

Allegato alla proposta CC

IL SEGRETARIO GENERALE
(Dott. Fabrizio Dall'Acqua)



AREA PIANIFICAZIONE e
PROGRAMMAZIONE MOBILITA'
Allegato alla proposta di Deliberazione di
Consiglio Comunale n. 2331/2016
Composto da n. 45 pagine
Il Dirigente Responsabile di Area
Ing. Stefano Riazzola
Allegato 2b

PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ



PIANO URBANO
MOBILITÀ SOSTENIBILE
MILANO

DOCUMENTO DI PIANO

IL SEGRETARIO GENERALE
(Dott.ssa Simonetta Fedeli)

ALLEGATO 1

Analisi Costi-Benefici socioeconomica e finanziaria

NOVEMBRE 2016



Autorità Procedente per la VAS
Comune di Milano
Area Pianificazione e Programmazione Mobilità



Autorità Competente per la VAS
Comune di Milano
Area Ambiente ed Energia



Consulente incaricato
Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio s.r.l.



AREA PIANIFICAZIONE e
PROGRAMMAZIONE MOBILITA'
Allegato alla proposta di Deliberazione di
Consiglio Comunale n. 364/2018
Composto da n. 45 fogli
Il Direttore dell'Area
Ing. Stefano Riazzola
Allegato 2b

Al sensi del D.P.R. 26-12-2000, n° 445 e successive
modifiche, attesto che il presente documento, con-
posto da n. 90 fasci, è copia conforme
all'originale, qui depositato.
28 SET. 2018
MILANO, AREA PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE
MOBILITÀ

Comune di Milano

Sindaco

Giuseppe Sala

Assessore alla Mobilità e Ambiente

Marco Granelli

Direttore Centrale Mobilità Ambiente ed Energia

Filippo Salucci

Coordinamento Generale alla redazione del piano/Autorità Procedente per la VAS

Dirigente Responsabile Area Pianificazione e Programmazione Mobilità

Stefano Riazola

Responsabile Unità Pianificazione e Coordinamento Piani e Programmi - Area Pianificazione e Programmazione Mobilità

Claudia Ceccarelli

Autorità Competente per la VAS

Dirigente Responsabile Area Ambiente ed Energia

Giuseppina Sordi

Responsabile Unità Tutela Acque e territorio, Area Ambiente ed Energia

Antonella De Martino

Hanno collaborato alla redazione del Documento di Piano

Area Pianificazione e Programmazione Mobilità – Unità Pianificazione e Coordinamento Piani e Programmi

Nicola Nicolliello, Margherita Picker, Stefano Mondani

Area Pianificazione e Programmazione Mobilità – Unità Mobilità Sostenibile

Federico Confalonieri, Lorenzo Giorgio



AMAT – Agenzia Mobilità Ambiente Territorio

Coordinamento Tecnico-scientifico

Maria Berrini

Coordinamento e revisione generale del Documento di Piano

Antonella Pulpito, Valentino Sevino

Coordinamento e revisione generale del Rapporto Ambientale

Valentina Bani, Barbara Monzani, Bruno Villavecchia

Sviluppo degli scenari di Piano e delle valutazioni

Giorgio Dahò, Luca Tosi

Con la consulenza di:

Polinomia srl

Politecnico Milano/DASTU/TRASPOL

TRT srl

Hanno fornito contributi per la redazione del Documento di Piano

Ivano Aprigliano, Alberto Bertolin, Paolo Beria, Andrea Canevazzi, Alberto Carangelo, Giorgio Dahò, Alessandro De Martino, Gaetano Di Liddo, Alfredo Drufulca, Iliana Farina, Eleonora Frigerio, Veronica Gaiani, Pietro Gargioni, Michele Gianfelice, Raffaele Grimaldi, Angelo L'Abbate, Adriano Loporcaro, Patrizia Malgieri, Vladimiro Marras, Alessandra Porro, Roberto Porta, Antonella Pulpito, Roberta Righini, Valentino Sevino, Stefano Sgarbossa, Giorgio Spatti, Francesco Tartaglia, Luca Tosi, Giovanni Vecchio

Hanno fornito contributi per la redazione del Rapporto Ambientale

Valentina Bani, Marco Bedogni, Paola Coppi, Mattia Grampella, Barbara Monzani, Silvia Moroni, Davide Nuccio, Marta Papetti, Simone Radaelli, Luca Tosi, Giuseppina Tosti, Bruno Villavecchia

Comitato Scientifico PUMS per la redazione del Documento di Piano

Oliviero Baccelli, Andrea Boitani, Maria Rita Ciceri, Matteo Colleoni, Alberto Colorni, Alfredo Drufulca, Marisa Galbiati, Patrizia Malgeri, Pietro Menga, Marco Menichetti, Federico Parolotto, Franco Sacchi, Giorgio Spatti, Mario Zambrini

Si ringraziano per i contributi al Documento di Piano

Per il Centro Studi per la Programmazione Intercomunale dell'Area Metropolitana

Franco Sacchi, Paola Pozzi, Evelina Saracchi

Per l'Azienda Trasporti Milanesi SpA

Claudio Palastanga, Amerigo Del Buono, Marco Pivi, Maurizio Vazzana

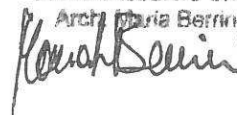
Per Metropolitana Milanese

Marco Broglia, Andrea Bruschi, Sandro Capra

AGENZIA MOBILITA' AMBIENTE E TERRITORIO S.r.l.

L'Amministratore Unico

Arch. Maria Berrini



SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	7
2	LA TEORIA DELL'ANALISI COSTI BENEFICI	10
2.1	CENNI SULL'ACB PER PROGETTI INFRASTRUTTURALI	10
2.1.1	CONCETTI GENERALI	10
2.1.1.1	La monetizzazione e i prezzi ombra	11
2.1.2	PROCEDURA GENERALE PER PROGETTI INFRASTRUTTURALI	11
2.1.2.1	Definizione dello scenario di riferimento	11
2.1.2.2	Definizione della vita economica e/o dell'orizzonte di analisi	12
2.1.2.3	Calcolo dei costi, dei benefici e della variazione di surplus	12
2.1.2.4	Calcolo degli indicatori attraverso un sistema di contabilità (NPV, SRI)	12
2.1.2.5	Il ranking delle azioni	13
2.1.2.6	Analisi di sensitività	14
2.2	ACB E MODELLI DI TRASPORTO	14
2.2.1	IL CALCOLO DELLA VARIAZIONE DI SURPLUS DEI CONSUMATORI	15
2.2.1.1	La Regola del Mezzo	15
2.2.1.2	La misura della variazione dell'utilità composta ("Logsum")	16
3	L'INTEGRAZIONE TRA IL MODELLO MULTIMODALE DI AMAT E L'ANALISI COSTI-BENEFICI	18
3.1	LA FUNZIONE DI UTILITÀ SISTEMATICA	18
3.2	DALLA FUNZIONE DI UTILITÀ AL COSTO GENERALIZZATO	18
3.3	CALCOLO DELLA VARIAZIONE SURPLUS DEI CONSUMATORI E RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA	19
4	L'ANALISI COSTI BENEFICI DEL PUMS DI MILANO	20
4.1	ORIZZONTE DI ANALISI	20
4.2	I PRINCIPALI INPUT MACRO-ECONOMICI E MODELLISTICI	20
4.2.1	SAGGIO SOCIALE DI SCONTO	20
4.2.2	COEFFICIENTI DI CONVERSIONE TRA COSTI FINANZIARI ED ECONOMICI	20
4.2.3	COEFFICIENTI DI ESPANSIONE	21
4.2.4	VALORE DEL TEMPO	21
4.3	L'APPROCCIO SEMPLIFICATO AL SINGOLO ANNO	21
4.4	COSTI D'INVESTIMENTO, DI MANUTENZIONE E D'ESERCIZIO	22
4.4.1	COSTI DI INVESTIMENTO	22
4.4.2	GESTIONE ED ESERCIZIO DELLE INFRASTRUTTURE E DEGLI IMPIANTI	23
4.4.3	ESERCIZIO DEI SERVIZI DI TRASPORTO	23
4.4.4	IL VALORE RESIDUO DELL'INVESTIMENTO	23
4.5	LA VARIAZIONE DI SURPLUS PER GLI UTENTI	23
4.6	LE ESTERNALITÀ (TRADIZIONALI E CONSOLIDATE): INCIDENTALITÀ ED AMBIENTE	25
4.7	CORREZIONE DEI TRASFERIMENTI	26
4.8	GLI EFFETTI DI SECONDO ORDINE E L'ANALISI ESTESA	28
4.8.1	I BENEFICI ESTERNI DEI MODI ATTIVI	29
4.8.2	POSSIBILI WIDER ECONOMIC EFFECTS	29
4.8.3	IL COSTO OPPORTUNITÀ MARGINALE DEI FONDI PUBBLICI	30
4.9	CONSIDERAZIONI SULL'IMPATTO FINANZIARIO	30
4.10	LA TABELLA DI VALUTAZIONE SINTETICA E IL QUADERNO DEGLI IMPATTI SPAZIALI	31
4.10.1	LA TABELLA DI VALUTAZIONE SINTETICA	32
4.10.2	CARTOGRAFIE	33
5	RISULTATI – FASE 1, INTERVENTI SINGOLI	35
5.1	PROGETTI DI NUOVE LINEE DI FORZA CONTENUTI NEL PGT	35

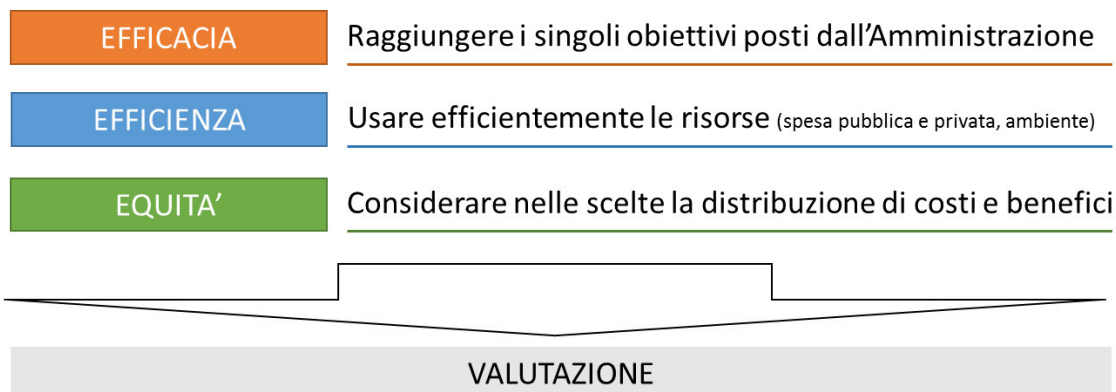
5.2	PROLUNGAMENTI DELLE LINEE METROPOLITANE.....	37
5.2.1	PROLUNGAMENTI M1	37
5.2.2	PROLUNGAMENTI M2	37
5.2.3	PROLUNGAMENTI M3	38
5.2.4	PROLUNGAMENTI M4	39
5.2.5	PROLUNGAMENTI M5	40
5.3	NUOVA METROPOLITANA M6.....	41
5.4	ESTENSIONE E NUOVI PROGETTI TRANVIARI.....	42
5.4.1	NUOVO TRAM 7	42
5.4.2	ESTENSIONE TRAM 4 E ATTESTAMENTO TRAMVIA DI DESIO A BIGNAMI M5	43
5.4.3	ESTENSIONE TRAM 24.....	44
5.4.4	RIORGANIZZAZIONE TRAM IN CENTRO	44
5.5	NUOVI SERVIZI FERROVIARI E SVILUPPO DELLE FERMATE DI AREA URBANA.....	45
5.5.1	INFITTIMENTO FERMATE E POTENZIAMENTO SERVIZI LUNGO LA LINEA DI CINTURA (S16).....	45
5.5.2	NUOVO INSTRADAMENTO TRENI DA CARNATE VIA VILLAPIZZONE	47
5.6	AZIONI VOLTE A MIGLIORARE L'EFFICIENZA DEI SERVIZI DI TRASPORTO PUBBLICO DI SUPERFICIE	48
5.7	AZIONI VOLTE AD AUMENTARE LA QUALITÀ DELLO SPAZIO PUBBLICO URBANO, A RIDURRE LE ESTERNALITÀ NEGATIVE DEL SISTEMA DEI TRASPORTI E A MIGLIORARNE LA SICUREZZA	50
5.8	AZIONI DI ORIENTAMENTO DELLA DOMANDA	52
5.8.1	ESTENSIONE DEGLI AMBITI URBANI CON CIRCOLAZIONE VEICOLARE PRIVATA SOTTOPOSTA A TARIFFAZIONE (AREA C)	52
5.9	NOTE SULL'USO DEGLI SCENARI SINGOLI	55
5.10	VARIAZIONE NELLE STIME DEI COSTI DI INVESTIMENTO DI ALCUNE OPERE	55
5.11	ANALISI E COMMENTI AI RISULTATI PARZIALI	56
6	RISULTATI – FASE 2, VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI PIANO	61
6.1	COMPOSIZIONE DELLO SCENARIO	61
6.2	VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI PIANO	62
6.2.1	RISULTATI COMPLESSIVI: L'EFFICIENZA DELLE POLITICHE DEL PIANO	64
6.2.2	IMPATTO FINANZIARIO.....	65
6.2.3	BENEFICI PER I PASSEGGERI (BENEFICI DI MOBILITÀ)	66
6.2.4	BENEFICI AMBIENTALI.....	69
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	71
	ALLEGATO 1 – TABELLE	72
	APPENDICE – SINTESI DELLE TAVOLE VALUTAZIONE DEGLI SCENARI.....	75

1 INTRODUZIONE

Le azioni proposte nel PUMS, siano esse di natura infrastrutturale (nuove linee, prolungamenti), che relative ai servizi (riorganizzazione di linee), che politiche (politiche di sosta, promozione ciclabilità, tariffazione, etc.), sono state analizzate in maniera quantitativa sotto numerosi punti di vista, come descritto nel rapporto generale:

- i. fattibilità tecnica;
- ii. impatto sul cambio modale;
- iii. riduzione della congestione;
- iv. riduzione delle emissioni (inquinanti locali, effetti climalteranti, rumore);
- v. miglioramento della sicurezza;
- vi. costo ed impatto finanziario in generale.

Tuttavia, l'eterogeneità degli obiettivi del piano e delle relative misure richiede un approccio capace di fornire una **sintesi** e valutare in termini relativi i singoli impatti sui vari soggetti, in modo da **costruire uno scenario di piano che sia contemporaneamente efficace** (cioè capace di raggiungere gli obiettivi posti dall'Amministrazione), **efficiente** (cioè tale da promuovere un efficiente uso delle risorse, finanziarie e non) ed **equo** (cioè che tenga in considerazione la distribuzione dei costi e dei benefici).

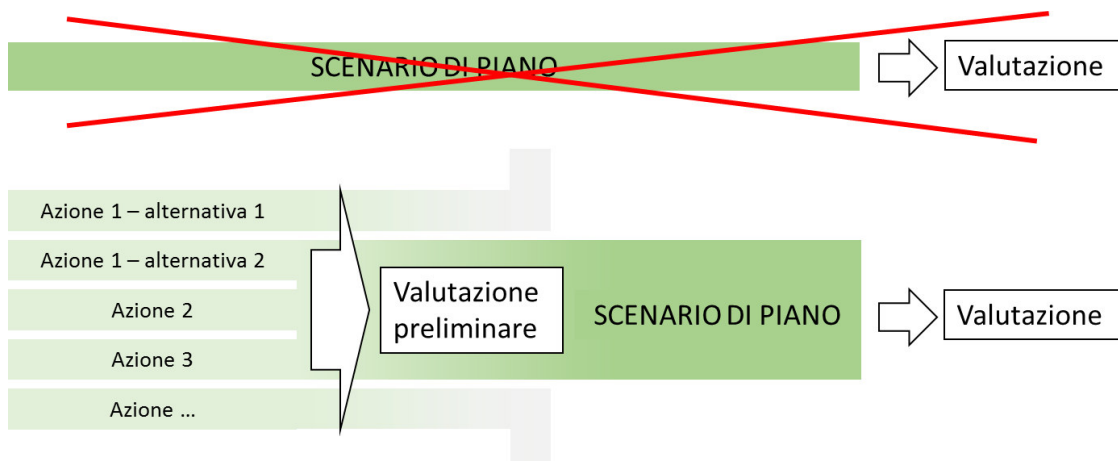


Lo strumento di valutazione prodotto per il PUMS integra le diverse informazioni puntuali – monodimensionali – fornite dai singoli indicatori (come ad esempio la riduzione di una certa percentuale degli ingressi in centro), fornendo e sintetizzando tutti gli obiettivi e gli indicatori con cui costruire e valutare il Piano, **anche all'interno della più generale VAS** (Valutazione Ambientale Strategica).

Per fare ciò è stata costruita ed utilizzata un'articolata **Analisi Costi Benefici socio-economica e finanziaria**, che tiene conto sia dei **costi** per il Comune di Milano, che di tutti gli **altri aspetti di natura socioeconomica**, quali l'effetto dei miglioramenti dei tempi di circolazione, l'effetto ambientale delle politiche, l'affollamento del trasporto pubblico, la congestione, etc. La struttura dello strumento di valutazione utilizzato è rappresentata nella figura seguente.

ANALISI COSTI BENEFICI	
ACB ECONOMICA → Effetti sulla collettività	ACB FINANZIARIA → Effetto sul Bilancio Comunale
Costi di investimento e manutenzione Costi e risparmi di esercizio Benefici per gli utenti (risparmi di tempo e costo, riduzione affollamento, riduzione congestione) Benefici ambientali (inquinamento locale, CO2, rumore) Benefici di salute Benefici aumento sicurezza Ricavi della sosta, parcheggi e AreaC Costo-opportunità dei fondi pubblici	Costi di investimento e manutenzione Costi e risparmi di esercizio Ricavi della sosta, parcheggi e AreaC
+ ANALISI DISTRIBUTIVA	+ ANALISI DI SENSIVITA'
Come sono distribuiti costi e benefici tra soggetti Come sono distribuiti costi e benefici nello spazio	Come cambiano i risultati dell'ACB al variare di alcuni parametri di ingresso

Lo stesso strumento e gli stessi dati generali sono stati utilizzati sia per gli scenari esplorativi che per la costruzione e la valutazione degli scenari finali di PUMS. In coerenza con le migliori pratiche internazionali, infatti, **il PUMS** non si limita a valutare la soluzione scelta alla fine del processo, giustificando una decisione già presa, ma **integra strettamente la valutazione nel processo progettuale e decisionale**. La costruzione degli scenari di piano è avvenuta partendo da un gran numero di progetti/azioni, spesso considerando anche alternative diverse per una singola azione, e **valutandole singolarmente** rispetto allo Scenario di Riferimento. Sulla base dei risultati della valutazione, sono state poi selezionate e ordinate in termini di priorità solo alcune delle azioni possibili, **formando uno Scenario di Piano e alcuni sotto-scenari temporali dello stesso**. Essi, a loro volta, sono stati valutati attraverso lo stesso strumento, mantenendo dunque coerenza in tutto il processo.



Il presente allegato riporta tutto il processo seguito dalla valutazione, oltre che tutte le informazioni sugli input e le metodologie utilizzate, necessarie per garantire **trasparenza dei risultati verso terzi**.

Il capitolo 2 riprende alcuni elementi teorici e **concetti generali** relativi all'Analisi Costi Benefici socioeconomica per la valutazione di progetti e piani di trasporto.

Il capitolo 3 chiarisce come è avvenuta l'**integrazione** tra il modello di simulazione di AMAT e lo strumento per l'Analisi Costi Benefici. Tale integrazione è il cuore della

valutazione, poiché è il modo con cui viene “tradotto” in termini monetari l’effetto delle azioni sugli utenti, sia del trasporto pubblico locale che dei modi privati.

Il capitolo 4 riporta tutti i **dati generali** utilizzati nell’analisi, oltre a chiarire come vanno letti ed interpretati gli output prodotti.

Il capitolo 5 è relativo ai risultati delle **valutazioni degli scenari esplorativi**, cioè degli scenari costituiti da un singolo progetto/azione, valutati rispetto allo scenario di riferimento. Questi risultati vengono utilizzati per costruire lo **scenario complessivo di piano**, che viene introdotto e commentato nel finale capitolo 6.

2 LA TEORIA DELL'ANALISI COSTI BENEFICI

Scopo del presente capitolo è descrivere il modello teorico alla base dell'Analisi Costi Benefici progettata per la valutazione del PUMS e descritta nel seguito.

2.1 CENNI SULL'ACB PER PROGETTI INFRASTRUTTURALI

2.1.1 Concetti generali

Con Analisi Costi Benefici ("ACB" nel seguito) si intendono due tipi di approccio valutativo: l'approccio socio-economico (ACBe), che guarda al punto di vista della collettività, e quello finanziario (ACBf), che si pone dalla parte di un investitore.

Mentre le decisioni private sono inequivocabilmente orientate al secondo criterio, le decisioni pubbliche dovrebbero tenere conto di entrambi, cioè del **benessere socio-economico** generato o consumato dalle decisioni prese, ma anche del loro **impatto finanziario**, trattandosi di denaro pubblico (a maggior ragione in un contesto di risorse limitate come l'attuale fase economica). Inoltre, sempre più rilevante è il tema dell'**equità** della spesa, che interseca entrambi gli aspetti.

Il PUMS effettua le sue valutazioni secondo entrambi i punti di vista, in maniera integrata. Tuttavia, dato il carattere preliminare del Piano, gli elementi di natura finanziaria a disposizione sono minori e l'ACBf conterrà solo considerazioni di natura generale sull'impatto finanziario degli interventi e delle politiche analizzati per i due principali soggetti coinvolti, ovvero il Comune di Milano e i livelli amministrativi superiori (lo Stato italiano e talvolta la Regione Lombardia), lasciando ad una più circostanziata analisi che consideri anche gli strumenti finanziari utilizzati il calcolo del reale onere di cassa delle misure.

Il concetto di base dell'ACBe è la misura delle **variazioni di surplus sociale** che la realizzazione di un progetto o l'implementazione di una politica, di qualsiasi tipo, genera per la società. Nella misura del surplus sociale entrano **sia i costi privati dei cittadini (tempo, costi monetari, etc.), che i principali effetti di carattere ambientale**, i quali, oltre a contribuire alla qualità della vita della comunità coinvolta, contribuiscono a determinare la sostenibilità globale delle azioni.¹ Quando il surplus aumenta dallo scenario di non-intervento (detto "Reference") a quello di intervento, la società ottiene un aumento del proprio benessere. Quel progetto dunque, se vi sono le risorse per realizzarlo, è socialmente vantaggioso e andrebbe realizzato. La misura di questo surplus è condotta attraverso la **monetizzazione** di tutte le voci di costo coinvolte dal progetto, sia per quanto riguarda i costi a cui corrisponde un effettivo esborso monetario, sia per quelli non tangibili (come l'inquinamento, il tempo, ecc.). Questi ultimi, in particolare, rappresentano effettivamente risorse consumate, ma ad essi non corrisponde un "prezzo" e vengono quindi trattati attraverso l'uso di "prezzi ombra".

Altro elemento chiave è l'**attualizzazione** di costi e benefici futuri, attraverso l'utilizzo di un saggio di sconto intertemporale. Questo concetto traduce il fatto che un beneficio goduto oggi è, sotto tutti i punti di vista, preferibile ad un beneficio uguale goduto in futuro, mentre l'opposto avviene per i costi.² Il saggio di sconto che traduce questo concetto per la società è detto Saggio Sociale di Sconto (SSS) ed il relativo valore da adottare è disponibile su linee guida italiane o europee.

Ogni singola analisi viene condotta attraverso il confronto di almeno due alternative: lo scenario di riferimento e almeno uno scenario di progetto. In alcuni casi, ove esistono più varianti o alternative (come per alcuni tram o per prolungamenti di metropolitane del Piano, o per politiche come Area C), è opportuno includere sempre le alternative

¹ Ad esempio quando un piano contribuisce alla riduzione delle emissioni di CO2.

² Questo fatto è chiaro, anche intuitivamente, per un singolo individuo. In analogia, e la letteratura teorica sul tema è sostanzialmente allineata, questo vale anche per una società composta da più individui. In altre parole, l'attualizzazione è un'operazione finanziaria per tenere conto della preferenza intertemporale della società, in analogia con la preferenza individuale: è preferibile sostenere una spesa di 1€ in futuro, piuttosto che di 1€ oggi ed è preferibile un beneficio di 1€ oggi piuttosto che in futuro.

progettuali tecnicamente fondate tra cui individuare, ad un'analisi numerica, quelle preferibili.

2.1.1.1 *La monetizzazione e i prezzi ombra*

Come già accennato, il punto chiave dell'ACB è la traduzione del fenomeno analizzato in termini monetari. Relativamente ad un progetto o ad una politica si possono riconoscere i seguenti costi e benefici:

- Risorse consumate transitanti in un mercato: materie prime, semi-lavorati, energia, ecc.
- Risorse consumate non transitanti in un mercato: tempo, ambiente, ecc.
- Benefici transitanti in un mercato: risparmi monetari relativi all'utenza.
- Benefici non transitanti in un mercato: riduzione di esternalità ambientali.

La monetizzazione di costi e benefici permette di rendere confrontabili tra loro le diverse componenti del progetto, altrimenti in gran parte incomparabili, attraverso la traduzione dei costi e dei benefici in termini di risorse consumate o risparmiate.

Vi sono tre casi relativamente al modo in cui si determina tale valore. Tutti i beni che passano per un *mercato perfetto* hanno già associato un prezzo che rappresenta esattamente il valore delle risorse consumate per produrli: nell'analisi economica, per questi beni, vengono quindi utilizzati i prezzi di mercato.

Dato che però difficilmente ci si trova in condizioni di mercato perfetto, anche per i beni dotati di un *prezzo di mercato*, in un'analisi economica è necessario passare dai *prezzi* ai *costi economici* per correggere una serie di distorsioni ai normali meccanismi di allocazione della domanda. Esempio evidente è quello delle tasse, che riducono il consumo a parità di risorse consumate, o dei sussidi, che sortiscono l'effetto contrario; tasse e sussidi, del resto, sono di fatto partite di giro interne alla società e devono essere sempre bilanciate nelle ACBe.

Vi sono, infine, casi in cui si verifica un consumo di risorse, le quali però non transitano su un mercato e quindi non hanno un prezzo. E', ad esempio, il caso del tempo di viaggio. Per assegnare un valore monetario a questi beni si utilizzano una serie di tecniche di natura statistico-economica. I "prezzi" così attribuiti si definiscono *prezzi ombra*.

In linea di principio per tutti gli effetti è possibile costruire una stima economica. Tuttavia, per alcuni di essi, tale stima potrebbe risultare un'inaccettabile semplificazione (si pensi, ad esempio, alla monetizzazione della bellezza). Nelle analisi che seguono sono stati estrapolati **alcuni elementi**, di solito minoritari rispetto agli altri effetti e difficilmente quantificabili, e sono stati lasciati espressi in maniera qualitativa **senza fornire una esplicita monetizzazione**.

2.1.2 *Procedura generale per progetti infrastrutturali*

Si traccia qui brevemente l'algoritmo generale alla base dell'analisi dal punto di vista operativo, tipicamente utilizzato per progetti infrastrutturali.

2.1.2.1 *Definizione dello scenario di riferimento.*

Al fine di analizzare la validità di un singolo progetto o, come in questo caso, di classificare progetti alternativi secondo la loro desiderabilità, occorre innanzitutto definire una situazione di riferimento, ovvero lo scenario rispetto al quale è da ritenere più o meno valido un progetto di investimento od una politica. Se per un operatore privato l'alternativa è il non investire (e depositare il denaro in banca per riscuoterne interessi), per un operatore pubblico, invece, l'ipotesi "*do – nothing*" consiste nel mantenimento dello *status quo*, con i costi sociali ad esso associati.

Lo *scenario di riferimento (Reference)* rispetto a cui confrontare gli scenari di progetto deve essere quindi definito a partire dall'ipotesi di non fare **nulla di più rispetto ai progetti già in corso e alle decisioni già prese**, ancorché non già operative,

tenendo conto delle condizioni esogene quali la possibile evoluzione economica, i futuri scenari insediativi, le tendenze relative alla mobilità, ecc. Sulla base di questo scenario deve essere ricostruito il quadro economico dei costi e dei benefici complessivi che si determinano nel contesto potenzialmente influenzabile del progetto in esame, ma in assenza del progetto stesso. La definizione dello scenario di riferimento influisce in modo sostanziale sul risultato delle analisi.

2.1.2.2 *Definizione della vita economica e/o dell'orizzonte di analisi.*

Il confronto e il computo dei benefici e dei costi deve essere condotto entro tutto l'orizzonte di vita economica del progetto, possibilmente in modo continuo (anno per anno). Per progetti particolarmente grandi (autostrade, ferrovie, grandi infrastrutture) e con vita economica molto lunga, l'effetto dell'attualizzazione rende poco rilevanti i costi e i benefici molto distanti nel tempo. Come indicazione di massima si suggerisce generalmente un orizzonte di 30-40 anni, anche per poter contare su previsioni economiche e modellistiche ragionevolmente affidabili.

Al termine del periodo di analisi viene calcolato il valore residuo delle opere, cioè il valore che esse conservano per il futuro.

2.1.2.3 *Calcolo dei costi, dei benefici e della variazione di surplus.*

La misurazione dei benefici può avvenire in modi diversi, a seconda del fenomeno analizzato e dei dati disponibili. Il modo più corretto e completo è quello di quantificare il surplus degli utenti e quello dei non utenti, sia nello scenario di riferimento che in quelli di progetto.

Il modello implementato per l'ACB confronta dunque la variazione di surplus generato dal progetto o dalla politica, con l'entità degli investimenti necessari (se presenti). La tecnica di calcolo del surplus utilizzata costituisce il cuore della valutazione oltre che la sua componente più complessa e verrà ampiamente descritta nel seguito.

L'esistenza di una variazione di surplus sociale positivo è condizione necessaria ma *non* sufficiente alla preferibilità di un progetto. Se, infatti, surplus negativi significano che l'opera genera benefici negativi, indipendentemente dai costi di investimento (ad esempio i tempi di viaggio aumentano), surplus positivi non garantiscono però che non vi siano progetti migliori o con migliori rapporti tra benefici e costi di investimento.

Per analizzare questo tipo di problema si utilizzano alcuni indicatori, tra cui NPV, NBIR ed SRI.

2.1.2.4 *Calcolo degli indicatori attraverso un sistema di contabilità (NPV, SRI).*

Il surplus non è quindi l'unico elemento di valutazione ed esso va commisurato *almeno* agli investimenti iniziali necessari per ottenerlo. Gli indicatori utilizzati comunemente ed indicati sia dal NUVV (2003) che dal MIT (2006)³, oltre che dalla letteratura internazionale, sono:

Equazione 1: Formula generale del NPV

$$NPV = \sum_{n=1}^T \frac{\Delta S_n - (I_{econ} + E_c) + VR_{econ,n}}{(1 + i_{sociale})^n}$$

³ Si preferisce questo indicatore all'apparentemente più ovvio BCR (rapporto benefici/costi) perché esso è di incerta applicazione: il suo valore dipende infatti da come sono considerati i costi ed i benefici. Ad esempio, i costi esterni potrebbero essere un costo se considerati in assoluto o un beneficio se calcolati solo in termini relativi. Allo stesso modo anche diverse aggregazioni di costi e benefici rispetto a quelle da noi scelte per i calcoli danno differenti BCR pur con gli stessi dati, perché alcune voci possono passare dal numeratore al denominatore e viceversa.

Il NPV (Valore Netto Presente) è la somma algebrica attualizzata di tutti i costi e di tutti i benefici generatisi entro l'orizzonte temporale T . Gli addendi della formula standard qui riportata sono il ΔS , cioè la variazione del surplus, così come precedentemente definito, l'investimento economico I_{econ} , cioè tutti quei costi puntuali di investimento che non entrano a formare i costi marginali e che quindi non compaiono nella stima della variazione del surplus e le esternalità in fase di costruzione E_c , e VR_{econ} , ovvero il valore residuo dell'opera alla fine dell'orizzonte di analisi. Ciascuno di questi costi o benefici va situato nell'anno in cui si genera ed attualizzato all'anno zero attraverso l'espressione $(1+i_{sociale})^n$.

Equazione 2: Formula generale del NBIR

$$NBIR = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{\Delta S_n - E_c + VR_{econ,n}}{(1+i_{sociale})^n}}{I_{econ}}$$

L'NBIR (Benefici netti sull'investimento) è un rapporto che vede a denominatore il valore economico (e, se svolto su più anni, attualizzato) dell'investimento ed a numeratore tutte le altre voci di costo o beneficio. E' un indicatore molto intuitivo perché dà la dimensione di "quanti euro genera il progetto per ogni euro investito". Naturalmente, nel caso delle politiche non infrastrutturali, esso perde di significato perché non esiste un costo di investimento o è molto piccolo rispetto all'entità degli altri costi e benefici. Ad esempio, l'investimento per Area C è stato minimo rispetto alla variazione di surplus che esso ha generato (maggiori costi monetari di viaggio in cambio di minori tempi di viaggio).

Un'altra formulazione di rapporto tra benefici e costi utilizzata nel seguito è la seguente:

Equazione 3: formula del rapporto benefici costi

$$B/C = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{B_n}{(1+i_{sociale})^n}}{\sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1+i_{sociale})^n}}$$

In essa tutte le voci con segno positivo vengono divise per tutte quelle con segno negativo, qualunque sia la loro natura (investimenti, variazioni di surplus, ecc.), attualizzati. Questo indicatore fornisce un'indicazione generale su quanto i benefici prevalgono o meno sui costi, senza specificarne la natura.⁴

2.1.2.5 Il ranking delle azioni

Gli indicatori e le indicazioni dell'analisi vengono utilizzati per produrre un ordinamento dei progetti, da quello che genera più beneficio sociale a quello che ne genera meno (o che genera un costo sociale netto).

⁴ Oltre ai tre indicatori presentati, ne esistono altri, quali il Saggio di Rendimento Interno

$$\sum_{n=1}^T \frac{B_n}{(1+SRI)^n} = \sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1+SRI)^n}$$

Esso è un indice più sintetico della redditività (in senso lato, cioè non finanziario ma generatrice di benessere sociale) dell'investimento. E' definito come il valore in corrispondenza del quale il NPV è nullo e rappresenta, appunto, l'intrinseca redditività di un progetto. A differenza degli altri, il suo significato è meno intuitivo, sebbene più "ricco" (perché indipendente dal saggio di sconto utilizzato)

A partire dall'ordinamento e in generale dai risultati dell'analisi, è possibile definire le azioni che entrano effettivamente nel piano (ed eventualmente il loro timing). Sebbene si tratti di una scelta politica, l'indicazione dell'ACB è di non realizzare tutto ciò che ha un NPV chiaramente negativo. Progetti debolmente positivi o marginalmente negativi (ma con effetti positivi non quantificati dall'ACB) possono essere considerati in funzione del budget disponibile, mentre i progetti da privilegiare sono sempre quelli con ACB chiaramente positive. Con un dato vincolo di bilancio, sono però possibili molte diverse soluzioni. Ad esempio, quella di realizzare poche opere costose o, con le stesse risorse, tante opere poco costose. Questo può essere fatto con algoritmi, ma è più realistico assumere che sia lasciato al decisore politico, dati i vincoli di non negatività di cui sopra.

2.1.2.6 *Analisi di sensitività.*

Ultima e importante fase dell'ACB è l'analisi di sensitività, attraverso la quale si verifica la robustezza del modello impostato in merito all'attendibilità dei risultati, in funzione delle scelte fatte e degli eventuali errori di stima. Nella sostanza, nella sua versione più semplice l'analisi consiste nel valutare l'andamento del NPV in funzione delle diverse variabili introdotte. Tra queste vanno inclusi il saggio sociale di sconto, il valore del tempo, i costi di investimento e qualunque altra variabile per cui il "numero" scelto e introdotto nell'analisi presenti incertezze o variabilità.

2.2 ACB E MODELLI DI TRASPORTO

L'aspetto più complesso da modellizzare in un'ACB è la curva di domanda e il suo rapporto con i beni sostituiti in caso di domanda generata. Nel caso dei trasporti, la domanda generata da un certo progetto è la somma della nuova domanda indotta dal minore costo di trasporto (persone che ora si muovono e che prima non si muovevano, dato il loro inferiore livello di disponibilità a pagare) e la domanda attratta da altri modi.⁵ Generalmente, i problemi trasportistici vengono analizzati attraverso l'uso di modelli multimodali a quattro stadi. Questi modelli, di grande complessità teorica e pratica, permettono di distribuire domanda esistente e generata (indotta e/o attratta) tra le origini e le destinazioni e calcolare i percorsi, con i relativi costi generalizzati che hanno determinato le scelte.

La scelta modale all'interno dei modelli a quattro stadi può essere concettualmente assimilata all'applicazione di una curva di domanda: ad un certo costo percepito (secondo la formulazione dell'ACB) o costo generalizzato (secondo la formulazione modellistica), corrisponde una certa quantità consumata. Dunque, a differenza di approcci semplificati come la "Regola del Mezzo" (vedi oltre), l'integrazione tra modelli e ACB permette una maggiore precisione (quella dettata dal modello) nella determinazione dei costi per tutti gli utenti (e non solo per l'utente medio) e una corrispondenza perfetta tra modello e valutazione.

In conclusione, mentre se non si dispone di un modello l'ACB deve necessariamente basarsi su delle assunzioni piuttosto forti (l'invarianza della domanda oppure, in caso di domanda generata o spostata, ipotizzando l'andamento di una curva di domanda), con un modello come quello di AMAT (si veda il capitolo 7 del rapporto generale) la descrizione della domanda e della variazione surplus degli utenti sarà molto più dettagliata e le ipotesi saranno direttamente quelle del modello.

Nel primo caso, escludendo di applicare un'ipotesi di assenza di cambio modale (non realistico nel caso in oggetto), per il calcolo della variazione del surplus dei consumatori si utilizzerà la cosiddetta *Regola del Mezzo*. Nel secondo si utilizzerà la funzione *Logsum* del modello stesso. Entrambi gli approcci sono descritti nel seguito e qui utilizzati.

⁵ In questo lavoro, in conseguenza delle caratteristiche del territorio e anche del modello di AMAT, viene considerata solo la domanda attratta e non la domanda generata.

2.2.1 Il calcolo della variazione di surplus dei consumatori

2.2.1.1 La Regola del Mezzo

Tradizionalmente il modo più utilizzato e robusto per calcolare la variazione di surplus per i consumatori/utenti in assenza di una completa interfaccia con un modello di trasporto è quello di ipotizzare l'ignoto andamento della curva di domanda come lineare tra i due punti pre- e post-intervento, che sono invece tendenzialmente noti o calcolabili (Grimaldi e Beria, 2013; Maffii e Parolin, 2013).

Ad ogni scenario corrisponderà dunque un punto di una curva di domanda sul diagramma costi(quantità) che rappresenta il costo generalizzato medio CG dei Q utenti (se possibile, disaggregati in sotto-gruppi con caratteristiche più omogenee). Le due situazioni "riferimento" e "progetto" determineranno due punti della curva di domanda. In questo modo non è però noto l'andamento della curva di domanda nel resto del campo di variazione dei costi, che va quindi ipotizzato.

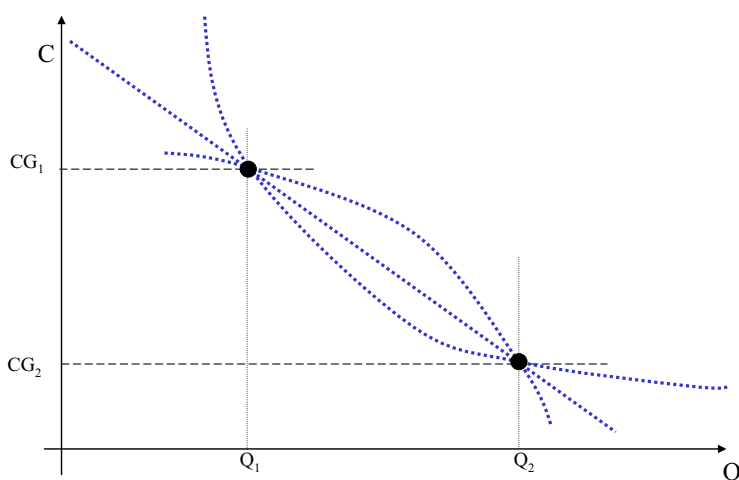


Figura 1. Curva di domanda in corrispondenza di due punti noti

Tradizionalmente, in assenza di altre informazioni, si assume una *curva di domanda lineare* tra i due punti. Questa ipotesi è alla base della cosiddetta *Regola del Mezzo* ("Rule of Half", in inglese), secondo la quale la variazione di surplus per gli utenti esistenti è pari all'area del rettangolo di base Q_1 (il numero di utenti esistenti, appunto) ed altezza $CG_1 - CG_2$ (la riduzione di costo generalizzato, ovvero il beneficio unitario) più l'area del triangolo di base $Q_2 - Q_1$ (il numero di nuovi utenti) e stessa altezza.

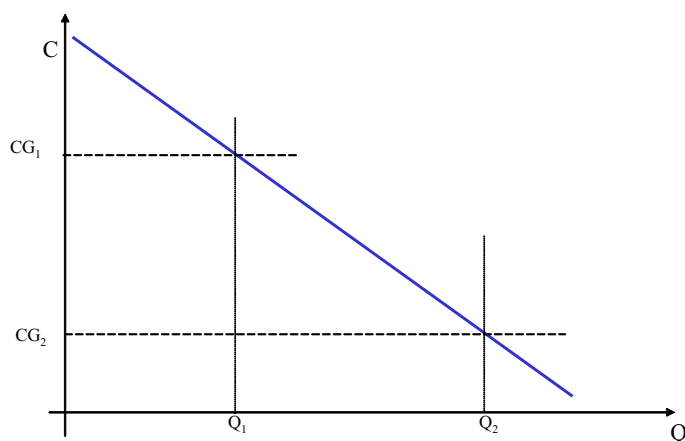


Figura 2. Area corrispondente alla variazione di surplus utilizzando la Regola del Mezzo.

La variazione di surplus dei consumatori è quindi data dall'area di un trapezio e scrivibile in breve come segue. Poiché alla domanda spostata da altri modi o generata corrisponde un triangolo, essa prende l'appellativo "del mezzo":

$$\Delta S_{\text{consumatori}} = (Q_1) \times (CG_1 - CG_2) + \frac{1}{2}(Q_2 - Q_1) \times (CG_1 - CG_2)$$

$$\Delta S_{\text{consumatori}} = \frac{1}{2}(Q_1 + Q_2) \times (CG_1 - CG_2)$$

Tale approccio è molto diffuso perché semplice e necessitante di pochi dati, dovendosi stimare solamente le quantità di domanda (e la variazione di costo generalizzato (e non il relativo valore assoluto, assai più complesso da determinare)⁶ e per il solo modo direttamente impattato dall'investimento o dalla politica.⁷

2.2.1.2 La misura della variazione dell'utilità composta ("Logsum")

La Regola del Mezzo opera facendo riferimento a valori medi di costo generalizzato. A seconda del livello di dettaglio necessario per l'analisi (e dei dati disponibili), occorre quindi cercare di applicare tale regola disaggregando quanto più possibile gli utenti, geograficamente e per caratteristiche di scopo di viaggio. Questo si traduce in una segmentazione della domanda più o meno fine, a cui vengono applicate più "regole del mezzo" riferite a costi generalizzati medi diversi, per calcolare le rispettive variazioni di surplus di ogni gruppo.

Vi sono tuttavia alcuni casi in cui la Regola del Mezzo non riesce a misurare in modo adeguato la variazione di surplus dei consumatori:

- Quando la variazione di costo generalizzato è troppo grande rispetto al suo valore assoluto iniziale (e quindi l'area del triangolo – con tutte le approssimazioni da essa rappresentate – diventa di dimensioni confrontabili a quella del rettangolo). Questo accade per esempio quando si rimuovono grandi ostacoli alla mobilità di breve-media distanza (es., un nuovo ponte tra due quartieri di una città prima accessibili solo con grandi deviazioni di percorso);
- Quando si introduce un nuovo modo di trasporto, per cui non si è in grado di determinare il valore iniziale del costo generalizzato ad esso associato;
- Quando si valutano gli impatti di interventi che sono contemporaneamente benefici per alcuni modi e costi per altri (in questo caso non si è in grado di

⁶ La stima del valore assoluto dei costi generalizzati non è un esercizio semplice, in particolare per il trasporto pubblico e per i modi attivi (piedi e bici). La relativa variazione è invece solitamente composta da voci facilmente misurabili, quali i risparmi di tempo e/o di costi operativi.

⁷ Questo permette per esempio di ignorare quale fosse il costo generalizzato sul modo di "provenienza" per l'utenza che cambia modo in seguito ad un miglioramento sul modo di "destinazione", alla quale viene semplicemente attribuita la metà del beneficio introdotto sul modo di "destinazione".

stabilire se e quanto l'utente cambia modo per il primo o per il secondo motivo), come politiche di trasporto restrittive.

In questi casi, e laddove sia anche disponibile un modello di trasporto, è possibile utilizzare un altro metodo per valutare la variazione di surplus dei consumatori, ancora più rigoroso e preciso anche se meno comprensibile ad un lettore terzo (e per questo usato più raramente).

Poiché nel valutare il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile sarà necessario valutare diversi scenari composti, nei quali chiaramente saranno simulati contemporaneamente sia interventi migliorativi per alcuni modi, che politiche di pedaggiamento o restrizione per la mobilità privata, si è ritenuto necessario utilizzare primariamente il metodo della **misura della variazione dell'utilità composta (logsum)**. Tutte le valutazioni descritte nel seguito (a meno di casi specificati) utilizzano dunque questo approccio

Misurando la variazione di utilità composta (*logsum*) dei modi considerati dal modello di trasporto, è infatti possibile ottenere una misura più precisa della variazione di surplus dei consumatori/utenti, che è in grado di tenere in considerazione **anche la distribuzione dei valori intorno ai valori medi considerati**, proprio come fa il modello attraverso le funzioni *logit*. In particolare utilizzeremo la misura del logsum dei costi generalizzati, come corrispondente monetario delle utilità (si veda paragrafo 3.2 a pagina 18 per i dettagli su questo passaggio).

Il modello di AMAT calcola, per ogni coppia origine-destinazione (*o-d*), per ogni scopo di viaggio (*s*) e per ogni modo di trasporto (*m*), la quota di domanda che utilizzerà ogni modo secondo il classico modello di tipo logit:

$$p_{od|s|m} = \frac{e^{CG_{od|s|m}}}{\sum_m e^{CG_{od|s|m}}}$$

dove *p* è la percentuale di scelta del modo *m* e *CG* il costo generalizzato (entrambi per la coppia *od* e per lo scopo *s*).

La misura del logsum per ogni coppia origine-destinazione e per ogni scopo di viaggio rappresenta il surplus degli utenti ed è data da:

$$S_{od|s} = \ln \left[\sum_m e^{CG_{od|s|m}} \right]$$

Sommando tra loro tutte le coppie *od* e tutti gli scopi *s* si ottiene il **surplus totale** dei consumatori nei due scenari *S*. È importante notare che, poiché questo metodo misura la variazione di utilità composta (di tutti i modi), **non è possibile indicare la variazione di surplus disaggregata per modo di trasporto**.⁸

La variazione di surplus generata dal progetto è ovviamente data dalla semplice differenza tra il surplus dei consumatori nell'alternativa di riferimento (1) e di intervento (2):

$$\Delta S_{consumatori} = S_{2|consumatori} - S_{1|consumatori}$$

Per un approfondimento relativo a questo approccio si veda, tra gli altri, de Jong et al. (2007) e Cascetta (1998).⁹

⁸ Con la regola del mezzo questo è possibile, anche se questa variazione è sempre riferita al modo di destinazione dell'utenza nello scenario di intervento (cioè, il beneficio di chi cambia modo è incluso nella variazione di surplus del modo di destinazione e non in quello di origine).

⁹ Paragrafo 8.5.3: "La valutazione degli effetti percepiti per gli utenti del sistema" (pag. 612).

3 L'INTEGRAZIONE TRA IL MODELLO MULTIMODALE DI AMAT E L'ANALISI COSTI-BENEFICI

Il modello di AMAT, per la cui descrizione si rimanda al Capitolo 7 del Rapporto, simula le possibilità di spostamento tramite quattro (macro-)modi m di trasporto:

- Auto;
- TPL;
- Moto;
- PiBici.

Il modo PiBici simula gli spostamenti dei modi attivi, a piedi ed in bici, ed è composto da un sotto-modulo per distinguere le due modalità.

3.1 LA FUNZIONE DI UTILITÀ SISTEMATICA

Per ogni coppia OD (od), per ogni modo (m) e per ogni scopo di viaggio (s), il modello di AMAT ricostruisce un valore di utilità sistematica¹⁰ V tramite la seguente funzione generale:

$$V_{od|m|s} = \beta_{m|s}^{TViaggio} \times TViaggio[min] + \beta_{m|s}^{Distanza} \times Distanza[km] + \\ + \beta_{m|s}^{Accesso} \times Accesso[min] + \beta_{m|s}^{Parcheggio} \times Parcheggio[€] + \beta_{m|s}^{Tariffa} \times Tariffa[€] + \\ + \beta_{m|s}^{Centro} \times Centro[dummy] + \beta_{m|s}^{Modo} + \beta_{m|s}^{OD}$$

Ovviamente alcune componenti della funzione di utilità sono presenti solo in alcuni modi, per esempio le componenti relative a Distanza e Parcheggio sono presenti solo nei modi Auto e Moto, mentre la componente Tariffa è presente solo nel modo TPL. A ciascuna componente dell'utilità sistematica è associato un parametro di calibrazione β . I valori di questi beta sono riportati nella Tabella 4 dell'Allegato 1.

3.2 DALLA FUNZIONE DI UTILITÀ AL COSTO GENERALIZZATO

Per ottenere i valori di costo generalizzato CG associato ad ogni spostamento occorre dividere il valore dell'utilità sistematica per il beta relativo alla componente monetaria (in questo modo si riconduce ogni componente al suo equivalente in Euro, derivando i *trade-off* relativi che l'utente medio attribuisce tra la spesa monetaria e le altre componenti dell'utilità sistematica):

$$CG_{od|m|s} = \frac{V_{od|m|s}}{\beta_{m|s}^{monetario}}$$

A seconda del modo si utilizza il beta monetario disponibile ($\beta^{Tariffa}$ per il TPL e $\beta^{Parcheggio}$ per l'Auto). Purtroppo il modello comprende due modi che sono stati descritti senza alcuna componente direttamente monetaria, ovvero Moto e PiBici.

Per questo motivo si rende necessario un passaggio intermedio, analogamente a quanto fatto in altri casi in letteratura (si veda per esempio Castiglione et al., 2003 o de Jong et al., 2007): l'utilità sistematica viene prima convertita in **tempo generalizzato TG** dividendola per il beta relativo al tempo di viaggio (che invece è sempre presente), e solo successivamente, **utilizzando valori del tempo** - in parte esogeni -, viene finalmente convertita in costo generalizzato. Quindi calcoliamo:

¹⁰ Per utilità sistematica si intende, secondo la definizione di Cascetta (1998), "la media o il valore atteso dell'utilità percepita tra tutti gli utenti con lo stesso contesto di scelta." L'utilità percepita U è data dalla somma dell'utilità sistematica V e del relativo residuo aleatorio ε (che rappresenta lo scostamento del singolo utente rispetto al valore medio):

$$U = V + \varepsilon$$

$$TG_{od|m|s} = \frac{V_{od|m|s}}{\beta_{m|s}^{TViaggio}}$$

E successivamente ricaviamo il costo generalizzato come:

$$CG_{od|m|s} = VdT_{m|s} \times TG_{od|m|s}$$

I valori del tempo VdT , in € al minuto, sono stati ricavati per i modi Auto e TPL facendo il rapporto tra i beta monetari ed i beta del tempo di viaggio e sono dunque i medesimi utilizzati nelle simulazioni. Per i modi Moto e PiBici sono invece stati posti parametricamente pari rispettivamente a due volte l'auto ed una volta e mezzo il TPL, come da indicazioni di letteratura.

Tutti i valori del tempo utilizzati sono riportati nella Tabella 5 dell'Allegato 1.

3.3 CALCOLO DELLA VARIAZIONE SURPLUS DEI CONSUMATORI E RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA

La variazione di surplus per i consumatori è la variazione del costo generalizzato tra l'alternativa di Riferimento e quella di Intervento.

Dunque, nell'approccio della misura della variazione di **logsum**, essa si calcola come:

$$\Delta S_{od|s} = S_{od|s}^{INT} - S_{od|s}^{REF}$$

Dove:

$$\begin{aligned} S_{od|s} &= spostamenti_{od|s} \times \left[\ln \left(\sum_m e^{-CG_{od|m|s}} \right) \right] = \\ &= spostamenti_{od|s} \times \left[\ln \left(e^{-CG_{od|Auto|s}} + e^{-CG_{od|TPL|s}} + e^{-CG_{od|Moto|s}} + e^{-CG_{od|PiBici|s}} \right) \right] \end{aligned}$$

La definizione stessa di logsum non permette quindi di ottenere le variazioni di surplus disaggregate per modo, essendo una misura del surplus composto di tutti i modi, cioè la misura del "valore" per ciascun consumatore di tutte le opzioni di trasporto ad esso disponibili.¹¹

Essendo la misura del surplus così calcolata estremamente dettagliata, è possibile aggregarne i valori in sotto-gruppi. Nel presente studio abbiamo sfruttato questa caratteristica per produrre cartografie molto dettagliate della distribuzione spaziale degli effetti (raggruppando i risultati per zone di origine e di destinazione) e anche per darne una rappresentazione sociale (raggruppando i risultati per scopo di viaggio).

¹¹ Utilizzando invece la "Regola del Mezzo", si calcola la variazione di surplus misurandone la variazione relativa nello scenario di intervento, quindi ad ogni spostamento viene attribuito un beneficio (od un costo) pari alla variazione di costo generalizzato se lo spostamento avveniva già sul modo (m) interessato, oppure la metà di tale variazione se lo spostamento avveniva in precedenza attraverso un altro modo. E' importante notare che con la Regola del Mezzo non è necessario (e nemmeno possibile) calcolare i valori assoluti del surplus S , ma solo la relativa variazione:

$$\begin{aligned} \Delta S_{od|m|s} &= spostamenti_{od|m|s}^{REF} \times (CG_{od|m|s}^{INT} - CG_{od|m|s}^{REF}) + \\ &+ \frac{1}{2} \times (spostamenti_{od|m|s}^{INT} - spostamenti_{od|m|s}^{REF}) \times (CG_{od|m|s}^{INT} - CG_{od|m|s}^{REF}) = \\ &= \frac{1}{2} \times (spostamenti_{od|m|s}^{INT} + spostamenti_{od|m|s}^{REF}) \times (CG_{od|m|s}^{INT} - CG_{od|m|s}^{REF}) \end{aligned}$$

Sommando quindi le variazioni di surplus così misurate è possibile ottenere la variazione di surplus dei consumatori complessiva.

4 L'ANALISI COSTI BENEFICI DEL PUMS DI MILANO

Il presente capitolo raccoglie tutte le assunzioni, i dati e le scelte metodologiche alla base dell'ACB del PUMS del Comune di Milano. Lo scopo principale è di descrivere in maniera trasparente le scelte fatte e permettere un controllo terzo dei risultati, anche all'interno della procedura di VAS.

4.1 ORIZZONTE DI ANALISI

In coerenza con la comune pratica, l'orizzonte di analisi viene fissato su un periodo piuttosto lungo, pari a 30 anni a partire dall'anno di riferimento scelto per le simulazioni. Il naturale effetto di troncamento dell'analisi viene smorzato dal saggio di sconto e dall'utilizzo di un valore residuo per le opere a fine periodo di analisi.

Si noti però che l'orizzonte d'analisi viene considerato, come illustrato di seguito (paragrafo 4.3), unicamente per la conversione dei costi di investimento e del valore residuo nell'equivalente valore annuo.

Anno di riferimento	2024
Anno di analisi	2024
Orizzonte d'analisi	30 anni, dal 2024 al 2053

4.2 I PRINCIPALI INPUT MACRO-ECONOMICI E MODELLISTICI

Il modello di ACB, oltre a dati di input specifici delle singole voci di costo, fa uso anche di alcune grandezze di natura macroeconomica. Il presente paragrafo ne descrive le principali, con le relative fonti.

4.2.1 Saggio Sociale di Sconto

L'ACB si pone il problema di mettere a confronto costi e benefici che avvengono in tempi diversi. Un beneficio (o un costo) lontano nel tempo è valutato dai singoli individui "meno" dello stesso beneficio vicino nel tempo e che questa preferenza ha nome di "saggio di sconto". Analogamente, il saggio di preferenza intertemporale di una società formata da più individui viene detto "saggio sociale di sconto" ("SSS").

Il saggio di sconto sociale e quello finanziario coincidono solamente nel caso (teorico) di mercati finanziari perfetti. Dato che questo non accade mai, il saggio sociale di sconto viene determinato dai singoli organi internazionali o dalle singole banche centrali utilizzando diverse metodologie teoriche. Nel caso italiano non si ha un valore obbligatorio standard.

In realtà i valori utilizzati comunemente sono abbastanza simili per economie simili come quelle dei paesi europei. La Guida NUVV (2003), unico testo di riferimento italiano per valutazioni economiche, seppure non obbligatorio, suggeriva nel 2001 e nel 2003 un tasso del 5%. Lo stesso valore veniva suggerito come *benchmark* internazionale dalla precedente versione della Guida all'Analisi Costi-Benefici della DG Regio, tra le più autorevoli linee guida internazionali (Florio et al., 2003), sebbene la stessa riporti valori diversi nei vari paesi.

Per questa analisi, in base al contesto in cui è affrontato e alla letteratura consultata, si è scelto di utilizzare un saggio di sconto sociale del **3,5%**, in linea con quanto suggerito dalle più recenti linee guida della Commissione Europea (DG Regio, 2008).

4.2.2 Coefficienti di conversione tra costi finanziari ed economici

Molti dei valori già introdotti devono essere convertiti da prezzi (o costi finanziari) a corrispondenti valori economici, cioè il costo-opportunità delle risorse consumate. In particolare, i valori devono tenere conto della tassazione e di altre distorsioni (MIT, 2006). Per fare questo si utilizzano dei coefficienti di conversione presenti nella letteratura. I valori relativi alla costruzione, manutenzione e gestione dell'infrastruttura

sono i medesimi già utilizzati in passato per ACB del Comune di Milano (AMAT, 2012) e sono costruiti a partire dai valori della Guida NUVV (NUVV, 2003), unico riferimento ufficiale italiano, sebbene molto datato.

Tabella 1. Coefficienti di conversione tra costi di costruzione finanziari ed economici

Investimenti infrastrutturali	0,8468
Manutenzione e gestione operativa	0,7935
Gestione operativa TPL superficie	0,6995

4.2.3 Coefficienti di espansione

Poiché il modello di simulazione opera sull'ora di punta del mattino, sono necessari coefficienti di espansione per passare alla misura annua dei costi e dei benefici (attraverso l'espansione della variazione di surplus, dei ricavi da biglietti, ricavi da sosta, Area C, etc.). Pur non potendo entrare nel dettaglio (ad esempio evidenziando le differenze stagionali) è stato utilizzato un set piuttosto ampio di coefficienti per tenere conto della grande diversità dei fenomeni modellizzati (ad esempio, i ricavi da sosta sono totalmente diversi durante la giornata rispetto all'andamento del traffico). Nella tabella seguente sono riassunti i coefficienti utilizzati, tutti ricavati con il supporto di AMAT da dati reali del Comune di Milano.

Tabella 2. Coefficienti di espansione utilizzati

Coefficiente	ora → giorno medio	giorno medio → anno	Utilizzo	Note
Domanda (media)	10,21	283,8	Esternalità Variaz. Percorrenze Esternalità Variaz. Tassazione	Comprende i ritorni a casa
Domanda (lavoro)	4,73			
Domanda (studio)	3,79			
Domanda (affari)	9,22	283,8	Calcolo del surplus	
Domanda (altro)	8,41			
Domanda (shopping)	9,12			
Parcheggio	2,39	280	Ricavi parcheggi	Orario di applicazione diverso a seconda delle zone (da 4 a 24 ore/giorno)
Tariffe TPL	7,92	283,8	Ricavi tariffari TPL	
Area C	10,61	229	Ricavi Area C	Agosto, sabato e domenica non si applica

Inoltre, per il calcolo delle emissioni dei veicoli, è stato usato un coefficiente di riempimento di 1,2 passeggeri/auto.

4.2.4 Valore del tempo

Nell'analisi non sono stati utilizzati valori del tempo esogeni, tratti dalla letteratura, ma i valori calibrati tratti dal modello di trasporto. Questo permette una perfetta coerenza tra i risultati modellistici e la valutazione. Il valore del tempo medio risultato è di 8,89€, compreso tra i 26,3€/ora del motivo di viaggio AFFARI e 1,8€/ora del motivo di viaggio STUDIO.

La coerenza dei valori utilizzati è stata comunque verificata con le fonti disponibili ed essi sono interamente visibili nell'Allegato finale.

4.3 L'APPROCCIO SEMPLIFICATO AL SINGOLO ANNO

L'analisi costi benefici degli scenari di piano viene svolta da AMAT simulando un singolo anno, il 2024, nello scenario di riferimento ed in quelli di intervento. Non essendo invece disponibili simulazioni parziali (cioè solo con parte delle azioni di piano) o simulazioni per anni successivi, si è potuto adottare l'**approccio semplificato**

sul singolo anno di analisi. Questo approccio viene usato comunemente per le valutazioni a livello di piano, cioè molto preliminari rispetto all'effettiva progettazione delle opere e in presenza di molti *timing* differenti di realizzazione per azioni di natura eterogenea.

Questo approccio assume una sostanziale costanza delle principali grandezze in gioco, introducendo una possibile sottostima degli effetti futuri (ma anche una - verosimilmente più lieve - sovrastima degli effetti negli eventuali anni precedenti): è una semplificazione importante, ma comunemente ritenuta accettabile quando si deve svolgere la valutazione ed il confronto di un numero molto grande di alternative – come in questo caso – tale da non rendere pensabile la simulazione di diversi orizzonti temporali per ogni alternativa.

Di fatto si tratta di ricondurre i soli costi ed i benefici puntuali, cioè concentrati in pochi anni – nel caso in analisi solo i costi di investimento ed il relativo valore residuo –, ad un valore equivalente annuale e correttamente attualizzato.

Una volta stimato il valore totale dei costi al 2024, per passare al valore annuo si divide per un **numero di anni equivalenti attualizzati**; ogni anno viene convertito nel suo equivalente attualizzato:

$$ANNO_i = \frac{1}{(1 + SSS)^i}$$

Di conseguenza il valore equivalente di 30 anni di analisi con un saggio di sconto sociale del 3,5% è pari a:

$$ANNI_{EQUIVALENTI} = \sum_T \frac{1}{(1 + SSS)^T} = \sum_{i=1}^{30} \frac{1}{(1 + 3,5\%)^i} = 18,57$$

Quindi 30 anni di analisi attualizzati al 3,5% equivalgono a 18,57 anni equivalenti. Per ottenere il relativo valore annuo quindi, **il costo di investimento totale ed il valore residuo totale verranno dunque divisi per 18,57 anni equivalenti** e confrontati con il surplus annuo calcolato in precedenza.

4.4 COSTI D'INVESTIMENTO, DI MANUTENZIONE E D'ESERCIZIO

4.4.1 Costi di investimento

I costi d'investimento sono stati stimati parametricamente, utilizzando valori unitari forniti da *Metropolitana Milanese SpA*.

Tipo di infrastruttura	Variante	Costo finanziario unitario
Metropolitana tradizionale pesante (esclusi deposito e posto centrale).	Sotterranea in ambito urbano, gallerie a cielo aperto, foro cieco in avanzamento o a scudo, interasse stazioni 750-1.000 m.	65 M€/km
	Esterna in ambito suburbano, vie di corsa a tipologia mista in trincea/raso/rilevato/viadotto, interasse stazioni 1.500-2.000 m.	20 M€/km
Metropolitana leggera ad automatismo integrale (escluso deposito ma incluso posto centrale).	Sotterranea in ambito urbano, gallerie a foro cieco a scudo meccanizzato, interasse stazioni 6-700 m.	90 M€/km
Deposito di linea atto a tutti i tipi		50 M€

di manutenzione (capienza di circa 50 treni).		
Tramvia ad alta capacità.	Urbana	18 M€/km
	Extra-urbana	15 M€/km
Corsia riservata per autobus		3 M€/km
Fermata ferroviaria urbana		8 M€
Itinerario ciclabile semplice		0,15 M€/km
Itinerario ciclabile con arredo urbano	Include un radicale ridisegno delle strade interessate, mirato all'aumento della qualità dell'ambiente urbano.	1 M€/km

Per la stima dei costi dell'eventuale nuovo materiale rotabile necessario, si è scelto di non includerli tra i costi di investimento, ma di includere nei costi d'esercizio tutto l'ammortamento.

4.4.2 Gestione ed esercizio delle infrastrutture e degli impianti

I costi di gestione ed esercizio delle infrastrutture e degli impianti introdotti nei diversi scenari non possono essere analizzati nel dettaglio a livello di piano. Si adotta quindi un valore parametrico pari all'**1% annuo del costo di investimento**.

4.4.3 Esercizio dei servizi di trasporto

Tipo di servizio	Costo finanziario unitario	Fonte
Metropolitana tradizionale pesante.	25,8 €/vkm	Contratto di servizio ATM
Metropolitana leggera ad automatismo integrale.	9,5 €/vkm	Metropolitana Milanese SpA
Tram ad alta capacità, urbano.	7,91 €/vkm	CS Regione, senza componente infrastruttura
Tram ad alta capacità, extra-urbano	11,87 €/vkm	CS Regione, senza componente infrastruttura
Autobus urbano	4,8 €/vkm	Contratto di servizio ATM
Autobus extra-urbano	4,8 €/vkm	Contratto di servizio ATM
Filobus urbano	6,95 €/vkm	Contratto di servizio ATM
Servizio ferroviario suburbano	17,60 €/vkm	CdS Trenord, ricostruzione con un'ipotesi di 6€ di ricavo per trenokm

Inoltre è stato valutato analiticamente (negli scenari di interesse) il risparmio di costo di esercizio a seguito della velocizzazione della rete esistente.

4.4.4 Il valore residuo dell'investimento

Poiché l'orizzonte d'analisi di 30 anni è generalmente inferiore alla vita economica dei progetti considerati, alla fine dell'analisi è necessario attribuire un valore residuo al sistema, per tenere in considerazione l'effetto di troncamento così introdotto.

Non potendo analizzare ogni progetto nel dettaglio a livello di piano, si utilizza un valore parametrico pari al **50% del costo di investimento**, attribuito (come beneficio) all'ultimo anno dell'orizzonte di analisi, il 2053.

4.5 LA VARIAZIONE DI SURPLUS PER GLI UTENTI

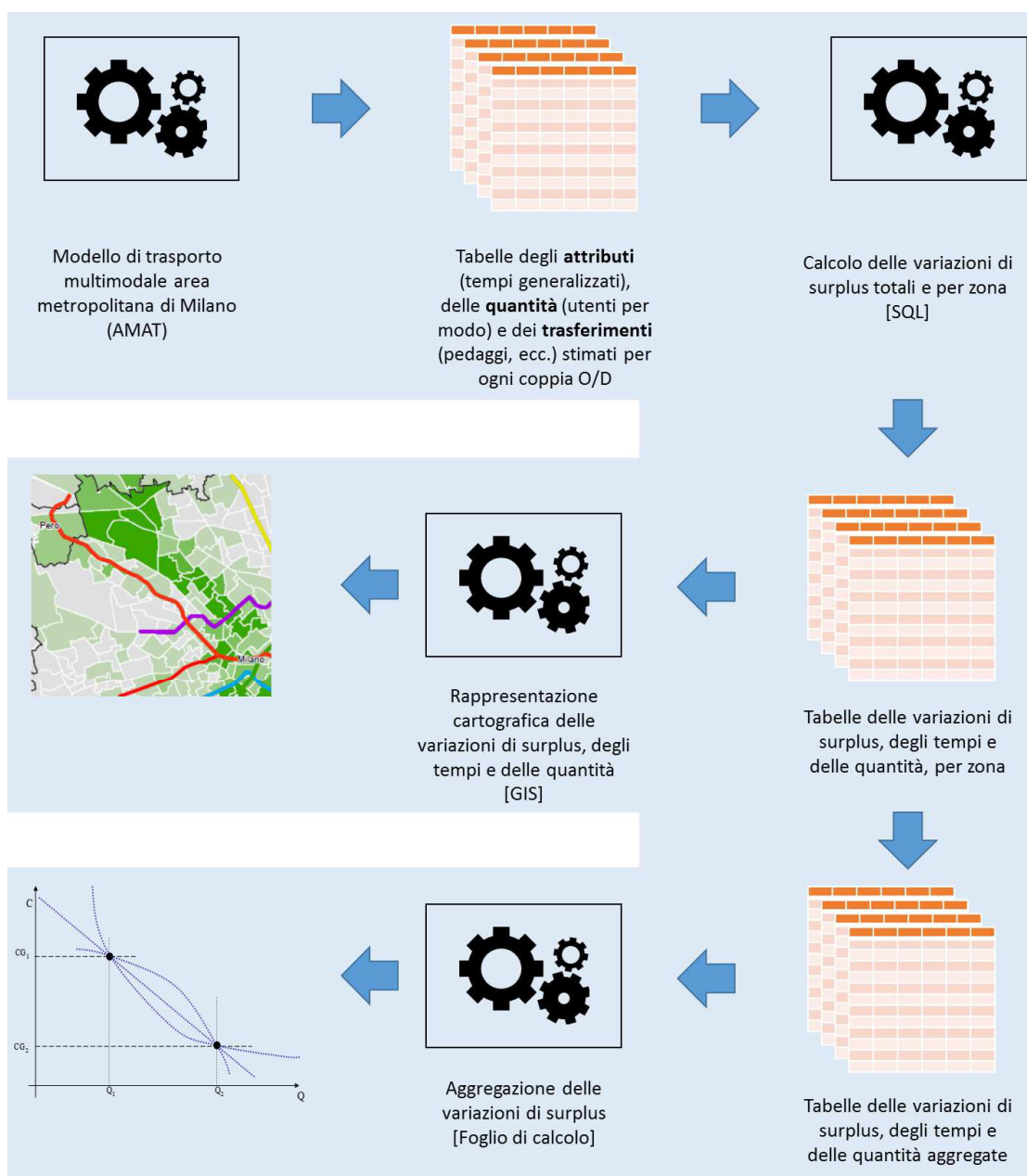
Come spiegato nel capitolo 3, la variazione di surplus per gli utenti viene calcolata direttamente derivando i valori di utilità sistematica dal modello multimodale di AMAT, opportunamente convertiti nel loro corrispondente monetario: il costo generalizzato. In questo paragrafo si descrive brevemente la procedura adottata, illustrata in figura.

Per ogni scenario simulato, sono state esportate dal modello di AMAT le tabelle riguardanti, per ogni coppia origine-destinazione, gli attributi degli spostamenti (tempi generalizzati, oltre ad alcune componenti disaggregate necessarie per bilanciare i trasferimenti) e le quantità di utenti in movimento.

Queste tabelle sono state da noi elaborate (mediante *query* SQL) per calcolare le variazioni di surplus totali e per zona, trasformando poi i tempi generalizzati in costi generalizzati attraverso i valori del tempo (si veda la **Tabella 5** allegata in fondo al volume per i valori utilizzati).

Queste variazioni sono quindi state aggregate tramite un foglio di calcolo per essere utilizzate del modello ACB e trattate tramite un software GIS per generare le cartografie con le variazioni disaggregate per zona incluse nei quaderni degli scenari.

Le variazioni di surplus sono state calcolate con il metodo del *logsum*, ma è stato svolto un test di consistenza anche con la regola del mezzo.¹²



¹² Il test ha confermato che la regola del mezzo è in grado di restituire una buona stima della variazione di surplus negli scenari singoli (i benefici calcolati con la regola del mezzo sono solitamente l'80-95% dei quelli calcolati con il logsum); negli scenari di piano invece i valori calcolati con i due metodi tendono a divergere.

4.6 LE ESTERNALITÀ (TRADIZIONALI E CONSOLIDATE): INCIDENTALITÀ ED AMBIENTE

Nella quantificazione degli effetti esterni delle azioni di piano sono stati considerati tutti gli effetti normalmente considerati e per cui esiste una letteratura consolidata:

- Inquinamento atmosferico
- Cambiamento climatico
- Incidenti, sicurezza
- Salute
- Rumore
- Consumo delle infrastrutture
- Effetti up- e downstream

La letteratura fornisce valori di costo esterno unitari espressi in €/cent/veicolokm per tutti i tipi di veicoli a motore principali, facendo riferimento a contesti metropolitani densi. Si utilizza la più recente delle fonti, cioè l'aggiornamento del manuale europeo sui costi esterni (Korzhenevych et al., 2014), ove essa riporta quanto necessario. Poiché le emissioni dipendono dal mix di veicoli nella flotta all'anno di riferimento (cioè quante auto a benzina <1.4 cc Euro 4, quante Euro 5, etc.) si ipotizza per la nostra stima che al 2024 la flotta sia composta al 50% di auto Euro 5 e al 50% di auto Euro 6. Per i bus, 100% Euro 6.¹³

Per i mezzi elettrici o per gli effetti non inclusi nello studio, si utilizzano altre fonti specifiche, elencate in tabella.

SCENARIO 2024, attualizzazione 1%	auto	moto	bici	piedi	metro	tram/filobus	bus
Inquinamento atm.	-0,67	-0,59 [^]			-25,38 ^{**}		-2,12
Cambiamento clim.	-2,86	-1,02					-8,26
Incidenti, sicurezza	-0,67	-1,67	-3,35 [*]				
Rumore	-0,98	-1,97					-4,91
Consumo infrastrut.	-0,89	-0,33				-3,01	-3,01
Up&downstream eff.	-1,34	-0,48					
Totale	-7,42	-6,08	37,37	20,36	-25,38	-3,01	-18,30

Il segno negativo indica un costo esterno, quello positivo un beneficio esterno. Ove non specificato, fonte: elaborazione su Korzhenevych et al., 2014. *: 14 volte costo auto nel 2015. 5 Volte nel 2024. Fonte: **: 80% del valore utilizzato in AMAT, 2012. ^: elaborazione da Beria et al. (2012), ipotizzando Motorini 80%, Moto 20% e riduzione del 20% nel 2024 rispetto al valore di riferimento.

La congestione non è qui considerata perché è calcolata analiticamente dal modello e già inclusa nel surplus dei consumatori.

I costi esterni qui elencati costituiscono una stima sufficientemente accurata per quasi tutti gli scenari successivi. Verranno invece **trattati a parte** (nei capitoli successivi o nelle singole valutazioni) i seguenti aspetti:

1. I benefici di salute della mobilità attiva (si veda il paragrafo 4.8.1);

¹³ Rispetto alle emissioni calcolate analiticamente nel Rapporto Ambientale, la nostra stima è più semplificata e introduce alcune differenze, che meritano un commento. Utilizzando i fattori di emissione simulati da AMAT nel rapporto e monetizzandole con i valori di input di Korzhenevych et al. (2014), il costo totale delle emissioni da inquinanti locali risulta molto simile, poiché entrambi derivano dal modello Copert 10. Al contrario le emissioni di CO2 alla base delle nostre stime (e del manuale europeo) sono ferme all'Euro IV e risultano dunque più alte di quelle stimate analiticamente da AMAT. Essa definisce invece più correttamente le emissioni Euro V e VI e ipotizza una penetrazione maggiore dei veicoli ibridi, risultando in emissioni future dello scenario di Riferimento inferiori. Noi abbiamo preferito mantenere la medesima fonte per motivi di confrontabilità, sebbene essa determini benefici da cambio modale maggiori rispetto a quelli che avremmo avuto mantenendo la coerenza interna dei fattori di emissione. Sebbene non in favore di sicurezza, l'entità del nostro "errore" (come è possibile verificare dalle singole schede di valutazione) non è in grado di mutare il risultato dell'ACB, facendo privilegiare eccessivamente opzioni pro-cambio modale.

2. Gli inquinanti locali, quali il black carbon, saranno quantificati esplicitamente nel Rapporto Ambientale, ma non sono qui monetizzati. Dunque, i benefici del PUMS saranno sottostimati per questa componente;
3. Non viene calcolato analiticamente l'effetto in termini di aumentata sicurezza di contesti a velocità ridotta (Zone 30), che vengono invece trattate parametricamente come tutti gli altri scenari. Questo, non cogliendo il principale beneficio delle Zone 30, ne sottostima sostanzialmente la fattibilità. Ciò verrà discusso nel paragrafo corrispondente (5.7).

4.7 CORREZIONE DEI TRASFERIMENTI

Il costo generalizzato dello spostamento, utilizzato per calcolare la variazione di surplus degli utenti del sistema di trasporto, è costruito sulla base dei costi percepiti. Questi costi, come anticipato nel precedente paragrafo, non includono le esternalità negative associate allo spostamento (che sono un costo sociale, poiché rappresentano risorse consumate), ma possono includere voci che non rappresentano un costo sociale, poiché sono associate a **trasferimenti interni alla collettività** e non a risorse consumate. Sono cioè costi percepiti dai consumatori e quindi descritti dal modello AMAT e inclusi nel surplus del consumatore, ma che sono in realtà trasferimenti e non costi. E' questo il caso delle **tasse** (per i modi AUTO e MOTO), dei **pedaggi** (AreaC, per il modo AUTO) e delle **tariffe** (di sosta, per il modo AUTO, e di utilizzo, per il TPL). Per questo motivo, poiché le variazioni di queste voci sono state attribuite agli utenti del sistema di trasporto attraverso la variazione di costo generalizzato (che le include), è necessario controbilanciare l'analisi considerandone la variazione uguale e contraria per l'amministrazione pubblica.

A titolo di esempio, si immagini un utente che nello scenario di riferimento si sposta con il modo AUTO, sostenendo – oltre alle altre componenti di tempo e costo – anche 1 € di tasse sul carburante ed 1,5 € di tariffa per la sosta, mentre nello scenario di intervento si sposta con il TPL, sostenendo anche 2 € di biglietto. Queste voci sono trasferimenti interni alla collettività e – perché tali siano anche nell'analisi costi-benefici – è necessario bilanciare queste voci considerando una riduzione di tasse sul carburante pari ad 1 € per lo Stato, una riduzione di ricavi da sosta per 1,5 € ed un aumento di ricavi da TPL per 2 € per il Comune. L'effetto netto nel NPV sarà dunque nullo, come è corretto che sia.

Per stimare la **variazione di entrate da tassazione sui carburanti**, si è moltiplicata la variazione di distanze totali percorse con i modi AUTO e MOTO per una tassazione unitaria media in contesti urbani pari a **5,85 centesimi di Euro al chilometro** per le AUTO ed a **0,852 centesimi di Euro a chilometro** per le MOTO (nostra elaborazione su Beria e Grimaldi, 2011).

Per stimare la **variazione di ricavi da tariffe del TPL** si è moltiplicata la tariffa media associata nel modello di AMAT ad ogni spostamento per ogni coppia O/D per il numero di spostamenti effettuati sulla stessa coppia O/D. La variazione è data semplicemente dalla differenza tra i due valori totali nello scenario di riferimento e nello scenario d'intervento.

Per stimare la **variazione di ricavi da sosta** si è moltiplicata la tariffa media associata nel modello di AMAT ad ogni spostamento per ogni coppia O/D – diversa per ognuno dei sette motivi di viaggio in ragione del diverso tempo di permanenza a destinazione - per il numero di spostamenti effettuati per i diversi motivi di viaggio sulla stessa coppia O/D. La variazione è data semplicemente dalla differenza tra i due valori totali nello scenario di riferimento e nello scenario d'intervento.

Per stimare la **variazione di ricavi da AreaC** si sono usati due metodi differenti:

- per gli scenari di intervento che non prevedono modifiche alla struttura di AreaC, si è semplicemente misurata la variazione di spostamenti in ingresso nella Cerchia dei Bastioni stimata dal modello, moltiplicandola per un valore medio di ricavo per il Comune, stimato da AMAT in **1,78 € a veicolo** (tenendo in considerazione il coefficiente di riempimento medio delle auto di 1,2);
- per gli scenari di intervento che prevedono modifiche alla struttura di AreaC, (i quattro sotto-scenari dello scenario "AreaC" e gli scenario di piano PUMS_Base, PUMS_AC e PUMS_AC-M6) è stato invece necessario costruire, sempre a partire dal modello, una matrice degli spostamenti tra le quattro macro-zone (Cerchia dei Bastioni, Cerchia Filoviaria, Confine comunale ed Esterna) ed una matrice delle tariffe tra le stesse utilizzando la stessa proporzione attuale per determinare il ricavo medio corrispondente a 2,5€.

Riferimento

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.619	1.398	1.821	2.828	Bastioni	0,0			
Filoviaria	1.027	3.939	5.239	7.982	Filoviaria	1,78			
Confine	2.105	7.348	26.412	32.549	Confine	1,78			
Esterno	3.873	13.828	48.871	76.436	Esterno	1,78			

AreaC – filo (ampliamento cordone alla cerchia filoviaria, 2,5€)

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.617	1.410	1.838	2.844	Bastioni	0,00			
Filoviaria	1.618	3.984	5.321	8.040	Filoviaria	0,00	0,00		
Confine	2.649	6.140	25.788	32.240	Confine	0,89	0,89		
Esterno	4.762	11.716	47.752	76.334	Esterno	0,89	0,89		

AreaC – filo2 (ampliamento cordone alla cerchia filoviaria, 5€)

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.638	1.419	1.848	2.855	Bastioni	0,00			
Filoviaria	1.664	4.019	5.363	8.064	Filoviaria	0,00	0,00		
Confine	2.263	5.310	25.754	32.166	Confine	1,78	1,78		
Esterno	4.081	10.418	48.159	76.356	Esterno	1,78	1,78		

AreaC – doppia (due cordoni, tariffa 2,5€ + 2,5€)

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.622	1.413	1.842	2.849	Bastioni	0,00			
Filoviaria	1.309	3.991	5.322	8.033	Filoviaria	0,89	0,00		
Confine	2.193	6.245	25.937	32.246	Confine	1,78	0,89		
Esterno	4.003	12.065	48.251	76.355	Esterno	1,78	0,89		

AreaC – doppia2 (due cordoni, tariffa 5€ + 5€)

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.634	1.421	1.852	2.860	Bastioni	0,00			
Filoviaria	1.050	4.017	5.358	8.058	Filoviaria	1,78	0,00		
Confine	1.474	5.323	25.773	32.159	Confine	3,56	1,78		
Esterno	2.592	10.462	48.208	76.359	Esterno	3,56	1,78		

Riferimento_15 (PUMS)

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.618	1.396	1.819	2.840	Bastioni	0,0			
Filoviaria	1.025	3.935	5.235	7.996	Filoviaria	1,78			
Confine	2.093	7.330	26.405	32.570	Confine	1,78			
Esterno	3.884	13.917	49.104	76.437	Esterno	1,78			

PUMS – Base

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.573	940	1.434	2.681	Bastioni	0,0			
Filoviaria	591	2.861	4.011	7.802	Filoviaria	1,78			
Confine	1.164	4.568	21.313	31.345	Confine	1,78			
Esterno	2.015	8.756	41.966	75.974	Esterno	1,78			

PUMS – AreaC

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.585	948	1.447	2.693	Bastioni	0,00			
Filoviaria	881	2.893	4.080	7.857	Filoviaria	0,00	0,00		
Confine	1.449	3.878	20.960	31.039	Confine	0,89	0,89		
Esterno	2.552	7.451	41.347	75.892	Esterno	0,89	0,89		

PUMS – AreaC e M6

Spostamenti (ora di punta)					Tariffe (€)				
O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno	O\D	Bastioni	Filoviaria	Confine	Esterno
Bastioni	1.578	930	1.399	2.654	Bastioni	0,00			
Filoviaria	867	2.867	3.982	7.804	Filoviaria	0,00	0,00		
Confine	1.405	3.782	20.564	30.758	Confine	0,89	0,89		
Esterno	2.492	7.287	40.843	75.872	Esterno	0,89	0,89		

4.8 GLI EFFETTI DI SECONDO ORDINE E L'ANALISI ESTESA

Tutte le voci di costo e di beneficio descritte nei precedenti capitoli 4.1 - 4.7 vanno a determinare il Valore Netto Presente (NPV) di base del progetto. Comprendono tutti e soli gli effetti principali attribuibili ad un progetto infrastrutturale o a politiche di trasporto, tralasciando:

- i. alcuni elementi che caratterizzano politiche specifiche, che presentano un uso non ancora del tutto consolidato nella pratiche e nelle principali linee guida;
- ii. effetti non monetizzabili, come valori estetici, ecc.;

iii. effetti macroeconomici.

Il presente capitolo discute uno degli elementi normalmente non considerato dalle linee guida, cioè l'effetto (positivo) delle politiche di mobilità ciclo-pedonale sulla salute delle persone. Questo è il tipico caso di beneficio complesso da quantificare e monetizzare, ma significativo solo in pochi casi. Poiché però il PUMS presta particolare attenzione alle politiche per la mobilità attiva, è stato necessario considerarlo nella valutazione delle stesse. Si è però preferito non considerarlo nella ACB base perché non esistono valori di letteratura consolidati per l'Italia, non essendo mai stato applicato prima.

Inoltre, viene qui descritto brevemente il modo (semplificato) con cui vengono trattati gli effetti macroeconomici degli investimenti.

Tutti e tre questi effetti sono stato esclusi dall'ACB base, ma **considerati in una ACB "estesa"**, da utilizzarsi come valore di confronto. Mentre nella maggior parte dei progetti questi elementi ulteriori non cambiano il risultato dell'analisi, in alcuni specifici casi si può affermare che l'ACB base non è sufficientemente esaustiva e che il risultato più realistico è quello dell'ACB estesa.

4.8.1 I benefici esterni dei modi attivi

Gli spostamenti effettuati con i modi attivi (a piedi o in bici) comportano uno **sforzo fisico** che si traduce in un costo generalizzato più elevato ed in una conseguente minore propensione al loro uso (insieme all'insicurezza percepita per la convivenza con altri veicoli stradali più grandi). Tuttavia, l'utilizzo di questi modi – oltre ad evitare gli impatti negativi delle altre modalità di trasporto private e pubbliche, già descritti in precedenza – comporta **anche dei benefici esterni che sono correlati proprio a questo sforzo fisico**; infatti come indicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2014) l'inattività fisica è un serio problema di salute nei paesi occidentali, che si riflette in costi sanitari più elevati.

Così, ad ogni chilometro percorso con questi modi di trasporto è dunque associato un beneficio esterno per la collettività in termini di minori spese sanitarie, non direttamente percepito dall'utente.¹⁴

Ad oggi purtroppo, il numero di studi che forniscano valori chilometrici di beneficio esterno di salute è ancora piuttosto ridotto, ed i valori suggeriti non sono del tutto convergenti. Per esempio *TemaNord* (2005) suggerisce valori compresi tra 0,21 e 0,36 €/km di beneficio esterno per Svizzera, Norvegia, Regno Unito e Danimarca, mentre il Dipartimento dei Trasporti britannico (DfT, 2009) suggerisce valori compresi tra 0,29 e 0,44 €/km. Valori apparentemente molto lontani, meno di 0,03 €/km, vengono invece indicati da *PriceWaterhouseCoopers* (PWC, 2009).

Ipotizzando una ripartizione tra i chilometri percorsi per il 60% a favore della bici rispetto alla pedonalità, abbiamo utilizzato un valore di **beneficio esterno di 0,365 €/km** per i chilometri percorsi con il modo composito "PiBici", che attualizzato al 2024 dà oltre **40 €cent/km** di beneficio esterno.

4.8.2 Possibili Wider Economic Effects

L'Analisi Costi Benefici standard (quella cioè codificata a partire dagli anni '70 e oggi comunemente usata come strumento obbligatorio di supporto alla decisione in quasi tutti i paesi europei) si occupa innanzitutto della valutazione dei benefici socio-economici diretti rispetto ai costi socio-economici diretti, tenendo conto dei costi ambientali ed esterni in genere. La nostra valutazione di base tiene conto di questi aspetti.

Tuttavia, agli investimenti infrastrutturali specialmente in ambito urbano, è associato spesso anche un significato macroeconomico: oltre ai benefici diretti (ad esempio la riduzione dei costi di trasporto), si potrebbero computare anche benefici indiretti

¹⁴ In realtà una parte di tale beneficio viene sempre di più percepita dagli utenti, come dimostrato da Börjesson ed Eliasson (2012)

all'economia nel suo complesso, eventualmente non direttamente catturati dal concetto di beneficio diretto.

Secondo le varie fonti, gli effetti che generano benefici *wider*, sono:

- economie di agglomerazione;
- crescita economica di lungo termine, in termini di aumento del PIL procapite, della produttività, dell'occupazione di lungo termine;
- ampliamento del mercato del lavoro;
- effetto rete;
- effetti sulla coesione sociale e sull'attrattività urbana.

E' difficile una quantificazione di essi, soprattutto senza incorrere nell'errore dei doppi conteggi, e solo pochi autori si avventurano su questa strada. Il più significativo tra essi è la sezione 3.5.14 della guida WebTAG inglese (DfT, 2006), che propone una metodologia dettagliata e schematica per la stima degli stessi.

La quantificazione di tali benefici relativamente a progetti reali si trova in relativamente poche fonti. Per una breve rassegna si veda quanto già scritto in AMAT (2012). I valori di benefici aggiuntivi individuati sono comunque compresi tra 0% e il 30% dei benefici diretti, a parte qualche caso particolare relativo a *bottleneck* puntuali.

Per la nostra analisi si utilizza un **test semplificato, assimilabile ad una *sensitivity analysis***: al NPV viene aggiunto un extra-beneficio pari al 20% della variazione di surplus degli utenti. Esso tiene idealmente conto dei benefici economici non catturati dai benefici diretti (in genere, effetti sul mercato delle abitazioni e del lavoro ed effetti da "economie di agglomerazione" per le imprese).

4.8.3 Il costo opportunità marginale dei fondi pubblici

La considerazione che un aumentato prelievo fiscale incide negativamente sull'indebitamento dello Stato e sulla produttività di imprese e lavoratori, fa ritenere che si possa attribuire alla spesa pubblica un prezzo-ombra maggiore di uno. Questo concetto si chiama costo-opportunità marginale dei fondi pubblici (COMFP). Per tutti gli scenari si utilizza un **valore convenzionale pari a 1,15 per ogni tipo di costo di investimento e di esercizio**.

In termini semplici, l'introduzione del concetto e l'uso di un COMFP pari al +15%, significa che se la spesa per un investimento pubblico o una spesa pubblica alza le tasse di 1€, è necessario ottenere un beneficio da tale investimento pari ad almeno 1,15€. Al contrario, se l'investimento di 1€ dà un beneficio di solo 1€ (cioè il NPVe è 0 e l'investimento è socialmente indifferente secondo lo schema precedente), si ha una perdita sociale di 15 centesimi dovuta agli effetti negativi dell'aumento della pressione fiscale o dell'ulteriore indebitamento (di 1€, appunto).¹⁵

4.9 CONSIDERAZIONI SULL'IMPATTO FINANZIARIO

L'aver calcolato in modo esplicito nell'analisi socio-economica anche i trasferimenti interni alla collettività, quali tasse e tariffe pagate dagli utenti, permette di svolgere considerazioni sull'impatto finanziario degli scenari analizzati.

In particolare è possibile individuare i flussi di cassa finanziari per i diversi livelli amministrativi coinvolti dagli scenari di piano: Comune di Milano e Stato italiano.

Le indicazioni vengono costruite imputando ai diversi soggetti le voci calcolate nell'analisi costi-benefici socio-economica (ACBe).

Per quanto riguarda i costi d'investimento (ed il relativo valore residuo), in assenza di maggiori indicazioni, si ipotizza che essi siano ripartiti nel seguente modo:

¹⁵ Si segnala che vi sono autori o linee guida che ritengono che il COMFP sia pari a 1, cioè che il NPVe calcolato nel precedente paragrafo (con la metodologia tradizionale) sia già quello corretto. Per una rassegna si veda HEATCO (2006), dove si indica un valore di 1, ma contemporaneamente si suggerisce di scartare i progetti con rapporto B/C inferiore a 1,5.

- 20% al Comune di Milano ed 80% allo Stato italiano per gli investimenti “pesanti” (infrastrutture stradali, tranviarie e metropolitane, manutenzione straordinaria);
- 100% al Comune di Milano per gli investimenti di tipo “leggero” o locale (itinerari ciclabili, Zone 30, interventi di prioritizzazione del TPL, ecc.).

Per gli scenari PUMS (si veda paragrafo 6.2.2), la quota di cofinanziamento verrà calcolata esplicitamente in base al mix di azioni, sulla base di queste stesse ipotesi.

Sono inoltre stati interamente attribuiti al Comune di Milano tutti i costi di esercizio e di manutenzione delle nuove infrastrutture e dei nuovi servizi, così come la variazione di tutte le tariffe.

Tutti questi valori, del tutto ipotetici, sono certamente cautelativi, essendo possibile per il Comune di Milano **accedere ad altri canali di finanziamento per azioni specifiche**, come cofinanziamenti europei, bandi specifici, cofinanziamento di altri enti (comuni esterni, Regione, etc.).

Per ogni scenario si ottiene quindi una tabella di flussi finanziari come la seguente, relativi all'anno 2024.

	Stato	Comune di Milano	
Costo di investimento (rata annua)	0	-0,25	M€/anno2024
Costi di manutenzione reti	0	-0,03	M€/anno2024
Costi di esercizio - nuovi	0	0	M€/anno2024
Costi di esercizio - cessanti	0	0	M€/anno2024
Tassazione carburanti	-6,65		M€/anno2024
Variazione ricavi TPL	1,27	12,74	M€/anno2024
Variazione ricavi Parcheggi	0,14	0,65	M€/anno2024
Variazione ricavi AreaC	-	20,29	M€/anno2024
Bilancio flussi finanziari	-5,23	33,40	M€/anno2024

Lasciando ad una più circostanziata analisi finanziaria la costruzione del vero cash flow dell'operazione, la tabella da **un'indicazione di massima della ripartizione degli oneri** tra Comune (e Regione, nel caso delle tariffe TPL) e Stato.

La componente di investimento è stata determinata come se tutti gli investimenti fossero finanziati con debito, da rimborsarsi in 20 anni ad un tasso del 5%.

Le variazioni di ricavi TPL sono state interamente attribuite al Comune di Milano, nel suo ruolo di pianificatore e concedente del trasporto pubblico della città di Milano: tale valore è sovrastimato nella sua attribuzione al Comune, poiché include spostamenti che avvengono parzialmente su servizi di competenza Regionale o di altre amministrazioni.

Le partite per lo Stato comprendono anche le accise sui carburanti perdute in caso di riduzione delle percorrenze e l'IVA pagata su biglietti TPL, Parcheggi e Area C.

4.10 LA TABELLA DI VALUTAZIONE SINTETICA E IL QUADERNO DEGLI IMPATTI SPAZIALI

Per la valutazione di tutti gli scenari esplorativi e di tutti gli scenari di PUMS, è stato predisposto un formato uniforme che raccolga tutti gli aspetti considerati, i risultati numerici parziali e finali e numerose rappresentazioni cartografiche degli effetti. Tutto ciò è raccolto, per ogni singolo progetto, in due “Quaderni”, così suddivisi:

QUADERNO 1	QUADERNO 2
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tabella di Valutazione Sintetica; ▪ Cartografie; <ul style="list-style-type: none"> i. Variazione surplus consumatori totale, per O ii. Variazione surplus consumatori unitario, per O iii. Variazione passeggeri in auto, per O iv. Variazione passeggeri TPL, per O v. Variazione passeggeri a piedi ed in bici, per O vi. Variazione surplus consumatori totale, per D vii. Variazione surplus consumatori unitario, per D viii. Variazione passeggeri in auto, per D ix. Variazione passeggeri TPL, per D x. Variazione passeggeri a piedi ed in bici, per D 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cartografie: <ul style="list-style-type: none"> xi. Variazione % passeggeri in auto, per O xii. Variazione % passeggeri TPL, per O xiii. Variazione % passeggeri a piedi ed in bici, per O xiv. Variazione % tempi auto, per O xv. Variazione % tempi TPL, per O xvi. Variazione % distanze auto, per O xvii. Variazione % distanze TPL, per O xviii. Variazione % passeggeri in auto, per D xix. Variazione % passeggeri TPL, per D xx. Variazione % passeggeri a piedi ed in bici, per D xxi. Variazione % tempi auto, per D xxii. Variazione % tempi TPL, per D xxiii. Variazione % distanze auto, per D xxiv. Variazione % distanze TPL, per D

I quaderni contengono tutte le analisi fatte e sono lo strumento per il supporto alla decisione.

4.10.1 La Tabella di Valutazione Sintetica

La Tabella di Valutazione Sintetica riporta tutti i risultati dell'ACB economica, di quella finanziaria, dell'analisi di sensitività, dell'analisi distributiva. Tutti gli aspetti sono trattati qualitativamente e quantitativamente e vengono date alcune informazioni sulle ipotesi utilizzate per la valutazione. La Tabella è "ispirata" alle *Appraisal Summary Table* che corredano ogni progetto valutato nel Regno Unito, ma contiene molte altre informazioni.

La figura seguente dà indicazioni per la lettura della tabella:

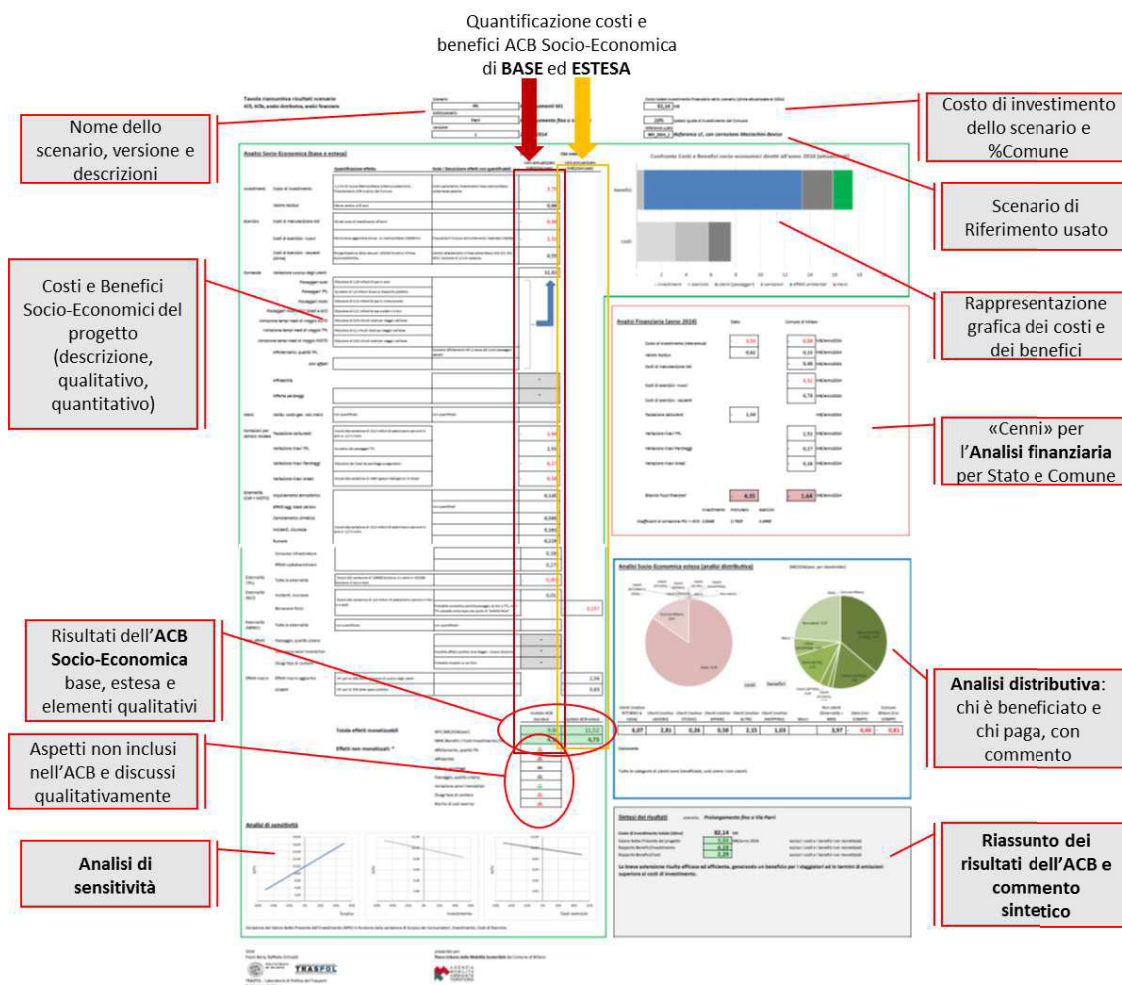
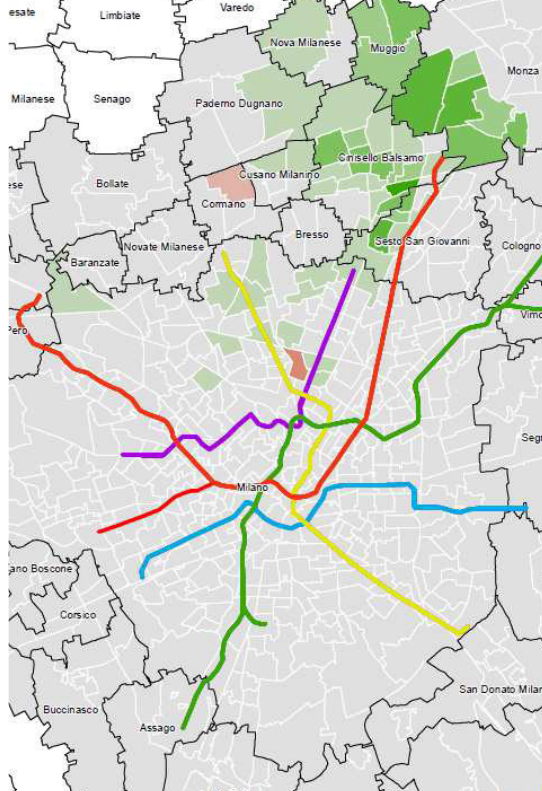


Figura 3. Scheda di lettura della Tabella di Valutazione Sintetica

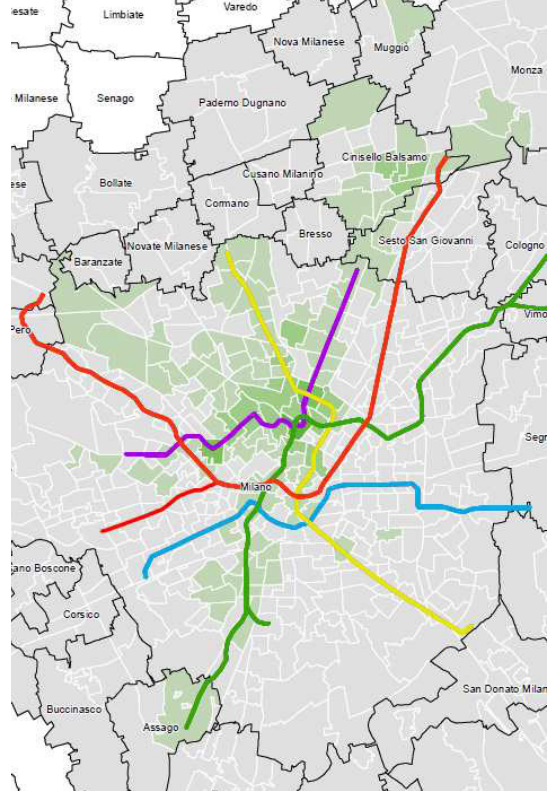
4.10.2 Cartografie

Le cartografie forniscono ulteriore supporto alla valutazione, permettendo di visualizzare nello spazio gli effetti principali dell'azione o dell'investimento. Ad esempio, sarà possibile vedere come a beneficiare degli effetti di un prolungamento siano sia gli abitanti più prossimi, sia quelli di altre zone che li sono destinati o che beneficiano della decongestione della rete stradale. Allo stesso modo, viene mostrato l'effetto e l'estensione del cambio modale.

Variation surplus users in ORIGINE, esempio



Variation surplus users in DESTINAZIONE, esempio



5 RISULTATI – FASE 1, INTERVENTI SINGOLI

La prima tornata di analisi e valutazioni ha riguardato oltre cinquanta scenari o varianti di tipo “mono-intervento”, cioè relative ad un’unica azione di piano, quale ad esempio un singolo prolungamento o uno scenario di estensione di Area C.

Queste analisi sono state propedeutiche alla successiva fase, che ha riguardato un numero limitato di scenari di piano, **costituiti ciascuno da un insieme coerente di politiche e di investimenti diversi** (Capitolo 6 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). La preliminare valutazione di singole azioni permette invece di valutare l’effetto singolo delle stesse, indipendentemente dall’effetto combinato (o semplicemente sovrapposto) di azioni diverse. Come è facile comprendere, valutare fin da subito direttamente una gamma articolata di azioni avrebbe potuto nascondere effetti positivi o negativi al disotto dell’effetto di altre politiche, portando quindi ad una definizione errata degli scenari finali. Al contrario, la valutazione delle azioni singolarmente fa perdere gli effetti talora sinergici tra esse (ad esempio l’effetto combinato di Estensione della Sosta e Estensione di Area C è diverso dalla somma dei due effetti), che verranno dunque valutate e commentate nel seguito.

Nei paragrafi seguenti verranno commentate diverse azioni in gruppi di alternative, facendo riferimento alle Tabelle di Valutazione Sintetica allegate e alle relative cartografie degli impatti sugli utenti. I risultati verranno riassunti e commentati nel paragrafo finale.

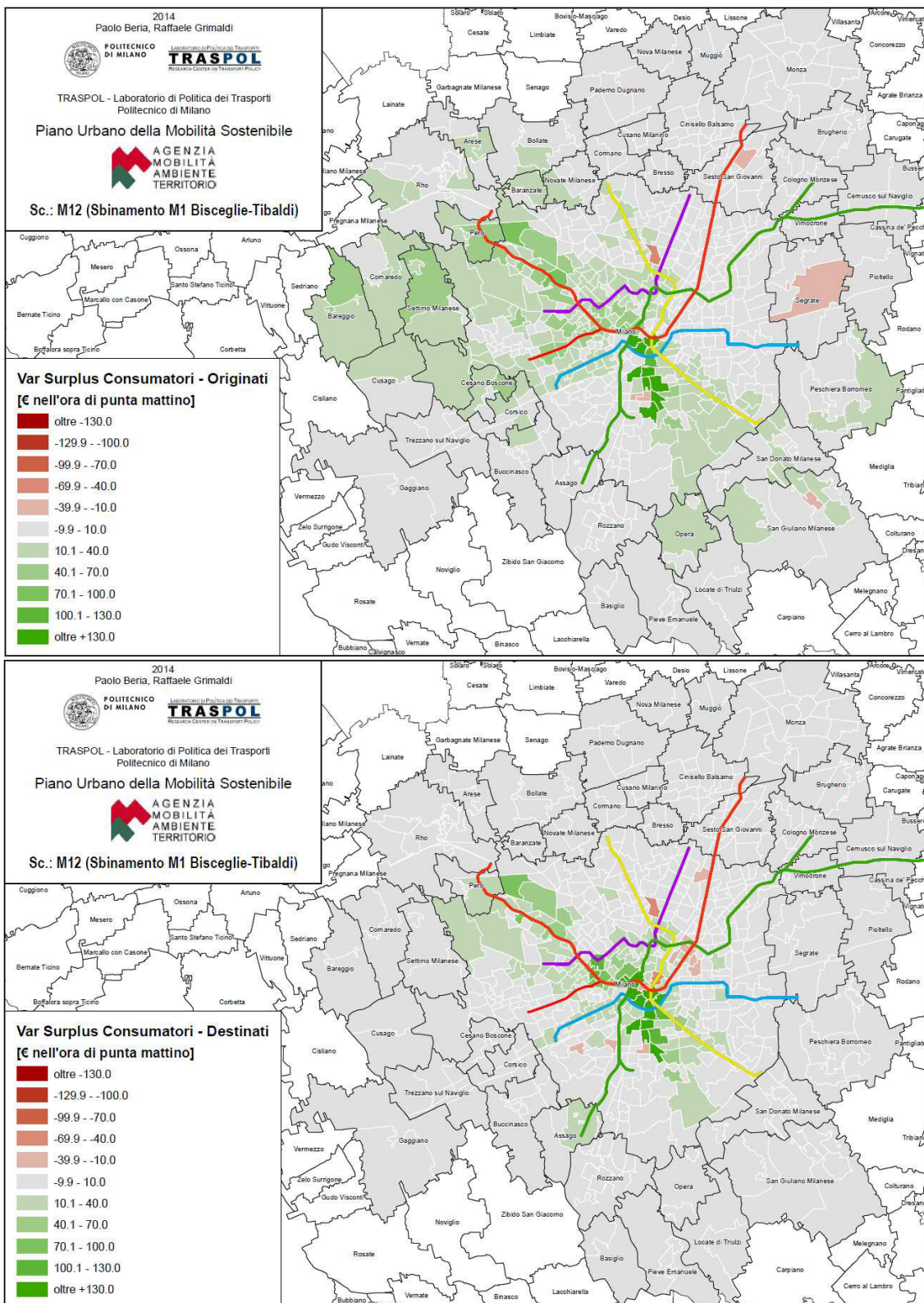
5.1 PROGETTI DI NUOVE LINEE DI FORZA CONTENUTI NEL PGT

Al fine di impostare scenari di pianificazione socio-economicamente efficienti, si sono valutati alcuni progetti di grande scala sul tavolo, cioè:

- l’integrale attuazione delle nuove linee del PGT, come metrotranvie e metropolitane tradizionali.
- l’integrale attuazione delle nuove linee del PGT, come metrotranvie e metropolitane leggere automatiche.
- Lo sbinamento della M1 da Pagano a Cadorna, con prolungamento fino a Tibaldi, denominato M12.

Tutti e tre gli scenari presentano, evidentemente, costi di investimento importanti, nell’ordine dei miliardi di Euro. Sono stati ipotizzati infatti 4.000 M€ nel caso di realizzare per il PGT metropolitane tradizionali (meno costose in costruzione, ma più costose in esercizio), 5.400 M€ per la versione con metropolitane automatiche e 700 M€ per la sola M12. I benefici per gli utenti, sebbene molto grandi in valore assoluto, non sono però tali da controbilanciare il lato costi, anche includendo la riduzione di costi ambientali, risultando per tutte e tre le opzioni in **indicatori Costi Benefici negativi**.

Ad esempio, la M12 genererebbe un beneficio per gli utenti (in forma di minori costi del TPL, ma anche riduzione della congestione) di circa 30 M€/anno, a fronte di costi aggiuntivi del solo esercizio di circa 20 M€/anno e 35 di costruzione. Come mostra l’immagine seguente, l’impatto positivo in origine è circoscritto alle zone del ramo sud della M12 (dove è di fatto una nuova metropolitana) e in misura molto minore alle zone dei due rami ovest della M1, entrambi con frequenza aumentata. In destinazione l’effetto è principalmente verso il centro ed è quasi irrilevante per il ramo di Bisceglie.



Gli altri scenari con tutte le infrastrutture del PGT presentano rapporti B/C leggermente migliori, ma comunque nel campo negativo. **Questo risultato negativo vale anche considerando l'indicatore comprendente i benefici e i costi di natura macroeconomica**, che certamente avrebbero un ruolo data la dimensione del progetto. La differenza tra i due scenari, identici per impatto sui passeggeri, risiedono nella diversa distribuzione dei costi di costruzione – maggiori nel caso di metropolitane automatiche – e di esercizio – maggiori per le metropolitane tradizionali. Per lo scenario si è tenuto conto anche di un risparmio parametrico di costi di esercizio dell'esistente piuttosto significativo, pari a 47 M€/anno (su oltre 600 del contratto ATM).

In ogni caso, lo scenario con metropolitane automatiche risulta migliore nell'orizzonte considerato, sebbene richieda un investimento iniziale di entità decisamente superiore.

5.2 PROLUNGAMENTI DELLE LINEE METROPOLITANE

5.2.1 Prolungamenti M1

Sono stati analizzati i seguenti prolungamenti della linea M1:

- Bisceglie – via Parri.
- Bisceglie – via Parri, Via Gozzoli.
- Bisceglie – via Parri, Via Gozzoli, Baggio entrata Tangenziale Ovest.

A questo livello progettuale non è ancora possibile stabilire con precisione i costi di investimento per le varianti corte, tutte in sotterranea, che sono state quindi determinate parametricamente sulla base dei costi storici dell'area milanese indicati in precedenza (paragrafo 4.4.1). Inoltre, non è stato incluso l'eventuale costo di un nuovo deposito, perché non funzionale al prolungamento stesso e per cui non sono stati quantificati gli eventuali benefici.

Le analisi costi benefici prodotte mostrano una **performance positiva per tutte e tre le alternative**, con risultati decrescenti con la lunghezza.

Infatti, il risultato migliore lo presenta il prolungamento breve fino a via Parri, che intercetta quasi tutti i benefici (12,8 M€ di benefici per gli utenti all'anno, oltre a 1,6 M€/anno di benefici ambientali), rispetto agli scenari più lunghi (14,3 + 1,8 M€/anno per Parri Gozzoli e 18,3 + 2,1 M€/anno per la versione lunga fino a Baggio), ma con un costo ipotizzato molto inferiore (78 M€, contro 123 M€ e 182 M€, rispettivamente).

Esso dunque risulta relativamente più efficiente, ma **tutto il prolungamento è socialmente vantaggioso qualora vi siano sufficienti risorse disponibili**.¹⁶

5.2.2 Prolungamenti M2

Sono stati analizzati i seguenti prolungamenti della linea M2:

- Cologno Nord – Brugherio in superficie.
- Cologno Nord – Brugherio in sotterraneo.
- Cologno Nord – Vimercate in tracciato misto superficie – sotterraneo (come da progetto MM).
- Assago – Rozzano in superficie.
- Assago – Rozzano 50% superficie 50% sotterraneo.

Anche in questo caso il livello progettuale è tale da non essere ancora possibile stabilire con precisione i costi di investimento per le varianti corte (Brugherio e Rozzano), il cui costo è stato quindi determinato parametricamente sulla base dei costi storici dell'area milanese. Per la variante su Vimercate esistono invece stime legate a studi di fattibilità, che sono state quindi prese in considerazione e rese coerenti con i costi parametrici usati per gli altri scenari.

In questa fase preliminare relativa ai progetti singoli non è stato conteggiato l'eventuale costo di rifacimento del sistema di segnalamento di M2, in analogia con quanto già fatto con M1. Esso, tuttavia, è stato **incluso nello scenario PUMS** (vedi oltre).

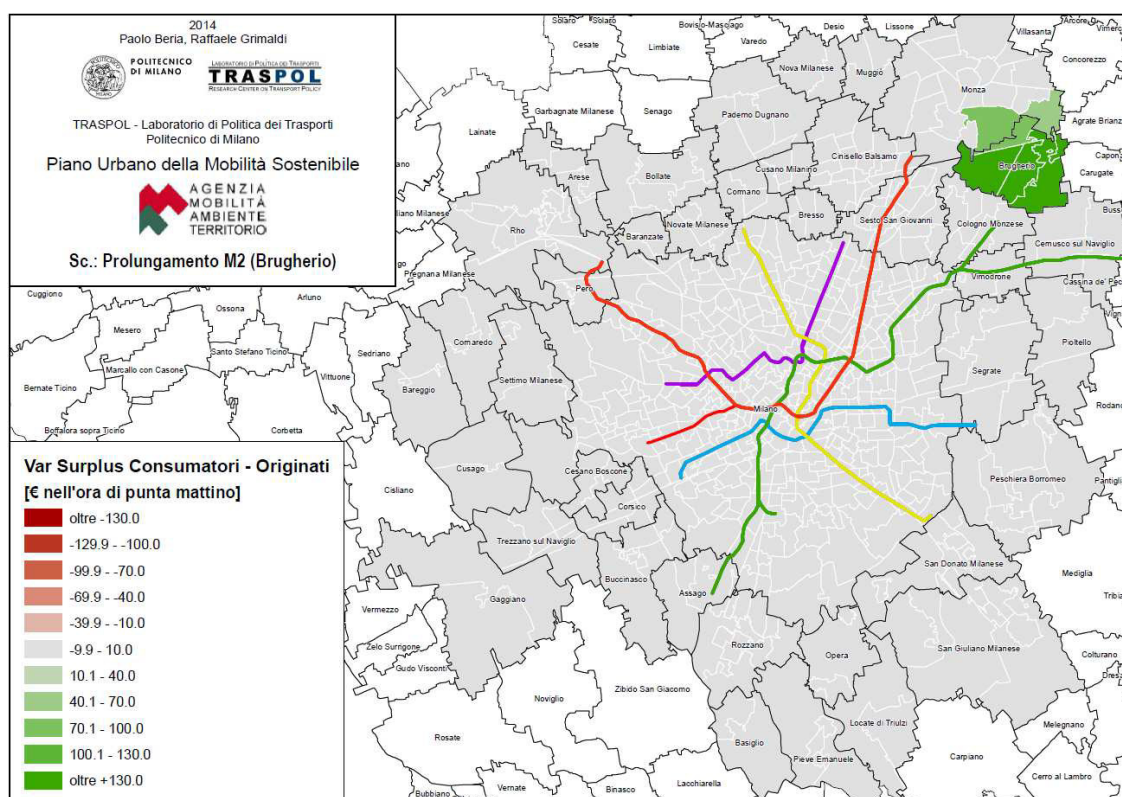
Le analisi costi benefici prodotte mostrano una **performance marginalmente positiva per le due estensioni brevi (Brugherio e Rozzano), purché realizzate in superficie contenendo al massimo i costi**, e negativo per la variante lunga fino a Vimercate.

¹⁶ Possono esservi motivazioni tecniche alle versioni lunghe, ad esempio qualora vi sia necessità di realizzare un nuovo deposito.

Il breve prolungamento fino a **Brugherio**, se realizzato in superficie nelle aree libere, risulta il più efficiente, generando un beneficio per i viaggiatori ed in termini di emissioni superiore ai costi di investimento ed inducendo al cambio modale poco meno di 1 milione di passeggeri all'anno. Il risultato sarebbe ovviamente peggiore nel caso in cui il costo dovesse risultare maggiore degli ipotizzati 32 M€ e negativo già con 100 M€, necessari per realizzarla in sotterraneo.

Il prolungamento fino al bordo di **Rozzano** risulta marginalmente positivo, per motivi analoghi: un breve prolungamento è in grado di cambiare significativamente i costi di viaggio per un numero interessante di utenti dell'auto e del TPL, purché ad un costo di investimento relativamente contenuto (si è ipotizzato un costo di 40 M€). Qualora costasse 85 M€, il bilancio sarebbe negativo.

La figura seguente mostra la distribuzione essenzialmente locale, dei benefici per gli utenti, rappresentati per zone di origine (scenario di Brugherio, con effetti significativi anche per alcune zone di Monza).



Il prolungamento a **Vimercate**, invece, risulta molto **negativo**: i benefici per gli utenti sono pochi (a causa del basso numero di utenti previsto dalle simulazioni modellistiche) rispetto ai costi di investimento ipotizzati (573 M€, probabilmente sottostimato rispetto ai valori calcolati da MM) e soprattutto rispetto agli ingenti costi di esercizio (ipotizzata una frequenza di 4,6 minuti nella direzione e ora di punta, per circa 10 km di linea).

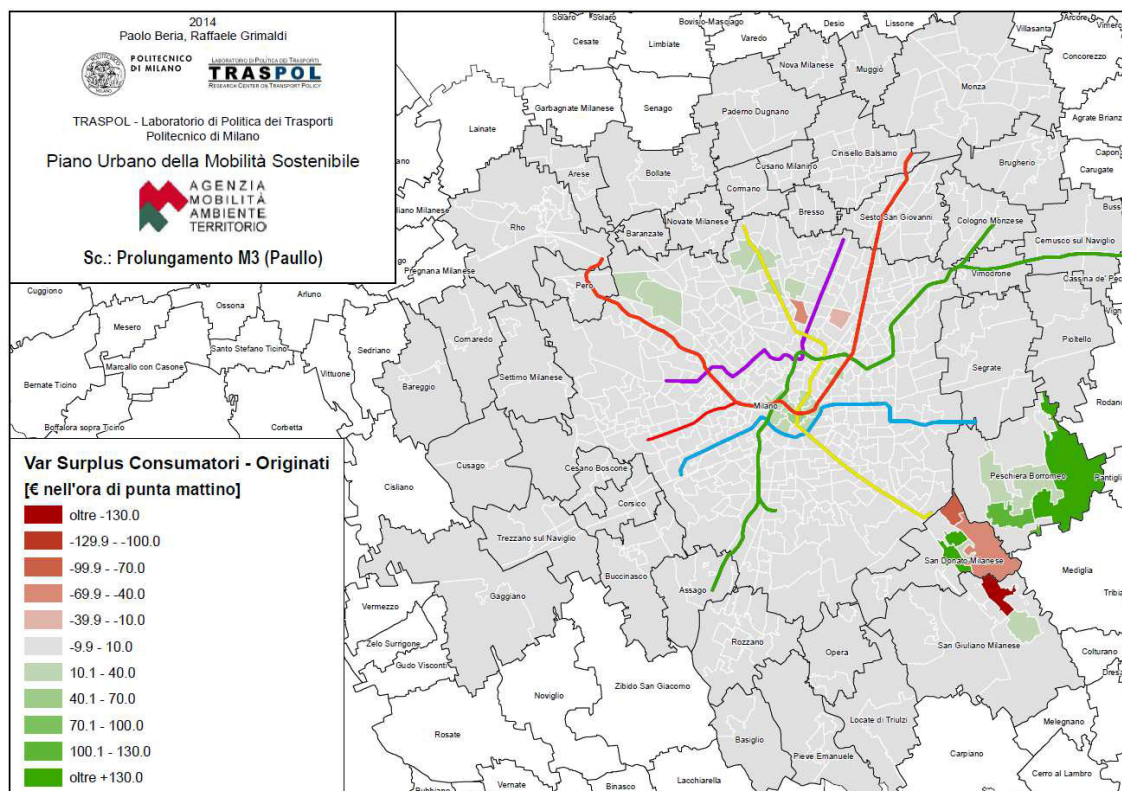
5.2.3 Prolungamenti M3

Sono stati analizzati i seguenti prolungamenti della linea M3:

- Comasina - Cormano.
- San Donato – San Donato/Via Gela.
- San Donato – Peschiera Borromeo – Paullo.

A questo livello progettuale non è ancora possibile stabilire con precisione i costi di investimento per le varianti corte, tutte in sotterranea, che sono state quindi determinate parametricamente sulla base dei costi storici dell'area milanese. Invece, lo scenario fino a Paullo parte per la stima dei costi dai valori pubblicati.

Analogamente ad M2, lo scenario più lungo fino a **Paullo risulta fortemente negativo** e con un rapporto benefici costi molto basso. I benefici per gli utenti sono addirittura inferiori ai costi di esercizio (ipotizzato un treno ogni 10' da San Donato a Paullo). Il prolungamento non è dunque efficiente e non dovrebbe essere realizzato, nemmeno se i costi di costruzione fossero nulli. La mappa seguente presenta la distribuzione dei benefici, ma mostra anche delle aree con dei malefici (presumibilmente associati alla ristrutturazione di prima approssimazione imposta nel modello).



In misura minore, ma per lo stesso motivo, anche lo scenario di prolungamento fino a **Cormano presenta valori negativi**. Esso infatti genera un cambio modale ed apporta benefici agli utenti esistenti piuttosto limitati, probabilmente perché le attuali alternative sono già piuttosto efficaci (bus e tram Milano Limbiate + M3 da Comasina e linee S). I benefici degli utenti sono inferiori ai costi aggiuntivi di esercizio (HP: un treno ogni 3') e genererebbero un risultato positivo solo se fossero superiori del 60% a quelli qui stimati.

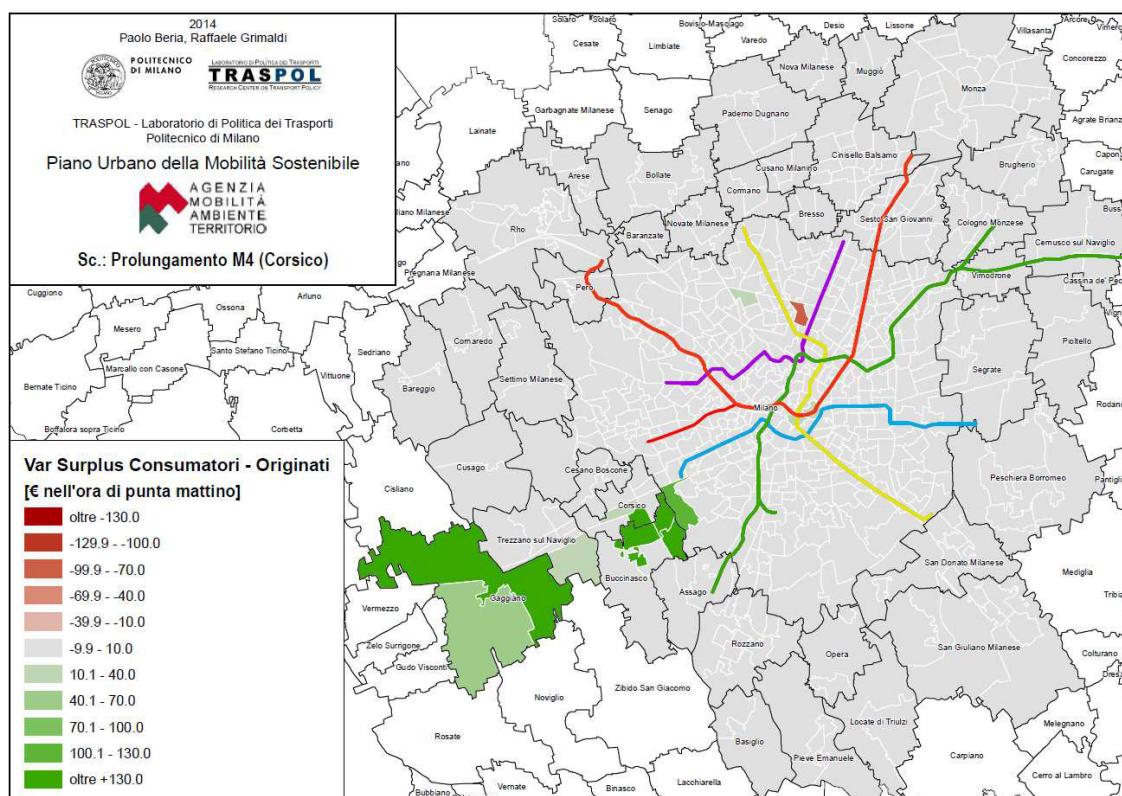
Il solo prolungamento che risulta **positivo** è quello breve, **da San Donato al confine con il Comune di Peschiera (via Gela)**, per quasi 170M€ di investimento ipotizzato. Esso concentra, in una tratta abbastanza breve, oltre la metà dei benefici dello scenario lungo fino a Paullo, ma ad un costo decisamente inferiore. Esso presenta quindi indicatori leggermente positivi, con un rapporto benefici diretti / costi di 1,36.

5.2.4 Prolungamenti M4

Sono stati analizzati i seguenti prolungamenti della linea M4, rispetto all'attuale percorso in costruzione, utilizzando costi di costruzione e manutenzione parametrici:

- San Cristoforo – Corsico.
- San Cristoforo – Corsico in versione “frugale”, utilizzando i binari del costruendo deposito.
- Linate – Pioltello Limito.

Il **prolungamento a Corsico** presenta indubbi benefici per gli utenti, associati ad un costo relativamente contenuto (sono stati ipotizzati 90 M€ nella versione costosa e 26 M€ nella **versione interna al deposito, ovviamente da preferirsi**). I benefici, come mostra la figura seguente, si estendono anche a monte ben oltre Corsico, fino almeno Gaggiano. Infatti, viene creato un accesso alla metropolitana 4 anche per tutti i centri del lato sud del Naviglio.



Al contrario, il **prolungamento a Pioltello Limito** presenta indicatori **fortemente negativi** e, dalle simulazioni rese disponibili, non risulta dunque vantaggioso dal punto di vista socioeconomico.

5.2.5 Prolungamenti M5

Sono stati analizzati i seguenti prolungamenti della linea M5 rispetto all'attuale percorso in costruzione, utilizzando costi di costruzione e manutenzione parametrici per linee tratte in sotterranea:

- Bignami – Monza Bettola M1.
- Bignami – Cinisello.
- Estensione oltre San Siro.

Dal punto di vista degli utenti, il prolungamento a Monza Bettola risulta più efficace, generando una variazione di surplus complessiva di +13 M€ all'anno, contro i +9 M€ all'anno del prolungamento a Cinisello. **In entrambi i casi, tuttavia, i prolungamenti presentano indicatori fortemente negativi**, poiché la domanda catturata è minima (meno di 2 milioni di passeggeri / anno dall'auto al TPL) e i costi dei prolungamenti sono notevoli (attorno ai 380-400 M€, per oltre 4km di prolungamento). Inoltre, in

entrambi i casi esistono già alternative di trasporto di massa: la M1 a Bettola nel primo caso, la tranvia 31 (eventualmente da velocizzare) nell'altro.

E' stata valutata anche un'opzione di prolungamento a Ovest, verso il Comune di Settimo Milanese. L'ACB è stata fatta solo per l'alternativa risultata più efficace in termini di carichi (si veda il rapporto principale); in assenza di una stima di costo dettagliata, le alternative sono infatti paragonabili come estensione. L'alternativa qui valutata termina a Seguro, passando per Quinto Romano. Nonostante vi siano dei benefici per gli utenti, il costo del prolungamento (ipotizzato parametricamente pari a 387 M€) rende negativa l'analisi.

Tuttavia, la M5 non possiede un deposito esterno per la manutenzione dei veicoli e l'estensione è funzionale anche al collegamento con esso. Di ciò questa analisi non tiene conto, essendo incentrata sui benefici di trasporto dell'investimento. **Nel caso in cui non vi fossero alternative a costruire un nuovo deposito** (ad esempio continuando ad utilizzare quelli esistenti tramite l'interconnessione di Garibaldi), le analisi prodotte indicano che il lato verso Settimo è preferibile perché ha il rapporto benefici costi meno negativo (NBIR 0,80 contro NBIR 0,69 dell'opzione Bettola).

Qualora il deposito e il suo binario di accesso fossero costruiti comunque per le motivazioni tecniche sopra richiamate, l'ACB mostra che l'effettuazione del servizio su tale linea è conveniente (la sola variazione del surplus degli utenti ammonta a 14,81 M€ contro circa 6-7 M€ di costi di esercizio).

Tuttavia, si fa notare come l'analisi dell'opzione Seguro verrebbe **marginalmente positiva** già se il **costo di investimento fosse inferiore**, attorno ai 65M€/km. Occorre dunque fare il possibile per contenere tali costi.

5.3 NUOVA METROPOLITANA M6

In aggiunta al prolungamento delle linee esistenti è stato valutato anche l'impatto della costruzione di una nuova linea metropolitana. Per la scelta della direttrice sono stati valutati gli archi con maggior carico delle linee di forza del PGT, costruendo un nuovo percorso che ne intercettasse al meglio i carichi. Per dettagli si veda il rapporto principale del PUMS.

La valutazione Costi Benefici si è concentrata su tre varianti possibili di percorso, cioè:

- 1: Molino Dorino – Baranzate – Pagano – Via Quaranta – Ponte Lambro;
- 2: Molino Dorino – Baranzate – Pagano – Via Quaranta – Ponte Lambro con diramazione Via Quaranta – Noverasco;
- 3: Molino Dorino – Baranzate – Cadorna – Via Quaranta – Ponte Lambro con diramazioni per Baranzate Nord e Via Quaranta – Noverasco.

Le prime due sono caratterizzate dal fatto di non passare per il Centro Storico. La terza variante, oltre a passare per il Centro, ha un'ulteriore breve diramazione verso il nord di Baranzate. Tutti i percorsi sono soggetti a verifiche tecniche, essendo stati testati solo dal punto di vista trasportistico.

Il **costo di investimento**, essendo disponibili solo indicazioni generali, è stato stimato attraverso i valori unitari già utilizzati per il resto delle analisi relative a metropolitane automatiche in sotterranea. Il solo tratto di Via Ripamonti è stato ipotizzato in superficie. Per l'alternativa passante per il centro è ragionevole ipotizzare che il costo sia maggiore alla media dei prolungamenti, trattandosi di un contesto complicato sia dal tessuto urbano che dall'intersezione con altre linee. In questo caso si è partiti da una stima preliminare già disponibile e relativa ad un percorso simile, utilizzando i valori parametrici solo per i rami esterni.

I costi ipotizzati (suddivisi ipoteticamente in 4 anni) e usati nelle valutazioni, ancorché probabilmente sottostimati, sono dunque:

- 1: 1.912 Milioni;
- 2: 2.222 Milioni;
- 3: 2.865 Milioni.

In termini di domanda attratta (dal resto del trasporto pubblico locale e dai modi privati) e di benefici per gli utenti, la soluzione passante per il centro è molto più efficace, con un **surplus aggiuntivo degli utenti pari a 127 M€, rispetto ai 68 M€ e 81 M€** rispettivamente delle versioni eccentriche senza e con sbinamento in via Ripamonti. A questi benefici vanno aggiunti i benefici ambientali e corretto l'aumento dei ricavi tariffari.

Per contro, il lato costi, comprende l'investimento (140 M€/anno per la versione via Cadorna) oltre ai maggiori costi di manutenzione ed esercizio, anche al netto delle ristrutturazioni ipotizzate.

Nel complesso, tutte le alternative presentano **indicatori ACB negativi tra 0.77 e 0.95 come rapporto tra benefici e costi. L'alternativa che risulta migliore è quella più costosa, passante per Cadorna.**

In conclusione, sebbene il livello progettuale di M6 sia ancora molto preliminare, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- i. il percorso ipotizzato per il centro è certamente interessante perché genera un ammontare molto considerevole di benefici per gli utenti, andando a servire due direttrici importanti e oggi poco servite.
- ii. Tuttavia, il costo di investimento è tale da rendere **marginalmente negativi tutti gli indicatori di convenienza socioeconomica**, a maggior ragione se le nostre stime sui costi di investimento fossero sottostimate.
- iii. In termini comparativi, i benefici per gli utenti della M6 sono inferiori a quelli stimati per la sola velocizzazione delle linee di superficie (si veda capitolo 5.6). Questo dimostra la **maggiore efficienza ed efficacia di interventi "leggeri" sul patrimonio del trasporto pubblico esistente**, che vanno quindi preferiti prima di intervenire con nuovi costosi investimenti infrastrutturali. La M6 è dunque un progetto che può essere preso in considerazione in un tempo più lungo, previ affinamenti progettuali, ma **solo dopo aver messo in atto tutte le politiche possibili e tali da generare subito benefici per l'utenza e per il Comune.**
- iv. La velocizzazione del TPL di superficie (capitolo 5.6) potrebbe apparire, per i due assi del Sempione e di Via Ripamonti, alternativa ad M6. Tuttavia, i diversi orizzonti temporali e il breve tempo di ammortamento degli interventi di velocizzazione, suggerisce di procedere comunque con la velocizzazione, senza per questo precludere futuri investimenti più pesanti.
- v. Infine, non va sottovalutato l'impatto finanziario di M6. Sebbene presenti margini per diventare socio-economicamente positivo, **il progetto genera comunque un aumento di costo (correnti e mutui) per il Comune stimabile in circa 90 M€/anno, anche ipotizzando un cofinanziamento statale per M6 dell'80%.**

5.4 ESTENSIONE E NUOVI PROGETTI TRANVIARI

Vengono qui analizzati alcuni interventi sulla rete tranviaria. Nei costi indicati non è stato inserito il costo relativo al rinnovo del parco rotabile con materiale bi-direzionale, per i prolungamenti ipotizzati senza anello tranviario terminale. Tale esigenza andrebbe verificata e valutata nel dettaglio confrontando il programma temporale di sostituzione dei veicoli attuali necessarie rispetto al normale programma di sostituzione dei veicoli esistenti e il cui ammortamento è già incluso nei costi operativi del servizio.

5.4.1 Nuovo Tram 7

Relativamente alla progettata tranvia est – ovest nel nord della città, sono stati simulate quattro diverse varianti:

- Cascina Gobba M2 – piazzale Maciachini – stazione Bovisa FNM

- Cascina Gobba M2 – piazzale Maciachini – stazione Bovisa FNM – Certosa FS
- Cascina Gobba M2 – Niguarda – stazione Bovisa FNM
- Cascina Gobba M2 – Niguarda – stazione Bovisa FNM – Certosa FS

Le quattro varianti prevedono dunque tutte la realizzazione di un nuovo ramo dall'attuale capolinea del tram 7 fino a Cascina Gobba e 2 diverse coppie di opzioni nel comparto ovest della città. La prima riguarda il passaggio "alto" dall'ospedale di Niguarda e l'altra un passaggio "basso" su piazzale Maciachini, riutilizzando in parte i binari degli attuali 4 e 2. L'altra opzione è l'estensione o meno da Bovisa FNM a Certosa FS.

Per tutte le opzioni è stata ipotizzata una frequenza di 5'.

I risultati mostrano che entrambe le versioni corte, cioè limitate a Bovisa, sono negative o con NPV nullo, cioè generano benefici complessivi leggermente inferiori ai costi. Al contrario, le due varianti lunghe fino a Certosa danno **un risultato positivo**, con entrambi i rapporti benefici/costi pari a 1,28. Dunque **l'estensione a Certosa migliora la performance del progetto** rispetto alle varianti corte su Bovisa, poiché genera ulteriori benefici per le aree attraversate, ma aumenta anche l'utenza del resto della linea, andando a servire relazioni oggi malservite ma con domanda potenziale (es. Quarto Oggiaro - Bicocca).

Invece, la scelta tra la variante alta e bassa è, dati i numeri, sostanzialmente **indifferente**: l'alternativa alta su Niguarda presenta un NPV più alto ma anche un maggior costo. L'alternativa su Maciachini costa meno e ha un indicatore NBIR superiore. Si noti inoltre che la variante Niguarda non esclude che si possano riorganizzare in chiave est – ovest anche i servizi oggi gravitanti attorno a Machiachini (ad esempio estendendo il 2 a Certosa sugli stessi binari del 7).

5.4.2 Estensione tram 4 e attestamento tranvia di Desio a Bignami M5

Il progetto valutato consiste in alcuni limitati investimenti infrastrutturali aggiuntivi rispetto alla riqualificazione della tranvia Milano – Desio e nella conseguente riorganizzazione dei servizi. Si è valutato infatti lo scenario di prolungare il tram 4 fino a Bresso (dall'attuale confine con Niguarda) e, contestualmente, di deviare lungo un nuovo tratto da costruire, la metrotranvia per Desio fino al capolinea di Bignami M5.

In questo modo tutte le relazioni storiche vengono mantenute (anzi, migliora l'accesso alla M3 e a Niguarda da Bresso) e l'efficacia della riqualificazione della Milano Desio viene aumentata grazie alla connessione con una linea metropolitana invece che solo con il tram 4.

L'effetto positivo per l'utenza è evidente e genera 4 M€ di surplus. Tutti i comuni attraversati dalla metrotranvia sono beneficiati dal miglior collegamento con la M5 e l'asse di via Ornato non subisce alcun costo (anzi, ne beneficia a sua volta per le più limitate relazioni da Milano all'esterno). Inoltre, si tratta di un'area molto abitata e con forti relazioni verso il capoluogo.

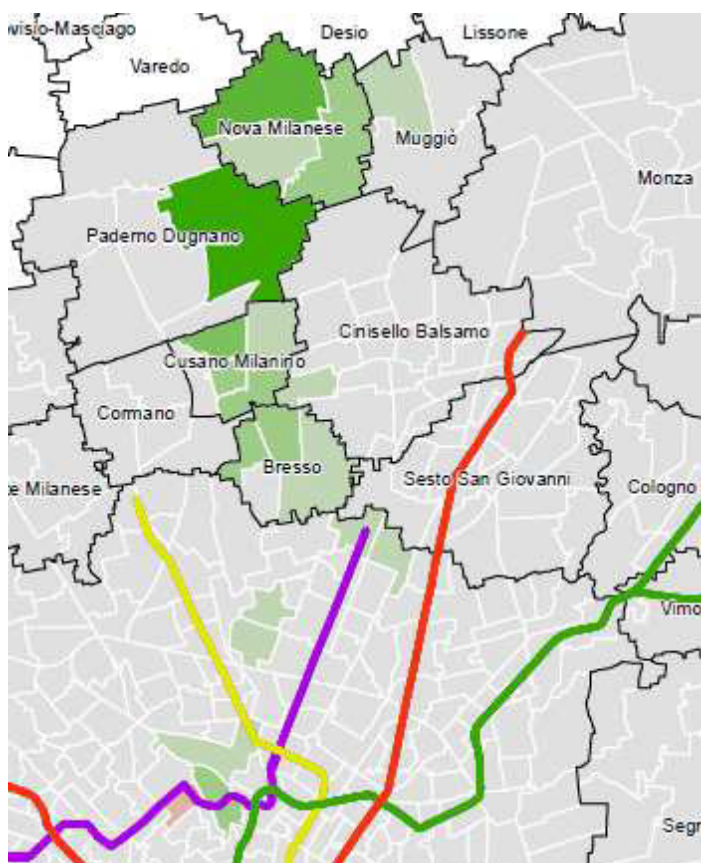


Figura 4. Effetto sul surplus dei consumatori (in origine) dell'estensione della metrotranvia Milano - Desio a Bignami M5.

L'analisi costi benefici mostra che i benefici sono molto superiori ai costi (B/C di 1,78) e **il progetto è socio-economicamente vantaggioso**. La sua importanza è anche legata al fatto che rende più efficace ed efficiente l'investimento (nello scenario di riferimento) sul resto della linea.

5.4.3 Estensione tram 24

Tra i progetti di estensione della rete tranviaria è stato valutato anche lo scenario di prolungamento del tram 24, oltre via Ripamonti. Una prima alternativa riguarda il prolungamento fino a Noverasco, mentre la seconda comprende anche un'ulteriore tratta fino a Poasco, in corrispondenza della linea ferroviaria dove viene realizzata una nuova stazione per la S13.

Entrambe le opzioni presentano **indicatori positivi, ma la versione più lunga, fino a Poasco, solo marginalmente** (B/C = 1,09). Ciò significa che l'estensione alla S13 genera benefici aggiuntivi inferiori al suo costo aggiuntivo. Questa opzione va dunque considerata con più attenzione, valutando meglio l'effetto della nuova stazione e in funzione di sviluppi insediativi ed eventualmente posponendone l'orizzonte di realizzazione.

5.4.4 Riorganizzazione tram in centro

E' stato valutato anche uno scenario di riorganizzazione delle linee tranviarie passanti per il centro, dividendo alcune delle linee più lunghe in corrispondenza degli interscambi.

Le linee modificate sono descritte nel Documento di Piano. Per la valutazione sono stati quantificati analiticamente i **costi di esercizio** delle linee nella configurazione di riferimento e di progetto e i **costi di investimento** necessari alla riqualificazione dell'anello tranviario di Cantù (per il capolinea dell'8) ed alla realizzazione dell'anello Gonzaga-Piazza Diaz-Via da Canobbio (per il capolinea dell'15).

Per il calcolo dei costi di esercizio, la maggior parte delle linee modificate è stata semplicemente rinominata componendo diversamente i rami periferici (es. il 2 copre il tratto abbandonato dal 12 verso Piazzale Martini). Le variazioni nette di percorrenze sono invece le seguenti:

Numero linea	Linea	Distanziamento (min)	Percorso (km)	Percorrenze /Ora
14	Cim.Magg.-Lorenteggio	7,5	14,55	116,40
14	Lorenteggio-Cim.Magg	6,7	14,34	128,42
15	Rozzano G. Rossa -Duomo	5	11,9	142,80
15	Duomo- Rozzano G. Rossa	5,5	11,88	129,60
27	6 Febbraio-Ungheria	7,5	11,87	94,96
27	Ungheria-6Febbraio	7,5	11,79	94,32
Totale percorrenze orarie scenario REF				706,50

Numero linea	Linea	Distanziamento (min)	Percorso (km)	Percorrenze /Ora
8	Cantù - Lorenteggio	7,5	7	56,00
8	Lorenteggio - Cantù	6,7	7	62,69
14	Cim.Magg.- Cadorna	7,5	7,5	60,00
14	Cadorna - Cim.Magg.	6,7	7,5	67,16
15	Rozzano G. Rossa -Missori	5	11,31	135,72
15	Missori- Rozzano G. Rossa	5,5	11,31	123,38
27	Fontana-Ungheria	7,5	6,82	54,56
27	Ungheria-Fontana	7,5	6,82	54,56
Totale percorrenze orarie scenario CENTRO				614,07

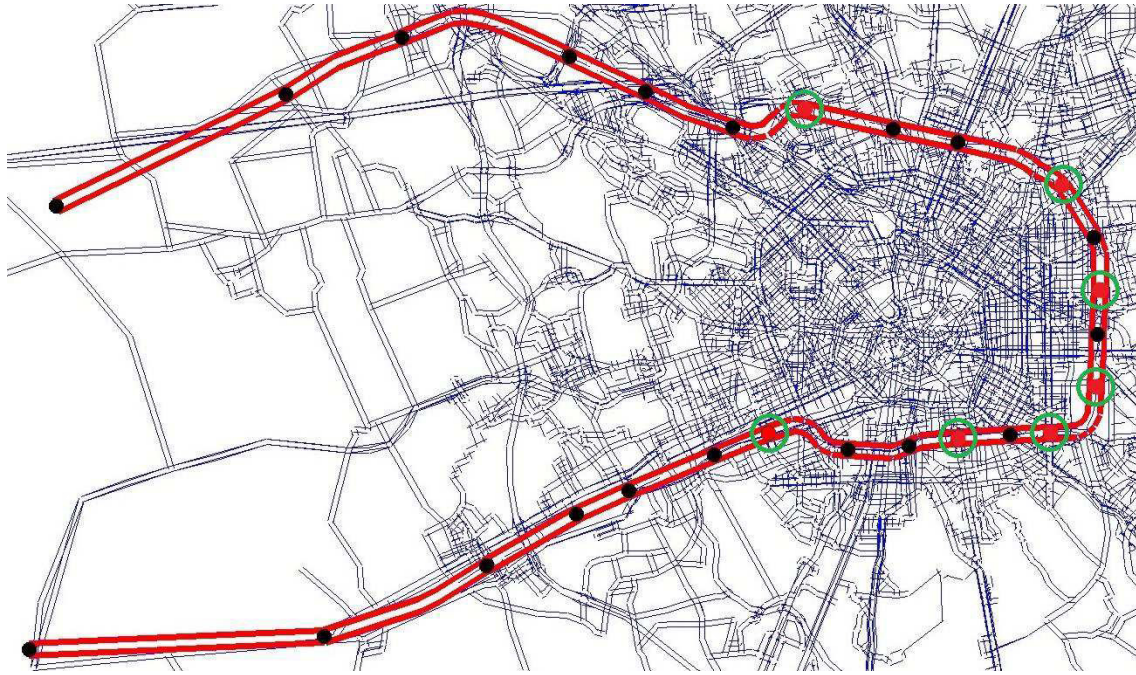
I risultati simulati dello scenario sono **al disotto della capacità di previsione del modello**, impattando in maniera impercettibile l'utenza. La scelta rimane dunque di natura tecnica, basata solo sull'utenza prevista e sui risparmi di costi di esercizio, quantificabili in circa 5M€ all'anno.

5.5 NUOVI SERVIZI FERROVIARI E SVILUPPO DELLE FERMATE DI AREA URBANA

5.5.1 Infittimento fermate e potenziamento servizi lungo la linea di cintura (S16)

Lo scenario intende verificare l'opportunità dell'aumento del numero di fermate lungo la linea di cintura e, in parallelo, tre diversi scenari di frequenza di un nuovo servizio di natura urbana lungo la cintura ferroviaria (S16), esteso a Nord verso Vittuone e a Sud verso Albairate. Il servizio si sovrappone, nel suo ramo sud, alla S9, che rimane nei nostri scenari immutata.

Sono stati valutati inizialmente **sei sottoscenari**, caratterizzati da tre diverse frequenze di passaggio (7,5', 15', 30') e due diversi set di stazioni da costruire. Nel primo caso sono state considerate 4 nuove stazioni da realizzarsi: Stephenson, Dergano, Istria, Tibaldi, oltre alle stazioni oggi esistenti della S9 e a Forlanini (nello scenario Reference). Nel secondo caso sono state aggiunte 7 ulteriori stazioni, come in figura. Il costo di ciascuna stazione è stato ipotizzato pari a 8M€, compatibile con un semplice impianto di fermata in linea.



L'ACB presenta, in tutti e sei i sotto-casi un **beneficio per gli utenti molto consistente** (da 6,5M€/anno per lo scenario con 4 stazioni nuove e 30' di frequenza a 49 M€/anno per lo scenario con 11 stazioni nuove e 7,5'). Tuttavia, in tutti i casi, questi benefici sono **inferiori ai costi di esercizio dei treni aggiuntivi**, ipotizzati pari a 17,6€/trenokm. La valutazione permette di concludere che:

- i. Vi è un chiaro effetto rete sulla linea: **gli scenari con le 7 fermate aggiuntive sono sempre migliori di quelli senza**. Ciò significa che, in presenza di un servizio sulla linea, il costo delle stazioni è inferiore ai benefici da esse generati (qualora il servizio fosse già esistente).
- ii. Dal punto di vista della città di Milano e dell'area urbana, i benefici del servizio sulla cintura ferroviaria sono – naturalmente – crescenti con la frequenza del servizio.
- iii. Senza considerare il possibile effetto-rete tra spostamenti regionali (es. Bergamo – Milano Sud), colti solo in parte dal modello di simulazione urbano utilizzato, il risultato dell'ACB passa da negativo a marginalmente negativo, **al diminuire della frequenza**: scenari con più servizio sono peggiori, perché la domanda aggiuntiva e i relativi benefici non controbilanciano il costo aggiuntivo per i treni.
- iv. Questi risultati negativi dipendono *in primis* dal costo unitario ipotizzato per l'esercizio dei treni, corrispondente al costo di un generico treno del servizio ferroviario regionale. Qualora la linea fosse esercita con materiale leggero e in maniera dedicata, è possibile ipotizzare un costo di esercizio inferiore. Qualora si raggiungesse un **costo del 20-30% inferiore a quello di 17,60 euro/trenokm qui ipotizzato** (vedi paragrafo 4.4.3), **lo scenario diventerebbe positivo**.

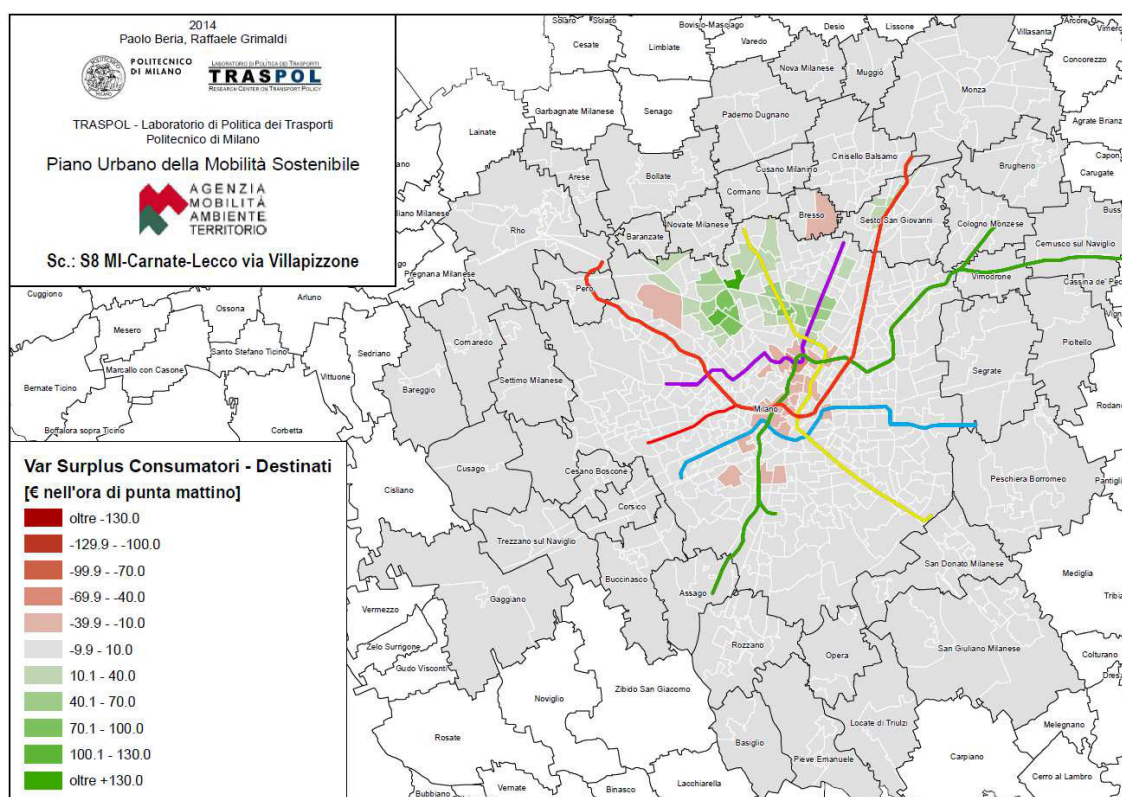
Poiché il fattore limitante è il costo di esercizio delle percorrenze aggiuntive, si è testato **un ulteriore scenario più breve**, limitato a Rho, per il solo sotto-caso a 15' di frequenza ma con tutte le stazioni. In questo caso il risultato dell'analisi migliora, coerentemente con il fatto che i benefici aggiuntivi dell'estensione a Vittuone sono minimi. Qualora venisse dimostrato l'**effetto rete di scala regionale** (non testato qui) e messa in pratica una più efficace **integrazione bus-ferro** e la **riduzione dei costi di esercizio**, la versione breve della linea S16 passerebbe probabilmente al campo positivo.

5.5.2 Nuovo instradamento treni da Carnate via Villapizzone

Il cosiddetto "Passantino", cioè la linea che raggiunge da Nord i binari passanti della stazione di Milano Porta Garibaldi, risulta una delle tratte più saturate dell'intera rete ed ormai priva di capacità residua, tanto da obbligare il Malpensa Express a riduzioni di frequenza in ora di punta e rendere impossibile l'aumento delle frequenze degli altri servizi.

Lo scenario intende verificare l'opzione di spostare gli attuali 6 treni/ora provenienti da Carnate (compresi i Bergamo) dal Passantino alla linea di Cintura, effettuando fermata nei nuovi impianti di Iстриa e Dergano e Villapizzone, per poi entrare a Garibaldi da Ovest. La modifica impone un aumento di tempo di viaggio per coloro i quali sono diretti a Garibaldi, ma lo riduce per chi va in Bovisa e per chi deve prendere la M3 (quindi verso il centro) o la M5 attraverso gli interscambi di Dergano e Iстриa.

Si tratta evidentemente di uno scenario puramente speculativo, da verificare se tecnicamente fattibile, per cui intendiamo qui valutare solo l'eventuale effetto negativo sulla città di Milano e sulla sua area urbana.



Nel complesso le simulazioni mostrano (in figura l'aggregazione per zona di destinazione) che **il bilancio per i passeggeri è leggermente positivo**, ma questo è la somma di relazioni beneficate (essenzialmente quelle interne a Milano, oltre a quelle dirette lungo la Cintura) e altre che vedono un peggioramento del surplus. In origine l'impatto negativo, ove c'è, è diffuso (si veda il quaderno allegato). Invece, ci sono benefici per gli spostamenti generati dalle zone attorno alla Cintura (Bovisa, Zara, etc.). In termini di destinazioni, invece, si vede in figura come i destinati alle zone della cintura sono beneficati, quelli destinati lungo il ramo centrale della M2 sono penalizzati (raggiungere Garibaldi è più lungo e di conseguenza anche zone come Cadorna o S.Agostino), quelli sulle altre metropolitane sostanzialmente indifferenti (grazie ai nuovi interscambi in cintura).

Tenendo conto del costo aumentato dell'offerta ferroviaria (3 linee, cadauna ai 30') a causa della maggiore percorrenza, lo scenario risulta però **negativo nei suoi effetti diretti**. Tuttavia, esso non tiene conto dell'eventuale effetto positivo di riduzione della

saturazione lungo il Passantino, che aumenta l'irregolarità dei treni rimasti e rende impossibile l'istituzione di nuovi servizi, ad esempio AV. Un giudizio complessivo è dunque impossibile con gli elementi attuali, che permettono solo di dire che, oltre alla liberazione della capacità sulla linea per altri servizi, vi è un beneficio per le relazioni "milanesi" (ma, naturalmente, non è l'unico modo per ottenerle) e un costo per i viaggi dall'esterno verso Milano diretti verso alcune destinazioni specifiche.

5.6 AZIONI VOLTE A MIGLIORARE L'EFFICIENZA DEI SERVIZI DI TRASPORTO PUBBLICO DI SUPERFICIE

Si è simulato l'effetto di uno scenario ipotetico, che prevede una generalizzata velocizzazione dell'intero trasporto di superficie, attraverso semaforizzazione intelligente, interventi puntuali di ridisegno degli incroci, rinnovo anticipato di parte del materiale rotabile, abbassamento delle fermate, ecc., oltre ad alcune nuove linee tranviarie.

Gli interventi ipotizzati nelle simulazioni relativamente a questo scenario consistono:

- i. nell'aumento della velocità commerciale delle Linee T a 12-14-18 km/h, rispettivamente, nelle tre cerchie urbane (Bastioni, Filoviaria, oltre);
- ii. nell'aumento della velocità commerciale di tutte le altre linee di superficie del 10%;
- iii. nel ripristino delle circolari 29-30 e 94;
- iv. nell'implementazione del nuovo tram 7 Gobba – Niguarda – Certosa.

Il tutto avviene in assenza di extra-costi per le auto.

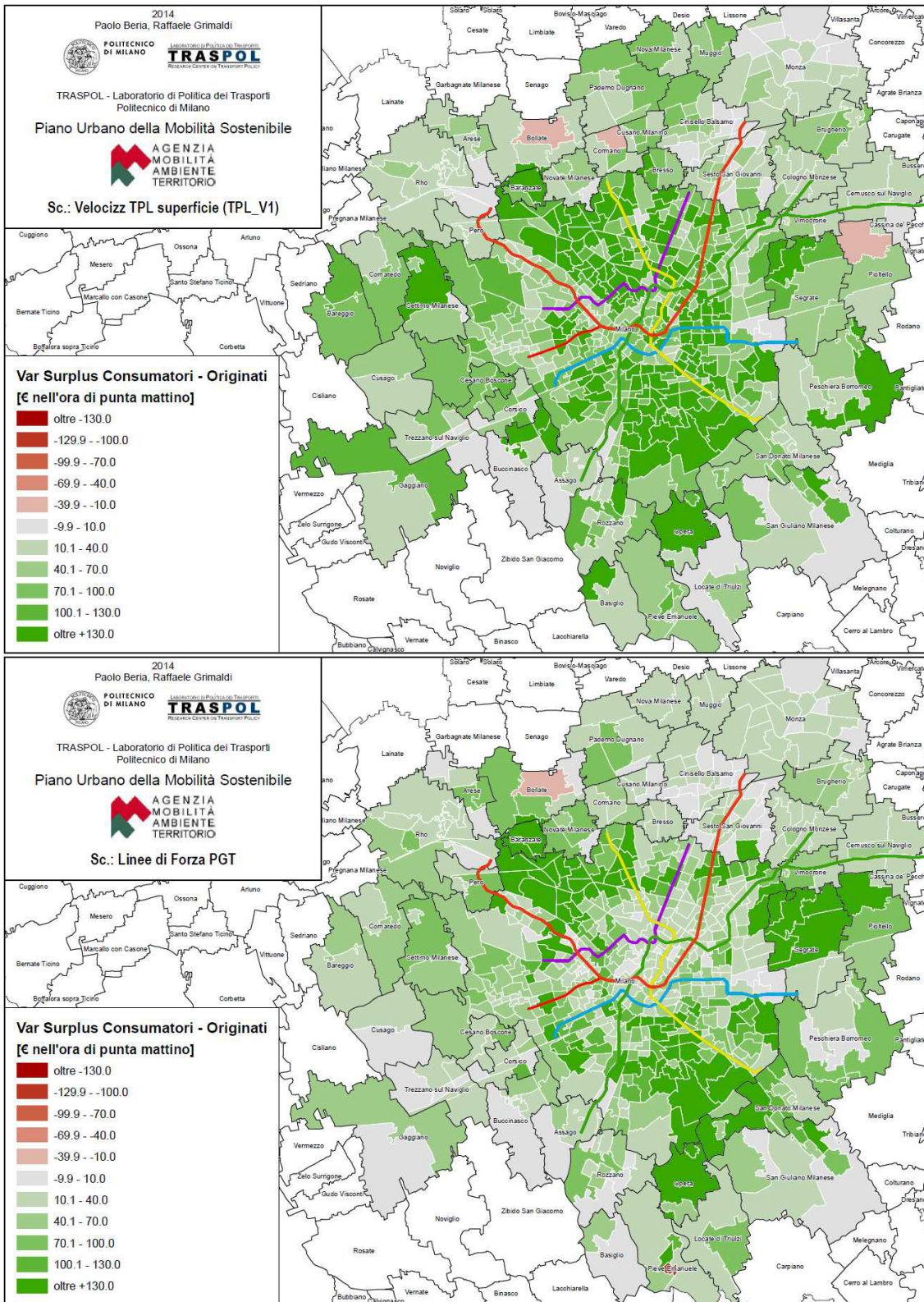
Nel complesso, si tratta di un grande numero di piccoli interventi, ciascuno a costo zero o a costi minimi (con l'esclusione del tram 7, conteggiato a parte).

Sono stati testati due sotto-scenari di costo per gli interventi di velocizzazione

- INV0: a costo zero (in realtà 172M€ per le linee nuove)
- INV200: ipotesi di costo "a corpo" di 300 M€ per gli interventi diffusi su impianti semaforici, accessibilità delle fermate, ridisegno incroci, probabilmente maggiore del valore reale (oltre a 172M€ per le linee nuove).

Il risultato in termini di beneficio per gli utenti è decisamente positivo, generando un surplus di **ben 221 M€/anno, pari a tutto il surplus generato dal precedente – e ben più costoso – scenario di realizzazione delle opere del PGT**. Qualora gli obiettivi schematici di velocizzazione fossero effettivamente realizzati, il loro effetto sarebbe dunque **enormemente positivo e pari a quello di cinque nuove linee di trasporto di massa ad alta frequenza**. Il margine di beneficio è tale che sarebbero da perseguire anche scenari in cui non si riuscisse a raggiungere l'aumento di velocità commerciale qui simulato, ma anche solo una frazione di esso.

La velocizzazione della rete di superficie risulta quindi **estremamente positiva sotto tutti i punti di vista**: un costo iniziale minimo, benefici importanti e distribuiti su tutto il territorio, nessun costo per gli altri modi. La cartografia seguente confronta la distribuzione dei benefici dello scenario Velocizzazione e del precedente scenario PGT.



Come si vede, in termini assoluti i due approcci sono paragonabili in termini di benefici. Lo scenario velocizzazione risulta più centrato su Milano, ma i suoi benefici si diffondono anche ben oltre i confini dell'intervento, sia perché si velocizza tutto il TPL, sia perché si riduce la congestione per chi resta in auto (grazie allo spostamento modale indotto).

Lo scenario PGT, invece, dà benefici alti, soprattutto nelle zone interessate dai progetti, ma poco all'interno della città novecentesca (con l'esclusione del sud, beneficiato però fortemente anche dalla velocizzazione).

In conclusione, lo scenario di velocizzazione e riorganizzazione del TPL di superficie, **anche considerando un costo di investimento di oltre 300 M€**, risulta:

- i. largamente positiva sotto tutti gli indicatori socio-economici;
- ii. costa almeno **un ordine di grandezza in meno di qualunque progetto infrastrutturale di paragonabile beneficio**;
- iii. presenta una distribuzione dei benefici su tutta la città – in particolare in periferia – e per tutti gli utenti, invece che effetti concentrati tipici di investimenti puntuali o più lineari;
- iv. apporta nuovi passeggeri al TPL quasi come tutti gli interventi PGT e di conseguenza ha un beneficio ambientale quasi paragonabile;
- v. permette un **risparmio stimato in 23 Milioni di Euro sui costi di esercizio del TPL di superficie**, invece di un costo come nel caso della realizzazione di nuove linee. **Esso libera dunque risorse per eventuali aumenti dell’offerta**, invece che richiedere risorse aggiuntive.

5.7 AZIONI VOLTE AD AUMENTARE LA QUALITÀ DELLO SPAZIO PUBBLICO URBANO, A RIDURRE LE ESTERNALITÀ NEGATIVE DEL SISTEMA DEI TRASPORTI E A MIGLIORARNE LA SICUREZZA

Il PUMS comprende anche politiche volte all’aumento e al miglioramento della mobilità attiva e degli spazi urbani, quali:

- ampliamento della rete degli itinerari ciclabili;
- istituzione di Zone 30 in corrispondenza di tutte le Isole Ambientali, classificate a priorità media ed elevata.

E’ d’obbligo ricordare come l’ACB non sia lo strumento più adatto per la valutazione di politiche “leggere” (Beria et al., 2013), i cui effetti non sono ascrivibili a quelli tipicamente quantificabili e monetizzabili (costi monetari, risparmi tempo, effetti economici dell’inquinamento, etc.). Queste politiche, infatti, solitamente non generano costi rilevanti, né pubblici (ad esempio investimenti), né privati (ad esempio migliorano o peggiorano i costi generalizzati di viaggio). Al contrario, influenzano, di solito positivamente:

- i. la qualità e fruibilità dello spazio urbano;
- ii. il cambio delle abitudini di spostamento;
- iii. la salute dovuti all’attività fisica;
- iv. la sicurezza di pedoni e ciclisti;
- v. la riduzione inquinamento locale;
- vi. valori di tipo estetico, ad esempio il paesaggio urbano.

Le valutazioni che seguono sono dunque da prendersi come parziali, non comprendendo alcuni degli effetti principali che queste politiche perseguono, come ad esempio la liberazione dello spazio dalle auto o la protezione di ambiti sensibili. **La loro finalità è dunque solo quella di circoscrivere e quantificare gli effetti quantificabili**, lasciando al decisore o ad altre analisi specifiche il giudizio su ciò che qui non viene quantificato. Ad esempio, una politica che impone agli automobilisti un costo di 1M€ come maggiori tempi di viaggio dovrebbe essere confrontata con l’effetto, non quantificabile, di quanto “vale” una città con un una qualità urbana migliore.

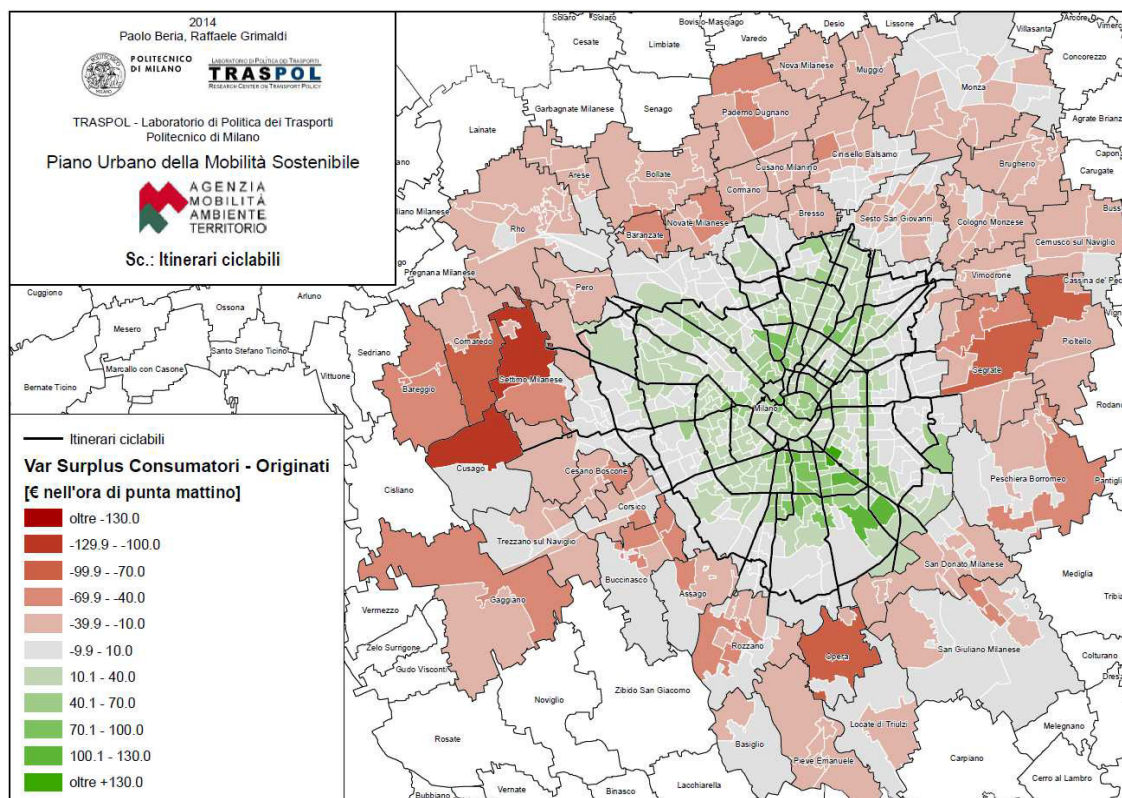
Ciò premesso, i risultati delle analisi mostrano **un costo degli utenti associato all’estensione generalizzata delle Zone 30, di circa 38 M€/anno**, dovuti ai maggiori tempi di viaggio per le auto, solo in parte controbilanciati dal cambio modale al TPL, di circa 6,4 milioni di passeggeri annui. D’altra parte, **gli effetti non quantificati, riguardano la sicurezza, la fruibilità e la qualità urbana (inclusi effetti positivi sugli inquinanti di prossimità, per cui si rimanda all’apposito capitolo) di larghe zone della città e rappresentano la motivazione principale all’istituzione delle Zone 30.**

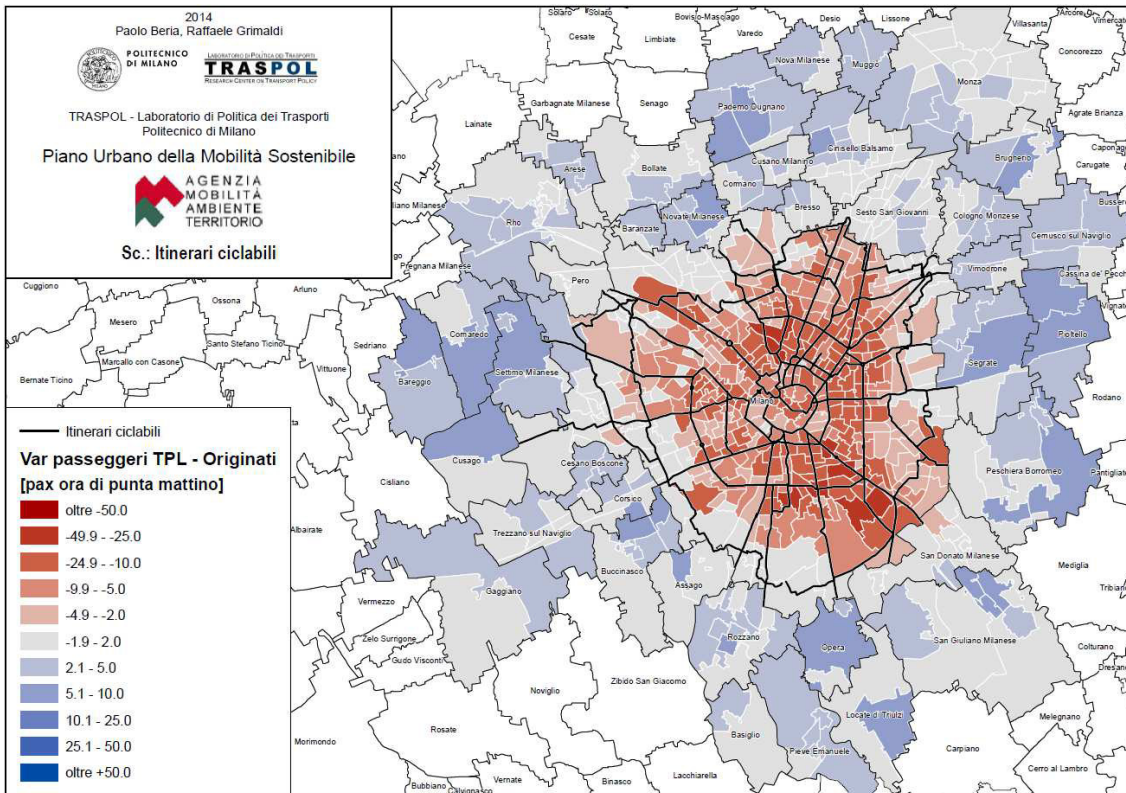
Inoltre, **occorre rivalutare questa politica insieme ad altre e non singolarmente come in questa fase**. E' infatti possibile che il costo diretto che essa provoca sia ridotto da altre politiche, senza però perdere i benefici a questa associati. Di ciò ci si occuperà nel capitolo successivo.

L'estensione degli itinerari ciclabili genera un effetto negativo simile sulle auto, ma esso è controbilanciato da un beneficio consistente per i viaggi in bici. L'effetto complessivo di questi due effetti è leggermente positivo per soli 0,5 M€/anno. Ad esso si contrappongono i costi di costruzione delle piste stesse e la riduzione di tasse sulla benzina e dei ricavi da parcheggi e l'aumento dei ricavi del TPL. **I benefici ambientali diretti** di questo cambio di modo sono pari a circa 4,2 M€/anno, incluso l'effetto negativo sull'incidentalità (che verrebbe però minimizzato dalle piste stesse).

A questi effetti esterni vanno però **aggiunti** gli effetti specifici relativi ai **benefici sulla salute dei ciclisti** e dei modi attivi in generale. Le stime in proposito prese dalla letteratura internazionale presentano tutte valori piuttosto grandi (si veda il precedente paragrafo 4.8.1).

Aggiungendo questo effetto, il giudizio dell'ACB (riportato nella colonna della tavola riassuntiva "ACB estesa") sull'estensione degli itinerari ciclabili a discapito dello spazio per le auto, cambia e diventa **largamente positivo** per ben 27 M€/anno (utilizzando un costo di costruzione minimo, senza protezioni fisse e arredo urbano, di 150.000 €/km), **20 M€/anno** (utilizzando un costo di costruzione alto, pari a 1M€/anno) o **24,8 M€/anno** (utilizzando un valore intermedio calcolato analiticamente sulla base di indicazioni progettuali preliminari, pari a 530.000 €/km). Alla luce di ciò, anche tenendo conto di eventuali sovrastime e della distribuzione dei costi della politica come in figura seguente (aumento costi dei comuni esterni e cambio modale verso la bici per coloro i quali vivono nella città compatta), **la politica di estensione degli itinerari ciclabili è da valutare come potenzialmente molto positiva, a patto di accompagnare l'azione con altre volte a minimizzare l'impatto negativo su chi non può lasciare la propria auto**, cioè principalmente nei comuni dell'area urbana.





5.8 AZIONI DI ORIENTAMENTO DELLA DOMANDA

5.8.1 Estensione degli ambiti urbani con circolazione veicolare privata sottoposta a tariffazione (Area C)

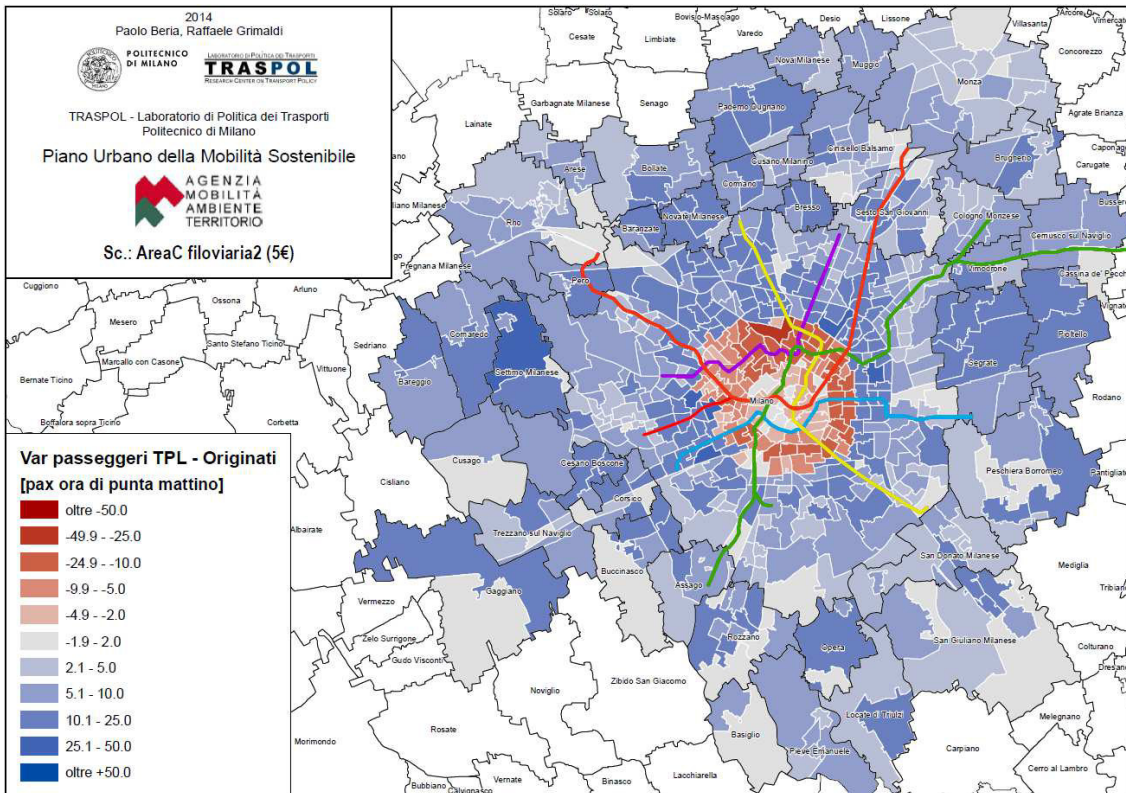
Il gruppo di scenari riguarda l'ampliamento spaziale della politica di Area C e la sua riconsiderazione in termini di tariffa applicata.

Attualmente il *pricing* in essere riguarda la sola area centrale corrispondente alle mura spagnole, con una tariffa base di 5€ al giorno (con esclusioni e riduzioni). Le quattro politiche analizzate riguardano tutte l'ampliamento dell'attuale contesto di tariffazione.

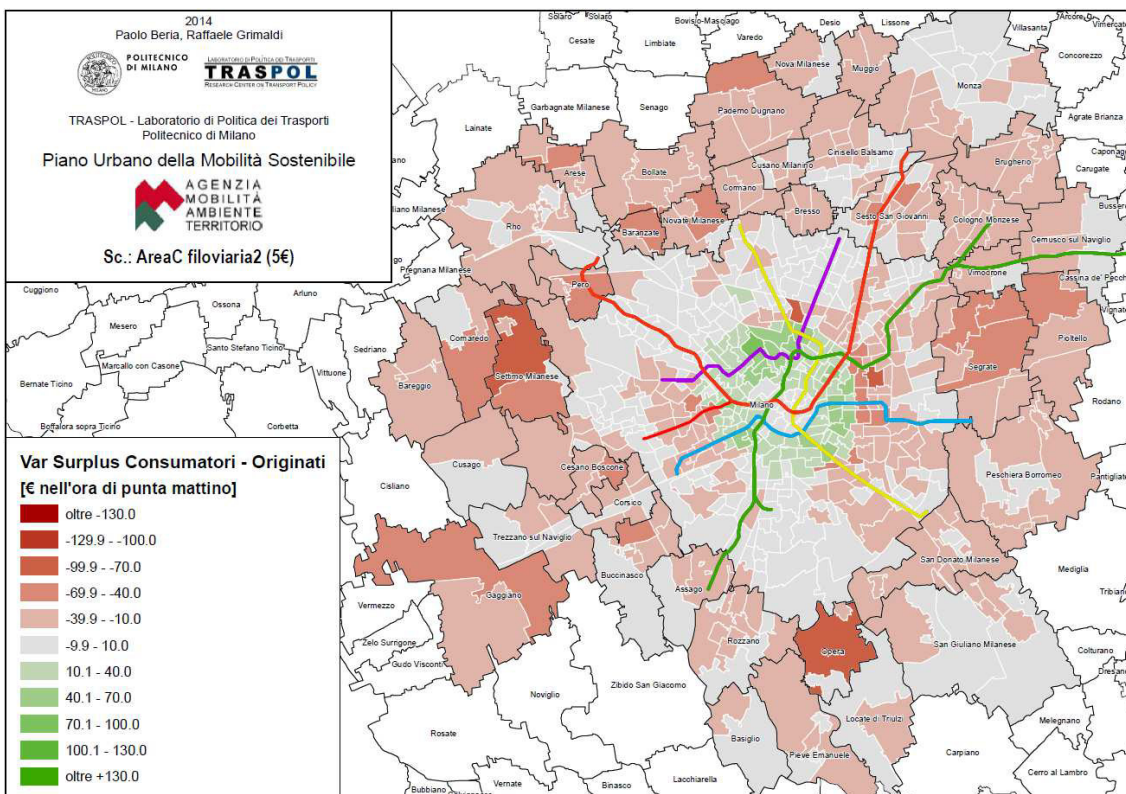
- Ampliamento cordone alla cerchia filoviaria, riduzione della tariffa a 2,5€.
- Ampliamento cordone alla cerchia filoviaria, mantenimento della tariffa a 5€.
- Ampliamento area tariffata alla cerchia filoviaria, ma mantenimento anche del cordone interno, con tariffe di 2,5€ + 2,5€ ai due cordoni.
- Ampliamento area tariffata alla cerchia filoviaria, ma mantenimento anche del cordone interno, con tariffe di 5€ + 5€ ai due cordoni.

Tutte le quattro versioni dell'estensione presentano valori netti presenti (NPV) positivi rispetto allo scenario di riferimento al 2024.

Tuttavia, guardando alla distribuzione e alla natura dei costi e dei benefici, risulta come gli utenti subiscono un costo piuttosto significativo. Questo costo è dovuto al valore del pedaggio per chi continua a rimanere in auto o al costo aggiuntivo in termini di tempo per coloro i quali – circa 10 milioni all'anno – trovano più conveniente passare al trasporto pubblico locale o alla bici. L'unica area in controtendenza è quella interna alla cerchia oggi tariffata, che a parità di costo (o addirittura inferiore, nello scenario da 2,5€ + 2,5€), beneficiano del minor traffico proveniente dall'esterno e aumentano marginalmente l'uso dell'auto.



L'effetto in termini di surplus, cioè di costo o beneficio per gli utenti, è rappresentato nella figura seguente.



Qui è visibile l'effetto positivo per gli utenti interni ai Bastioni, l'effetto negativo degli originati all'esterno del Comune di Milano (e in alcune specifiche zone interne) e l'effetto quasi neutro per la maggior parte dei milanesi. Questo effetto è dovuto al fatto che in queste zone il cambio modale avviene ad un costo marginale per gli utenti (periferia di Milano, ma anche Sesto San Giovanni o Monza), perché c'è un'adeguata

offerta di TPL e/o si riduce la congestione per chi resta in auto. Al contrario, dove le alternative sono peggiori e/o non c'è un percepibile effetto di riduzione dalla congestione, gli utenti dell'auto non possono cambiare modo e pagano interamente il *pricing*.

Nonostante questo effetto negativo sugli utenti, tutti gli scenari analizzati risultano, come già anticipato, positivi. **Il motivo diretto è che l'extra-costo pagato dagli automobilisti è più che bilanciato dalla somma della riduzione della congestione, dei ricavi del Comune** (cioè è un trasferimento da automobilisti a Comune) **e dei benefici ambientali**. Questo risultato non è però ovvio e il ricavo per il Comune avrebbe potuto essere inferiore al costo generalizzato pagato in più dagli automobilisti. La politica si inserisce dunque in un campo ancora inefficiente, cioè **il *pricing* è effettivamente tale e riduce più che proporzionalmente i costi di congestione per tutti gli altri utenti**.

In conclusione, si può dire che:

1. L'estensione di Area C è **efficiente**, ma ha dei profili di **distribuzione** dei costi piuttosto complessi e di difficile accettabilità sociale;
2. L'efficienza assoluta degli scenari Area C non significa che non esistano politiche migliori da questo punto di vista, cioè che perseguono la medesima efficienza, senza aumentare i costi degli automobilisti;
3. Tutti gli scenari di Area C generano risorse per il Comune, che può utilizzarle per finanziare altre politiche.
4. Questo effetto positivo dipende anche dal fatto che si è analizzato un solo intervento, Area C appunto, mentre l'implementazione combinata di altre politiche potrebbe rendere inefficiente l'applicazione di Area C. Questo è il caso, ad esempio, dell'applicazione a monte di altre politiche di riduzione dell'uso dell'auto (ad esempio la tariffazione della sosta o l'aumento di qualità del TPL) che riducono a loro volta la congestione, trasferendo Area C in un campo di inefficienza dove quanto pagato dagli automobilisti è meno di quanto guadagnato da tutti come minore congestione. In termini più diretti, più altre azioni riducono la congestione, più la tariffa efficientante di Area C diventerebbe una tassa (al limite, in totale assenza di congestione e senza vincoli di parcheggio, Area C sarebbe solo una tassa di tipo *Ramsey-Boiteaux*).
5. Infine, non è possibile dimenticare che questi risultati valgono ipotizzando una matrice O/D totale fissa, cioè senza cambiamento delle destinazioni. Tuttavia, una politica come Area C è in grado di cambiare significativamente, già nel breve-medio periodo, i comportamenti di alcuni motivi di viaggio, risultando in una **probabile sovrastima degli effetti della politica**. Ad esempio, mentre gli spostamenti per motivi di lavoro possono assumersi come sostanzialmente rigidi (cioè a destinazione costante), lo stesso non si può dire per i viaggi per *shopping*, che, in presenza di una alta tariffa, potrebbero cambiare destinazione piuttosto che modo di trasporto.

All'interno di questo discorso generale, e con i *caveat* di cui sopra, dei quattro sotto-scenari risulta che:

- lo **spostamento del cordone dai bastioni alla filoviaria** (AreaC_filo2_v1) risulta quello con NPV più alto, perché agisce pesantemente sull'area oggi più congestionata.
- Gli scenari con doppio cordone seguono come risultato, ma quello con tariffe più basse (2,5€ + 2,5€) è migliore dell'altro, evidentemente perché 5€+5€ entra nel campo di inefficienza del *pricing* per alcune aree (cioè impongono una tariffa eccessiva ad alcuni).
- Lo scenario meno efficiente, ma comunque positivo, è quello di estensione del cordone alla filoviaria con una tariffa ridotta (2,5€). In questo caso la tariffa risulta bassa rispetto alla congestione esistente (cioè una tariffa più alta

eliminerebbe ulteriore congestione inefficiente). Tuttavia, si tratta dello scenario con minore impatto sugli utenti in termini di aumento del pedaggio.

5.9 NOTE SULL'USO DEGLI SCENARI SINGOLI

Il presente capitolo ha riportato i risultati relativi a singole azioni o progetti, talvolta secondo diversi sottoscenari. In realtà, lo scenario PUMS, di cui si discuterà nel prossimo capitolo, si compone di più azioni tra quelle sopra valutate, che spesso **agiscono tra loro in maniera non indipendente**. Le valutazioni di questo capitolo sono dunque da intendersi come analisi speculative utilizzate nella fase di costruzione dello scenario PUMS, ma non verranno implementate in maniera tra loro indipendente. Per avere una dimostrazione dell'inopportunità di considerare le valutazioni precedenti singolarmente, basta verificare come il risultato della valutazione di uno scenario composito sia diverso (migliore o peggiore, dipende dalle singole azioni), rispetto alla somma del risultato delle singole azioni. In altre parole:

$$\text{NPV azione 1} + \text{NPV azione 2} \neq \text{NPV azione 1 + 2}$$

Un esempio può meglio chiarire il concetto.

La valutazione (modello + ACB) degli scenari Zone 30 e Itinerari Ciclabili ha dato i seguenti risultati:

NPV scenario Itinerari Ciclabili (150k€/km)	= +27,9 M€/anno2024
NPV scenario Zone 30	= - 34,7 M€/anno2024

NPV somma	= - 6,8 M€/anno2024

In realtà, ripetendo la valutazione con i medesimi costi, ma utilizzando una simulazione modellistica con entrambe le azioni, si ottiene:

NPV scenario composito	= - 6,1 M€/anno2024
------------------------	---------------------

Significa che (in questo caso) **le due politiche insieme lavorano sinergicamente** e si migliorano (marginalmente) a vicenda. Nel caso specifico si può interpretare il fenomeno ipotizzando che gli itinerari ciclabili generano alternative "meno peggiori" per qualcuno degli automobilisti negativamente influenzati dalle zone 30. Cioè qualcuno dei penalizzati, lo è un po' meno perché diventa per lui migliore l'alternativa ciclistica che prima non lo era.

In conclusione, **l'NPV degli scenari compositi del successivo capitolo, che costituiscono di fatto la valutazione degli interventi del PUMS, sono diversi dalla somma degli NPV degli interventi singoli.**

5.10 VARIAZIONE NELLE STIME DEI COSTI DI INVESTIMENTO DI ALCUNE OPERE

Nei mesi successivi alla prima pubblicazione del Documento di Piano e del presente allegato, nel febbraio 2015, gli stessi sono stati sottoposti alla fase di consultazione pubblica.

Nel periodo di tempo trascorso, alcune stime di costo di opere previste nel Piano hanno subito un aggiornamento.

Nella seguente tabella si riportano le azioni valutate la cui stima di costi di investimento ha subito una modifica rispetto alla versione di febbraio 2015.

ID scenario	Descrizione subscenario	Stima parametrica [M€]	Nuova stima [M€]
M1_ParriGozzoli_v10	Prolungamento fino a Via Parri e via Gozzoli	123,50	131,38
M1_Baggio_v10	Prolungamento fino a Baggio - tangenziale Ovest (con deposito)	182,00	196,02
M2_Vimercate_v10	Prolungamento fino a Vimercate (superficie - sotterraneo)	573,50	499,18
M2_Brugherio_v10	Prolungamento fino a Brugherio in superficie	32,00	41,00
M3_Paullo_v10	Prolungamento a Paullo	704,13	712,73
M3_Peschiera_v10	Prolungamento a S. Donato via Gela / Pallese	169,00	137,95
M5_Bettola_v10	Prolungamento a Monza Bettola M1	382,50	466,36
M5_Seguro_v10	Prolungamenti Settimo - opzione Seguro	387,00	309,09

Inoltre, le nuove stazioni/fermate ferroviarie urbane sulla linea di cintura, il cui costo nella versione di febbraio 2015 era stato stimato parametricamente in 8 M€ a fermata, vengono ora valutati con i costi riportati nella seguente tabella.

Stazione/fermata	Stima parametrica [M€]	Nuova stima [M€]
Dergano	8	15
Istria	8	20
Stephenson	8	15
Canottieri	8	6
Zama	8	15
Bovisasca	8	10
Padova	8	15
Toscana	8	10
Puglie	8	6
Ortica	8	10

Attenzione

I risultati riportati nei paragrafi successivi (dal 5.11 in poi) fanno dunque riferimento a queste nuove stime di costi di investimento. Le variazioni non hanno mai comportato un cambiamento nel segno degli indicatori di redditività e, di conseguenza, non hanno comportato nessuna modifica nella selezione delle azioni componendo lo Scenario di Piano, nelle sue tre varianti.

Sono stati aggiornati con queste nuove stime di costo anche i quaderni delle tre varianti dello Scenario di Piano (Base, AC ed AC-M6), nella nuova versione 13.

5.11 ANALISI E COMMENTI AI RISULTATI PARZIALI

La successiva tabella riporta tutti i risultati ottenuti nelle simulazioni precedenti, secondo i principali indicatori ACB (l'NPV e l'NPV esteso, l'NBIR e quello esteso e il rapporto benefici / costi). Inoltre, viene riportato il costo di investimento utilizzato nelle analisi (attualizzato al 2024 e dunque superiore a quello nominale odierno) e una stima indicativa del flusso finanziario annuo per il bilancio comunale, che tiene conto di una quota degli investimenti e di tutti i costi e ricavi di esercizio.

Si riporta nel seguente riquadro una spiegazione del significato degli indicatori introdotti nella successiva tabella.

Legenda indicatori:

- Costo Investimento (attualizzato 2024): valore del costo di investimento utilizzato per i calcoli, attualizzato al 2024;
- NPV: valore netto presente per l'anno 2024, comprendente i soli costi e benefici diretti;
- NBIR: rapporto tra benefici diretti netti e costo di investimento. Per le politiche senza investimento è indicato come "n.a.";
- NPVe: valore netto presente per l'anno 2024, comprendente anche i costi e i benefici macroeconomici (stima indicativa) e i benefici sulla salute della mobilità ciclistica (valori da letteratura, ma non consolidati);
- NBIRe: rapporto tra benefici diretti e macroeconomici netti e costo di investimento. Per le politiche senza investimento è indicato come "n.a.";
- Rapporto Benefici/Costi standard: rapporto tra tutte le voci di beneficio e tutte le voci di costo. Per questo indicatore vengono indicati i rapporti con i colori seguenti:

B/C > 2,5	progetti con alto rapporto benefici / costi e dunque prioritari dal punto di vista dell'efficienza.
1,5 < B/C < 2,5	progetti con rapporto benefici / costi positivo e dunque efficienti.
1,0 < B/C < 1,5	progetti con rapporto B/C marginalmente positivo e dunque deboli. Da verificare sempre la sensitività e l'impatto dei costi e benefici non compresi nel NPV base.
0,8 < B/C < 1,0	progetti inefficienti. Da implementare solo se viene dimostrata l'esistenza di significativi benefici ulteriori a quelli inclusi nel NPV base.
0,8 < B/C < 1,0	progetti inefficienti, da non implementare da soli, ma solo se diventano positivi in sinergia con altre azioni.

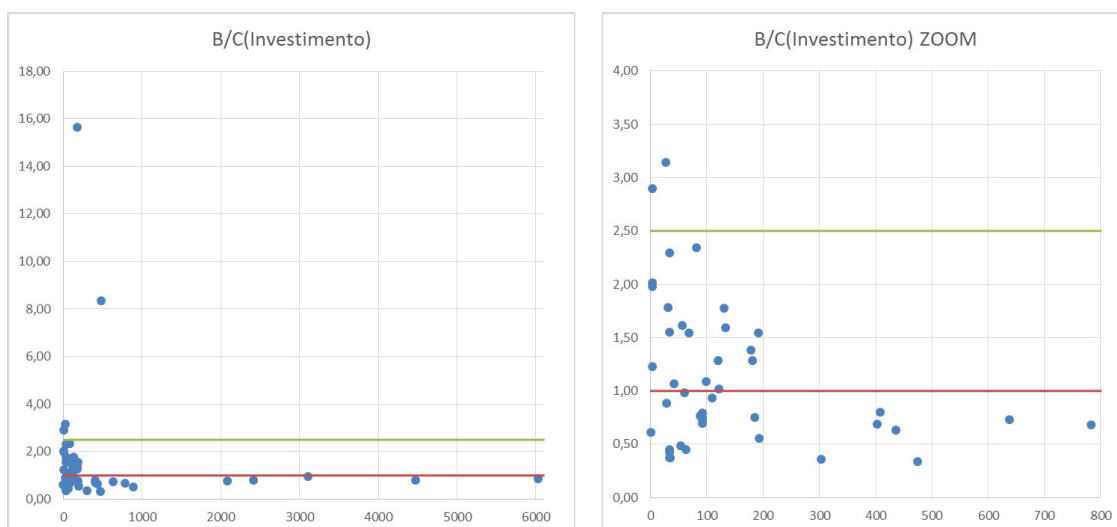
- Flussi finanziari/anno per il Comune: indicazione di massima sul costo annuo finanziario per il Comune del progetto o della politica.

Sottoscenario	Costo	NPV	NBIR	NPVe	NBIRe	Rapporto Benefici/ Costi
	Investimento					
	(attualizzato 2024) [M€]					
M12 (Sbinamento M1 Bisceglie - Tibaldi)	782.6	-20.1	0.32	-23.2	0.22	0.68
Prolungamento fino a Via Parri	82.1	10.0	4.24	11.7	4.79	2.34
Prolungamento fino a Via Parri e via Gozzoli	139.0	7.1	2.12	8.6	2.36	1.57
Prolungamento fino a Baggio - tangenziale Ovest	206.4	6.3	1.67	7.9	1.84	1.35
Prolungamento fino a Vimercate (superficie - sotterraneo)	554.6	-13.6	0.46	-15.1	0.40	0.72
Prolungamento fino a Brugherio in superficie	43.2	1.9	1.96	2.5	2.26	1.34
Prolungamento fino a Brugherio in sotterranea	109.5	-0.5	0.87	-0.4	0.89	0.93
Prolungamento a Rozzano	42.1	0.3	1.21	0.6	1.41	1.07
Prolungamento a Rozzano, (inserimento con tangenziale Ovest)	88.7	-1.6	0.51	-1.6	0.52	0.76
Prolungamento a Paullo	899.8	-30.7	0.15	-34.0	0.06	0.50
Prolungamento a S. Donato via Gela / Paullese	145.3	4.9	1.75	6.0	1.90	1.40
Prolungamento a Cormano	184.8	-4.0	0.42	-4.5	0.36	0.75
Estensione al confine di Corsico, utilizzando i binari del deposito	27.4	9.8	10.47	11.4	12.11	3.14
Estensione al confine di Corsico (costo parametrico 90M€/km)	132.7	5.3	2.07	6.3	2.27	1.59
Prolungamento a Piolto	473.9	-18.6	-0.04	-21.1	-0.18	0.34
Prolungamento a Monza Bettola M1	491.1	-15.1	0.32	-15.8	0.29	0.53
Prolungamento a Cinisello	436.0	-9.7	0.41	-10.8	0.34	0.63
Prolungamenti Settimo - opzione Seguro	325.5	-4.2	0.72	-4.6	0.69	0.83
Molino Dorino/Baranzate - Rogoredo/Ripamonti, via Centro. Freq 2' centro	3107.4	-8.9	0.92	-7.7	0.93	0.95
Molino Dorino - Rogoredo, via Pagano. Frequenza 2 minuti.	2085.8	-28.3	0.64	-30.6	0.61	0.77
Molino Dorino - Rogoredo/Ripamonti, via Pagano. Freq 2' centro	2414.2	-30.6	0.67	-33.0	0.64	0.79
Nuovo tram 7 Gobba - Maciachini - Certosa (5') con ponte	120.3	4.0	1.88	5.3	2.18	1.28
Nuovo tram 7 Gobba - Niguarda - Certosa (5') con ponte	181.0	4.8	1.70	6.1	1.90	1.28
Nuovo tram 7 Gobba - Maciachini - Bovisa (5')	60.7	-0.2	0.92	0.3	1.12	0.98
Nuovo tram 7 Gobba - Niguarda - Bovisa (5')	121.3	0.2	1.05	0.8	1.18	1.02
Prolungamento tram 24 a Poasco	99.3	0.6	1.17	1.3	1.34	1.09
Prolungamento tram 24 a Noverasco	56.9	2.8	2.31	3.7	2.74	1.62
Tramvia Desio - Seregno deviata a Bignami e prolungamento tram 4	31.6	2.4	3.01	3.0	3.51	1.78
Riorganizzazione tram in centro	68.3	2.0	1.73	2.7	1.98	1.55
Frequenza 30', con 11 nuove stazioni	128.5	-5.9	-0.69	-6.4	-0.83	0.75
Frequenza 15', con 11 nuove stazioni	128.5	-11.3	-2.25	-12.3	-2.54	0.73
Frequenza 7'30", con 11 nuove stazioni	128.5	-23.5	-5.75	-25.3	-6.26	0.70
Frequenza 30', con 4 nuove stazioni	52.7	-11.5	-8.09	-13.4	-9.59	0.45
Frequenza 15', con 4 nuove stazioni	52.7	-21.9	-16.24	-24.7	-18.52	0.43
Frequenza 7'30", con 4 nuove stazioni	52.7	-47.0	-36.09	-53.4	-41.16	0.37
Frequenza 15', con 11 nuove stazioni, limitata a Rho	128.5	-7.6	-1.18	-8.4	-1.42	0.79
Passaggio per la cintura e attestamento a Garibaldi da Ovest	0.0	-3.9	N.D.	-4.6	N.D.	0.61
Estensione itinerari ciclabili 186km (150k€/km)	28.9	-1.4	-0.28	27.9	26.78	0.88
Estensione itinerari ciclabili 186km (1Milione€/km)	192.5	-8.2	-0.14	20.0	3.78	0.56
Zone 30	35.1	-28.2	-19.22	-34.0	-23.33	0.37
Estensione itinerari ciclabili 186km (150k€/km) + Zone 30	62.3	-29.7	-10.99	-5.4	-1.17	0.45
Due cordoni, tariffa 2.5€ + 2.5€	3.4	26.7	212.50	29.3	233.47	2.02
Due cordoni, tariffa 5€ + 5€	3.4	55.9	444.40	61.7	490.34	1.98
Ampliamento cordone cerchia filoviaria, 2,5€	3.4	7.6	61.17	6.8	54.56	1.23
Ampliamento cordone cerchia filoviaria, 5€	3.4	58.4	464.44	65.1	517.16	2.89
Velocizzazione generalizzata superficie. HP investimento solo Tram 7	181.0	236.4	35.75	278.8	41.97	15.63
Velocizzazione generalizzata superficie. HP investimento 300M€ + Tram 7	484.4	222.3	12.42	262.6	14.49	8.35

Per una valutazione indicativa delle singole azioni da valutare poi nel loro complesso come scenari di piano, si possono utilizzare le seguenti **regole generali**:

- non considerare le azioni con NPV negativo, a meno che non vi siano benefici o necessità specifiche, non considerati nelle analisi standard;
- tra le azioni con NPV negativo, non considerare di norma azioni con rapporto benefici / costi (B/C) inferiori a 0,8;
- se non vi sono vincoli di bilancio, considerare tutte le azioni con NPV positivi;
- se vi sono vincoli di bilancio, tra le azioni alternative con NPV positivi, privilegiare in prima approssimazione quelle con rapporti benefici / costi (B/C) più alti (MIT, 2011).¹⁷ Come regola puramente indicativa verranno considerati qui prioritari quelli con rapporto B/C superiore a 2,5, mentre quelli con rapporto tra 1 e 1,5 sono i progetti più deboli, cioè quelli con usi alternativi migliori delle risorse necessarie e vanno via via esclusi o posposti al ridursi delle risorse disponibili.

Le figura seguente rappresenta tutte le azioni considerate, ordinandole per costo di investimento e rapporto tra benefici e costi.



Vi sono (immagine a sinistra) alcune azioni “fuori scala”, sia in positivo che in negativo. Alcuni scenari hanno costo altissimo (gli scenari del PGT, la M6) e risultato negativo o marginale ($B/C \approx 1$). Questi progetti sono dunque da scartare (se negativi) o da considerare solo quando tutte le altre azioni più efficienti sono state finanziate (M6). Altri scenari presentano un costo di investimento minimo (lo scenario di velocizzazione da 200M€ è il più alto) e rapporti costi benefici altissimi (oltre 6). Questi progetti sono invece quelli più importanti in assoluto, avendo benefici netti molto superiori ai costi e risultando dunque **prioritari**. Si tratta in generale di progetti che riducono i costi di esercizio senza aumentare i costi privati o, come nel caso della velocizzazione del TPL, di **progetti che contemporaneamente riducono sia i costi di esercizio che di trasporto**.

Tra questi due estremi si situa la maggior parte dei progetti e delle azioni considerate. Tra esse, alcuni presentano indicatori negativi (sotto la linea rossa) e non vanno

¹⁷ Si discuterà nel capitolo 6.2 un metodo più rigoroso per stabilire priorità tra progetti in caso di vincolo di bilancio.

dunque considerati nel Piano o vanno considerati solo alla luce di benefici non quantificati. La maggior parte presenta invece indicatori marginali o positivi, con alcuni molto positivi ($B/C > 2,5$). Tutti questi progetti **possono e devono entrare nel piano fino all'ammontare di costi di investimento disponibili**.

Si noti che sono possibili molte diverse composizioni di azioni, dato un certo vincolo di bilancio. Il criterio di scelta sarebbe quello di ottenere l'NPV generato più alto, date le risorse disponibili, tra le diverse combinazioni possibili. Ad esempio, lo **scenario PGT**, invece, pur essendo vicino alla soglia di marginalità, è da escludersi proprio perché estremamente costoso e meno che marginale. Con le medesime risorse si possono invece realizzare tutte le altre azioni, ottenendo nel complesso un NPV positivo e molto grande: **non è solo l'inefficienza assoluta di uno scenario a sconsigliarlo, ma soprattutto quella relativa alle altre alternative**.

Infine, è interessante notare come **il rapporto benefici/costi cali all'aumentare della dimensione del progetto**. Dunque, **i progetti piccoli sono anche i migliori** in termini di efficienza socio-economica: si tratta di prolungamenti di linee che portano traffico aggiuntivo con investimenti minimi, velocizzazioni a basso costo, risoluzioni di problemi di congestione, ecc. L'andamento decrescente della convenienza socio-economica è un fatto, molto rilevante per il *policy maker*, ma non è sorprendente e trova conferma anche in altri studi (Eddington, 2006).

6 RISULTATI – FASE 2, VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI PIANO

Dopo aver valutato, nel precedente paragrafo, oltre cinquanta scenari esplorativi o varianti di tipo “mono-intervento”, cioè relative ad un’unica azione di piano, si passa ora alla **composizione e alla valutazione degli scenari di Piano**.

6.1 COMPOSIZIONE DELLO SCENARIO

Per la **composizione dello scenario di Piano**, sono stati considerati:

- tutti i progetti-azioni con **rapporti B/C positivi** (naturalmente considerando una sola alternativa, nel caso di diverse opzioni, es. prolungamento M1);
- alcuni progetti-azioni con rapporti B/C negativi, ma per i quali è stata manifestata una **necessità tecnica** esogena (M5 a Seguro, si veda il capitolo dedicato, e interventi sul segnalamento e impermeabilizzazione di M2);
- alcuni progetti-azioni con rapporti B/C negativi, ma per i quali **l’Analisi Costi Benefici da noi prodotta non è esaustiva dei benefici reali** (ad esempio l’estensione della pedonalità o la S16, per la quale viene giudicata positivamente solo la realizzazione di nuove stazioni su un nuovo servizio eventualmente deciso dalla Regione);
- **ulteriori progetti-azioni non valutati** in questo allegato attraverso ACB perché non valutabili, perché legati ad altri obiettivi o perché comportano investimenti di piccola entità.

Relativamente al numero di interventi inclusi, **non si è in questa fase imposto un vincolo**, cioè non sono stati esclusi progetti precedentemente selezionati con l’ACB perché non vi sono risorse disponibili. **Qualora vi fosse tale ulteriore vincolo**, occorrerebbe selezionare, tra i possibili pacchetti di azioni aventi un costo totale non superiore alle risorse disponibili, quello caratterizzato dall’NPV più elevato. Poiché si è in una fase preliminare (e data la non sommabilità degli NPV delle differenti azioni) si propone, come metodo semplificato, di **privilegiare nella scelta le azioni singole caratterizzate da rapporto B/C più elevato**.

La tabella seguente riporta i risultati degli scenari esplorativi per tutte le azioni (valutate) con risultati positivi o che, in base all’analisi fatta (si vedano le singole schede o i paragrafi relativi), si ritiene di includere negli scenari PUMS. Ove possibile si è tenuto conto delle ultime stime dei costi di investimento dopo la fase di consultazione.

<i>Azioni valutate singolarmente [codice scheda]</i>	<i>Costo investim. totale [M€] attualizzati al 2024]</i>	<i>Costo di esercizio annuo [M€]</i>	<i>NPV annuo [M€]</i>	<i>NPVe annuo [M€]</i>	<i>PUMS Base</i>	<i>PUMS AC</i>	<i>PUMS AC-M6</i>
M1_ParriGozzoli**	138,96	5,20	7,08	8,60	X	X	X
M2_Brugherio**	43,18	3,09	1,89	2,48	X	X	X
M2_Rozzano	42,12	3,88	0,33	0,65	X	X	X
M3_Peschiera**	145,28	4,37	4,95	5,96	X	X	X
M4_Corsico_deposito	27,38	2,32	9,75	11,44	X	X	X
M5_Seguro**	407,55	10,17	-5,03	-5,44	X	X	X
TPL_T7_GNC	180,95	9,29	4,75	6,14	X	X	X
TPL_T_CENTRO***	4,89	-7,30	4,80	5,92	X	X	X
TPL_T24_Noverasco	56,87	2,51	2,80	3,72	X	X	X
TPL_T178	31,59	1,93	2,39	2,98	X	X	X
TPL_V1-INV300	513,96	-0,08	222,35	262,60	X	X	X
S16_F15StazCorta	92,67	43,36	-7,61*	-8,43*	X	X	X
Politiche_Z30	37,26	0,20	-28,23*	-33,96*	X	X	X
Politiche_Piste (530k€/km)	98,30	0,83	-4,50	24,80	X	X	X
AreaC_filo	3,36	0,55	7,58	6,75		X	X
M6_Centro	3.107,44	47,45	-8,91	-7,66			X

*: la stima include solo i costi ma non i benefici associati all'azione (perché non quantificabili).

** : i costi di investimento di queste azioni sono stati aggiornati a seguito delle nuove stime, come spiegato nel paragrafo 5.10,

***: lo scenario valutato in fase esplorativa e simulato negli scenari PUMS è marginalmente diverso da quello descritto nella versione finale del documento di Piano, a seguito della fase di consultazione

6.2 VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI PIANO

Sulla base del primo elenco riportato sopra, relativo ad azioni con valutazione positiva, è stato costruito e modellizzato uno Scenario di Piano (con due varianti temporali, per un totale di tre Scenari). Lo scenario contiene anche altre azioni, per cui non è stata prodotta una valutazione specifica, introdotti sulla base di quanto detto sopra. Tuttavia, **tutte le azioni sotto riportate sono state inserite sia nel modello di traffico che nella valutazione ACB complessiva del PUMS.**

Le azioni/progetti inclusi nei **tre scenari**, sono dunque i seguenti:

Tabella 3. Elenco degli interventi inclusi negli Scenari di Piano e soggetti a valutazione complessiva

<i>Azioni e progetti inclusi e modellizzati</i>	<i>Scheda ACB singola</i>
1. Scenario PUMS_Base	
Interventi sulla viabilità	No
Prolungamenti di linee metropolitane:	Sì
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Linea M1 da Bisceglie a Parri-Gozzoli (2 fermate, in sotterranea); ▪ Linea M2 da Cologno Nord a Brugherio (1 fermata, in superficie); ▪ Linea M2 da Assago Forum a Rozzano (1 fermata, in superficie); ▪ Linea M3 da S. Donato a S. Donato-Gela (1 fermata, in sotterranea); ▪ Linea M4 da S. Cristoforo a Corsico (1 fermata, in superficie, sfruttando i binari interni al deposito); 	

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Linea M5 da S. Siro a Seguro (varie fermate, percorso misto, da realizzarsi per il collegamento con il deposito – non incluso nel costo). 	
<p>Rifacimento sistema di segnalamento e impermeabilizzazione di M2 (per miglioramento della regolarità e aumento della frequenza). <i>Nota: in via cautelativa e in favore di sicurezza, questo intervento è da intendersi come un vincolo: sono stati inseriti solo i costi, ma non i suoi ulteriori benefici.</i></p>	No
<p>Prolungamenti di linee tranviarie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tram 1 da P.za Castelli a Bovisa FN; - Tram 2 da P.za Bausan a Bovisa FN; - Tram 19 da Piazzale Negrelli a S.Cristoforo FS-M4; - Tram 24 da Vigentino a Noverasco; - Tranvia Desio estesa a Bignami M5 e prolungamento tram 4 a Bresso. 	<p>Si (24, 27, Desio)</p>
<p>La linea tranviaria 7 viene trasformata con il prolungamento ad est da Precotto M1 a Cascina Gobba M2 e ad ovest da Ca' Granda M5 a Bovisa FN via Ospedale Niguarda e oltre fino a Certosa FS. Nel tratto intermedio Ca' Granda M5 a Piazzale Lagosta, servizio con altre linee.</p>	Si
<p>In centro, vengono riorganizzate le linee tranviarie, riducendo alcuni attraversamenti, grazie alla realizzazione degli hub a Cadorna e Missori.</p>	Si
<p>Si aggiungono dieci nuove fermate ferroviarie urbane sulla linea di cintura (Stephenson, Bovisasca, Dergano, Istria, Viale Monza, Ortica, Zama, Puglie, Ripamonti, Canottieri), che vengono servite dai treni suburbani della linea S16 (Albairate-Rho via cintura, ogni 15 minuti), già presenti nello scenario di riferimento 2024.</p>	Si
<p>Si implementano le azioni volte a migliorare l'efficienza dei servizi di trasporto pubblico di superficie, descritte nel paragrafo 5.6</p>	Si
<p>Si interviene sulla regolamentazione della sosta veicolare, estendendo alcuni ambiti di sosta e implementando un più efficace controllo, considerandone i relativi costi.</p>	No
<p>Si attuano le politiche volte all'aumento e al miglioramento della mobilità attiva e degli spazi urbani, quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ l'ampliamento della rete degli itinerari ciclabili, con 186 km di nuovi percorsi; ▪ l'istituzione di Zone 30 in corrispondenza di tutte le Isole Ambientali, classificate a priorità media ed elevata. 	<p>Si (parziale)</p>
2. Scenario PUMS_AC	
Tutte le azioni precedenti, oltre a:	
Estensione Area C alla cerchia filoviaria, con tariffa unica a 2,5€.	Si
3. Scenario PUMS_AC-M6	
Tutte le azioni precedenti, oltre a:	
Estensione Area C alla cerchia filoviaria, con tariffa unica a 2,5€;	Si
Nuova metropolitana M6 sul percorso indicativo Molino Dorino – Sacco – Cadorna – Via Quaranta – Ponte Lambro con diramazioni per Baranzate e per Noverasco.	Si

6.2.1 Risultati complessivi: l'efficienza delle politiche del Piano

I **risultati complessivi** della valutazione socio-economica¹⁸ **sono chiaramente positivi**, come mostrano gli indicatori di efficienza della tabella seguente e come può essere verificato con maggiore dettaglio negli allegati Quaderno 1 relativi ai tre scenari.¹⁹

Scenario	Impegno finanziario totale (investimento)	NPV annuo	Benefici netti/ Investimento	Benefici/ Costi
	M€	M€/anno ₂₀₂₄	NBIR	B/C
Base	2,007.98	+ 261,5	4,26	2,13
AC	2,011.23	+ 277,7	4,45	2,24
AC-M6	4,876.23	+ 226,4	2,14	1,57

Lo scenario Base genera un NPV, cioè un beneficio netto annuo, di circa 260 M€/anno. Naturalmente, i due indicatori di rapporto sono altrettanto positivi, attestandosi su valori molto alti: l'NBIR ci dice che **per ogni euro investito, si generano 4,26 euro di benefici per la collettività**; il rapporto B/C ci dice che complessivamente, **i benefici sono oltre il doppio dei costi** (compresi i costi sopportati dagli utenti).

Lo scenario che comprende anche l'estensione di Area C alla cerchia filoviaria, con una tariffa di 2,5€, presenta indicatori leggermente migliori perché la politica di tariffazione è ancora in un campo di efficienza: riduce la congestione in misura maggiore del costo pagato dagli utenti. Tuttavia, **la componente di beneficio che va ai consumatori è inferiore rispetto allo scenario base poiché la riduzione della congestione avviene per mezzo della tariffa da loro pagata**. Per questo, si tratta di una politica di più complessa attuazione.

Infine, lo **scenario di lungo periodo con M6**, pur rimanendo positivo, ha indicatori peggiori. In particolare, l'NPV è inferiore a quello dello scenario base, confermando che la M6 (nella versione simulata e testata) è un progetto con NPV negativo, anche all'interno dell'articolato insieme di azioni PUMS. Sebbene si tratti di un progetto interessante, con grandi benefici per gli utenti, **essa andrà però riconsiderata in fase di progettazione preliminare, riducendone il costo²⁰** per riportarla nel campo di fattibilità.

E' infine utile notare come, specialmente nei primi due scenari, il rapporto B/C sia piuttosto diverso dal NBIR. Solitamente, in piani della mobilità fatti principalmente da progetti infrastrutturali (o in singoli progetti), i due indicatori tenderebbero ad assomigliarsi, data la dominanza dell'investimento sull'insieme dei costi. Al contrario, nel PUMS, **il NBIR è molto più alto del B/C perché un'ampia parte dei benefici è data dalle politiche messe in campo** (velocizzazioni, piste ciclabili, tariffazione) e non solo dalle infrastrutture. Dunque, **nel PUMS, ad ogni Euro speso per investimenti infrastrutturali, sono associati molti più benefici rispetto ad un piano di stampo più spiccatamente infrastrutturale**.

¹⁸ Realizzata sulla base delle simulazioni modellistiche del modello di AMAT e con la medesima metodologia e i medesimi dati utilizzati per gli scenari esplorativi.

¹⁹ L'investimento finanziario totale nella versione precedente la fase di consultazione, prima delle nuove stime di alcuni costi di investimento come riportati nel paragrafo 5.10, era stimato in 2.019,20 M€ (Base), 2.022,45 (AC) e 4.951,4 (AC-M6).

²⁰ Ad esempio accorciandone gli estremi, meno carichi.

6.2.2 Impatto finanziario

Dal **punto di vista finanziario** gli scenari comportano investimenti²¹ compresi tra 2 e 4,9 miliardi di Euro e costi annui per manutenzione ed esercizio tra 108 e 167 milioni di Euro.

Considerando **anche la variazione delle partite correnti** (più precisamente: i ricavi aggiuntivi per il Comune per sosta, TPL, AreaC; ricavi aggiuntivi per la Regione per TPL; mancati ricavi per tassazione sulla benzina per lo Stato) **l'impatto sul bilancio per gli Enti Locali risulta negativo, ma in misura assai minore.**²² Questo è dovuto al fatto che:

- i **costi di esercizio** del TPL aumentano per effetto dei nuovi servizi, ma una parte di essi viene controbilanciata da riduzioni del servizio di superficie e dalla velocizzazione dello stesso;
- i **ricavi del TPL** aumentano, grazie al massiccio cambio modale indotto dalle politiche;
- la **tassazione sui carburanti** per lo Stato cala in proporzione con il minore uso dell'auto privata;
- gli **ingressi in Area C** si riducono sensibilmente grazie alla maggiore attrattività del TPL, agli investimenti sulla ciclabilità e al maggior controllo della sosta;
- i **ricavi della sosta** aumentano, grazie al più efficace controllo dell'evasione.²³

Scenario	Impegni finanziari			Impatto finanziario netto (inclusi ricavi, quote IVA)	
	Totale (investimento)	Annuo (manutenzione)	Annuo (esercizio)	Comune (e Regione)	Stato
	M€	M€/anno	M€/anno	M€/anno ₂₀₂₄	M€/anno ₂₀₂₄
Base	2,007.98	20.08	87.93	-49.430	-140.82
AC	2,011.23	20.11	87.93	-28.415	-144.34
AC-M6	4,876.23	48.76	118.16	-157.17	-297.60

Nota: la tabella è stata determinata come segue. La ripartizione del costo di investimento è al 46-32% per il Comune di Milano e per il rimanente allo Stato (vedi nota). Per l'annualizzazione dell'investimento è stato utilizzato un tasso di interesse del 5% per 20 anni. I costi di esercizio e manutenzione sono interamente attribuiti al Comune. Tra i ricavi sono inclusi quelli di Area C, TPL, parcheggi, interamente attribuiti al Comune di Milano, a parte la quota di IVA (0%, 10%, 22% rispettivamente) attribuita allo Stato. Infine, nel bilancio dello Stato sono stati considerati anche i mancati ricavi dalle accise sui carburanti (tra i 53 e i 63 M€/anno a seconda degli scenari).

E' utile sottolineare che **i maggiori ricavi del Comune (e della Regione) non corrispondono a maggiore tassazione o ad aumenti di tariffe.** Si tratta infatti di "vere" maggiori entrate per servizi volontariamente scelti dai consumatori: più passeggeri sul TPL che generano più ricavi tariffari e la sosta abusiva che viene ridotta. L'effetto di Area C dipende invece dagli scenari: nello scenario base i ricavi del Comune calano di 11 M€ (perché molti viaggiatori passano a modi alternativi, quali TPL e bici, e smettono dunque di pagare la tariffa), mentre negli scenari due e tre rimane sostanzialmente invariata rispetto all'attuale, per effetto del bilanciamento tra maggior numero di persone tariffate, ma ad una cifra inferiore a quella attualmente imposta per il passaggio dalla Cerchia dei Bastioni.

²¹ Si considerano qui **solo gli investimenti dei progetti inclusi nella valutazione**, cioè quelli riportati nella Tabella 3, e non i costi di tutte le altre azioni non valutate.

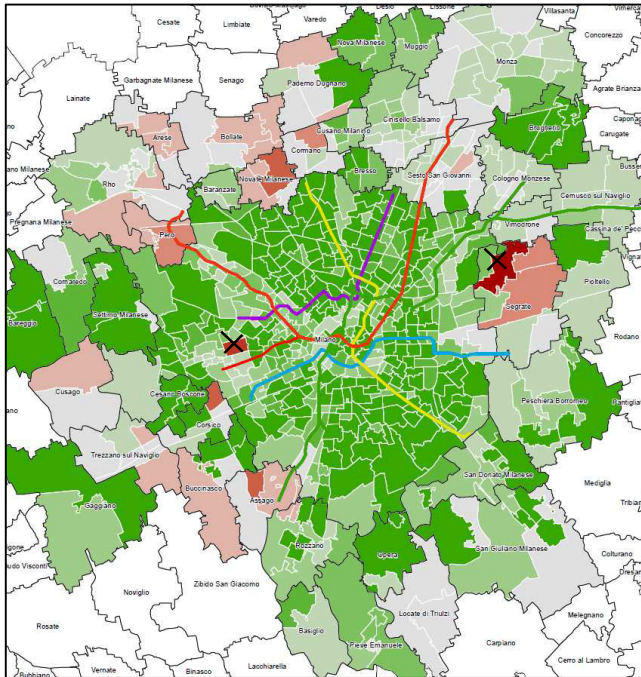
²² Sulla base delle assunzioni fatte sulla ripartizione dei costi d'investimento, il Comune di Milano sopporta il 20% dei costi d'investimento delle infrastrutture del TPL ed il 100% delle infrastrutture e investimenti locali (itinerari ciclabili, portali AreaC, ecc.). Per lo scenario PUMS la "pesatura" tra diverse politiche da una quota complessiva degli investimenti per il Comune pari al 46% negli scenari Base e Base + Area C e al 32% per lo scenario con M6 (in cui l'ipotesi di cofinanziamento statale fa diminuire, solo in termini relativi, lo sforzo finanziario del Comune). Inoltre, il Comune paga il 100% dei costi operativi e di manutenzione.

²³ A cui sono associati costi meno che proporzionali di 220€/stallo, stimati sulla base dei parametri significativi e tenendo conto di un ampio margine di sicurezza.

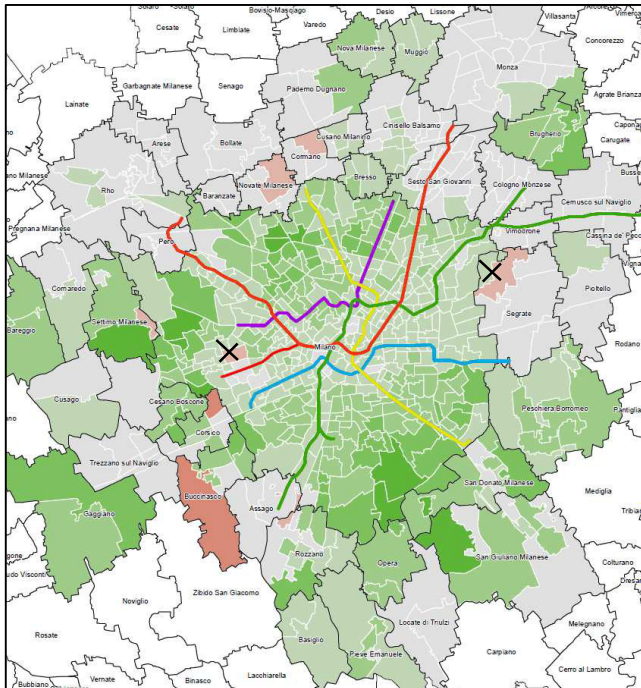
6.2.3 Benefici per i passeggeri (benefici di mobilità)

La rappresentazione cartografica del surplus per i passeggeri, contenuta nei Quaderni, mostra l'entità e la distribuzione degli effetti diretti sul sistema dei trasporti, illustrando molto chiaramente la natura delle azioni del PUMS. Si riportano qui alcune delle cartografie più significative per facilitare il commento ai risultati, ma si invita il lettore a fare riferimento ai quaderni allegati per le versioni complete.

A. VARIAZIONE TOTALE SURPLUS - ORIGINATI



B. VARIAZIONE UNITARIA SURPLUS - ORIGINATI



NOTA: alcune zone risultano rosse per effetto di errate fluttuazioni del modello (Perucchetti, Segrate). Infatti appaiono negative in tutti gli scenari, anche se puramente additivi. Esse non vanno dunque considerate.

La carta rappresenta l'impatto positivo delle misure sulla città, aggregato per origini.

Tutta l'Area Urbana è beneficiata (spesso significativamente) dal PUMS, con l'esclusione di alcuni comuni.

Le azioni proposte sono dunque efficaci e omogeneamente distribuite.

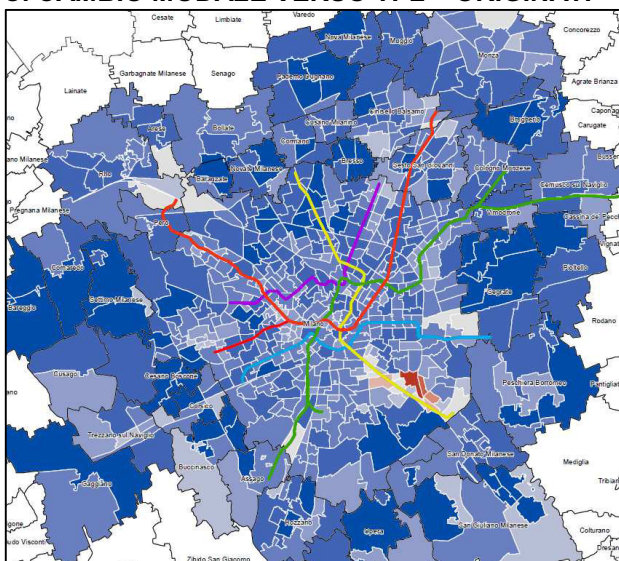
Le zone "rosse", cioè in cui c'è una **contenuta perdita di surplus**, sono le aree in cui non sono previsti progetti (in alcuni casi perché già inclusi nel reference) e vi è un effetto negativo relativo ad altre politiche. In particolare, potrebbe trattarsi del modo in cui sono modellizzati gli itinerari ciclabili, che generano effetti di congestione lungo quegli assi di penetrazione. Poiché gli itinerari ciclabili sono stati modellizzati parametricamente (non tenendo conto di un vero progetto, che ancora non esiste), per queste zone sarà opportuno prestare in fase di progetto più attenzione nella minimizzazione degli effetti negativi.

La seconda carta, che rappresenta la perdita di surplus attribuibile ad ogni singolo passeggero, dimostra che **le eventuali perdite unitarie sono estremamente piccole** e risultano più visibili nella carta A solo perché la popolazione interessata è molta (le zone esterne a Milano sono più grosse di quelle interne).

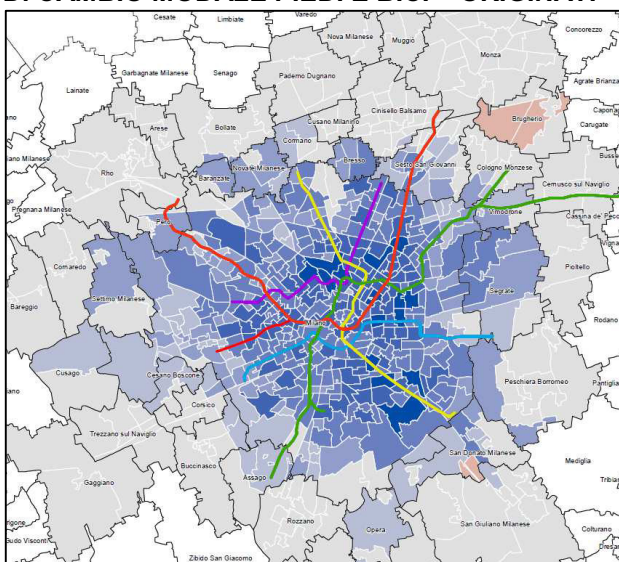
Inoltre, è possibile notare come alcune zone di Milano siano più chiare di altre. Si tratta di **zone in cui non si concentrano le azioni del PUMS, perché già interessate da altri investimenti recenti** (ad es. la zona tra Lorenteggio e via Zurigo è interessata dalla M4, che è nello scenario di riferimento, risultando qui più chiara).

Nel complesso, il PUMS introduce importanti **effetti positivi estesi anche ad ampie porzioni dell'area urbana.**

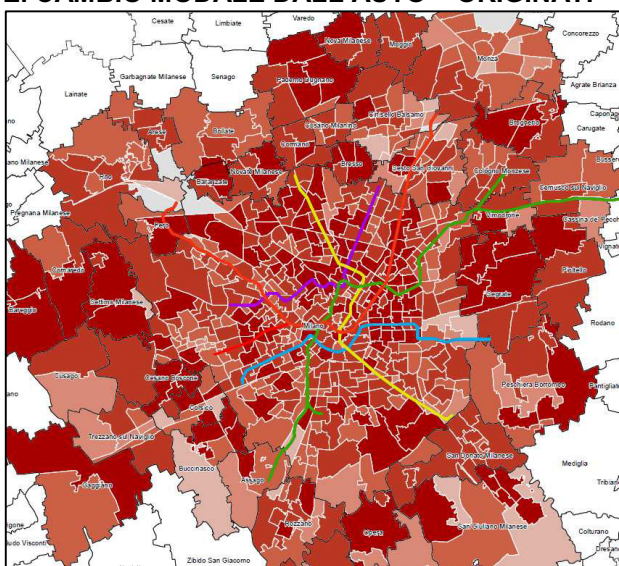
C. CAMBIO MODALE VERSO TPL – ORIGINATI



D. CAMBIO MODALE PIEDI E BICI – ORIGINATI



E. CAMBIO MODALE DALL'AUTO – ORIGINATI



In termini di cambio modale, l'effetto delle azioni PUMS è molto netto.

Tutto il TPL guadagna passeggeri in misura significativa, sia per effetto dei nuovi progetti e della velocizzazione, sia per le complementari politiche di riduzione del trasporto privato.

L'unica zona (forse frutto di imprecisioni modellistiche) è quella attorno al ramo sud della M3, dove vi è uno spostamento verso la bici anche dal TPL e non solo dall'auto.

Le **politiche sulla ciclabilità sono altrettanto efficaci**, ma limitatamente al loro raggio di applicazione, che coincide con il Comune di Milano e qualche area circostante.

Infine, la carta E mostra l'origine del cambio modale, cioè **il modo stradale privato, che si riduce in ogni zona** dell'area modellizzata. Anche in questo caso si vede come l'effetto di cambio modale sia il medesimo per tutte le zone. Fa eccezione la zona attorno a Expo, dove sono previsti importanti investimenti stradali.

Si sottolinea come **questo cambio modale non sia generalmente penalizzante per chi passa dall'auto al TPL o alla bici**: le aree verdi delle tavole A e B ci dicono che praticamente tutte le zone migliorano il loro surplus e che questo miglioramento è dovuto al fatto che:

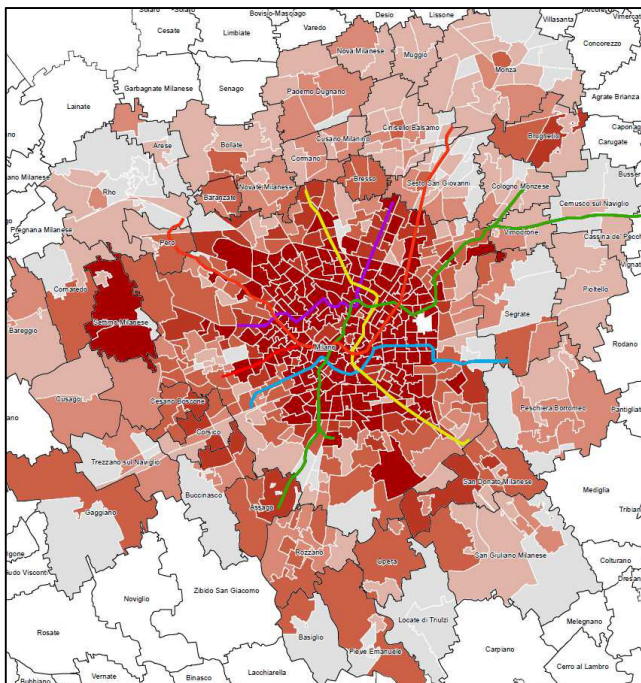
- a) chi già usava bici e TPL ora ha una offerta migliorata,
- b) più persone trovano conveniente lasciare la loro auto, grazie al migliore TPL e alla rete ciclabile.

Teoricamente, sarebbe possibile ottenere il medesimo cambio modale delle carte C, D, E con misure coercitive, ma in questo caso le carte A e B sarebbero tutte "rosse", cioè lo farebbero penalizzando gli utenti.

Il PUMS è dunque in grado di **ottenere un cambio modale importante, migliorando contemporaneamente le condizioni di viaggio di tutti e senza introdurre politiche coercitive.**

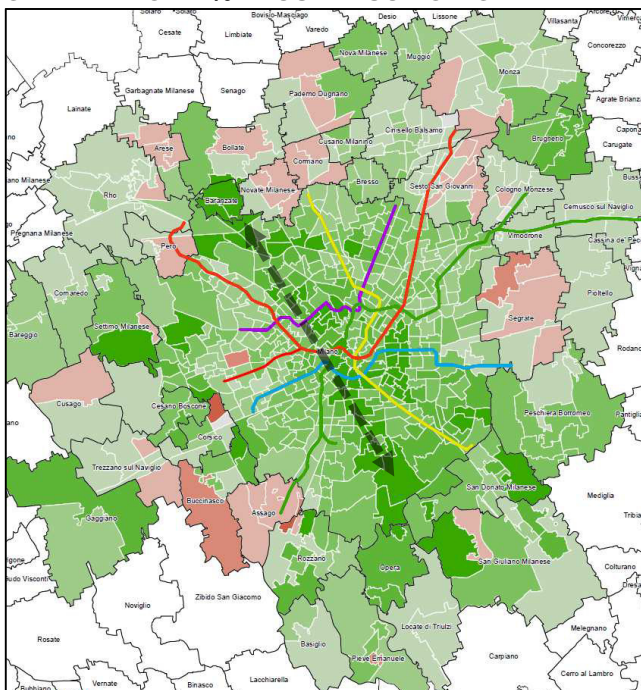
PUMS_Area C estesa alla filoviaria 2,5€

F. CAMBIO MODALE DALL'AUTO - DESTINATI



PUMS_Area C estesa alla filoviaria 2,5€ + M6

G. VARIAZIONE % DI SURPLUS - ORIGINATI



Infine, si analizza l'effetto delle azioni aggiuntive rispetto allo scenario base.

Nel secondo scenario viene aggiunta l'estensione di Area C alla cerchia filoviaria con una tariffa ridotta a 2,5€. A differenza di quanto visto nello scenario esplorativo in cui aumentava il numero di auto in centro (per effetto del ritorno all'auto di coloro i quali vivono tra la cerchia dei Bastioni e la filoviaria), **nello scenario PUMS questo effetto non c'è: tutte le zone della città hanno comunque un sensibile crollo nell'uso dell'auto** (si veda mappa F, aggregata per destinazioni).

Nel terzo scenario l'effetto della M6 è visibile solo nelle mappe rappresentanti le variazioni unitarie. La mappa G mostra la variazione percentuale del surplus dei consumatori e si **riconosce chiaramente il tracciato di M6**. Questo surplus "extra" rispetto allo scenario PUMS va ad aggiungersi a quello già generato dalle altre azioni previste su quelle aree, in particolare dalla velocizzazione dei percorsi tranviari.

6.2.4 Benefici ambientali

Poiché il PUMS non si limita solo a dare risposta ad esigenze di mobilità, ma contribuisce anche al progetto di un ambiente urbano migliore, l'ACB ha preso in

considerazione (anche se in maniera piuttosto schematica e parziale) **anche i benefici esterni – ambientali e non ambientali – quantificabili, cioè principalmente emissioni inquinanti e climalteranti, rumore, incidentalità**. La componente quantificata di questi benefici è quella dovuta al cambio modale verso TPL e verso i modi attivi, ma esistono molti altri benefici, anche se non sono stati quantificati nell'ACB in ragione dello stadio pre-progettuale. Tuttavia, di essi è stata data ampia evidenza del Rapporto Ambientale. Dunque, la quantificazione dei benefici ambientali del PUMS qui riportata è certamente **una stima per difetto, non considerando esplicitamente componenti come la qualità dello spazio urbano, l'estensione del verde, la maggiore sicurezza per pedoni e ciclisti in ambiti protetti, etc.**

La tabella seguente riassume il beneficio ambientale dei tre scenari PUMS, espresso in M€ all'anno.

	<i>Base</i>	<i>+ estens. Area C</i>	<i>+ M6</i>	
Cambio modale simulato – auto	-914	-984	-1.070	Mpax*km
Cambio modale simulato – moto	-24	-8	-29	Mpax*km
Inquinamento atmosferico	5,240	5,536	6,137	M€/2024
Cambiamento climatico	22,054	23,561	25,822	M€/2024
Incidenti, sicurezza	5,500	5,622	6,449	M€/2024
Rumore	7,952	8,207	9,320	M€/2024
Consumo infrastrutture	6,878	7,345	8,053	M€/2024
Effetti up&downstream	10,311	11,016	12,072	M€/2024

Come mostrano i numeri, l'effetto principale è sulla CO₂ (valorizzata a 90€/ton2010, Korzhenevych, 2014): **il PUMS permette un risparmio di emissioni climalteranti significativo²⁴**, grazie al forte cambio modale previsto rispetto allo status quo.²⁵

Anche per gli altri effetti i risparmi per la collettività sono nell'ordine dei milioni di Euro all'anno. Come già detto, invece, **il valore relativo al beneficio di sicurezza è sicuramente sottostimato.**

²⁴ Rispetto ad altre ACB, i valori da noi trovati e riportati presentano alcune particolarità che meritano un commento. Solitamente i costi relativi all'inquinamento sono maggiori di quelli delle emissioni climalteranti. Tuttavia, si è qui ipotizzata una flotta al 2024 interamente costituita da Euro V e Euro VI, dunque molto meno inquinanti della flotta media odierna. La CO₂, al contrario, ha nella più recente fonte ufficiale Europea consultata (Korzhenevych, 2014, appunto), un valore unitario più alto rispetto agli studi precedenti, pari a 90€/ton invece di circa 25€/ton e i profili di efficientamento dei veicoli non sono altrettanto spinti come quelli di riduzione degli inquinanti. Per quanto riguarda il rumore è possibile ipotizzare che la fonte, facendo riferimento alla flotta attuale, presenti valori un po' più alti di quelli che avremo nel 2024, ma è altrettanto vero che non vi sono obblighi normativi per la riduzione del rumore, a differenza di quanto accaduto per le emissioni.

²⁵ Non ultimo, qualora fosse possibile certificare tale effetto, le minori emissioni potrebbero essere vendute sul mercato dell'emission trading scheme. Attualmente i prezzi sul mercato secondario sono molto bassi (circa 6€/ton), ma fino al 2011 i valori medi si attestavano sui 15€/ton e più. I 22 M€ di valore economico corrisponderebbero dunque a circa 3,6 – 1,5 M€/anno se venduti sul mercato (a 15-6€/ton).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AMAT (2012). *Analisi Costi Benefici della linea metropolitana 4 di Milano. San Cristoforo – Linate*. Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio, Milano.
- Beria P., Maltese I., Mariotti I. (2012). Multicriteria versus Cost Benefit Analysis: a comparative perspective in the assessment of sustainable mobility. *European Transport Research Review*. No. 4 (2012): 137-152. DOI: 10.1007/s12544-012-0074-9
- Beria P., Grimaldi R., Ponti M. (2012). Comparison of social and perceived marginal costs of road transport in Italy. *Economics and Policy of Energy and the Environment*, No. 2/2012: 85-112. Doi: 10.3280/EFE2012-002005
- Börjesson, M., & Eliasson, J. (2012). The value of time and external benefits in bicycle appraisal. *Transportation research part A: policy and practice*, 46(4), 673-683.
- Cascetta, E. (1998). *Teoria e metodi dell'ingegneria dei sistemi di trasporto*. Utet.
- Castiglione, J., Freedman, J., Davidson, W., (2003). *Application of a tour-based microsimulation model to a major transit investment*. San Francisco County Transportation Authority and PBConsult, San Francisco.
- De Jong, G., Daly, A., Pieters, M., & Van der Hoorn, T. (2007). The logsum as an evaluation measure: review of the literature and new results. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(9), 874-889.
- DfT (2006), *Transport, Wider Economic Benefits and Impacts on GDP*, Department for Transport, London (UK).
- DfT (2009). *NATA Refresh: Appraisal for a Sustainable Transport System*. Department for Transport. United Kingdom.
- DG Regio (2008), *Guide to Cost Benefit Analysis of investment Projects*, Directorate General Regional Policy, European Commission.
- Eddington R. (2006), *The Eddington transport study*, HM Treasury, London (UK).
- Grimaldi, R., & Beria, P. (2013). Open issues in the practice of cost benefit analysis of transport projects. *Proceedings of the World Conference on Transport Research – WCTR 2013*. Rio de Janeiro, Brasile.
- HEATCO (2006), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 5. Proposal for Harmonised Guidelines*. HEATCO consortium.
- Korzhenevych A. et al. (2014). *Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report*. Report for the European Commission: DG MOVE.
- Maffii S. e Parolin R., (2013). Estimating benefits for modal shifters: a methodological remark. *Selected Proceedings of the WCTR 2013 Rio conference*.
- Maffii, S., Parolin, R., & Scatamaccia, R. (2011). *Guida alla valutazione economica di progetti di investimento nel settore dei trasporti* (Vol. 66). FrancoAngeli.
- MIT (2006), *I Grandi Progetti del PON Trasporti 2000 – 2006: metodologie di analisi e casi di applicazione*, Quaderni del PON Trasporti n. 02, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- NUVV (2003), *Guida per la certificazione da parte dei Nuclei regionali di valutazione e verifica degli investimenti pubblici (NUVV)*
- PWC (2009). *Evaluation of the costs and benefits to the community of financial investment in cycling programs and projects in New South Wales*. Final Report. Prepared for: Roads and Traffic Authority of NSW and the Department of Environment and Climate Change, Australia.
- TemaNORD (2005). *CBA of Cycling*. Nordic Council of Ministers, Copenhagen (Denmark).
- MIT (2011). *Studio comparato sui metodi internazionali di valutazione preventiva delle opere pubbliche dal punto di vista della fattibilità tecnico-economica*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Nucleo di Valutazione e Verifica degli Investimenti Pubblici (NVVIP).
- WHO (2014). Health economic assessment tools (HEAT) for walking and for cycling. Economic Assessment of Transport Infrastructure and Policies

ALLEGATO 1 – TABELLE

Tabella 4 - Parametri delle funzioni di utilità sistematica, per scopo di viaggio e modo (fonte: AMAT).

Scopo	Modo	Beta TViaggio	Beta_ Distanza	Beta_ Accesso	Beta_ Park	Beta_ Tariffa	Beta_ Centro	Beta_ Noto
CASA	AUTO	-0.03995191	0	0	-0.245471436	-0.245471436	-0.4	-0.515
CASA	TPL	-0.03995191	0	0	0	-0.378813944	0.19	0.17
CASA	MOTO	-0.11	0	0	0	0	1.7	-1.65
CASA	PIBICI	-0.055	0	0	0	0	0.9	0.55
LAVORO	AUTO	-0.038181154	0	0	-0.285870664	-0.285870664	-0.27	-0.027121976
LAVORO	TPL	-0.038181154	0	0	0	-0.441158432	0.186	0.18
LAVORO	MOTO	-0.11	0	0	0	0	1.7	-1.65
LAVORO	PIBICI	-0.07	0	0	0	0	1.1	0.55
STUDIO	AUTO	-0.003813906	0	0	-0.09634498	-0.09634498	-1.17	-0.849316674
STUDIO	TPL	-0.003813906	0	0	0	-0.148680525	0.2	0.18
STUDIO	MOTO	-0.11	0	0	0	0	2.2	-1.65
STUDIO	PIBICI	-0.05	0	0	0	0	1.4	0.55
AFFARI	AUTO	-0.011	0	0	-0.02687661	-0.02687661	0.23	0.612602825
AFFARI	TPL	-0.011	0	0	0	-0.02488575	0	0.17
AFFARI	MOTO	-0.11	0	0	0	0	1.6	-1.65
AFFARI	PIBICI	-0.075	0	0	0	0	0.9	0.55
ALTRO	AUTO	-0.038210012	0	0	-0.207174818	-0.207174818	-0.52	-0.430914268
ALTRO	TPL	-0.038210012	0	0	0	-0.319714226	0.19	0.17
ALTRO	MOTO	-0.12	0	0	0	0	1.45	-1.65
ALTRO	PIBICI	-0.065	0	0	0	0	1.1	0.55
SHOP	AUTO	-0.038210012	0	0	-0.207174818	-0.207174818	-0.62	-0.507645682
SHOP	TPL	-0.038210012	0	0	0	-0.319714226	0.19	0.17
SHOP	MOTO	-0.11	0	0	0	0	1.35	-1.65
SHOP	PIBICI	-0.055	0	0	0	0	1.1	0.55

Tabella 5 – Valori del tempo utilizzati, per scopo e modo (in Euro al minuto).

Scopo	Modo	VdT [€/min]	VdT [€/h]
CASA	AUTO	0.16	9,77
CASA	TPL	0.11	6,33
CASA	MOTO	0.33	19,53
CASA	PIBICI	0.16	9,49
LAVORO	AUTO	0.13	8,01
LAVORO	TPL	0.09	5,19
LAVORO	MOTO	0.27	16,03
LAVORO	PIBICI	0.13	7,79
STUDIO	AUTO	0.04	2,38
STUDIO	TPL	0.03	1,54
STUDIO	MOTO	0.08	4,75
STUDIO	PIBICI	0.04	2,31
AFFARI	AUTO	0.41	24,56
AFFARI	TPL	0.44	26,52
AFFARI	MOTO	0.82	49,11
AFFARI	PIBICI	0.66	39,78
ALTRO	AUTO	0.18	11,07
ALTRO	TPL	0.12	7,17
ALTRO	MOTO	0.37	22,13
ALTRO	PIBICI	0.18	10,76
SHOP	AUTO	0.18	11,07
SHOP	TPL	0.12	7,17
SHOP	MOTO	0.37	22,13
SHOP	PIBICI	0.18	10,76

Tabella 6 - Valori del tempo medi pesati (in Euro al minuto)

Scopo di viaggio	€/ora	€/minuto
CASA	8,99	0,15
LAV	7,12	0,12
STUD	1,84	0,03
AFF	26,36	0,44
ALT	13,22	0,22
SHOP	12,96	0,22
Media	8,89	0,15

Modo	€/ora	€/minuto
AUTO	9,30	0,16
MOTO	20,03	0,33
PIBIC	9,48	0,16
TPL	5,18	0,09
Media	8,89	0,15

APPENDICE – SINTESI DELLE TAVOLE VALUTAZIONE DEGLI SCENARI

- 1. Scenario di piano Pums. Base**
- 2. Scenario di piano Pums. Base e allargamento di Area C alla Cerchia Filoviaria**
- 3. Scenario di piano Pums. Base e allargamento di Area C alla Cerchia Filoviaria e nuova linea di metropolitana M6**

1. Scenario di piano Pums. Base

Tavola riassuntiva risultati scenario

ACB, ACBe, analisi distributiva, analisi finanziaria

Scenario	PUMS	Scenario di Piano
Sottoscenario	Base	Con tutte le azioni 2015-2025
versione	13	05/10/2015

Costo totale investimento finanziario dello scenario
2.009 M€

46% ipotesi quota di investimento del Comune
reference usato

REF_15
Reference finale 02/09/2014

Regola calcolo Surplus
LOGSUM

Analisi Socio-Economica (base e estesa)

CBA base	CBA estesa
VAN annualizzato (M€2024/year)	VAN annualizzato (M€2024/year)

Quantificazione effetto	Note / Descrizione effetti non quantificabili	97,17
Investimenti	13,8 km di nuove Metropolitane (urbane e extraurbane), 18,6 km di reti tranviarie, 10 nuove stazioni ferr., 124,6 M€ in di nuove strade, 186 km di itinerari ciclabili, oltre a 492,78 M€ per 300M€ di infrastruttura - connessione Centro Nord e scavo Bocca T7 - 304M€ - 74M€ per 100M€ di opere di sistemazione di Cologno a Milano. Finanziamento 28.895.147.735,49€ a carico dell'Ente.	16,88
Esercizio	1% del costo di investimento all'anno	9,04
Costi di esercizio - nuovi	Percorrenza aggiuntiva annua: su metropolitane 1948579,8 km, su tranviarie 124,6 km, su strade 186 km, su piste ciclabili 186 km, su percorsi pedonali 4600000 km, di servizi ferroviari 2834432 km, costo gestione 163000 stalli.	74,96
Costi di esercizio - cessanti (stima)	Riorganizzazione della rete per: 1505304,6 km/anno di linee tranviarie, 1527300 km/anno di linee automobilistiche.	13,46

Domanda

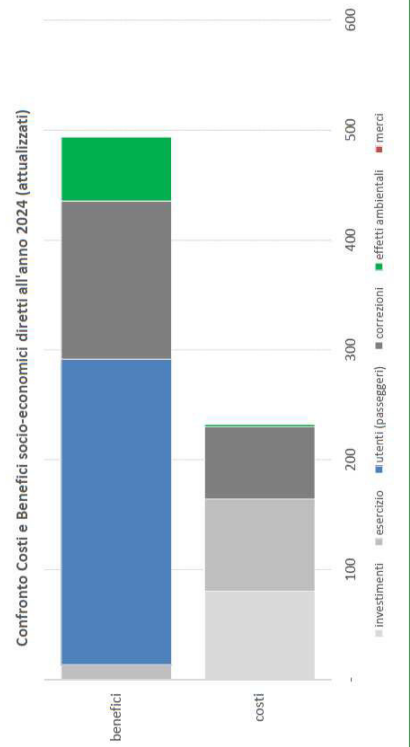
Variazione surplus dagli utenti

Calcolato con metodo del Logsum

278,20

Passengeri auto	Riduzione di 81,33 milioni di pax in auto	<p>Il mix di progetti e politiche simulato dal modello mostra un aumento di 63,38 milioni di pax su trasporto pubblico.</p> <p>Riduzione di 8,31 milioni di pax in moto/scooter</p> <p>Aumento di 21,76 milioni di pax e puledri o in bici</p> <p>Riduzione di 1,55 miliardi medi per viaggio nell'area</p> <p>Riduzione di 1,32 miliardi medi per viaggio nell'area</p> <p>Riduzione di 0,38 miliardi medi per viaggio nell'area</p>
Passengeri TPL	Aumento di 63,38 milioni di pax su trasporto pubblico	
Passengeri moto	Riduzione di 8,31 milioni di pax in moto/scooter	
Passengeri modi attivi (piedi e bici)	Aumento di 21,76 milioni di pax e puledri o in bici	
Variazione tempi medi di viaggio AUTO	Riduzione di 1,55 miliardi medi per viaggio nell'area	
Variazione tempi medi di viaggio TPL	Riduzione di 1,32 miliardi medi per viaggio nell'area	
Variazione tempi medi di viaggio MOTTO	Riduzione di 0,38 miliardi medi per viaggio nell'area	
Affollamento, qualità TPL	Completamento il TPL, miglior qualità. Possibili effetti perenni di affollamento, soprattutto sulla migliore rete di superficie, in parte sostenuto dalle nuove tratte di metro.	
Altri effetti	Miglioramento circolazione M2 grazie al nuovo segnalamento (benefici non inclusi)	
Affidabilità	Efficace applicazione della sosta a pagamento ridurrà sicuramente la domanda attuale, rafforzando l'effetto di cambio modale. Dunque è possibile la futura riduzione di congestione, grazie al potenziamento di una forte riduzione della par condicio, già non simulata.	

Merzi	Variaz. costo gen. veic merzi	53,70
Conessioni per cambio modale	Tassaazione carburanti	96,49
Variazioni ricavi TPL	Variazioni ricavi TPL	47,26
Variazioni ricavi Parcheggi	Aumento dei ricavi da parcheggio a pagamento	11,65
Variazioni ricavi AreaC	Doati alla variazione di -28575 ingressi nell'anno in AreaC	5,240
Esternalità (CAR + MOTO)	Inquinamento atmosferico	22,054
Effetti agg. black carbon	Effetti agg. black carbon	5,500
Cambiamento climatico	Cambiamento climatico	
Incidenti, sicurezza	Incidenti, sicurezza	



Analisi Finanziaria (cash flow anno 2024)

Stato	86,78	Comune di Milano	73,92
Costo di investimento (rata 15%, 20 anni)	-	Comune di Milano	-20,09
Costi di manutenzione reti	-	Comune di Milano	-107,17
Costi di esercizio - nuovi	-	Comune di Milano	19,24
Costi di esercizio - cessanti	-	IVA	10%
Tassaazione carburanti	53,70	IVA	22%
Variazioni ricavi TPL	8,77	IVA	0%
Variazioni ricavi Parcheggi	8,52	IVA	
Variazioni ricavi AreaC	-	IVA	
Cash Flow annuo	-123,18	IVA	

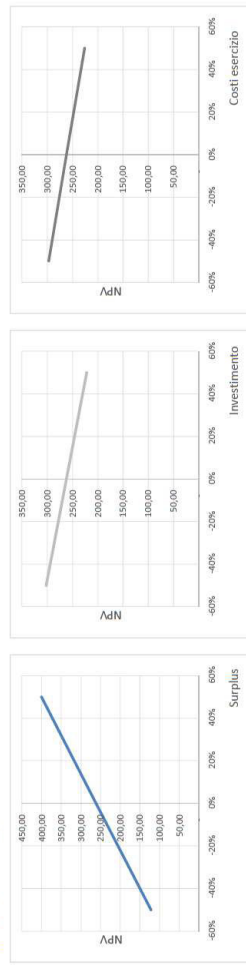
Investimento Manutenz. Esercizio

Coefficienti di correzione FIN ~ ECO 0,8468 0,7935 0,6995

Rumore		7,952
Consumo infrastrutture		6,878
Effetti up&downstream		10,311
Tutte le externalità		0,247
Esternalità (TPL)	Dovuti alla variazione di 1348579 km/anno in metro e 1327880 km/anno in bus e tram	-
Esternalità (BIC)	Dovuti alla variazione di 94,6 milioni di pavem/anno percorsi in bici e a piedi	1,90
Benessere fisico	Probabile riduzione (marginale) dell'inquinamento da camion grazie alla minor congestione stradale.	
Tutte le externalità (MERC)	Probabile recupero di ampie porzioni di città dalle auto ad altri alternativi	*
Altri effetti	Guadagno positivo nelle aree interessate da nuove metra e da pedonalizzazioni	*
Paesaggio, qualità urbana	Diaghi nelle zone interessate dai cantieri, ma principalmente fuori dal centro.	*
Variazione valori immobiliari		
Diaghi fase di cantiere		
Effetti macro	Effetto positivo dovuto alla forte riduzione del costo di viaggio complessivo. Tuttavia, possibile effetto di focalizzazioni di alcune attività.	
Effetti macro aggiuntivi	HP pari al 20% della variazione di surplus degli utenti	55,64
COMP	Sebbene ricetto degli aumentati ricavi (TPL, sosta, etc.) l'effetto per gli investimenti genera comunque un marginale aumento della tassazione. Cioè il Piano non è finanziariamente neutro.	10,87

	risultato ACB standard	risultato ACB estesa	
Totale effetti monetizzabili	NPV (M€2024/year)	261,5	337,1
Effetti non monetizzati:	NBR (Benefici / Costi Investimento) [%]	4,26	5,20
	Affollamento, qualità TPL	:-	:-
	Affidabilità	:-	:-
	Offerta parcheggi	:-	:-
	Paesaggio, qualità urbana	:-	:-
	Variazione valori immobiliari	:-	:-
	Diaghi fase di cantiere	:-	:-
	Rischio di cost overrun	:-	:-

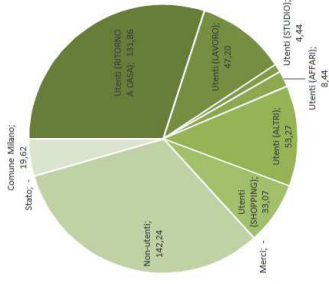
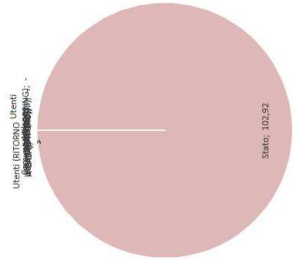
Analisi di sensitività



Variazione del Valore Netto Presente dell'investimento (NPV) in funzione della variazione di Surplus dei Consumatori, investimenti, Costi di Esercizio

Analisi Socio-Economica estesa (analisi distributiva)

(M€2024/year, per stakeholder)



Utenti (motivo)	Utenti (LAVORO)	Utenti (STUDIO)	Utenti (AFFARI)	Utenti (SHOPPING)	Merci	Non utenti (Esternalità + WEE)	Stato (incl COMFP)	Comune Milano (incl COMFP)
RITORNO A CASA	47,20	4,44	8,44	53,27	33,07	142,24	- 102,92	19,62

Commento

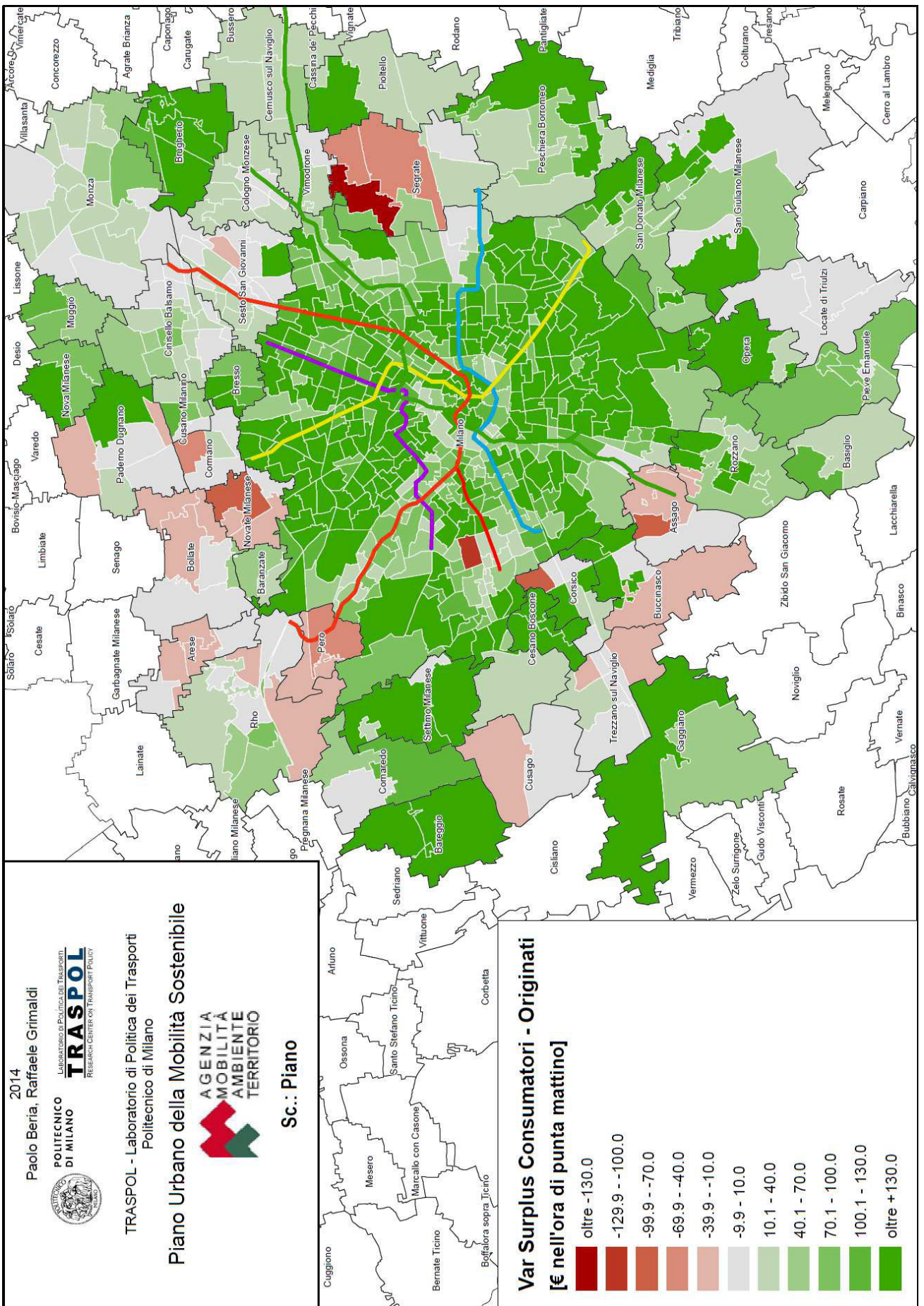
Tutte le categorie di utenti sono beneficate. Un consistente beneficio, sebbene calcolato parametricamente, si riversa anche "fuori" dal sistema dei trasporti in forma di minor inquinamento/esternalità e di effetti positivi sul resto dell'economia della città, grazie alla riduzione dei costi di viaggio. In termini geografici (vedi mappa), il PUMS distribuisce benefici su tutta la città di Milano e su gran parte dei comuni di prima cerchia. Tuttavia vi sono alcune zone che, alle simulazioni, risultano svantaggiate, presumibilmente per l'effetto generato da alcuni percorsi ciclabili. Sebbene si tratti di una simulazione paritetica ad ampia scala, è necessario prestare particolare attenzione alla progettazione degli itinerari ciclabili su quegli assi, in modo da annullarne gli eventuali effetti negativi.

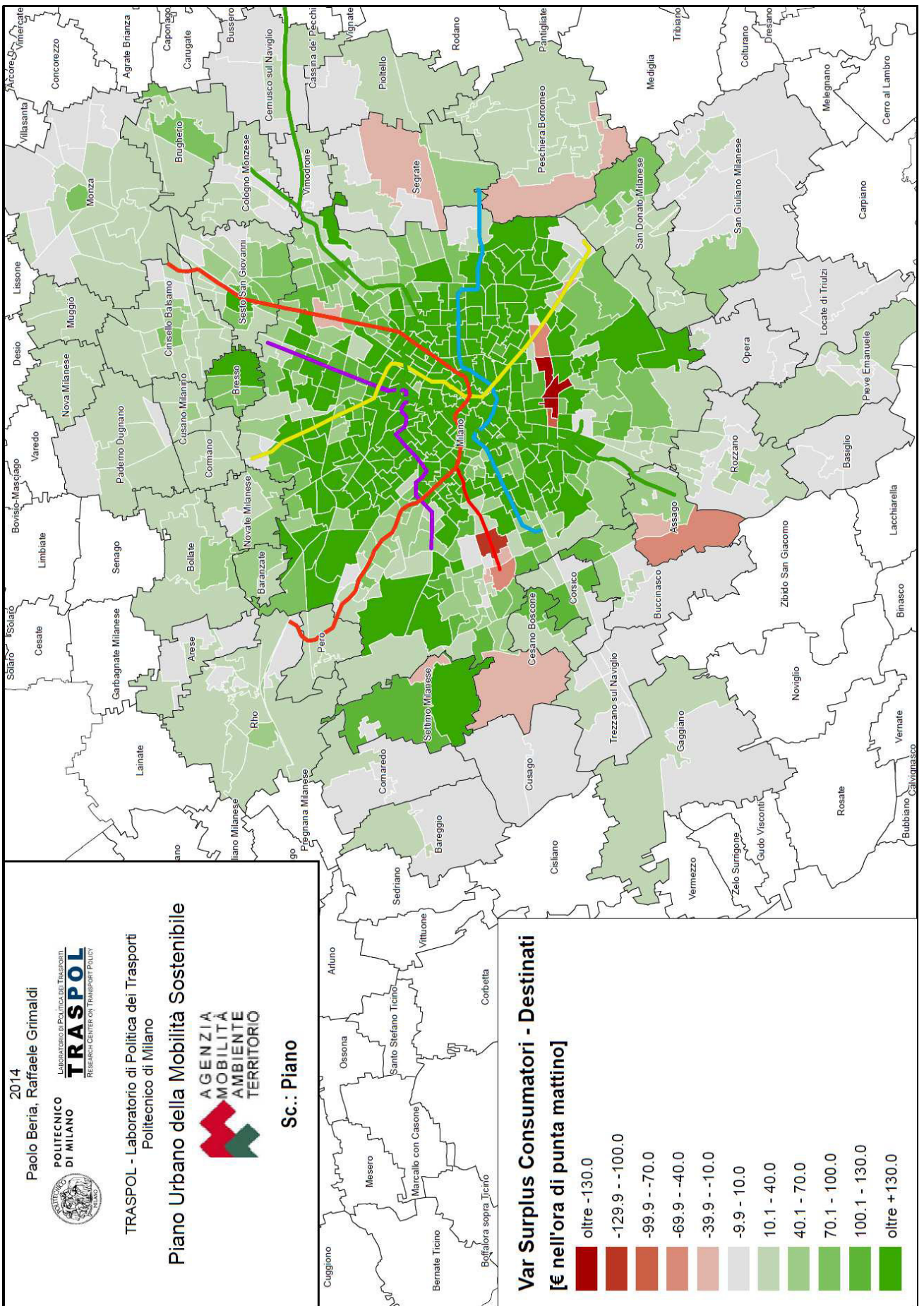
Sintesi dei risultati

scenario: Con tutte le azioni 2015-2025

Costo di investimento totale (stima)	2.008,8 M€	esclusi i costi e i benefici non monetizzati
Valore Netto Presente del progetto	261,5 M€/anno 2024	esclusi i costi e i benefici non monetizzati
Rapporto Benefici/Investimento	4,26	esclusi i costi e i benefici non monetizzati
Rapporto Benefici/Costi	2,13	esclusi i costi e i benefici non monetizzati

Lo scenario di PUMS presenta tutti gli indicatori (ACB socio-economica, analisi distributiva, ACB finanziaria per il Comune) fortemente e solidamente positivi, con stime sempre in favore di sicurezza. Il risultato permette ulteriori aumenti dell'offerta di TPL di superficie, nel caso in cui si verificassero fenomeni di saturazione puntuali. Le analisi di sensitività mostrano come il risultato sia robusto.





2. Scenario di piano Pums. Base e allargamento di Area C alla Cerchia Filoviaria

Tavola riassuntiva risultati scenario
ACB, ACSe, analisi distributiva, analisi finanziaria

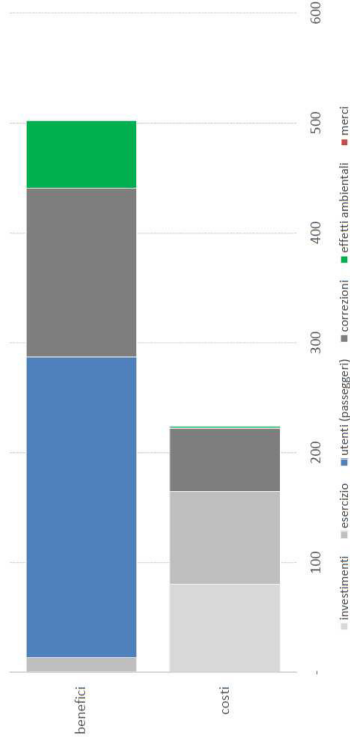
Scenario	Scenario di Piano
Sottoscenario	PUMS
VERSIONE	AC
	tutte le azioni + Estensione AreaC
	05/10/2015

Costo totale investimento finanziario dello scenario	2.012,3M€
ipotesi quota di investimento del Comune	46%
reference usato	LOGSUM
Regola calcolo Surplus	
REF_15	Reference finale 02/09/2014

Analisi Socio-Economica (base e estesa)

	Quantificazione effetto	Note / Descrizione effetti non quantificabili	CBA estesa	
			VAN annualizzato [M€2024/year]	VAN annualizzato [M€2024/year]
Investimenti	13,8 km di nuove Metropolitane (urbane e esterne), 138,6 km di reti ferroviarie, 10 nuove stazioni ferr., 124,6 M€ in di nuove strade, 186 km di itinerari ciclabili, oltre a 496,03 M€ per 200M€ velocizzazione + corsione Corsico Deposito e scavalco Bovis 17 + 1000000 km, di 40 mila ferroviari 240443 km, costo gestione 184000 anni	One non disponibili costi analitici, sono stati usati costi unitari parametrici. Dettaglio sul rapporto. Possibile ulteriore aumento offerta di superficie in caso di saturazione.	-	97,32
Valore residuo	Valore residuo a 30 anni		-	16,91
Esercizio	1% del costo di investimento all'anno		-	9,06
Costi di manutenzione reti	Percezioni aggiuntive annue: su metropolitana 3948279,8 km, su ferrovie 1979791 km, su strade 1800000 km, su ciclabili 1800000 km, su rete gas 1800000 km, su rete idrica 1800000 km, su rete fognaria 1800000 km, su rete elettrica 1800000 km, su rete idrica 1800000 km, su rete fognaria 1800000 km, su rete elettrica 1800000 km	Modifiche alla rete di superficie e offerta aggiuntiva per la metropolitana, su strade, su ferrovie, su ciclabili, su rete gas, su rete idrica, su rete fognaria, su rete elettrica, su rete idrica, su rete fognaria, su rete elettrica	-	74,96
Costi di esercizio - nuovi			-	13,46
Costi di esercizio - cessanti (stima)	Riorrganizzazione della rete per: 1505304,6 km/anno di linee ferroviarie, 1527880 km/anno di linee automobilistiche,	Riorrganizzazione indicativa linee attuali per l'eliminazione delle sovrapposizioni principali. Stima per effetto.		
Domanda	Veriazione surplus degli utenti	Calcolato con metodo del Logsum		273,40
Domanda	Passengeri auto	Riduzione di 87,26 miliardi di pax in auto		
Domanda	Passengeri TPL	Aumento di 68,59 miliardi di pax su trasporto pubblico		
Domanda	Passengeri moto	Riduzione di 2,97 miliardi di pax in moto/scooter		
Domanda	Passengeri modi attivi (bicli e bici)	Aumento di 21,08 milioni di pax a piedi o in bici		
Domanda	Variazione tempi medi di viaggio AUTO	Riduzione di 1,07 minuti medi per viaggio nell'area		
Domanda	Variazione tempi medi di viaggio TPL	Riduzione di 2,18 minuti medi per viaggio nell'area		
Domanda	Variazione tempi medi di viaggio MOTO	Riduzione di 0,28 minuti medi per viaggio nell'area		
Domanda	Affollamento, qualità TPL			
Domanda	Altri effetti			
Domanda	Affidabilità	Miglioramento circolazione M€ grazie al nuovo segnalamento (benefici non inclusi)		
Domanda	Offerta parcheggi	L'efficace applicazione della sosta a pagamento ridurrà sicuramente la domanda attuale, rafforzando l'effetto di cambio modale. Dunque è possibile la futura riduzione di spazi e, in generale, ci si attende una forte riduzione della sosta, per conseguenza, per non parlarne.		
Domanda	Merzi	Due effetti di segno opposto: minor costo stradale, ma contemporaneamente forte riduzione di trasporto privato (-80 milioni di pax)		
Domanda	Correzioni per cambio modale	Dovuti alla variazione di -983,9 milioni di pax/anno percorsi in auto e 8 in moto		57,66
Domanda	Tassazione carburanti	Aumento dei passeggeri TPL		105,22
Domanda	Variazione ricavi TPL	Aumento dei ricavi da parcheggio a pagamento		46,24
Domanda	Variazione ricavi Parcheggi	Dovuti alla variazione di -18645 ingressi nell'anno in AreaC		2,39
Domanda	Variazione ricavi AreaC			
Domanda	Esternalità (CAR + MOTO)	Inquinamento atmosferico		5,536
Domanda	Effetti agg. black carbon			
Domanda	Cambiamento climatico			
Domanda	Incidenti, sicurezza	Dovuti alla variazione di -983,9 milioni di pax/anno percorsi in auto e 8 in moto		23,561
Domanda				5,622

Confronto Costi e Benefici socio-economici diretti all'anno 2024 (attualizzati)



Analisi Finanziaria (cash flow anno 2024)

	Stato	Comune di Milano
Costo di investimento (rata 15%, 20 anni)	- 86,92	- 74,04 M€/anno2024
Costi di manutenzioni/reti		- 20,12 M€/anno2024
Costi di esercizio - nuovi		- 107,17 M€/anno2024
Costi di esercizio - cessanti		19,24 M€/anno2024
Tassazione carburanti	- 57,66	M€/anno2024
Variazione ricavi TPL	9,57	95,65 M€/anno2024
Variazione ricavi Parcheggi	8,34	37,91 M€/anno2024
Variazione ricavi AreaC	-	2,39 M€/anno2024
Cash flow annuo	- 126,67	- 46,15 M€/anno2024
Investimento	Manutenz.	Esercizio
Coefficienti di correzione FIN - ECO	0,7935	0,8468
		0,6995

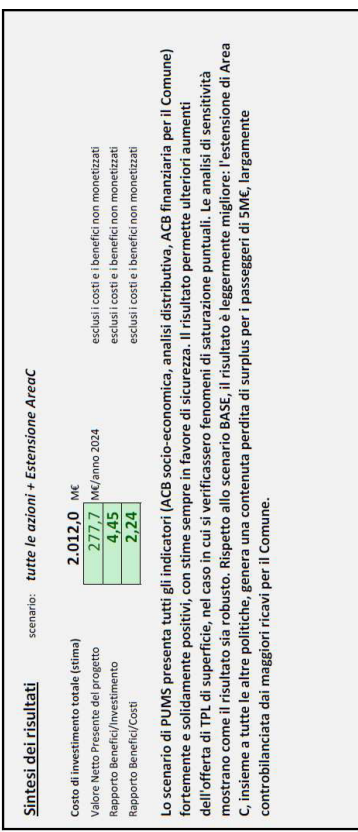
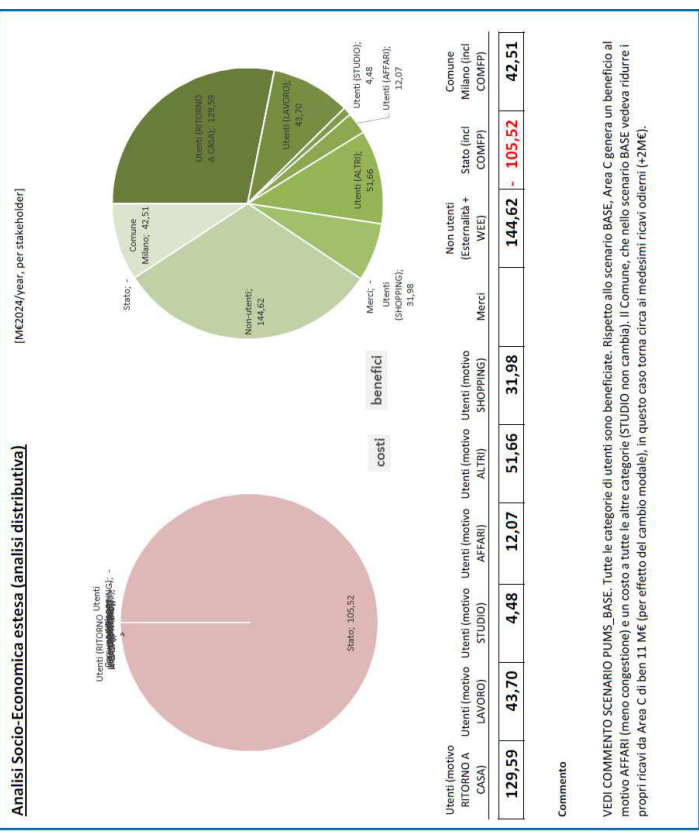
Rumore		8,207
Consumo infrastrutture		7,345
Effetti up&downstream		11,016
Esternalità (TPL)	Dovuti alla variazione di 194879 km/anno in metro e -1527680 km/anno in bus e tram	- 0,247
Esternalità (BICI)	Dovuti alla variazione di 94,5 milioni di pacchetti percorsi in bici e a piedi	- 1,90
Esternalità (MERC)	Probabile riduzione (marginale) dell'inquinamento da camion grazie alla minor congestione stradale.	
Altri effetti	Ripartibile recupero di tempi percorsi di città dalle auto ad usi alternativi	*
	Caratterizzato positivamente nelle aree interessate da nuove meteo e da personalizzazioni	*
	Quali nelle zone interessate dai cantieri, ma principalmente fuori dal centro.	*
Effetti macro	Effetto positivo dovuto alla forte riduzione del costo di viaggio complessivo. Tuttavia, possibile effetto di riciclaggio di alcune attività.	54,68
COMPP	HP pari al 20% della variazione di surplus degli utenti HP pari al 15% della spesa pubblica	8,22

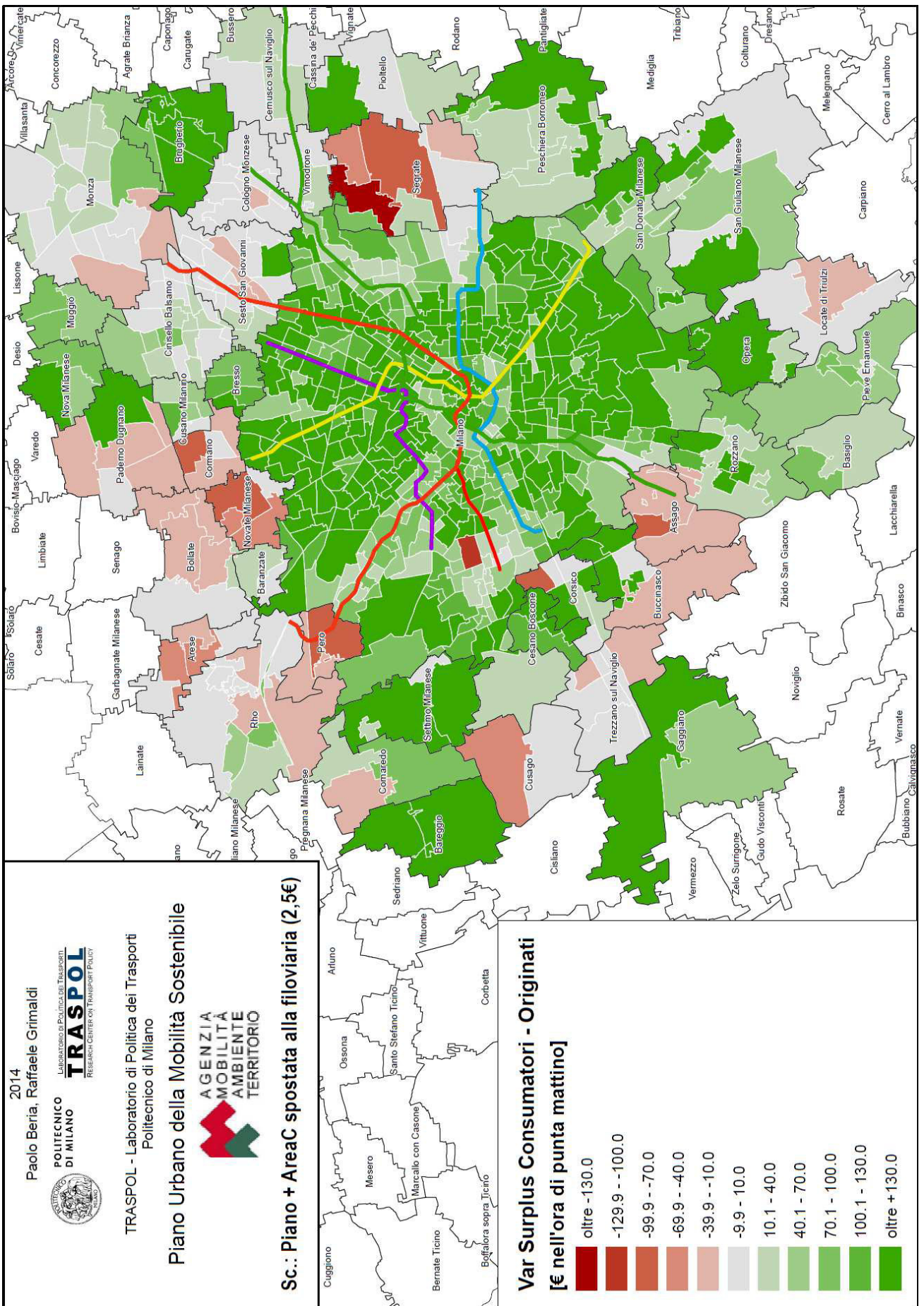
NPV (MC2024/year)	277,7	355,0
NBIR (Benefici / Costi Investimento) [%]	4,45	5,41
Affidamento, qualità TPL	:-	:-
Affidabilità	:-	:-
Offerta parcheggi	:-	:-
Paesaggio, qualità urbana	:-	:-
Variazione valori immobiliari	:-	:-
Disagi fase di cantiere	:-	:-
Rischio di cost overrun	:-	:-

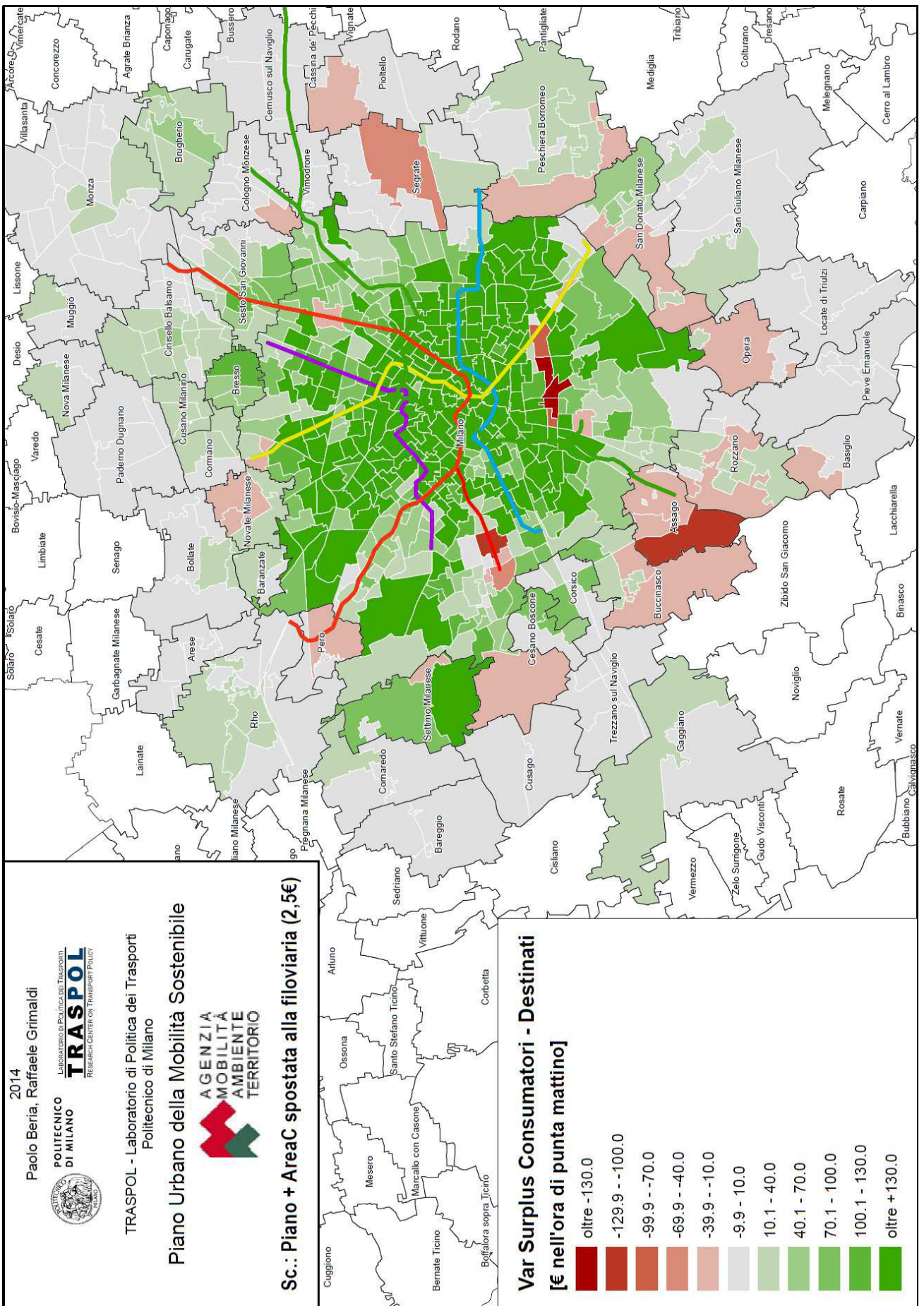
Totale effetti monetizzabili

Effetti non monetizzati: *

Analisi di sensitività







**3. Scenario di piano Pums. Base e allargamento di Area C alla Cerchia
Filoviaria e nuova linea di metropolitana M6**

Tavola riassuntiva risultati scenario
ACB, ACSe, analisi distributiva, analisi finanziaria

Scenario	PUMS	Scenario di Piano
Sottoscenario	AC-M6	tutte le azioni + Estensione AreaC + M6
Versione	13	05/10/2015

Costo totale investimento finanziario dello scenario
4.941 M€

ipotesi quota di investimento del Comune
reference usato
REF_15
Reference finale 02/09/2014

Regola calcolo Surplus
LOGSUM

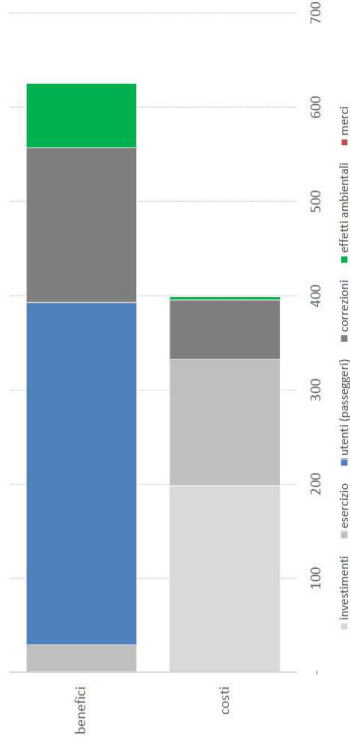
Analisi Socio-Economica (base e estesa)

CBA base VAN annualizzato [M€2024/year]

CBA estesa VAN annualizzato [M€2024/year]

Quantificazione effetto	Note / Descrizione effetti non quantificabili	2015	2024
Investimenti	Costo di investimento	-	- 239,00
	Valore residuo	40,99	
Esercizio	Costi di manutenzione reti	-	- 22,42
	Costi di esercizio - nuovi	-	- 111,98
	Costi di esercizio - cessanti (stima)	29,33	
Domanda	Variazione surplus degli utenti	363,29	
	Passenger auto		
	Passenger TPL		
	Passenger moto		
	Passenger modi attivi (bicli e bici)		
	Variazione tempi medi di viaggio AUTO		
	Variazione tempi medi di viaggio TPL		
	Variazione tempi medi di viaggio MOTO		
	Affollamento, qualità TPL		
Altri effetti			
Affidabilità	Miglioramento circolazione M6 grazie al nuovo segnalamento (benefici non inclusi)		
Offerta parcheggi	L'efficace applicazione della sosta a pagamento ridurrà sicuramente la domanda attuale, rafforzando l'effetto di cambio modale. Dunque è possibile la futura riduzione di spazi e, in generale, ci si attende una forte riduzione della sosta, per compensare, qui non quantificata.		
Merici	Variaz. costo gen. vet. merici		
Correzioni per cambio modale	Tassazione carburanti	- 62,86	
	Variazione ricavi TPL	117,62	
	Variazione ricavi Parcheggi	45,10	
	Variazione ricavi AreaC	1,73	
Esternalità (CAR + MOTO)	Inquinamento atmosferico	6,137	
	Effetti agg. black carbon	25,822	
	Cambiamento climatico	6,449	
	Incidenti, sicurezza		

Confronto Costi e Benefici socio-economici diretti all'anno 2024 (attualizzati)



Analisi Finanziaria (cash flow anno 2024)

Stato	- 268,78	Comune di Milano	- 126,48	M€/anno2024
Costo di investimento (rata 15%, 20 anni)	- 49,41		- 49,41	M€/anno2024
Costi di manutenzioni/reti	- 160,09		- 160,09	M€/anno2024
Costi di esercizio - nuovi	41,93		41,93	M€/anno2024
Costi di esercizio - cessanti	62,86		62,86	M€/anno2024
Tassazione carburanti	10,69		106,93	M€/anno2024
IVA	8,13		36,97	M€/anno2024
Variazione ricavi TPL	-		1,73	M€/anno2024
Variazione ricavi Parcheggi	-		-	
Variazione ricavi AreaC	-		-	
Cash flow annuo	- 312,81		- 148,42	M€/anno2024

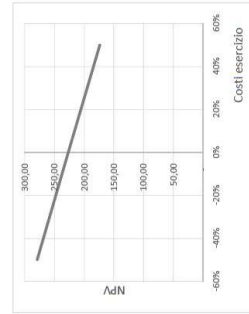
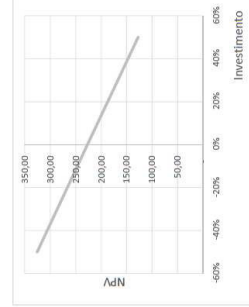
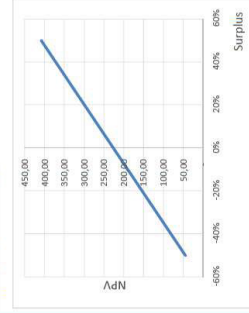
Investimento
Manutenz. Esercizio
0,7935
0,6995

Coefficienti di correzione FIN - ECO 0,8468

Rumore		9,320
Consumo infrastrutture		8,053
Effetti up&downstream		12,072
Tutte le esternalità		- 1,517
Esternalità (TPL)	Dovuti alla variazione di 751925 km/anno in metro e -187540 km/anno in bus e tram	
Esternalità (B/C)	Dovuti alla variazione di 85 milioni di passeggeri/anno percorsi in bici e a piedi	- 1,71
	non quantificato	
Esternalità (MER/C)	Probabile riduzione (marginale) dell'inquinamento da camion grazie alla minor congestione stradale.	
Altri effetti	Ripartire ricupero di impti porzioni di città dalle auto ad usi alternativi	*
	Caratterizzare positivo nella area interessate da nuove metro e da personalizzazioni	*
	Quali nella zona interessate da cantieri, ma principalmente fuori dal centro.	*
Effetti macro	Effetto positivo dovuto alla forte riduzione del costo di viaggio complessivo. Tuttavia, possibile effetto di riciclaggio di alcune attività.	
Effetti macro aggiuntivi	Sebbene ridotti dagli aumentati costi (TPL, sosta, etc.) l'abito per gli investimenti genera comunque un marginale aumento della tassazione. Ciò il Piano non è finanziariamente neutro.	72,66
COMP	HP pari al 20% della variazione di surplus degli utenti	
	HP pari al 15% della spesa pubblica	30,22

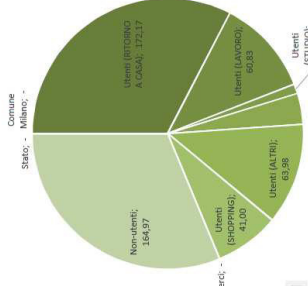
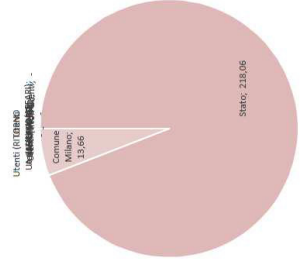
Totale effetti monetizzabili		risultato ACB estesa	
	NPV (M€2024/year)	standard	risultato ACB estesa
	NBR (Benefici / Costi Investimento) [%]	226,4	296,5
Effetti non monetizzati: *	Affollamento, qualità TPL	2,14	2,50
	Affidabilità	;-)	
	Offerta parcheggi	;-)	
	Paesaggio, qualità urbana	;-)	
	Variazione valori immobiliari	;-)	
	Disagi fase di cantiere	;-)	
	Rischio di cost overrun	;-)	

Analisi di sensitività



Analisi Socio-Economica estesa (analisi distributiva)

IMC2024/year, per stakeholder



Utenti (motivo)	Utenti (motivo)	Utenti (motivo)	Utenti (motivo)	Utenti (motivo)	Utenti (motivo)	Non utenti	Comune
RITORNO A CASA	LAVORO	STUDIO	AFFARI	ALTRI	SHOPPING	(Esternalità + WEE)	Milano (incl COMP)
172,17	60,83	5,97	19,42	63,98	41,00	164,97	- 218,06
							- 13,66

Commento

VEDI COMMENTO SCENARIO PUMS_AC. Rispetto agli altri scenari PUMS, l'effetto di M6 è certamente positivo per tutti gli utenti, ma comporta un raddoppio dell'onere per le casse pubbliche. Il bilancio del Comune, positivo nello scenario base, diventa negativo a causa dei mutui contratti per la parte di sua competenza.

Sintesi dei risultati

scenario: tutte le azioni + Estensione Areac + M6

Costo di investimento totale (stima)	4.940,8	M€
Valore Netto Presente del progetto	276,4	M€/anno 2024
Rapporto Benefici/Investimento	2,14	
Rapporto Benefici/Costi	1,57	

Lo scenario di PUMS presenta tutti gli indicatori (ACB socio-economica, analisi distributiva, ACB finanziaria per il Comune) positivi, con stime sempre in favore di sicurezza. Il risultato permette ulteriori aumenti dell'offerta di TPL di superficie, nel caso in cui si verificassero fenomeni di saturazione puntuali. Le analisi di sensitività mostrano come il risultato sia robusto. Rispetto allo scenario BASE, il risultato è però peggiore: l'effetto positivo di M6 è marginale (cioè genera benefici appena inferiori ai costi) e questo abbatte gli indicatori dell'ACB. M6 è dunque un progetto realizzabile, soprattutto se la progettazione preliminare riuscisse ad individuare alternative meno costose, ma con bassa priorità temporale.

