22,82%	8,92%
Rapporto attualizzato Benefici/Costi	1,65	4,82	1,69
VAN per km di linea - mln. euro	64,6	551,7	67,5
Tasso di sconto (attualizzazione)	5,00%	5,00%	5,00%

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

In particolare il VAN è stato scomposto nelle sue componenti (c.d. “VAN analitico”) proprio per evidenziare il contributo di ciascuna voce di costo e di beneficio al VAN totale (c.d. “VAN sintetico”)

Appare evidente che un problema potrebbe sussistere per la linea B1, dato che con soli 5 km di lunghezza è in grado di generare benefici in termini di tempi e km di percorrenza praticamente più grandi (tempi vs linee C e D) o simili (km di percorrenza vs linea D) rispetto a quelli di intere linee metropolitane, per cui sorge un dubbio lecito sulla bontà delle previsioni del modello trasportistico adottato per la simulazione.

5. La stima dei benefici di tempi e km di percorrenza: una proposta prudentiale

Il dettaglio del VAN analitico mostra come i benefici dovuti alla riduzione dei tempi e dei km di percorrenza siano molto consistenti, soprattutto per quanto riguarda i km, ovvero la riduzione delle percorrenze su strada da parte dei veicoli privati (ovvero autovetture, motocicli e ciclomotori).

Questi benefici probabilmente vanno incontro ad un problema di sovrastima, in quanto i modelli di simulazione trasportistica spesso non consentono di stabilire delle soglie di “percezione del beneficio” da parte dell’utenza, ovvero a fronte di una riduzione dei chilometri di percorrenza poniamo di 12 km (alla quale sempre per ipotesi si attribuisce il valore “pieno”, o totale, del risparmio ascrivibile al minor consumo di carburante, usura del veicoli ecc, di 0,29 euro/km) non è chiaro quanta parte dell’utenza in realtà beneficierà di una riduzione ad esempio di soli 0,5 km, variazione del tutto trascurabile e quindi non percettibile (e di conseguenza non monetizzabile).

Discorso analogo si può fare sui tempi di percorrenza: una riduzione dei tempi di spostamento per essere apprezzabile deve essere maggiore di una soglia minima, per cui se un utente, o una classe di utenti, risparmia solo 5 minuti in termini di minori tempi di

percorrenza tale beneficio potrebbe avere una percezione economica pari a zero agli occhi dell'utente, in quanto trattasi di un risparmio molto piccolo.

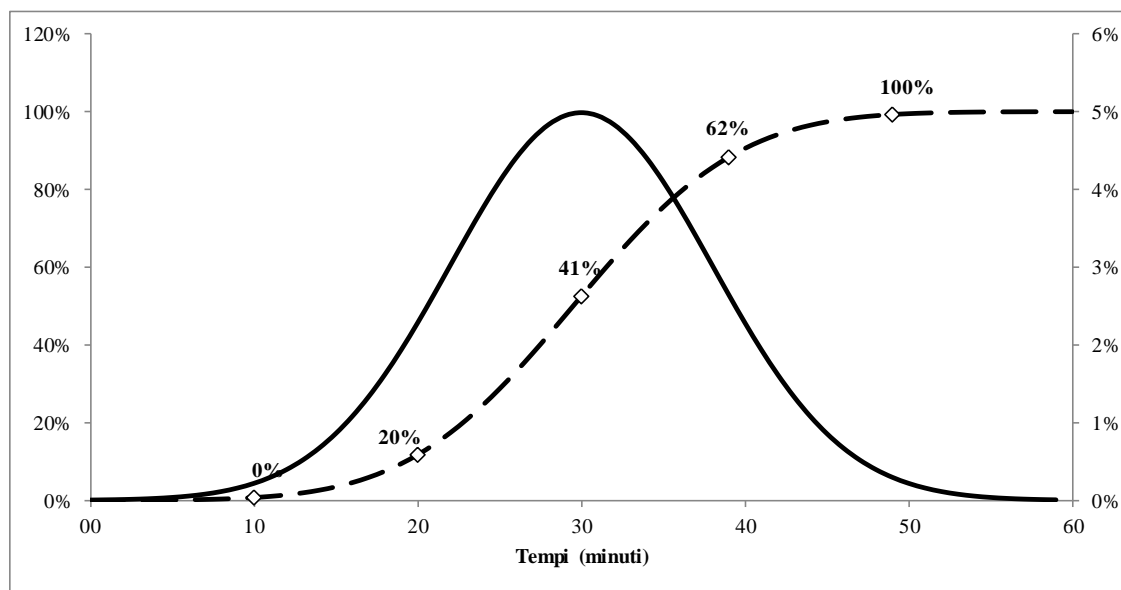
Nella pratica invece si tende a sommare tutti i benefici di tempi e chilometri e a riportarli all'anno mediante dei fattori moltiplicativi come quelli visti nel caso delle ACB esaminate (tipicamente dei coefficienti di espansione che tengono conto del numero di giorni effettivi annui, del peso dell'ora di punta del mattino sull'intero giorno e del coefficiente medio di riempimento dei veicoli privati, come mostrato nella tabella 3) e non si tiene conto che tale "monte benefici" andrebbe suddiviso in classi, e a ciascuna classe andrebbe attribuito un fattore di percezione del beneficio che aumenta e si avvicina a quello "massimo teorico" tanto più l'entità del risparmio di tempi e km approssima un valore soglia ritenuto essere rilevante.

Ai fini di questo lavoro si ipotizza ad esempio che i benefici in termini di tempi di percorrenza riguardino un arco di tempo compreso tra zero e sessanta minuti, mentre per quanto riguarda i km di percorrenza si può supporre che tali benefici riguardino spostamenti compresi tra 0 e 12 km.

Ora sia nel caso dei benefici da minori tempi di percorrenza che nel caso dei benefici da minori km di percorrenza tra i due rispettivi valori estremi (0 – 60 minuti per i tempi e 0 – 12 km per le percorrenze) si può pensare che esistono tanti intervalli che definiscono altrettante soglie di percezione; nel caso dei tempi ad esempio qualora l'ampiezza di ogni intervallo sia di 10 minuti si potrebbe suddividere l'intero *range* 0 – 60 minuti in sei sotto-classi dell'ampiezza ognuna di 10 minuti e attribuire ad ogni classe un valore compreso tra 0 e 100% rispetto al valore monetario teorico massimo (come se tutti i risparmi di tempo fossero valutati al prezzo-ombra teorico massimo); la stessa procedura potrebbe essere ripetuta sulle percorrenze, dividendo il *range* 0 – 12 km in sotto-classi di 2 km di ampiezza ciascuna, e a ciascuna classe si potrebbe attribuire un valore inteso come porzione rispetto al totale del beneficio economico teorico massimo. Si tratterebbe in altri termini di associare una distribuzione di probabilità ai valori compresi nel *range* 0 – 60 minuti e nel *range* 0 – 12 km, e poi attribuire ad ogni intervallo di questa distribuzione un valore percentuale.

Nel caso che si sta esaminando, solo a fini puramente accademici, si può ipotizzare che la distribuzione di probabilità sia di tipo normale, per cui nel caso dei benefici da minori tempi di percorrenza il *range* 0 – 60 minuti può essere associato sia ad una funzione di densità di probabilità sia alla sua cumulata.

Figura 2: distribuzione di probabilità dei benefici da minori tempi di percorrenza



Classi frequenza (minuti)	Quota % del valore massimo teorico	Linea C		Linea B1		Linea D	
		ante mln. euro	post mln. euro	ante mln. euro	post mln. euro	ante mln. euro	post mln. euro
0 - 10	0%	0,68	0,00	0,60	0,00	0,50	0,00
10 - 20	20%	10,32	2,07	9,10	1,82	7,59	1,52
20 - 30	41%	38,25	15,60	33,71	13,75	28,14	11,47
30 - 40	62%	35,71	22,01	31,48	19,40	26,27	16,19
40 - 50	81%	8,39	6,77	7,39	5,96	6,17	4,98
50 - 60	100%	0,48	0,48	0,42	0,42	0,35	0,35
Totale		93,83	46,92	82,70	41,35	69,03	34,52

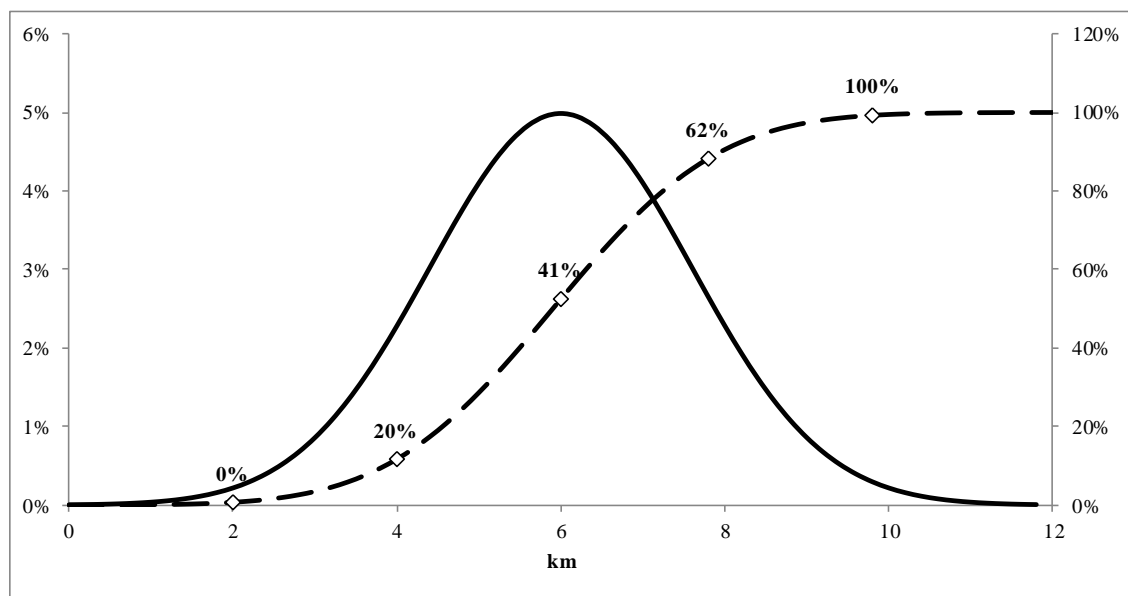
Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

La simulazione condotta ipotizza che per la classe di frequenza 0 – 10 minuti la quota percentuale del beneficio economico è pari a zero, in quanto l'utente medio nemmeno percepisce un risparmio di tempo di 10 minuti, per cui non sarebbe corretto attribuire ad una variazione dei tempi di percorrenza così breve il prezzo-ombra teorico massimo (che genera, sommato per tutti i risparmi di tempo, un beneficio pari a 93,8 milioni di euro per la linea C, 41,3 milioni di euro per la linea B1 e 69 milioni di euro per la linea D, tutti su base annua). Di seguito si ipotizza che per variazioni dei tempi di percorrenza compresi tra 10 e 20 minuti si attribuisce un valore economico pari al 20% di quello massimo, e così via per tutte le altre classi, lasciando il valore massimo solo alle variazioni dei tempi di percorrenza di 60 minuti.

Nel caso in esame per le tre infrastrutture esaminate i benefici dei tempi di percorrenza si riducono del 50%, visto che le percentuali che esprimono la quota del valore massimo teorico sono state calcolate in modo tale da far avere una riduzione del beneficio complessivo del 50%; naturalmente si tratta solo di un'ipotesi di lavoro, tale percentuale può anche essere aumentata o ridotta.

Ripetendo il medesimo ragionamento per i benefici da minori km di percorrenza sulla rete stradale da parte dei veicoli privati si perviene ad un andamento analogo.

Figura 3: distribuzione di probabilità dei benefici da minori chilometri di percorrenza



Classi frequenza (km)	Quota % del valore massimo teorico	Linea C		Linea B1		Linea D	
		ante mln. euro	post mln. euro	ante mln. euro	post mln. euro	ante mln. euro	post mln. euro
0 - 2	0%	1,60	0,00	0,82	0,00	1,13	0,00
2 - 4	20%	24,19	4,85	12,36	2,48	17,06	3,42
4 - 6	41%	89,63	36,55	45,81	18,68	63,22	25,78
6 - 8	62%	83,69	51,57	42,78	26,36	59,03	36,37
8 - 10	81%	19,65	15,85	10,04	8,10	13,86	11,18
10 - 12	100%	1,12	1,12	0,57	0,57	0,79	0,79
Totale		219,89	109,94	112,39	56,20	155,10	77,55

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

Le soglie di percezione nelle quali è stato suddiviso il range 0 – 12 km ipotizzano che per risparmi di km di percorrenza sotto i 2 km l'utente in realtà non percepisca alcun beneficio economico, e così a seguire per le altre classi.

Pure nel caso di questi benefici, così come per quelli associati ai tempi, si suppone che l'abbattimento del beneficio teorico massimo sia pari al 50%, per cui per la linea C si passa da 219,9 milioni di euro l'anno a 109,9, per la linea B1 da 112,4 a 56,2 milioni di euro l'anno e per la linea D si passi da 155,1 a 77,6 milioni di euro l'anno.

Si rende ora necessario testare la solidità dei risultati ottenuti a seguito di queste variazioni, tralasciando gli effetti dovuti a variazioni della domanda indotta (che comunque ha un ruolo trascurabile) e dell'incidentalità stradale, che meriterebbe un discorso a sé ma non si intende affrontare il tema in questa sede.

Soffermandosi sui soli benefici da minori tempi e minori chilometri di percorrenza si è proceduto a costruire un'analisi di sensibilità in cui si è confrontato il VAN nel caso "base", ovvero con la valutazione monetaria dei benefici suddetti al loro valore massimo (come negli studi di fattibilità analizzati) con un VAN in cui si è mantenuto costante uno dei due benefici al livello massimo mentre si faceva variare l'altro, in base alle ipotesi sopra esposte.

Infine si è pensato di presentare i risultati di un ipotetico "worst case", in cui sia i benefici da minori tempi che quelli da minori percorrenze sono stati fatti variare entrambi (quindi ridurre del 50% suddetto, a sua volta dato dalla somma di tante piccole

variazioni per ogni classe che costituisce il *range* di oscillazione ipotizzato), per costruire una sorta di ipotesi di scenario. I risultati sono riportati in tabella.

Tabella 8: analisi di sensibilità del VAN linee C, B1 e D

	Linea C	Linea B1	Linea D
<u>Test di sensibilità VAN (mln. euro)</u>			
VAN "base"	1.654,9	2.758,5	1.377,6
Benefici minori tempi percorrenza "base" (anno)	93,8	82,7	69,0
Benefici minori km percorrenza "base" (anno)	219,9	112,4	155,1
<u>Elasticità VAN / benefici tempi percorrenza</u>			
VAN post variazione benefici tempi percorrenza	1.107,8	2.065,7	929,1
Benefici minori tempi percorrenza ridotti (anno)	46,9	41,4	34,5
Benefici minori km percorrenza "base" (anno)	219,9	112,4	155,1
<u>variazione % VAN</u>			
variazione % VAN	-33,1%	-25,1%	-32,6%
variazione % benefici tempi di percorrenza	-50,0%	-50,0%	-50,0%
<u>Elasticità VAN / benefici tempi di percorrenza</u>			
Elasticità VAN / benefici tempi di percorrenza	0,66	0,50	0,65
<u>Elasticità VAN / km tempi percorrenza</u>			
VAN post variazione benefici km percorrenza	372,9	1.817,0	369,9
Benefici minori km percorrenza "base" (anno)	93,8	82,7	69,0
Benefici minori km percorrenza ridotti (anno)	109,9	56,2	77,5
<u>variazione % VAN</u>			
variazione % VAN	-77,5%	-34,1%	-73,1%
variazione % benefici km di percorrenza	-50,0%	-50,0%	-50,0%
<u>Elasticità VAN / benefici km di percorrenza</u>			
Elasticità VAN / benefici km di percorrenza	1,55	0,68	1,46
<u>Analisi di scenario (worst case)</u>			
VAN "base"	1.654,9	2.758,5	1.377,6
VAN worst case	-287,5	1.057,9	-179,4
<u>Variazione % VAN "base" vs worst case</u>			
Variazione % VAN "base" vs worst case	-117,4%	-61,7%	-113,0%

Fonte: elaborazioni proprie su dati Dip. VII mobilità Comune di Roma

La tabella nella parte in alto riporta i valori dello scenario "base" sia del VAN sia dei benefici annui da minori tempi e minori km di percorrenza.

Nella seconda parte della tabella si è proceduto a costruire l'elasticità del VAN in risposta ad una variazione, *ceteris paribus*, dei benefici da minori tempi di percorrenza; il VAN della linea C passa da 1.655 milioni di euro a 1.108, pari ad una flessione del 33%, a fronte di una riduzione dei benefici da minori tempi di percorrenza del 50%. Dividendo queste due grandezze si ottiene una sorta di elasticità:

$$\varepsilon_{VAN} = \left| \frac{\Delta VAN / VAN}{\Delta \text{tempi} / \text{tempi}} \right| \quad (4)$$

dove nella (4) il primo termine rappresenta la variazione percentuale del VAN ed il secondo la variazione percentuale dei benefici da minori tempi di percorrenza; l'espressione è presa in valore assoluto perché ci si sta concentrando sull'intensità della variazione stessa più che sul suo segno algebrico.

Nel caso specifico l'elasticità del VAN in risposta ad una variazione dei tempi è pari a 0,66 per la linea C, a 0,5 per la linea B1 e a 0,65 per la linea D.

Allo stesso modo la (1) può essere usata per costruire un'altra elasticità che misuri l'intensità della risposta del VAN in reazione ad una variazione dei benefici derivanti da minore percorrenza; infatti nella seconda parte della tabella 8 sono riportati i risultati di questa simulazione, per cui a fronte di una riduzione dei benefici da minori percorrenze del 50% si ha una flessione del VAN pari al 77,5% per la linea C, al 34,1% per la linea B1 e al 73,1% per la linea D.

Procedendo anche in questo caso con il calcolo delle elasticità si determinano i valori di 1,55, 0,68 e 1,46 rispettivamente per la linea C, la linea B1 e la linea D.

Infine l'analisi di scenario, la quale prevede variazioni simultanee dei benefici da tempi e km (ovvero la riduzione del 50% ipotizzata), permette di stimare in un abbattimento del 117,4% il VAN del progetto linea C, del 61,7% quello della linea B1 e del 113% quello della linea D; in particolare nei casi delle linee C e D il VAN diventa in entrambi i casi negativo.

Ora questa simulazione è un caso di scuola, basato su ipotesi semplificatrici e di certo non esaustive, per cui gli esiti dell'analisi potrebbero differire a fronte di diversi presupposti di partenza; inoltre non si intende sminuire i benefici generati dalle infrastrutture di trasporto su ferro, soprattutto in città congestionate come Roma, per cui l'obiettivo è solo quello di focalizzare l'attenzione sulla possibile sovrastima di questi specifici benefici, e di spingere gli analisti ad includerne altri nella valutazione, soprattutto quelli ambientali; si tratta più che altro di un tentativo di indirizzare le ACB a generare dei valori di beneficio che siano coerenti con l'intera analisi, e non troppo sbilanciati solo per far avere un esito positivo della valutazione.

6. L'evidenza empirica sul traffico veicolare a Roma

La città di Roma dopo l'apertura della prima tratta della linea C (da Monte Compatri a Lodi, quindi senza l'interscambio con la linea A, che si presume avverrà ad aprile 2018 con l'apertura al pubblico della stazione di San Giovanni), e della linea B1 (ovvero della diramazione della linea B che va da Bologna a Jonio) non sembra che abbia beneficiato di una riduzione così significativa della congestione stradale (con conseguente riduzione dei tempi e dei km percorsi da parte dei mezzi privati).

Una semplice analisi *ex-post* sui varchi di accesso alle stazioni delle metropolitane di Roma sulle linee A, B/B1 e C dal 2012 mostra che da una lato si è avuto un incremento, ma si tratta di una variazione contenuta, compresa tra il 5 ed il 10% in media tra i tre anni precedenti all'apertura della linea B1 e la C e i quattro anni successivi; a fronte di aumenti di questa consistenza non è verosimile aspettarsi una riduzione delle percorrenze, sempre in termini di tempi e km, da parte dei veicoli privati così consistente come quella ipotizzata nelle simulazioni alla base delle ACB delle linee metropolitane analizzate²² (in particolare per le linee B1 e C, dato che la linea D non è stata realizzata).

Allo stesso modo i dati sul parco veicolare, in particolare in riferimento alle autovetture, mostrano come dal 2010 al 2015 si sia passati nel solo Comune di Roma da 1.906.035

²² Va detto che ad oggi la frequenza di passaggio dei convogli sulla linea C (che va da 6 a 12 minuti per direzione) e sulla linea B1 (dai 6 agli 8 minuti) non sono in grado di generare un volume di offerta di servizio tale da attirare una quota rilevante di utenti (che dovrebbero lasciare l'uso della propria autovettura a favore della metropolitana), ma nonostante questo l'incremento di utenza avrebbe dovuto essere maggiore, stando ai modelli di simulazione.

autovetture nel 2010 a 1.754.910 autovetture nel 2010 (fonte: ACI) , pari ad un tasso medio di riduzione annuo di circa l'1,6%; nonostante questo sempre nel 2015, a fronte di una popolazione residente di 2.872.021 abitanti nel Comune di Roma il rapporto tra autovetture e popolazione è di circa 611 mezzi ogni 1.000 abitanti, valore che arriva a 816 qualora si considerassero tutti i veicoli su strada e non solo le autovetture.

Questi dati sono un chiaro indice che il congestionamento stradale a Roma continua a esser un problema persistente, per cui l'apertura delle linee metropolitane C e B1, benché entrambe non siano ancora a pieno regime, non ha contribuito a ridurre drasticamente il numero di veicoli in circolazione sulle strade della Capitale, per cui anche i tempi e le percorrenze sul mezzo privato non possono essere diminuite così tanto come predetto dai modelli di trasporto sopra citati.

7. Conclusioni

Questo lavoro ha cercato di mostrare come in taluni casi i risultati delle ACB applicate alle infrastrutture di trasporto possano essere eccessivamente ottimistici, in particolare per quanto riguarda due dei principali benefici associati agli investimenti sul trasporto pubblico su rotaia, ovvero alle metropolitane.

Nel caso della città di Roma sono stati analizzati e rielaborati i risultati ottenuti su tre distinte ACB applicate alle linee metropolitane C, B1 e D (quest'ultima ancora non realizzata) e in tutti e tre i casi è emerso che la semplice "espansione all'universo" dei risultati trasportistici (validi nell'ora di punta) in termini di riduzione di tempi e km di percorrenza sulla rete stradale da parte dei veicoli privati a volte possa amplificare troppo tali effetti positivi, facendo sempre concludere verso un esito più che favorevole per il progetto.

Tali benefici andrebbero valutati con più accuratezza, in quanto la semplice somma algebrica delle ore "risparmiate" dalla collettività di riferimento a seguito della diversione modale a favore del mezzo pubblico può non essere un indicatore preciso di questa variazione di benessere, in quanto è verosimile che una parte dell'utenza non percepisca affatto tale variazione dei tempi (ma anche dei km percorsi), qualora la variazione in questione sia minore di una certa "soglia limite".

Lo studio non intende sminuire né la validità dell'ACB come strumento di supporto alle decisioni in merito ad interventi infrastrutturali di natura trasportistica, anzi ne esalta le qualità e incentiva all'uso di questo strumento come metodo di valutazione scientifico e razionale, ma tende a sottolineare come tutti i benefici (ma anche tutti i costi) debbano generare dei valori coerenti e verosimili al contesto di riferimento, per cui a monte le simulazioni trasportistiche dovrebbero tenere conto di aspetti che, forse, vengono trascurati.

La verifica empirica su Roma non permette di affermare che vi sia stata una riduzione così significativa del traffico e della congestione, in quanto il parco veicolare, in particolare quello composto dalle autovetture, è lievemente diminuito a partire dal 2010, ma non così tanto da far ipotizzare una flessione dei tempi e delle percorrenze chilometriche sul mezzo privato tali da essere compatibili coi benefici stimati negli studi originali che sono stati esaminati.

Ora è chiaro che i modelli possono sbagliare, in quanto trattasi per l'appunto di modelli, ma è proprio per tenere conto di questa incertezza insita nelle previsioni, di qualunque natura esse siano, che gli analisti dovrebbero ponderare più attentamente i benefici associati ad un qualunque intervento sui trasporti, al fine di dare uno strumento di supporto al decisore pubblico che sia il più possibile verosimile.

Riferimenti bibliografici

- ANFIA (2001) *“I costi ed i benefici esterni del trasporto”* SATIZ
- Boeri, T. – Cohen, R. (1999) *“Analisi dei Progetti di Investimento - Teoria ed applicazioni per il Project Financing”*, Egea, Milano.
- Campbell, H. e Brown, R. (2003) *“Benefit-Cost Analysis. Financial and Economic Appraisal using Spreadsheets”*, Cambridge University Press.
- Cascetta, E. (2006) *“Modelli per i sistemi di trasporto. Teoria e applicazioni”*, UTET.
- Cattaneo F., Percoco M. (2011) *“Analisi Costi Benefici di grandi infrastrutture di trasporto e wider economic effects: una rassegna”* in Journal of Political Economy 1/2011, Aprile, pp 125-164.
- Comune di Roma, VII Dipartimento (1999) *“Intervento di Project Financing sulla linea Metropolitana C”*, Fratelli Palombi Editori, Roma.
- Comunità Europea (1997) *“Guida all'Analisi Costi-Benefici dei Grandi Progetti nel contesto delle politiche regionali della CE”*.
- Dasgupta P., Marglin, S.A, Sen, A.K. (1972), *“Guida per la valutazione dei progetti”* UNIDO.
- Dasgupta, P., Pearce, D.W. (1972) *“Cost-Benefit Analysis: theory and practice”*, London, Macmillan.
- EPA, US Environmental Protection Agency (2001) *“Economic Valuation of Mortality Risk Reduction: Assessing the State of the Art for Policy Applications”*.
- European Commission (1999) *“Guide to Cost-Benefit analysis on investments projects”*
- Harberger, A. C. (1978). *“On the use of distributional weights on social cost-benefit analysis”*, Journal of Political Economy.
- Harberger, A. C.(1984) *“Basic Needs versus distributional weights, in social cost benefit analysis”*, in Economic development and cultural change.
- Levarlet, F. - Valenza, A. (2002) *“L'Analisi Costi-Benefici dei progetti di intervento pubblico”* in FORMEZ *“investimenti pubblici e processo decisionale”*, n. 18, FORMEZ. Area editoriale e documentazione.
- Little, I.M.D., Mirrlees, J.A. (1968). *“A Manual of Industrial Project Analysis”*, OECD, Parigi.
- Marabucci A., Falvo A. *“L'analisi costi benefici applicate alle infrastrutture di trasporto”*, Università Roma Tre, Dipartimento di Economia, *working paper* n. 87/2008.
- Mishan, E.J. (1981). *“Economic Efficiency and Social Welfare”*, Londra.
- Nuti, F. (1987). *“L'analisi costi-benefici”*, il Mulino, Bologna.
- Nuti, F. (2001) *“La valutazione economica delle decisioni pubbliche. Dall'analisi costi benefici alle valutazioni contingenti”*, Giappichelli Editore, Torino.
- Nuti, F. (2001). *“La valutazione del rischio fisico”*, in Momigliano, S. e Nuti, F. (a cura di), *“La Valutazione dei Costi e dei Benefici nell'Analisi dell'Impatto della Regolazione”*, Rubbettino.
- Piacentino, D. (2001). *“L'AIR, l'ACB e i Processi di Decisione Pubblica: tre aspetti critici”*, in Momigliano, Pennisi G., Scandizzo P.L. (2004) *“Valutare l'incertezza. l'analisi costi benefici nel XXI secolo”* Giappichelli.
- Pigou, A.C. (1920) *“The economics of welfare”*, MacMillan, London.
- Ponti M. *“Aspetti di metodologia delle scelte pubbliche di investimento e riflessioni su alcuni casi di investimento ferroviari”*, in Le politiche dei trasporti in Italia, Temi di discussione Rapporto 2017, Capitolo 3, pp 71-90.

- Sarpi, F. (2001). "*Criteri di valutazione di alcuni beni non scambiati sul mercato*", in Momigliano, S. e Nuti, F. (a cura di), "*La Valutazione dei Costi e dei Benefici nell'Analisi dell'Impatto della Regolazione*", Rubbettino, 2001.
- Sen, A. (2000). "*The Discipline of Cost-Benefit Analysis*," *Journal of Legal Studies*, 29, 931-952.
- Spackman M. (2007), "*Social Discount rates for the EU: an overview*", Mimeo
- Square, L., Van der Tak, H., (1975), "*Economic analysis of projects*", Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- STA SpA (199) "*Studio di fattibilità del prolungamento della linea B della metropolitana di Roma*".
- STA SpA (2004) "*Analisi Costi Benefici della linea D della metropolitana di Roma: un caso studio*".
- STA SpA (2004) "*Studio di fattibilità della linea C della metropolitana di Roma*".
- Sterner T., Persson M. (2007), "*Introducing relative process into the discounting debate*", RFF discussion paper 07-37, RFF, Washington D.C.
- UNIDO (1972). "*Guidelines for Project Evaluation*", United Nations, New York.
- Weitzman M. (2001), "*Gamma discounting*", *American economic review*, vol.91, n.1, pp.261-71.

Acknowledgements

Si ringrazia il Dipartimento VII – mobilità del Comune di Roma per i dati gentilmente forniti.