

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

**Studio di benchmarking e di
definizione di indicatori
per l'analisi di impatto della linea
tranviaria**

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA
27 novembre 2019

Rapporto a cura di:

Roberto Battistini, Mobility Manager, AUTC

Marco Castrignanò, Dipartimento di Sociologia e Diritto dell'Economia

Maurizio Bergamaschi, Dipartimento di Sociologia e Diritto dell'Economia

Luca Daconto, Dipartimento di Sociologia e Diritto dell'Economia

Stefano Del Duca, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali

Iris Aloisi, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali

Chiara Suanno, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali

Luigi Parrotta, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali

Laura Tositti, Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician"

Roberto Patuelli, Dipartimento di Scienze Economiche

Luca Pietrantoni, Dipartimento di Psicologia

Annagrazia Tria, Dipartimento di Psicologia

Giuseppe Rainieri, Dipartimento di Psicologia

Indice

1. INTRODUZIONE.....	8
2. CASI ANALIZZATI.....	9
3. IMPATTO COMPORTAMENTALE.....	10
Utilizzo della linea tranviaria e tipologia dell'utenza	10
Shift modale	13
Soddisfazione percepita	15
Strategie di coinvolgimento e negoziazione con i cittadini	18
4. IMPATTO SOCIALE.....	22
Il tram nella città europee: un'analisi del contesto socio-territoriale	22
Accessibilità ed equità	28
Riqualficazione e rigenerazione urbana	30
Governance	32
L'impatto sociale del tram: alcune prime risposte	34
5. IMPATTO SULLA SICUREZZA STRADALE	36
6. IMPATTO AMBIENTALE	39
Emissioni di inquinanti	40
Verde urbano associato alla tramvia	45
Qualità dell'aria e trasporto urbano	51
Gli inquinanti atmosferici: alcune precisazioni	56
I casi di Friburgo e Barcellona	60
7. IMPATTO ECONOMICO	63
Effetto sui valori immobiliari – nota metodologica	63
Effetto sui valori immobiliari – casi studio.....	64
Effetto sulle attività commerciali	73
8. INDICATORI NELLO STUDIO DEI SISTEMI CITTÀ-MOBILITÀ	77
Indicatori EEA	77
Il sistema TERM.....	78
Indicatori dello studio di Lione	79
Indicatori del progetto europeo Transecon	79
Misure di accessibilità'	80
L'analisi "Space Syntax": i casi di Gerusalemme e di Stoccolma.....	80
9. CONCLUSIONE.....	83
BIBLIOGRAFIA	85

Lista Tabelle

Tabella 1 - Dati generali delle reti tranviarie nei casi esaminati.....	9
Tabella 2 - Alcune caratteristiche dei casi studio selezionati (nostra elaborazione).....	26
Tabella 3 - Casi selezionati e principali caratteristiche del sistema tramviario (nostra elaborazione).....	26
Tabella 4 - Le principali centralità urbane servite dalle linee tranviarie (nostra elaborazione).....	29
Tabella 5 - Le principali opportunità accessibili con il tram a Montpellier (Mills, 2001).....	29
Tabella 6 - I fondi di finanziamento della prima linea tranviaria di Montpellier (Mills, 2001).....	33
Tabella 7 - Dati sull' incidentalità in Svizzera, Francia e Stati Uniti (Marti e colleghi, 2016).....	37
Tabella 10 - Variabili studiate.....	40
Tabella 11 - consumo di energia ed emissioni inquinanti per il tram, bus e veicoli privati.....	41
Tabella 12 - Nomenclatura.....	42
Tabella 13 - Impatto globale della tramvia.....	43
Tabella 14 - Firenze 2003-2010: effetti modellati sull'inquinamento atmosferico.....	45
Tabella 15 - Variazioni PM ₁₀ ante- (2007-2009) e post- (2010-2014) tram (ARPAT, 2016).....	45
Tabella 16 - Standard di qualità dell'aria secondo le direttive dell'UE e le linee guida della OMS.....	56
Tabella 15 - Percentuale di popolazione urbana esposta a concentrazioni di inquinanti atmosferici, in riferimento agli standard di qualità dell'aria 2016 (EEA, AIRS Annual Indicators Report Series, Outdoor Air Quality in Urban Areas, 2018).....	58
Tabella 18 - Panoramica delle principali questioni relative al trasporto sostenibile.....	78
Tabella 19 - Indicatori del sistema TERM.....	78
Tabella 20 - Indicatori di sostenibilità dello studio di Lione.....	79
Tabella 21 - Obiettivi, criteri e indicatori del progetto Transecon.....	80

Lista Figure

Figura 1 - Design "Ocra" del nuovo tram a Nizza.....	19
Figura 2 - Temporary hoarding.....	20
Figura 3 - Le reti tranviarie in Europa per Paese (UITP, 2009).....	23
Figura 4 - La dimensione delle città europee con almeno una linea tranviaria (nostra elaborazione).....	24
Figura 5 - Lo sviluppo delle linee tranviarie nelle città europee (UITP, 2009).....	24
Figura 6 - Le città tranviarie in Europa per densità residenziale (Ab/kmq) (nostra elaborazione).....	24
Figura 7 - Le città europee con tram in base a posizione all'interno del World City Network (nostra elaborazione).....	25
Figura 8 - Le reti tranviarie dei casi selezionati (Spinosa (2016), MetroValencia, Comune di Firenze).....	27
Figura 9 - L'ipotesi di tracciato della rete tranviaria di Bologna.....	28
Figura 10 - I tram di Montpellier (www.urbanrail.net).....	32
Figura 11 - Veicoli coinvolti in incidenti stradali (Istat, 2018).....	36
Figura 12 - Numero di incidenti stradali con feriti e deceduti in Germania, a seconda del mezzo di trasporto, negli anni 2010-2014 (DEKRA, 2016).....	37
Figura 13 - Vittime di incidenti mortali nell'UE per tipologia di mezzo e di strada (DEKRA, 2016).....	38
Figura 14 - Incidenti mortali per tipologia di mezzo e di strada nell'UE (ERSO, 2017).....	38
Figura 15 - Bilancio idrico a Berlino.....	47
Figura 16 - Tramvie verdi di Sedum spp.....	48
Figura 17 - Emissione dei principali inquinanti da parte di tutti i settori responsabili nei 28 Paesi UE (EEA Report 12/2018, Air Quality in Europe-2018).....	52
Figura 18 - Sviluppi delle emissioni di macroinquinanti nei 28 Paesi UE (EEA Report 12/2018, Air Quality in Europe-2018).....	53
Figura 19 - La circolazione atmosferica nelle città.....	54
Figura 20 - La componente di derivazione traffico dei macroinquinanti.....	55
Figura 21 - Concentrazioni PM ₁₀ misurate nel 2016 (Air quality in Europe — 2018 report, EEA Report No 12/2018).....	55
Figura 22 - Concentrazioni di ozono misurate nel 2016 (Air quality in Europe — 2018 report, EEA Report No 12/2018).....	56
Figura 23 - Friburgo tram.....	60
Figura 24 - I livelli di inquinanti concernenti l'autobus, la metro e il tram.....	62
Figura 25 - La distanza dalla stazione (accessibilità per famiglia) influisce sul valore residenziale.....	65
Figura 26 - Variazione del valore patrimoniale mediano di abitazioni nelle aree delle stazioni 1994-2004.....	66
Figura 27 - Variazioni del valore patrimoniale relativo ad abitazioni unifamiliari 1994-2004.....	66
Figura 28 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nei bacini di Mostra, lala, Augusto e nell'area di controllo Fuorigrotta- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).....	67
Figura 29 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino d'utenza di Mergellina e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).....	67
Figura 30 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino d'utenza Quattro Giornate e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).....	67
Figura 31 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino di Matildei e Salvador Rosa e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).....	68
Figura 32 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nei bacini di dante museo e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).....	68
Figura 33 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino di Piscinola e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).....	68
Figura 34 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nei bacini di Argine, Bartolo Longo, Madonnelle, Vesuvio De Meis, Villa Visconti e nelle aree est di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).....	69

Figura 35 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino di Poggioreale e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).	69
Figura 36 - Sondaggi effettuati sui responsabili delle attività localizzate vicino alla linea tramviaria (Sari, 2015).	70
Figura 37 - Evoluzione dei valori patrimoniali relativi a Scandicci centro.....	71
Figura 38 - Evoluzione dei valori patrimoniali relativi a Legnaia.	71
Figura 39 - Evoluzione dei valori patrimoniali relativi a Isolotto.	71
Figura 40 - Percentuale di capitalizzazione dei guadagni di accessibilità per distretto sulle vendite di abitazioni residenziali nel dipartimento Hauts-de-Seine, tra il 1996 e il 2003.	72
Figura 41 - Effetti diretti, in termini di numero di negozi e vendite medie, su via Talenti, per beni durevoli e non durevoli.	74
Figura 42 - Effetti indiretti, in termini di numero di negozi e vendite medie, sulle strade adiacenti a via Talenti, per beni durevoli e non durevoli.	75
Figura 43 - Analisi "Space syntax" di Gerusalemme utilizzando l'indice NAIN.....	82
Figura 44 - Analisi "Space Syntax" di Stoccolma utilizzando l'indice NACH.....	82
Figura 45 - Interconnessioni tra gli impatti analizzati.	83

EXECUTIVE SUMMARY

Il presente documentosi è posto l'obiettivo di esaminare l'impatto comportamentale, sociale, ambientale ed economico della realizzazione di una o più linee tranviarie in diversi scenari urbani italiani ed europei per fornire un sistema comprensivo di indicatori necessari per valutarne l'impatto.

Impatto Comportamentale

In seguito all'introduzione di una o più linee tranviarie, lo spostamento con questa modalità sostituisce l'utilizzo dell'auto privata (tra il 3 e il 30% dei casi), delle motociclette (fino al 14%) e dell'autobus (tra il 5 e il 57%). In alcuni casi si registra, a seguito dell'introduzione del tram, un aumento generale dell'uso del trasporto pubblico (fino al 30%), dell'intermodalità e una diminuzione della congestione stradale (fino al 44%).

La soddisfazione percepita dagli utenti rispetto alla tranvia è, nei casi analizzati, medio-alta. Le caratteristiche del tram più apprezzate sono: la regolarità e la puntualità delle corse, l'affidabilità del servizio, il tempo di viaggio e l'impatto ambientale. Rispetto all'esperienza a bordo, in media si registrano punteggi alti di soddisfazione nella sicurezza e il comfort del viaggio mentre, rispetto al servizio a terra, gli utenti sono soddisfatti della reperibilità dei biglietti e delle informazioni sul percorso.

Sono diverse le strategie di coinvolgimento adottate dalle città analizzate, durante la realizzazione delle linee tranviarie, tra cui: l'implementazione di punti di ascolto per i cittadini e i commercianti; l'uso di strumenti finanziari per la compensazione dei disagi legati ai lavori di costruzione; la partecipazione della cittadinanza nella scelta dell'arredo urbano; attività di sensibilizzazione sociale e ambientale; iniziative culturali associate alla tranvia e l'accesso gratuito al servizio in determinate giornate.

Impatto Sociale

L'introduzione di linee tranviarie può avere un impatto sul piano sociale, in particolare sull'inclusione/esclusione e sulla qualità della vita delle popolazioni urbane in base al contesto socio-territoriale di riferimento. Il tram rappresenta una componente rilevante della mobilità urbana di molte città europee, in particolare per i centri abitati di dimensione medio-grande (tra i 100.000 e 500.000 abitanti), ad alta densità, con uno sviluppo radiale del contesto urbano e che rappresentano un nodo metropolitano centrale nel tessuto nazionale e/o regionale.

Sono molti i casi in cui l'introduzione di un sistema tramviario ha accresciuto l'accessibilità alle opportunità urbane riducendo le disuguaglianze socio-territoriali. Gli effetti positivi più diffusi si riscontrano in genere in termini di riqualificazione urbana, di attrattività e di rigenerazione dell'identità locale, tuttavia alcune città hanno riscontrato delle criticità in quei progetti di re-introduzione del tram. La diversità degli esiti dipende da un intreccio di fattori fra loro interdipendenti (urbani, operativi, legati alla pianificazione e alla governance) e invita ad adottare un approccio integrato, multi-settoriale e multi-attoriale.

Impatto sulla Sicurezza Stradale

I dati statistici europei mostrano come il tram sia un mezzo più sicuro rispetto all'autobus e all'automobile. In Germania, ad esempio, il tasso di incidentalità del tram è di 42 feriti/0,16 morti per un miliardo di passeggeri-km rispetto a 276 feriti/2,9 morti in auto e 74 feriti/0,17 morti in autobus per un miliardo di passeggeri-km. Anche i dati italiani confermano il maggior grado di sicurezza del tram in confronto ad altri mezzi di trasporto che percorrono le strade urbane.

Impatto Ambientale

Gli effetti principali in termini di benefici per l'ambiente circostante riguardano la riduzione del traffico veicolare e delle emissioni ad esso associate, con il conseguente miglioramento di diversi parametri ambientali. La realizzazione di tale infrastruttura offre, inoltre, un'occasione per riprogettare la città e riqualificare il contesto urbano, con un aumento significativo delle aree verdi. Le piante, sia arboree che erbacee, si sono rivelate un efficace strumento di mitigazione degli inquinanti urbani, con una significativa attenuazione delle temperature urbane (effetto isola

di calore). Oltre a migliorare l'aspetto estetico delle strade urbane, l'introduzione di aree verdi ha avuto un impatto anche sull'umore dei viaggiatori, più rilassati durante i loro spostamenti. In diverse città l'incremento delle aree verdi è stato ottenuto grazie alla costruzione della "tramvia verde", ovvero un sistema di infrastrutture con un impatto positivo sulla qualità dell'aria e del microclima cittadino. Tali interventi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico sono altresì richiesti dalle policy europee o di salute pubblica (es., OMS). L'introduzione di mezzi per il trasporto collettivo con minore ricorso a processi di combustione rientra nelle strategie promosse per una parziale mitigazione del problema.

Impatto Economico

L'implementazione di una linea tranviaria può essere studiata dal punto di vista economico, nello specifico per il suo impatto positivo sui valori immobiliari delle aree circostanti. Gli effetti misurati nei diversi studi sono di diversa entità e ciò dipende dalla scelta delle variabili utilizzate, dai prezzi dei fabbricati commerciali o residenziali presenti nelle aree interessate, come anche dalla distanza dal centro della città.

L'aumento dei valori degli immobili commerciali situati a breve distanza dalle stazioni, avviene in misura maggiore rispetto agli immobili residenziali, mentre a distanze maggiori dalle stazioni (superiori ai 400 metri), gli effetti sui fabbricati residenziali dominano su quelli commerciali. Dal punto di vista dei diversi mezzi di trasporto, l'introduzione di treni regionali sembra avere un effetto in media maggiore sui valori immobiliari rispetto a nuove linee metropolitane (heavy rail transit) o tram e assimilabili (light rail transit). Una meta-analisi conferma l'effetto positivo dell'offerta di trasporto pubblico sui valori immobiliari. Un fattore importante nella valutazione degli effetti economici è la maturità del sistema, vale a dire il tempo necessario al mercato immobiliare di reagire in pieno alle modifiche di accessibilità dettate dalle nuove tratte del trasporto pubblico. L'aumentata accessibilità e, anche, attrattività dello spazio attorno alla linea tranviaria sembra influire maggiormente sulle attività commerciali, in termini di vendite medie e numero di negozi, seppure i dati disponibili in letteratura scientifica sono piuttosto limitati.

Indicatori

Il presente report presenta in ultima analisi un insieme di indicatori utili alla valutazione dei sistemi città-mobilità articolato in quattro categorie: 1) indicatori trasportistici/di mobilità (time travel, tassi di incidentalità, condizioni infrastrutturali, etc.), 2) indicatori di tipo economico, 3) indicatori di tipo sociale, 4) indicatori di tipo ambientale (emissioni, consumo energetico per modalità di trasporto). Alcuni indicatori più complessi sono relativi agli interventi di rigenerazione urbana e all'occupazione del suolo (es. *spatial planning*, *accessibility*, *urban-rural linkage*). Tali indicatori possono contribuire ad analizzare l'impatto ex ante, in itinere ed ex post l'implementazione di un sistema tramviario urbano.

1. INTRODUZIONE

Nel presente studio di benchmarking sono prese in esame diverse reti tranviarie attualmente attive in città italiane (10), europee (17) ed extraeuropee (2). E' articolato in sei sezioni che indagano progressivamente aspetti comportamentali, sociali, ambientali ed economici implicati nel processo di trasformazione e riadattamento del trasporto pubblico locale. Sono infine forniti una serie di indicatori valutati da specifici studi sui sistemi città-mobilità. L'analisi comparativa delle 29 città prese in esame, diverse sotto aspetti socioeconomici, politici e culturali, consente di individuare l'impatto dell'implementazione di una rete tranviaria in una realtà urbana.

Secondo l'International Association of Public Transport (UITP) i tram di ultima generazione sono mezzi economicamente competitivi sia dal punto di vista tecnologico che gestionale: garantiscono costi accessibili ai cittadini, consentono un viaggio sei volte più sicuro rispetto alla mobilità privata motorizzata, infine una maggiore stabilità nel percorso e una riduzione del rumore grazie alle tipologie di materiali e dei sistemi innovativi impiegati per ridurre le vibrazioni. Con la presenza di un piano ribassato, i tram permettono una migliore accessibilità alle persone aventi disabilità o ridotta mobilità. Sono in grado di sviluppare un volume di trasporto pubblico tre volte superiore a quello degli autobus, con una maggiore capacità di carico e frequenza di passaggio. La tranvia comporta inoltre un ridotto investimento rispetto alla metropolitana rappresentando dunque una soluzione ottimale di mobilità nelle città di medie dimensioni o in quei contesti urbanistici dove il flusso d'utenza previsto non sarebbe sufficiente per supplire ai costi onerosi della realizzazione e di esercizio di una metropolitana.

La tranvia operativa più grande al mondo è quella di Melbourne (250 km), a seguire quelle di San Pietroburgo, Sofia e Berlino (192 km). In Italia, la rete più antica risulta essere quella di Torino, mentre a Milano è possibile usufruire della rete tranviaria più estesa. Il comune di Messina è stato il primo a reintrodurre il tram nel proprio sistema di trasporto. Altre città italiane (Bergamo, Cagliari, L'Aquila, Mestre, Latina, Padova e Palermo) hanno intrapreso i lavori di progettazione e costruzione, mentre le città che già disponevano di un sistema tale hanno avviato politiche di sviluppo e re-introduzione delle linee tranviarie (Roma, Milano, Napoli). Il tram rappresenta una forma di mobilità e trasporto sostenibile e facilmente accessibile in grado di trasformare e valorizzare gli spazi urbani, di aggregare soluzioni di micromobilità con quelle offerte dalle reti "tradizionali" (autobus, treno) e non (bike sharing, car sharing). Infatti vi sono, tra gli obiettivi principali dei progetti riguardanti la realizzazione o la reintroduzione della tranvia, il ridurre la motorizzazione privata, la congestione stradale, l'inquinamento atmosferico e la riqualificazione dello spazio urbano. Nel corso delle analisi effettuate dai singoli dipartimenti coinvolti nel presente lavoro, si indagherà se questi obiettivi siano stati raggiunti o meno all'interno delle realtà urbane considerate. A tal proposito saranno forniti una serie di indicatori e dati, valutati e riconosciuti dalla letteratura scientifica.

2. CASI ANALIZZATI

La Tabella 1 illustra le caratteristiche descrittive delle 29 reti tranviarie prese in esame, il periodo relativo all'apertura delle linee tranviarie, l'azienda responsabile del servizio a livello locale e la lunghezza complessiva delle linee.

La selezione dei casi si è basata su alcuni criteri, quali la disponibilità di dati e ricerche, la comparabilità del contesto socio-territoriale e il fatto di essere riconosciute a livello internazionale come buone pratiche.

Alcuni casi di studio sono stati individuati sulla base del fatto che si tratta di città, Europee e non, che hanno di recente costruito, ampliato o ristrutturato la linea tramviaria e sulle quali sono stati condotti degli studi ante- e post-opera in merito a diversi parametri (ad esempio, qualità dell'aria). Poiché non vi è uniformità tra i parametri analizzati nelle varie città, i casi studio sono riportati singolarmente e non sono state eseguite analisi comparative.

Tabella 1 - Dati generali delle reti tranviarie nei casi esaminati.

Città	Inaugurazione	Azienda	Lunghezza complessiva
Barcellona	2004 (Trambaix- 3 linee) 2008 (Trambesòs- 3 linee)	TMB	29 km
Bergamo	2009 (linea T1)	TEB e ATB	12,5 km
Berlino	1895 origine rete (tot. 22 linee)	BVG	192 km
Bordeaux	2003 (linea A), 2004 (linea B), 2004 (linea C)	TBM	45,4 km
Cagliari	2008 (linea 1), 2015 (linea 2)	ARST	12 km
Dublino	2004 (linea rossa), 2017 (linea verde)	Transdev Ireland	43 km
Edimburgo	2014 (linea 1)	TFE	14 km
Firenze	2010 (linea 1)	GEST	7,6 km
Gerusalemme	2011 (linea 1)	CityPass	11 km
Ginevra	1862 origine rete (tot. 4 linee-2018)	TPG	33 km
Messina	2004	ATM	7,7 km
Milano	1881 origine rete, tot. 18 linee)	ATM	175,7 km
Montpellier	2000 (linea 1), (tot. 4 linee)	TAM	56 km
Napoli	1876 origine rete, (tot. 4 linee)	ANM	12 km
Nizza	2007 (linea 1), 2013 (est. linea 1)	Veolia Lignes d'Azur	9,15 km
Palermo	2015 (4 linee)	AMAT	18,3 km
Parigi	1992 (linea T1), 2006 (linea T3) (tot. 9 linee)	RATP	124 km
Poznan	1997 (tot. 17 linee)	MPK	69 km
Roma	1877 origine rete (tot. 6 linee)	ATAC	31 km
Stoccolma	1901 origine rete, 2014 (tot. 4 linee)	SS	32 km
Strasburgo	1994 (linea 1) (tot. 6 linee)	CTS	71 km
Torino	1871 origine rete (tot. 8 linee)	GTT	88,5 km
Toronto	1861 origine rete (tot. 11 linee)	TTC	83 km
Valencia	1994 (tot. 3 linee)	FGV	27,1 km
Varsavia	1908 (tot. 26 linee)	Tramwaje Warszawskie	126 km
Venezia	2010 (linea T1), 2015 (linea T2)	ACTV	20 km
Vienna	1897 origine rete (tot. 28 linee)	Wiener Linien	175,6 km
Zaragoza	2011 (linea 1)	TRAZA	12,8 km
Zurigo	1882 (tot. 15 linee)	VBZ	120 km

(a cura del Dipartimento di Psicologia)

Questa sezione è dedicata all'effetto sui comportamenti di mobilità dei cittadini in risposta all'introduzione di una linea o una rete tranviaria in una realtà urbana, in termini di utilizzo della nuova infrastruttura (e profilo d'utenza prevalente) e di eventuale modifica delle abitudini di trasporto (shift modale) verso una mobilità sostenibile. In molte città si redigono annualmente sondaggi sulla soddisfazione percepita riguardo il servizio tranviario. Oltre ai livelli di soddisfazione generale, vengono considerati quelli relativi alle caratteristiche specifiche di un servizio di qualità, tra cui la regolarità/puntualità delle corse, la comodità del viaggio, la climatizzazione, la sicurezza a bordo, il collegamento con altri mezzi di trasporto, la pulizia e il decoro sui tram e alle fermate, la reperibilità dei biglietti e le informazioni rivolte alla clientela.

Per ciascuna città saranno presentati i risultati della letteratura scientifica e i dati reperibili sui siti ufficiali delle amministrazioni comunali o dell'agenzia che gestisce il servizio tranviario a livello locale.

Per misurare l'impatto comportamentale, quindi, vengono forniti gli indicatori e la loro quantificazione del cambiamento di mobilità in una data città; ciò consente d'avere una panoramica del grado di accettazione ed efficacia del servizio nel soddisfare i bisogni di trasporto di una comunità. Si illustreranno, inoltre, strategie di coinvolgimento e negoziazione con i cittadini (es. riunioni, sondaggi, punti d'ascolto presso i comuni, un sistema di invio di mail o sms sullo stato dei lavori ai cittadini interessati, accesso gratuito al servizio in determinate giornate, iniziative culturali e ambientali collegate al tram) adottate in alcune città per favorire la conoscenza del nuovo servizio urbano alla comunità, sia nella fase di progettazione che di realizzazione dell'opera pubblica.

UTILIZZO DELLA LINEA TRANVIARIA E TIPOLOGIA DELL'UTENZA

FIRENZE

Le statistiche del Comune di Firenze del 2018 riportano una media annuale di 1.595.098 passeggeri, raggiungendo un numero totale di 19.141.177 passeggeri serviti a partire dalla sua inaugurazione. Numeri in aumento grazie anche all'estensione della linea T1 (Linea 1 e Linea 3.1) avvenuta nel luglio 2018. La linea T1 percorre circa 11,5 Km contando 26 fermate percorse in circa 40 minuti, con una frequenza di transito di circa 6 minuti ciascuna e un servizio attivo dalle 5:00 circa fino alle 02:00. L'indagine GEST (Gestione del Servizio Tramviario) del 2018 attesta che:

- i passeggeri sono prevalentemente lavoratori (53%), seguiti dagli studenti (32%). Il genere è piuttosto bilanciato e l'età diversificata.
- La metà dei passeggeri la usa almeno 5 giorni su 7, principalmente per la comodità del servizio, e il 42% è abbonato.
- I motivi di utilizzo variano da quello di lavoro (30%), altro (28%), acquisti/commissioni (19%) e scuola/università (14%).
- Per raggiungere le fermate, il 46% si sposta a piedi, il 32% in auto mentre il 17% con il bus.

Secondo un'indagine IRPET (Istituto Regionale Programmazione Economica della Toscana) del 2016, la domanda è cresciuta del 60% in due anni. Prima dell'arrivo della tramvia, le linee di autobus trasportavano circa 1.000.000 di persone l'anno.

BERGAMO

Come riportato dalla società gestrice del servizio tramviario (Tramvie Elettriche Bergamasche, TEB), nel 2019 sono 13.000 le persone che utilizzano quotidianamente la linea T1, un percorso tramviario di 16 fermate. Aspetto notevole è il tasso molto elevato di puntualità con il 99% delle corse giunte a destinazione in perfetto orario.

VENEZIA

Nel 2018, sono stati registrati 44.000 passeggeri che quotidianamente hanno utilizzato le linee T1 e T2. Il Rapporto Pendolaria di Legambiente del 2018 ha stimato circa 15.400.000 passeggeri che hanno usufruito almeno una volta del servizio. A tal proposito è interessante riportare il lavoro svolto da ACTV nel 2013, il quale ha monitorato il numero di passeggeri saliti e scesi per ognuna delle 192 corse di un giorno feriali. Sono state svolte 3 indagini di conteggio, dal 2001 al 2012, se nel primo periodo di esercizio (2001), l'incremento era stato del 2%, nell'indagine successiva (2012) l'incremento di passeggeri si aggira intorno al 18,4%.

PARIGI

Secondo il report CityRailways (2016), che stima il numero di passeggeri medio in un giorno feriali rapportato all'estensione della rete (103,8 km quell'anno), a Parigi sono circa 8.182 i passeggeri per km, collocandosi al terzo posto tra le città tranviarie in Francia, dopo Strasburgo (con 8.738 passeggeri per km) e Nizza (11.502 passeggeri per km). Un'indagine sull'utilizzo della linea tranviaria T3, da parte del Ministère de L'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2015), rivela che nel primo anno di esercizio (2007), si sono registrati circa 90.000 passeggeri nei giorni feriali e circa 27.000.000 di utenti all'anno, ovvero il 3% in più rispetto agli obiettivi inizialmente prefissati. Tra il 2007 e il 2010, le presenze sono progressivamente aumentate, raggiungendo le 142.000 persone in un giorno feriali e i 37.000.000 di passeggeri registrati all'anno.

STRASBURGO

Secondo un articolo di Transport Urbain dal nome "Tramways de Strasbourg: le nouveau réseau, une référence", nelle prime settimane dall'inaugurazione della prima linea (linea A - 25 novembre 1994), si sono registrati 45.000 viaggiatori al giorno. Dopo solamente un mese è stata superata la soglia dei 60.000 passeggeri al giorno; alla fine del primo anno il numero di passeggeri al giorno ha raggiunto quota 90.000. Attualmente, secondo il sito ufficiale Strasbourg.eueurométropole, i passeggeri al giorno sono circa 325.000.

NIZZA

Secondo il sito ufficiale della rete tranviaria francese "tramway.nice.fr" la linea 1, che inizialmente doveva trasportare 65.000 passeggeri al giorno, è stata rapidamente adottata dalla popolazione di Nizza. Oggi trasporta quasi 100.000 passeggeri/giorno. Come riporta il sito, l'introduzione della tramvia ha incrementato l'attrattività dei quartieri che attraversa con circa 126.500 abitanti e più di 42.000 posti di lavoro. Rispettivamente il 37% della popolazione di Nizza e quasi un terzo dei posti di lavoro della città, a meno di 400 metri dalla linea.

VIENNA

Secondo l'articolo "2012: 'year of the tram' in Vienna" circa 194.000.000 di passeggeri utilizzano ogni anno la rete tranviaria di Vienna, l'equivalente di più di 530.000 passeggeri al giorno. L'utilizzo del tram è effettivamente aumentato durante l'espansione della U-Bahn: dai 242.000.000 passeggeri nel 1990, ai 294.000.000 nel 2013. Il 52% dei viennesi utilizza i trasporti pubblici quotidianamente e il 76% almeno una volta alla settimana.

Secondo il report "Facts and Figures" il numero dei passeggeri nell'anno 2017 è di circa 305.000.000. Uno studio dell'International Journal of Sustainable Transportation (Buehler, Pucher, & Altshuler 2017) riporta che la tramvia a Vienna ha fornito la maggior parte del servizio di trasporto pubblico per decenni ed, ancora oggi, è un elemento chiave del sistema di transito viennese. Esso, infatti, fornisce un servizio completo sia al di fuori dei corridoi della U-Bahn (metropolitana), che di collegamento per le stazioni della U-Bahn.

ZARAGOZA

In una presentazione del 2018, intitolata "Los Tranvías de Zaragoza. Influence of the modern tramway on urban development and functionality" è riportato che nel 2017 si sono registrati più di 28.000.000 di passeggeri. Di questi, il 52% di utenti ha dichiarato di prendere il tram due volte al giorno principalmente per motivi di lavoro (circa 24%), di svago (circa 22%) ed studio (19%).

BARCELLONA

Il documento "Barcelona Tram Service (Spain)" del 2017, riporta 28.000.000 passeggeri nel 2016, un numero maggiore rispetto all'utenza attesa. Si registra una differenza tra numero di utenti rispetto alle diverse linee (Trambaix e Trambesòs), riconducibile a: 1) una maggiore densità di popolazione nella zona di Trambaix e alla mancanza di alternative; 2) la presenza di un campus universitario nella zona di Trambaix, dove il tram è la migliore opzione di trasporto pubblico; 3) l'emergere della crisi finanziaria durante la riqualificazione dell'area di Trambesòs.

POZNAN

Gadziński e Radzinski, in uno studio del 2014, hanno indagato gli effetti della rete tranviaria sui comportamenti di viaggio. Tramite questionario strutturato e interviste semistrutturate somministrate face-to-face a 713 persone della città, i risultati principali rivelano che il 37% degli intervistati provenienti da località vicine (<1km) alla linea PST (Poznański Szybki Tramwaj) ha dichiarato di usare quotidianamente il tram, mentre circa il 30% usa l'auto privata; solo il 13% degli intervistati provenienti dai distretti urbani più distanti (>1km) hanno riportato di utilizzare il tram per alcuni spostamenti quotidiani, preferendo quindi l'auto privata (33%). Oltre il 98% degli intervistati che vivono in prossimità delle fermate PST è soddisfatto del proprio luogo di residenza; mentre tra coloro che risiedono più lontano dalle fermate, la percentuale di persone soddisfatte del luogo di residenza scende all'88%; quasi la totalità degli intervistati, invece, è soddisfatta dell'ubicazione delle fermate. Gli effetti economici legati all'accessibilità della linea PST si riflettono maggiormente negli affitti piuttosto che nei prezzi di vendita degli immobili, nonostante sia elevata l'importanza percepita dagli stessi cittadini. In generale, l'apprezzamento della vicinanza alle fermate della tramvia e in generale del trasporto pubblico di buona qualità infrastrutturale, sembra riflettersi sulla soddisfazione del proprio luogo di residenza e sulla frequenza di utilizzo del mezzo pubblico.

EDIMBURGO

Come riportato nel report "Edinburgh Tram – York Place to Newhaven Final Business Case", nell'anno 2018 sono stati 7.400.000 gli utilizzatori della linea tranviaria (inaugurata nel maggio del 2014). Il costante aumento del numero di passeggeri è correlato con l'aumento degli introiti. Il documento "Tram Passenger Survey (TPS) Edinburgh Trams" del 2016, riporta un profilo dei passeggeri del tram relativamente giovane: circa un terzo dei passeggeri (32%) ha tra i 16-34 anni e il 40% tra i 35-59 anni. Da notare è come la fascia di età 16-34 anni sia diminuita nel corso di due anni consecutivi, dal 47% nel 2014 al 40% nel 2015, sino al 32% nel 2016. Gli scopi di utilizzo sono prevalentemente pendolarismo 31%, lavoro 12%, e svago 57%.

DUBLINO

Secondo il sito ufficiale della rete irlandese "transdevireland.ie", ad un anno dalla sua inaugurazione, si è registrato un totale di 22 milioni di passeggeri (2015). L'andamento nel corso degli anni è stato crescente: nell'anno 2018 circa 42 milioni di passeggeri hanno utilizzato le due linee tranviarie, con una media giornaliera di 110 mila passeggeri.

STOCCOLMA

Secondo un articolo di Göran Gunnarsson pubblicato online su Intelligent Transport nel 2011, nella città di Stoccolma si registrano 116.000 passeggeri ogni giorno.

Lo studio di Termida, Susilo, e Franklin (2016) ha indagato le risposte comportamentali in seguito all'estensione della rete tranviaria, i processi di apprendimento delle persone e i tempi di risposta

nell'adottare la nuova opzione di trasporto a seguito della sua introduzione. Mettendo a confronto un gruppo di controllo (non a conoscenza della nuova estensione) e un gruppo sperimentale (informato nei minimi dettagli rispetto all'estensione), sono state reclutate 130 persone attraverso interviste per strada e mailing list. In 102 hanno partecipato alla prima fase, mentre solo 67 rispondenti hanno completato tutte le fasi del sondaggio. I risultati indicano che:

- Se nella prima settimana dall'apertura della linea, il 24% dei rispondenti ha usato il tram, nel corso delle settimane successive il numero è aumentato progressivamente;
- L'uso più elevato del tram si è registrato nella seconda fase, quando le persone erano curiose di provare una nuova opzione di trasporto, inserendo l'utilizzo del tram nella loro routine quotidiana.
- La distanza a piedi, relativa alla nuova estensione tranviaria, è percepita negativamente dal gruppo di controllo rispetto a quello sperimentale, e pare essere uno dei principali vincoli nell'uso del nuovo prolungamento del tram. Tuttavia, tale vincolo decresce col trascorrere dei mesi. Il gruppo sperimentale invece, più consapevole della nuova estensione del tram, trae maggiori benefici da esso rispetto al gruppo di controllo.

GERUSALEMME

Rokem e Vaughan (2018) hanno condotto uno studio nella città di Gerusalemme per analizzare il ruolo che ha il trasporto pubblico nel collegare i quartieri della città divisi da motivi religiosi, politici e culturali. L'analisi statistica spaziale basata sul sistema di trasporto pubblico della città, ovvero la rete delle linee degli autobus e del tram (Red Line, JLR), ha evidenziato come l'accesso al trasporto pubblico abbia una funzione multidimensionale: oltre a fornire accesso a varie tipologie di risorse (es. lavoro, servizi), offre nuove possibilità di mobilità fra aree fra loro segregate. Nel 2014 si è registrato un utilizzo della rete tranviaria di circa 140.000 persone al giorno (Jerusalem Transportation Master Plan Team).

SHIFT MODALE

La tramvia occupa una posizione importante tra le modalità di trasporto più sostenibili, grazie alle caratteristiche precedentemente discusse (González e colleghi, 2013). Essa integra elementi della metropolitana e allo stesso tempo dell'autobus, configurandosi ideale per tutte le città di medie o piccole dimensioni in cui la costruzione di una nuova rete metropolitana o tranviaria risulta critica. La priorità sul traffico di cui gode il tram rispetto ai veicoli privati è una delle chiavi del suo successo. Inoltre la riaffermazione di una centralità massima associata alla tramvia scoraggia sempre più spesso gli automobilisti dall'affrontare le crescenti limitazioni imposte all'automobile, come la pedonalizzazione, le zone a 30 o 20 km/h, le zone di rallentamento del traffico e l'eliminazione dei parcheggi gratuiti.

Il tram favorisce l'intermodalità (Boquet, 2017; González e colleghi, 2013; Stambouli, 2005). La tramvia offre nuove opportunità di accessibilità negli spazi emblematici delle città, favorisce la connessione con le linee di autobus urbani, le linee interurbane e il servizio ferroviario. Per tale ragione, la tramvia produce importanti effetti, tra cui l'aumento generale dell'uso del trasporto pubblico intermodale e la riduzione della congestione stradale.

FIRENZE

Secondo l'indagine IRPET 2016 tra coloro che hanno adottato la tramvia (sia passeggeri sistematici che occasionali) più della metà utilizzava in precedenza l'automobile o la moto per compiere il medesimo tragitto. In termini di passeggeri annui complessivi, il contributo della tramvia al riequilibrio modale a favore del trasporto pubblico locale è di circa 7.000.000 di passeggeri l'anno sottratti alle automobili e alle moto (mobilità privata). L'aumento della quota di mobilità sostenibile si verifica dunque a scapito della mobilità privata e non da una relativa minore diminuzione della domanda di mobilità sul trasporto pubblico.

PARIGI

Uno studio longitudinale che comprende dati dal 1971 al 2016 (Turnheim & Geels, 2019), riporta una diminuzione dell'utilizzo dell'automobile nelle città francesi in cui era stato introdotto il tram a partire dal 2000. Secondo l'indagine del Ministère de L'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2015) il traffico automobilistico a Parigi (misurato in numero di veicoli per km), tra il 2002 e il 2007, è diminuito del 44,4%. Questa tendenza è proseguita tra il 2007 e il 2010 (4,8% all'anno, 1,8% all'interno delle sole mura cittadine parigine). Lo stesso vale per la velocità media dei veicoli, diminuita del 30,1% tra il 2002 e il 2007.

Uno studio sul Transport Policy (Prud'homme, Koning & Kopp, 2011) ha misurato l'impatto del tram sulla ripartizione modale in 11 sezioni (4,5 km) di Mare´chaux tramite un monitoraggio dei movimenti nel comune di Parigi, tra il 2003 e il 2007. I risultati mostrano una diminuzione del 41% dell'uso di auto e camion su Mare´chaux. Tradotti in numero di passeggeri per chilometri percorsi e considerato il tasso medio di occupazione del veicolo (stimato essere 1.3 persone per veicolo), si è passati dai 198.000 passeggeri per km prima del progetto tranviario ai 116.000 passeggeri per km dopo il progetto.

STRASBURGO

Secondo un report UITP (Focus paper, 2009), durante il primo anno di attività della tranvia si è registrato un aumento del 30% del trasporto pubblico in città. Dal 1994 al 2004, si è passati dai 32 ai 65 milioni di passeggeri all'anno, contribuendo pertanto a una riduzione del volume di traffico nel centro città.

NIZZA

La ricerca di Gagnière (2012) riporta che, dall'introduzione della linea 1 (novembre 2007) al 2009, si è registrato un calo della quota modale relativa all'utilizzo dell'automobile privata di circa 0,40 viaggi giornalieri per abitante in meno. Nel 2009 a Nizza vi erano 344.460 abitanti (fonte INSEE), per cui si potrebbe stimare una riduzione pari a 137.784 viaggi in automobile in meno nei due anni di servizio tranviario.

ZARAGOZA

Il documento "Los Tranvías de Zaragoza" del 2018 riporta che il 25% dei passeggeri ha abbandonato l'uso dell'auto privata per il tram. Un altro studio (Ortego, Valero & Abadías, 2017) ha misurato l'impatto del tram sul traffico cittadino attraverso la considerazione di tre sottocategorie: 1) l'impatto sul traffico in generale; 2) l'impatto sull'uso degli autobus; 3) il numero di utenti del tram provenienti da quartieri periferici. I risultati rivelano che nelle tre zone considerate, caratterizzate da un alto livello di congestione stradale il traffico si è ridotto rispettivamente del 32,3%, 15,13% e 18,55% dall'anno 2009 al 2013; le zone maggiormente soggette alla riduzione del traffico risultano essere le strade più vicine al percorso tranviario. Si registra una riduzione del traffico in entrambe le direzioni rispettivamente del 38,8% e del 40,6%; l'abbandono dell'auto privata a favore del tram è pari al 7,68%. Analogamente, 18.784.190 di utenti delle varie linee di autobus sono passati al tram, registrando percentuali di shift modale che vanno dal 10% al 78%. Nelle aree più periferiche si è registrato una diminuzione del pendolarismo con auto privata e autobus a favore dell'uso del tram (dati ricavati attraverso un sistema di controllo del biglietto elettronico installato su tram).

STOCCOLMA

Lo studio di Termida, Susilo e Franklin (2016) si è concentrato su fattori che determinano l'apprendimento e i processi decisionali degli individui nell'uso dell'estensione della linea tranviaria nella città di Stoccolma.

L'indagine rivela che l'uso del tram era al suo massimo nel mese successivo all'introduzione del nuovo prolungamento del tram, ha in seguito subito un calo. Dalle analisi è emerso come questa diminuzione possa essere stata dettata dalla lontananza della linea tramviaria dai principali centri educativi e aziendali. Infatti, il nuovo prolungamento del tram è stato maggiormente sfruttato dai viaggiatori con un reddito medio e che dispongono di uno o più automobili nelle loro famiglie, coloro risultano anche avere la maggiore probabilità di adottare il tram per primi. In questo studio, il possesso dell'auto, che può facilitare la scelta del trasporto automobilistico rispetto ad altre modalità, non ha impedito alle persone di provare la nuova opzione di trasporto pubblico prima di altri. Infine, molti intervistati hanno utilizzato una combinazione di modalità tram e metropolitana per un singolo viaggio, oppure tram e treno dopo l'introduzione dell'estensione del tram, ciò probabilmente dovuto alla facilità di collegamento tra le due modalità.

SODDISFAZIONE PERCEPITA

FIRENZE

Dall'indagine condotta da GEST (2018) - interviste condotte tra il 31 gennaio e 12 febbraio del 2018 ad un campione di 580 passeggeri presso le fermate della tramvia - risulta che la qualità del servizio sia percepita come ottima dal 31%, buona dal 56%, sufficiente dal 7%, insufficiente dall'1%.

Dalle interviste sono emersi, tra gli aspetti maggiormente apprezzati, la regolarità e la puntualità del servizio, l'integrazione modale e il rispetto per l'ambiente. Rispetto alla qualità del servizio durante il viaggio si registra una soddisfazione elevata per la sicurezza, la comodità, la climatizzazione e i servizi per i passeggeri a ridotta mobilità; l'affollamento e, in misura minore, la pulizia dei mezzi risultano essere i punti critici.

Le richieste dell'utenza si focalizzano su un aumento dei controlli e del servizio in generale, specialmente per le tratte notturne e durante la domenica. Rispetto alla qualità dei servizi a terra, si riscontra una soddisfazione per la reperibilità dei titoli di viaggio e alle informazioni rivolte alla clientela e una medio/bassa soddisfazione per la pulizia e il decoro alle fermate. Generalmente, i fattori che incidono di più sul giudizio finale del servizio sono la regolarità, la sicurezza, il comfort e la pulizia.

BERGAMO

Il documento "Linea tramviaria T2 Bergamo - Villa d'Almè" del TEB SpA del 2019, riporta un'indagine sulla soddisfazione percepita dagli utenti. La valutazione è stata effettuata esprimendo un giudizio su una scala da 1 (minima soddisfazione) a 10 (massima soddisfazione). I risultati mostrano che in media gli utenti valutano la tramvia con un punteggio di 7,8. Tutti i fattori di qualità presi in esame risultano positivi. In particolare sono apprezzati: l'impatto ambientale, la disponibilità e l'affidabilità del servizio, il tempo di viaggio e le informazioni rivolte alla clientela.

CAGLIARI

Un sondaggio del 2014 rivela un buon utilizzo e una elevata soddisfazione da parte dei suoi fruitori per i seguenti fattori: la corsia riservata, l'affidabilità, la regolarità, i tempi certi di viaggio e la confortevolezza, oltre che la sensibilità alle tematiche ambientali.

VENEZIA

L'indagine del 2011 ha analizzato la qualità percepita dai passeggeri del tram. Le opinioni raccolte, tramite interviste, da un campione di 915 passeggeri (giudizio su scala di valutazione da 1 = minima soddisfazione a 10 = massima soddisfazione) evidenziano una soddisfazione generale alta, con un valore medio di 7,9.

Gli aspetti maggiormente apprezzati sono: la puntualità, la velocità del servizio, la frequenza, la sicurezza e la pulizia. Gli aspetti meno apprezzati sono l'affollamento e il collegamento con altri mezzi.

L'8% circa dei passeggeri è costituito da persone che prima non utilizzavano il mezzo pubblico. L'apprezzamento per il tram emerge anche indirettamente dal numero di lamentele pervenute nei quattro mesi di fermo. Si riscontra, inoltre, una differente attrattività del tram rispetto all'autobus. Due in particolare gli aspetti maggiormente apprezzati: il tram è utilizzato anche per brevissimi spostamenti e permette un'effettiva piena autonomia di spostamento alle persone disabili.

PARIGI

Il report del Ministère de L'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2015), riporta un'offerta di 4500 posti all'ora erogata dalla linea tranviaria T3, una capacità di gran lunga superiore all'autobus, in grado di trasportare solamente 1500 persone all'ora. Questa differenza comporta una maggiore probabilità di trovare spazio per i passeggeri, con un conseguente aumento del comfort percepito.

Nel report viene menzionata una indagine sulla soddisfazione degli utenti. I risultati mostrano il 95% degli utenti soddisfatti del livello di pulizia del tram, il 94% considera il tram di facile accesso (piani inclinati alle stazioni e pianale ribassato sul tram per le persone a mobilità ridotta), il 90% ritiene il tram una modalità in grado di offrire corrispondenze facili e fluide. La guida è riconosciuta dagli utenti come molto confortevole, per via della diminuzione del numero di scosse, accelerazioni e frenate inaspettate.

ZARAGOZA

Nella presentazione "Los Tranvías de Zaragoza" del 2018 sono riportati i dati dell'indagine sulla soddisfazione degli utenti (giudizio su scala di valutazione da 1 = minima soddisfazione, a 10 = massima soddisfazione). Si riportano di seguito i valori medi dei giudizi espressi:

- soddisfazione generale (8,05)
- informazione (8,29),
- sicurezza (8,28),
- impatto ambientale (8,22),
- servizio al cliente (8,15)
- accessibilità (8,13).

BARCELLONA

La presentazione intitolata "2017 Corporate Social Responsibility Report" riporta i dati sul grado di soddisfazione dell'utenza che ha scelto il tram per i suoi spostamenti (giudizio su scala di valutazione da 1 = minima soddisfazione, a 10 = massima soddisfazione). Dal 2012 al 2017 la soddisfazione generale per entrambe le linee tranviarie è stata superiore a 7, in lieve aumento nell'ultimo anno, con punteggi intorno all'8. Tra gli aspetti maggiormente apprezzati si riportano:

- l'affidabilità,
- le informazioni sul servizio,
- la facilità d'accesso al mezzo,
- il comfort,
- la regolarità/puntualità,
- la sicurezza personale.

La presentazione "2017 Corporate Social Responsibility Report" riporta inoltre un sondaggio dell'Autorità di Trasporto dell'area metropolitana (ATM) di Barcellona che analizza le preferenze in termini di mezzi di trasporto dell'utenza nel periodo 2012-2015. La bicicletta risulta essere il mezzo preferito per ciascuno degli anni considerati, al secondo posto vi è il tram, il quale supera l'automobile privata dal 2014; contrariamente, la metropolitana si configura come l'opzione di mobilità meno preferita (trend decrescente nel tempo).

Il documento "Barcelona Tram Service (Spain)" del 2017 riporta il grado di impatto della rete tranviaria a Barcellona considerando alcuni dei 17 *Sustainable Development Goals* (SDG), definiti

dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite il 25 settembre 2015. Il documento riporta l'impatto del tram sui SDG numero 7 "Energia pulita e accessibile", 11 "Città e comunità sostenibili", 13 "Lotta contro il cambiamento climatico", 17 "Partnership per gli obiettivi", mentre un moderato impatto sui SDG numero 9 "Imprese, innovazione e infrastrutture" e 10 "Ridurre le disuguaglianze".

EDIMBURGO

Come riporta Pain (2016) nel "Tram Passenger Survey (TPS) Edinburgh Trams" il Tram Edimburgo è al primo posto in termini di soddisfazione percepita dagli utenti delle linee tranviarie del Regno Unito. L'indagine del 2016 riferisce che il 79% degli intervistati risulta essere "molto soddisfatto" e il 20% "abbastanza soddisfatto". Sono particolarmente apprezzate la puntualità (94%), la durata del viaggio (92%) e la convenienza del viaggio (83%). I fattori che influenzano positivamente l'esperienza del viaggiatore *nei pressi della fermata* sono elencati in ordine di importanza:

- l'assenza di atti vandalici,
- le condizioni generali/mantenimento,
- l'assenza di rifiuti/sporcizia,
- il comportamento degli altri passeggeri;
- la sicurezza personale,
- la comodità/accessibilità,
- le informazioni fornite,
- la distanza dalla partenza del viaggio.

I fattori che influenzano positivamente l'esperienza *a bordo* sono:

- la pulizia interna,
- la sicurezza personale,
- il comfort delle sedute,
- le informazioni del percorso,
- la presenza di maniglie,
- lo spazio disponibile in piedi,
- la temperatura percepita,
- lo spazio personale.

Le qualità maggiormente apprezzate del conducente sono l'aspetto esteriore, la guida sicura, la disponibilità/cordialità e l'abitudine a salutare.

In generale, i fattori principali collegati con la soddisfazione per l'utilizzo del tram sono:

- | | |
|--|-----|
| • Comfort a bordo | 25% |
| • Puntualità | 14% |
| • Rapporto qualità-prezzo | 14% |
| • Scorrevolezza e velocità del tram | 10% |
| • Informazioni per tutta la durata del viaggio | 9% |
| • Accessibilità alle fermate del tram | 7% |

I tempi di attesa maggiormente riferiti dagli utenti si attestano fra i 2-5 min. e i 5-10 min. I tempi effettivi risultano tuttavia essere minori.

DUBLINO

Un'indagine dell'Autorità Nazionale di Trasporto (NTA, 2018) riporta una soddisfazione globale del servizio tranviario per la maggioranza degli intervistati (96%): nel dettaglio il 47% degli intervistati si ritiene "molto soddisfatto" e il 49% "abbastanza soddisfatto"; il 3% "non sa" rispondere mentre solamente l'1% si dichiara "insoddisfatto". Il punteggio medio di soddisfazione generale (giudizio su scala di valutazione da 1=insoddisfazione massima a 5=soddisfazione massima) è pari a 4,42, un punteggio superiore rispetto al servizio di bus (4,2) e treno (4,28).

FIRENZE

Come riporta l'indagine IRPET (2016), il Comune di Firenze ha istituito un punto d'ascolto rivolto a cittadini e commercianti per accogliere e rispondere ai quesiti sulla tramvia in costruzione. Strumenti finanziari sono stati adottati per fronteggiare e compensare i disagi derivanti dai lavori della tramvia.

PALERMO

Un articolo di Gioé (2019) riferisce pareri discordanti sulla tramvia tra la popolazione palermitana. Mentre l'associazione dei cittadini fa riferimento alla "Convenzione di Aarhus" per poter partecipare nella fase decisionale iniziale, a maggio 2018 alcuni gruppi di cittadini hanno organizzato un flashmob contro i costi elevati del tram. Nel frattempo, anche la Confcommercio prende posizione, definendo la costruzione del tram un'azione che richiede sacrifici importanti a cittadini ed imprese, oltre a costi ingenti e un'alterazione morfologica della città. Nonostante ciò l'amministrazione Comunale ha ritenuto possibile una coesistenza armonica fra la modernità del tram e il patrimonio architettonico, mediante scelte progettuali accurate e non avventate. All'interno di questa strategia di intervento, il Comune di Palermo ha dichiarato la necessità di introdurre più mezzi pubblici e parcheggi in città.

Nell'articolo "Bilancio dei primi dieci giorni di tram: i pro e i contro" datato gennaio 2016, l'autore compie una prima analisi dell'introduzione del tram, condividendo alcune osservazioni personali. Fra i vantaggi percepiti l'autore evidenzia:

- la facilità di utilizzo;
- vetture silenziose e confortevoli ad ampia capacità di trasporto;
- vetture esteticamente belle e moderne con una pavimentazione a mattoni percepita come gradevole;
- una viabilità più ordinata in zone della città prima caotiche;
- la possibilità di raggiungere e riscoprire i quartieri più periferici e degradati;
- la presenza di biglietterie automatiche multilingua;
- adeguati controlli dei titoli di viaggio.

Tra gli svantaggi percepiti si riportano:

- un'assenza di comunicazione sulle indicazioni degli orari;
- un'assenza del biglietto "unico";
- tempi di attesa incerti, dai 5 ai 30 minuti;
- annunci vocali informativi esclusivamente in italiano, nonostante l'elevato afflusso di turisti;
- un'elevata congestione stradale presso gli incroci spesso dettati da una inadeguata taratura dei semafori, o addirittura dal comportamento indisciplinato di automobilisti e pedoni;
- attraversamenti pedonali difficoltosi;
- assenza di cestini per la raccolta dei rifiuti presso le fermate;
- assenza di materiale informativo delle linee presso le pensiline e sulle vetture.

CAGLIARI

A Cagliari è stato permesso l'utilizzo gratuito del tram (chiamato anche metropolitana leggera o metrotram) in determinate giornate, ad esempio nel periodo d'inaugurazione del servizio o dell'arrivo di nuovi tram più confortevoli. Il tutto per agevolare la familiarizzazione con il nuovo servizio. Nel 2018 il tram è stato rinnovato per poter offrire più posti a sedere, più spazio per carrozzine e biciclette, maggiore climatizzazione, sicurezza, registratori di eventi, controllo di semafori e deviatori.

NIZZA

La città di Nizza si distingue per diverse strategie di coinvolgimento dei cittadini. Con la realizzazione della linea 1, ad esempio, è stato realizzato un "museo a cielo aperto" frutto di un concorso internazionale. Nice Côte d'Azur ha voluto installare una collezione di 223 opere d'arte contemporanea nello spazio pubblico per rendere l'arte accessibile a tutti e garantendo un trattamento equo a tutti i quartieri attraversati dal tram. Applicando questo approccio rispetta totalmente i criteri di uno sviluppo sostenibile. Nell'intento di coinvolgere tutti gli abitanti, l'amministrazione locale di Nizza ha avviato nel dicembre 2015/gennaio 2016 una consultazione per la scelta del nuovo tram da adottare nelle due nuove linee progettate (linea 2 Ovest-Est e linea 3, operative entrambe dall'autunno del 2019): 14.886 abitanti hanno dato la loro opinione, selezionando tra le proposte del designer francese Ora İto, il design "Ocra" (con il 44% dei voti, Figura 1).



Figura 1 - Design "Ocra" del nuovo tram a Nizza.

La linea 2, in particolare, punta a migliorare l'offerta di trasporto nell'area metropolitana di Nizza mediante alcuni aspetti chiave: 210.000 persone e posti di lavoro serviti nel raggio di 500 metri dal percorso; 2.400 alberi lungo il percorso della linea Ovest-Est e 77.000 m² di piattaforma erbosa (l'equivalente di 15 campi da calcio); tecnologia più avanzata sui tram (Citadis X05) per offrire un maggiore comfort ai passeggeri grazie ad una superficie di vetro pari al 40% in più rispetto a quelli impiegati nella linea 1; LED per un'illuminazione morbida e omogenea oltre che per una riduzione dei consumi e delle sedute individuali più spaziose. Per quanto riguarda l'accessibilità, è stato previsto il wifi gratuito a bordo, schermi extra-large con informazioni del viaggio, un sistema di videosorveglianza in tempo reale a diretto contatto con i servizi di sicurezza. Infine, attraverso il sito ufficiale della rete tranviaria "tramway.nice.fr", Nizza offre la possibilità ai cittadini interessati di ricevere informazioni via SMS o e-mail in tempo reale, sui lavori in corso riguardanti le linee 2 e 3, previa iscrizione sull'apposita pagina online.

Le stime riferiscono inoltre una riduzione prevista del 5,3% del traffico cittadino con 20.000 auto in meno sulla Promenade des Anglais, una riduzione dell'inquinamento atmosferico (circa -15% degli inquinanti) e acustico (dimezzato già sulla linea 1).

STRASBURGO

Come si apprende dalla presentazione "FOCUS 2015, A forum of Communities for Urban Sustainability" l'estensione della rete tranviaria nella città francese è associata a una serie di interventi sulla mobilità sostenibile:

- creazione di "park-and-rides",
- aumento di corse dei mezzi pubblici,
- autorizzazione e servizi per pedoni e ciclisti,
- nuova condivisione dello spazio pubblico.
- proibire la circolazione delle macchine (in alcuni punti della città e momenti della giornata/giorni),
- creazione di un circuito del traffico per farlo defluire.

BARCELLONA

Nella presentazione "2017 Corporate Social Responsibility Report" si informa che la città di Barcellona ha condotto numerosi interventi per la sensibilizzazione dell'opinione pubblica alle questioni ambientali e sociali derivanti dalla costruzione del tram, oltre che informare la cittadinanza del nuovo servizio. In totale si sono registrate 176 attività nel 2017 a carattere ludico-ricreativo e informativo-partecipativo presso scuole di ogni ordine, associazioni giovanili e centri anziani. Complessivamente i partecipanti agli eventi sono stati 4066. Nell'ambito di queste attività è stato creato un "Ecocalculator" specifico per il tram, ovvero un'applicazione che calcola il risparmio in termini ambientali, energetici e finanziari scegliendo il tram piuttosto che altri mezzi di trasporto.

EDIMBURGO

Un articolo pubblicato online su The Conversation (2014) riporta che il tram di Edimburgo è stato aperto con oltre tre anni di ritardo e con un budget superiore a quello previsto. Le controversie con gli appaltatori hanno causato lunghi ritardi nella costruzione. I lavori di costruzione sono stati piuttosto impopolari per molte imprese e residenti locali e il costo finale per chilometro è risultato al di sopra dei livelli tipici dei progetti tranviari in luoghi come la Francia. Le critiche avanzate dagli stakeholder hanno interessato l'elevata complessità del sistema tramviario da realizzare e i costi richiesti, ritenuti non essenziali per le questioni più urgenti riguardanti la mobilità locale e la rigenerazione urbana.

Ciononostante, i tram di Edimburgo:

- sono risultati efficaci, specialmente nei corridoi di trasporto più affollati;
- hanno ricevuto i punteggi di soddisfazione da parte dell'utenza più alti di tutto il Regno Unito;
- sono molto frequentati, il numero degli utilizzatori della tranvia cresce progressivamente ogni anno come anche gli introiti;
- hanno permesso ai policy makers di affrontare il problema delle emissioni di gas serra, migliorando la qualità dell'aria a livello locale.

In alcune città del mondo anglosassone sono stati utilizzati i "temporary hoarding" in erba o con rappresentazioni artistiche. Ciò ha aumentato l'attrattiva e l'accettabilità sociale del tram oltre a ridurre il livello di inquinamento e di rumore. Esempi di "green temporary hoarding" sono mostrati nella Figura 2.



Figura 2 - Temporary hoarding.

STRATEGIE PER GESTIRE LE PREOCCUPAZIONI DEI CITTADINI E L'EFFETTO "NIMBY"

Una ricerca del Dipartimento di Psicologia dell'Università di Barcellona (Pol e colleghi, 2015) mette in luce gli aspetti psicologici da considerare al fine di comprendere e gestire un eventuale effetto "NIMBY". Per effetto NIMBY ("Not-In-My-Back-Yard") si intende un'opposizione di uno o più membri di una comunità locale a ospitare opere di interesse generale sul proprio territorio, anche quando tali opere producano benefici per la collettività. Le ragioni sociali di rifiuto di un'opera può avere origine nei seguenti antecedenti psicosociali: elevata percezione sociale di rischio sulla qualità di vita; una percezione di iniquità; aspettative erranee circa la realizzazione dell'opera; percezione di rischio di una perdita del valore patrimoniale del territorio; assenza di percezione del bisogno dell'opera stessa.

Le strategie proposte sono:

- mitigare ogni possibilità di rischio concernente la salute e la sicurezza della comunità;
- fornire informazioni trasparenti circa la rilevanza dell'opera in questione e le relative soluzioni progettate;
- garantire la manutenzione continuativa dell'opera/servizio, così come la partecipazione dei cittadini nella fase di follow-up del progetto;
- offrire misure compensatorie proporzionate all'entità dell'opera/servizio, evitando misure sproporzionate e tali da far sospettare un costo più elevato di quello che obiettivamente l'opera implica.

Una ricerca pubblicata sull'*International Journal of Project Management* (Wang e colleghi, 2016) si sofferma sui metodi per mitigare l'eventuale rischio sociale (es. risposte sociali conflittuali, contrapposizioni da parte di gruppi e attori coinvolti) legato a un progetto di costruzione di un'opera o di un servizio pubblico. La **comunicazione** rappresenta un elemento chiave nel determinare la reazione pubblica nei confronti di un progetto di costruzione urbana nelle forme di riunioni, sondaggi, workshop, comitati consultivi. La gestione più efficace è quella che combina un approccio "**engineering-oriented**" con uno "**people-oriented**".

In tutti i casi considerati, nonostante la loro disomogeneità geografica e demografica, si nota un pieno utilizzo del nuovo servizio di trasporto per ragioni lavorative, di studio e di svago. Il tram rappresenta una valida alternativa di trasporto in città, in particolare nei corridoi urbani più affollati. Nel complesso, i punteggi di soddisfazione generale e specifica risultano essere medio-alti; non si registrano grandi casi di insoddisfazione. Un indicatore importante, emerso dall'impatto comportamentale per i suoi effetti combinati sul contesto sociale e ambientale, è lo shift modale, cioè la sostituzione dell'uso dei mezzi motorizzati privati (automobile, moto) o di determinate corsie dell'autobus, a favore del tram. Questo può verificarsi in misura variabile, come si denota dai casi esaminati. Tuttavia grazie alla sua capacità di trasporto, alla maggiore eco-sostenibilità rispetto ai veicoli su gomma con motori endotermici, al collegamento che offre con altri mezzi di trasporto (linee urbane e interurbane, servizio ferroviario) o con parcheggi di interscambio al di fuori della città, la tranvia permette di realizzare un effettivo sistema di mobilità collettiva e sostenibile. Essa favorisce, infatti, itinerari sempre più intermodali (combinazione di due o più modalità di trasporto, inclusi gli spostamenti green a piedi o in bici). Pertanto, maggiore ed efficiente è l'opportunità di accesso agli spazi cruciali della città che viene creata tramite la tranvia, maggiori saranno gli effetti urbani conseguenti. Come l'aumento generale dell'uso del trasporto pubblico e degli spostamenti intermodali, la riduzione del volume di traffico, delle emissioni di inquinanti nonché dei fattori di rischio per la salute pubblica.

(a cura del Dipartimento di Sociologia e Diritto dell'Economia)

In questa sezione si approfondiranno gli impatti sociali dell'introduzione di linee tranviarie in città, ovvero le conseguenze che i cambiamenti nel sistema di trasporto possono avere sulle «preferenze, il benessere, il comportamento o la percezione di individui, gruppi, categorie sociali e della società in generale»(Geurs, Boon and Wee, 2009: 71).

Innanzitutto, analizzare gli impatti sociali significa considerare le conseguenze in termini di inclusione/esclusione e di qualità della vita delle popolazioni urbane. La letteratura è ormai concorde nel sottolineare che i cambiamenti nell'offerta di trasporto possono significativamente incidere, sia positivamente che negativamente, sull'inclusione e il benessere degli individui e dei gruppi sociali (Lucas, 2012). Aumentando o riducendo la capacità degli individui a spostarsi all'interno del contesto urbano (Kaufmann, 2011), infatti, le trasformazioni del sistema di trasporto influenzano la capacità delle persone di raggiungere beni, servizi, risorse e opportunità e di prendere parte ad attività rilevanti per la loro inclusione sociale (Farrington, 2007; Martens, 2016). Inoltre, le politiche di trasporto urbano influenzano il benessere e la qualità della vita a livello individuale e collettivo andando a incidere sugli stili di vita e la salute delle popolazioni, sull'economia e sulla vitalità del tessuto sociale (Jones and Lucas, 2012).

In secondo luogo, interessarsi agli impatti sociali dell'introduzione della linea tranviaria significa prendere in considerazione gli effetti distributivi di ogni decisione nell'ambito dei trasporti (Jones and Lucas, 2012). In altri termini, ciò implica analizzare i differenti impatti che l'introduzione del tram ha in base a variabili quali lo *spazio* (es. contesti socio-culturali, quartieri, ecc.), il *tempo* (es. periodo storico-politico) e le caratteristiche socio-demografiche delle *popolazioni* considerate (es. giovani, anziani, adulti, disabili, ecc.).

Da un lato, il contesto socio-territoriale, ovvero la specifica morfologia spaziale e socio-culturale delle diverse realtà urbane, influenza fortemente gli esiti dei cambiamenti nel sistema di trasporto. Dall'altro lato, i benefici e gli svantaggi si distribuiscono in maniera iniqua sui gruppi sociali e l'impatto delle decisioni e degli interventi nel campo dei trasporti può essere significativo soprattutto per le popolazioni più vulnerabili sotto il profilo della mobilità e più dipendenti dal trasporto pubblico locale, come i giovani, gli anziani, i migranti, ecc.

In questo quadro, nelle prossime pagine si approfondiranno gli impatti sociali della reintroduzione delle linee tranviarie presentando dati, studi e ricerche su alcuni casi studio e con particolare attenzione ai seguenti temi:

- il profilo socio-territoriale delle città che hanno reintrodotta almeno una linea tranviaria e i principali fattori alla base delle buone pratiche a livello internazionale;
- gli effetti in termini di accessibilità alle opportunità urbane, adottando in particolare una prospettiva attenta all'equità verticale (Litman, 2002), ovvero all'impatto sui gruppi, aree e quartieri più svantaggiati e vulnerabili;
- l'impatto sulla qualità della vita urbana, con particolare attenzione agli effetti in termini di riqualificazione e rigenerazione urbana;
- le principali caratteristiche dei modelli di governance e gestionali associati alle principali buone prassi a livello europeo.

IL TRAM NELLA CITTÀ EUROPEE: UN'ANALISI DEL CONTESTO SOCIO-TERRITORIALE

Vista l'importanza del contesto socio-territoriale nel determinare l'impatto e le conseguenze sociali del tram, un primo interrogativo a cui rispondere riguarda l'individuazione delle principali caratteristiche delle città che hanno reintrodotta il tram nel proprio sistema di trasporto.

In Europa sono molte le città che dispongono di almeno una linea tranviaria. In molti Paesi, dopo l'introduzione dei tram nelle principali città agli inizi del Novecento e la loro successiva dismissione, a partire dagli anni '80 del secolo scorso si è assistito a una rinascita delle linee tranviarie urbane (Figura 3).

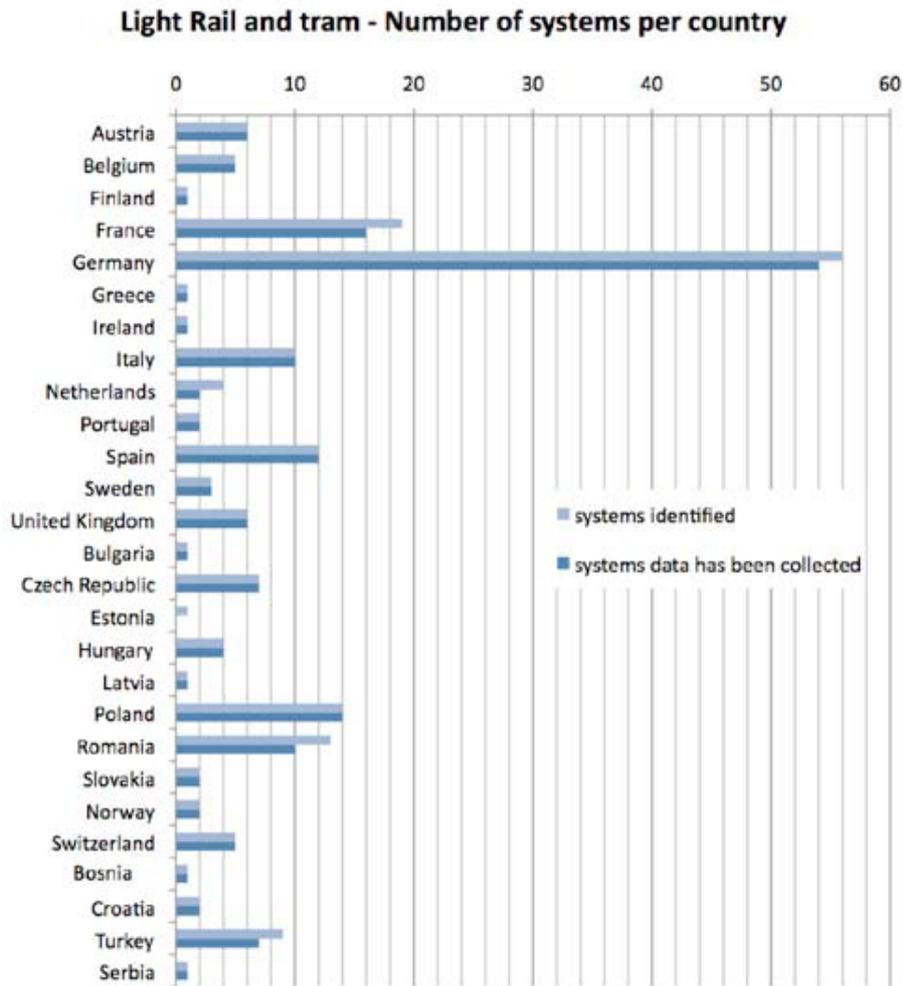


Figura 3 - Le reti tranviarie in Europa per Paese (UITP, 2009).

Limitando l'attenzione alla Zona Euro¹ più la Svizzera, le città con linee tranviarie hanno in media una popolazione di 419 mila abitanti e una densità residenziale di 3845 abitanti per kilometro quadrato.

In base alla classificazione OECD (Dijkstra and Poelman, 2012), circa il 40% delle città con il tram ha una dimensione media (M), compresa tra 100.000 e 250.000 abitanti, seguite dai contesti urbani definiti come *large* (L, tra 250.000-500.000 abitanti) oppure *extra-large* (XL, tra 500.000 e 1 milione di abitanti) (Figura 4).

In questa tipologia di città, il tram è al centro degli investimenti e delle politiche urbane e dei trasporti, come dimostrano i numerosi e grandi progetti di sviluppo delle linee tranviarie in Europa (Figura 5).

¹ I Paesi considerati sono i seguenti: Danimarca, Norvegia, Svezia, Finlandia, Austria, Olanda, Belgio, Lussemburgo, Francia, Italia, Spagna, Grecia, Irlanda.

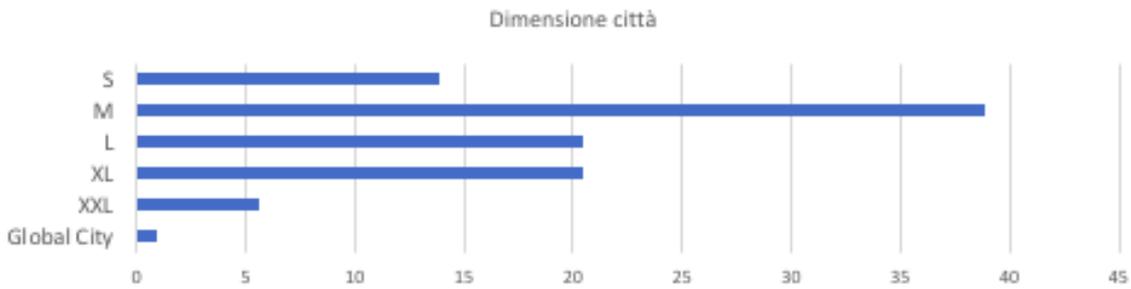


Figura 4 - La dimensione delle città europee con almeno una linea tranviaria (nostra elaborazione).

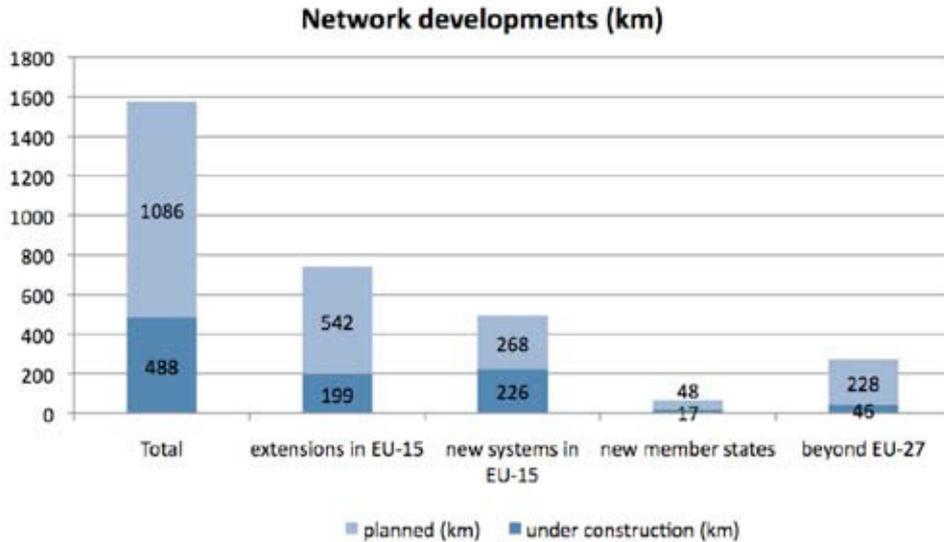


Figura 5 - Lo sviluppo delle linee tranviarie nelle città europee (UITP, 2009).

Osservando la densità residenziale (Figura 6), si nota che le città con una densità medio-alta, compresa tra i 1.000 e 6.000 residenti per kilometro quadro, tendenzialmente dispongono di almeno una linea tranviaria.

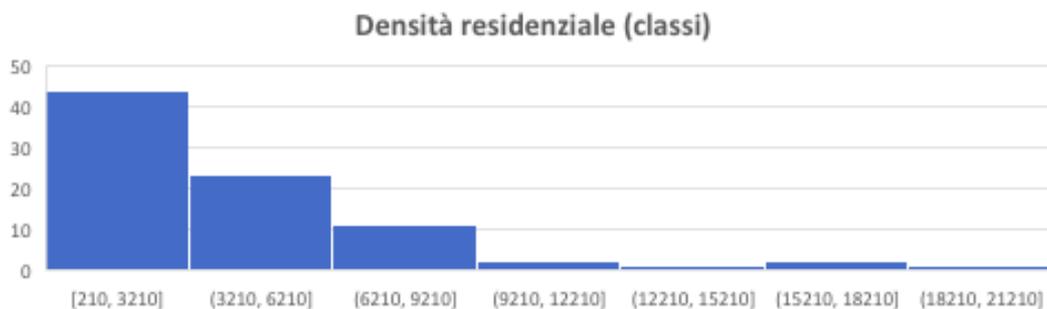


Figura 6 - Le città tranviarie in Europa per densità residenziale (Ab/kmq) (nostra elaborazione).

Per identificare il profilo delle città con almeno una linea tranviaria è possibile analizzare la loro posizione all'interno del World City Network (GaWC, 2018)². Osservando la figura 7, emerge chiaramente che disporre del tram è una caratteristica prevalente di contesti urbani che si pongono al di fuori dei principali flussi dell'economia globale (*n/a*) oppure che rappresentano

² <https://www.lboro.ac.uk/gawc/index.html>.

delle centralità regionali con un sufficiente livello di servizi di alto rango (*sufficiency*), come Bologna.

Posizione nella classificazione World City Network (Gawc 2018)

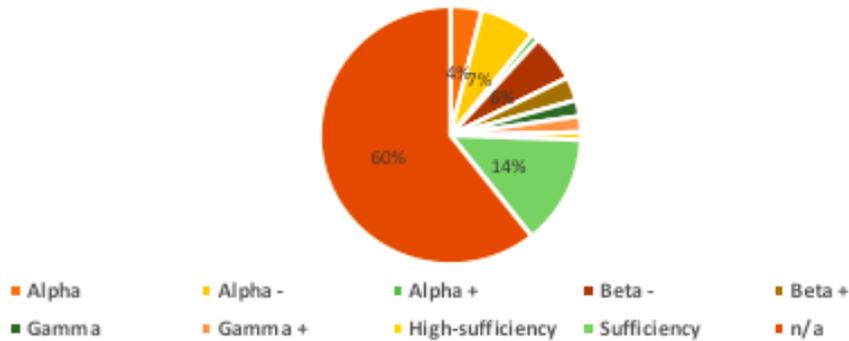


Figura7 - Le città europee con tram in base a posizione all'interno del World City Network (nostra elaborazione).

Passando a considerare i fattori di successo della reintroduzione del tram in città, in base alle rassegne a livello internazionale (Babalik-Sutcliffe, 2002; Gerd, Roman and Oliver, 2003; Olesen and Lassen, 2016; Boquet, 2017) è possibile sintetizzarli in:

1. **fattori urbani:** vitalità del centro storico e commerciale, forma urbana (radiale), livelli d'uso del trasporto pubblico (medio-alti), contesto socio-economico (economia locale, mix sociale);
2. **fattori legati alla pianificazione:** integrazione pianificazione urbana e dei trasporti (es. *transit-oriented development*); aumento accessibilità; localizzazione in aree con alta domanda di trasporto e in corrispondenza di centralità di funzioni e attività; sviluppo servizi pubblici alle fermate; design, tecnologia e separazione; intermodalità con rete bus, ciclabile e pedonale; interventi di riqualificazione urbana nelle aree adiacenti i percorsi tranviari;
3. **fattori operativi:** frequenza, comfort, marketing e comunicazione, integrazione tariffaria, titoli di viaggio.

Nei prossimi paragrafi, i temi e i fattori fin qui individuati saranno approfonditi prendendo in considerazione i casi delle città di Firenze, Montpellier, Bordeaux e Valencia, che per caratteristiche socio-territoriali (Tabella 2) hanno un profilo simile o comparabile a quello di Bologna. La selezione dei casi si è basata infatti su alcuni criteri, quali la disponibilità di dati e ricerche, la comparabilità del contesto socio-territoriale e il fatto di essere riconosciute a livello internazionale come buone pratiche.

Tabella 2 - Alcune caratteristiche dei casi studio selezionati (nostra elaborazione).

	Bologna	Firenze	Montpellier	Valencia	Bordeaux
Residenti (comune)	389261	380948	281613	791413	256045
Residenti (città metropolitana)	1011291	1013260	465070	1774201	796273
Area (comune)	160,86	102,32	56,88		49,36
Area (città metropolitana)	3702,32	3514	421,8		579,27
Densità comune (Ab./Kmq)	2419,87	3723,10	4951,00	5877,56	5187,30
Densità città metropolitana	273,15	288,35	1102,58	1261,00	1374,61
Iscritti università	80971	51818	66499	85267	56000
AGR ³ (2003-2013)	0,64	0,68	1,8	1,81	0,52
WCN	Sufficiency	High Sufficiency	Sufficiency	Beta -	Sufficiency

Tabella 3 - Casi selezionati e principali caratteristiche del sistema tramviario (nostra elaborazione).

	Firenze	Montpellier	Valencia	Bordeaux
Inaugurazione	2010	2000	1994	2003
Rete trasporto pubblico	Tram, Bus	Tram, Bus	Metro, Tram, Bus	Tram, Bus
Linee	2	4	3	3
Lunghezza (Km)	16,8	56	27,1	58,9
Fermate	38	83	58	111
Orario servizio	05:00-00:30	05:00-00:00	05:00-23:30	05:00-00:00
Frequenza (punta/morbida)	5'; 10'	4'; 10'	'5-10'	3'; 5'
Struttura	radiale	radiale	radiale	radiale
Lavori	2005-2019	1990-2012	1991-2000	2000-2015
Fasi	2	4	3	3
Costo totale (milioni di Euro)	690	857	n/a	1491
Costo per Km	41,07	15,3	n/a	25,3
Gestore	GEST	TAM	FGV	TBM

³Si tratta del tasso annuale di crescita, *Annual Growth Rate*.

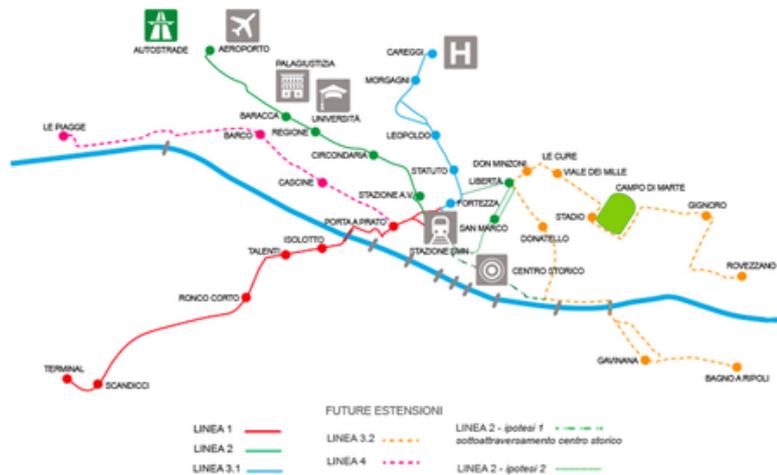
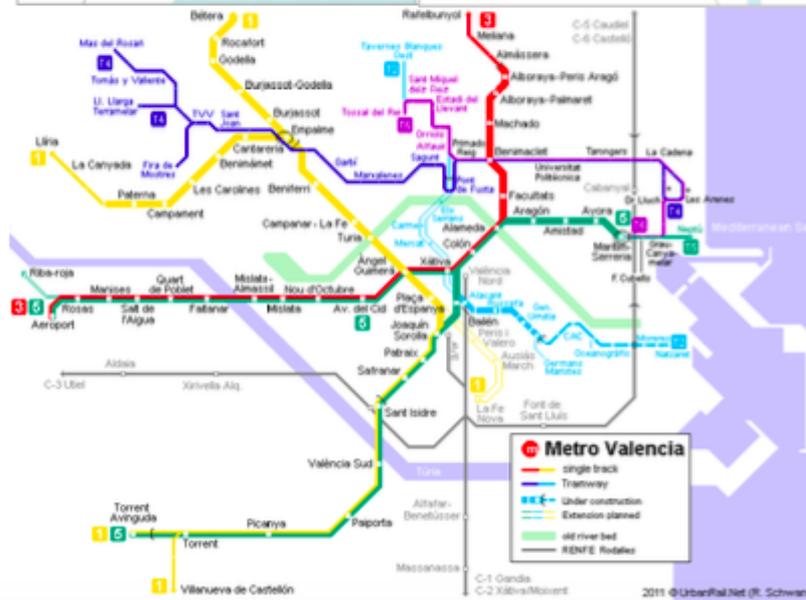
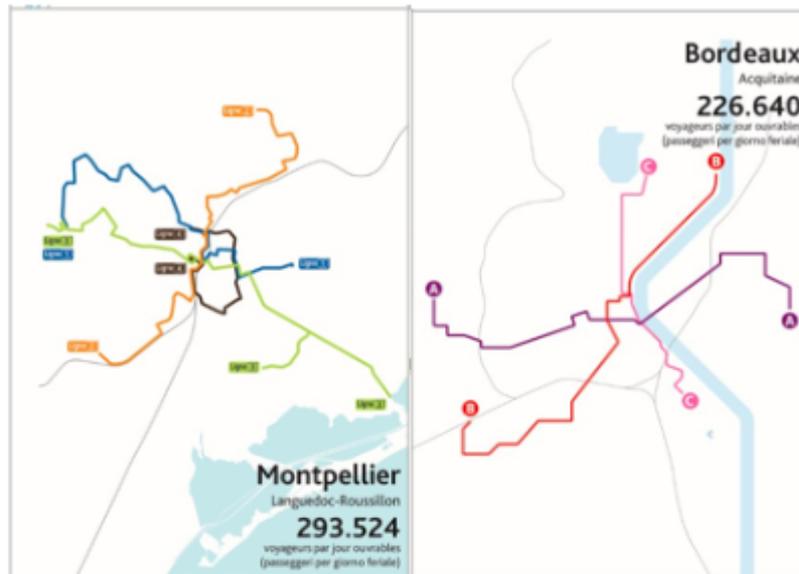


Figura 8 - Le reti tranviarie dei casi selezionati (Spinosa (2016), MetroValencia, Comune di Firenze).

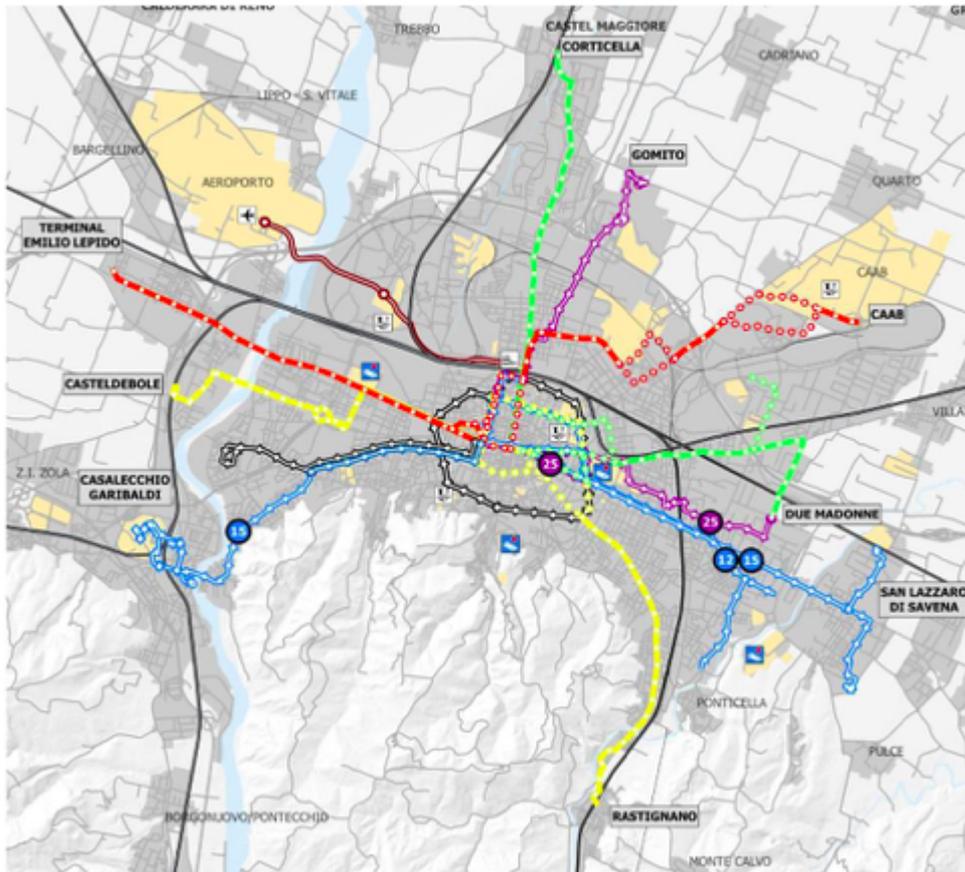


Figura 9 -L'ipotesi di tracciato della rete tranviaria di Bologna.

ACCESSIBILITÀ ED EQUITÀ

In linea generale, l'accessibilità indica la possibilità/facilità di un luogo, inteso come spazio dove sono localizzate attività, servizi e risorse, di essere raggiunto dagli individui e dai gruppi sociali e il modo in cui ciò si verifica (Colleoni, 2012). In altri termini, l'accessibilità fornisce una misura del livello di raggiungibilità delle opportunità urbane rilevanti per la vita quotidiana delle persone e in questo senso risulta una condizione fondamentale per garantire inclusione sociale e una piena cittadinanza. Inoltre, l'enfasi è posta sulla capacità e sul potenziale di accesso, più che sui concreti comportamenti della popolazione.

Sono molti gli studi che si sono interrogati sul cambiamento dei livelli di accessibilità alle opportunità urbane in seguito alle trasformazioni del sistema di trasporto e in particolare alla reintroduzione delle linee tranviarie. La risposta è solitamente positiva ed il tram è considerato da studiosi, professionisti e decisori politici come un mezzo di trasporto in grado di aumentare l'accessibilità urbana. In genere, infatti, le linee tranviarie tendono ad attraversare l'intera area urbana ed a connettere e servire i maggiori attrattori di popolazioni e quindi generatori di mobilità (Tabella 4), come le stazioni ferroviarie, i campus universitari, gli stadi, gli ospedali, le centralità culturali, direzionali e commerciali.

Tabella 4 - Le principali centralità urbane servite dalle linee tranviarie (nostra elaborazione).

Casi	Nodi serviti
Firenze	stazione, università, ospedale, stadio
Montpellier	stazione, università, ospedale, stadio
Bordeaux	stazione, università, ospedale, stadio
Valencia	stazione (metro), università, fiera, porto
Bologna	[stazione, ospedale, stadio, fiera, università]

Aumentare l'accessibilità ai luoghi di studio, di cura e lavoro e per una fascia più ampia della popolazione rappresenta uno dei principali obiettivi della reintroduzione del tram, come dimostra il caso di Montpellier, dove il tram permette di raggiungere circa il 90% dei posti letto ospedalieri e rispettivamente l'83% e il 34% di quelli di studio e lavoro (Tabella 5).

Tabella 5 - Le principali opportunità accessibili con il tram a Montpellier (Mills, 2001).

Opportunità raggiungibili entro 600 m dalla Linea 1		
	Numero	% su totale
Residenti	66500	21
Posti di lavoro	43500	34
Posti di studio	85000	83
Posti letto ospedali	6300	90

In uno studio condotto su 24 città europee con una popolazione compresa tra 100.000 e 200.000 abitanti e prendendo in considerazione le opportunità "pubbliche", Hirano e Kitao (2009) sostengono che il tram aumenta in particolare il livello di accessibilità dei servizi legati all'istruzione (es. le scuole), alla religione e degli enti e delle amministrazioni pubbliche.

Visto il legame tra accessibilità e inclusione sociale, di estremo interesse è valutare l'impatto del tram sull'accesso ai posti di lavoro, che rappresentano una delle opportunità più rilevanti per garantire la partecipazione e il benessere dei cittadini.

In uno studio condotto a Bordeaux, Sari (2015) cerca di rispondere proprio a questo interrogativo analizzando gli effetti dell'implementazione della rete tranviaria sull'accessibilità del mercato del lavoro, in particolare per i quartieri più svantaggiati localizzati sulla riva destra del fiume Garonna e più distanti dal centro storicamente più denso di posti di lavoro.

Ai nostri fini questa prospettiva risulta particolarmente interessante perché, da un lato, consente di verificare se gli obiettivi esplicitati nel progetto della linea tranviaria siano stati raggiunti («to support the economic integration of some municipalities located on the right bank») e, dall'altro lato, perché include la considerazione degli effetti distributivi, ovvero il riconoscimento dei differenti impatti che la linea tranviaria può avere su diversi tipi di popolazioni.

Lo studio, che ha valutato la situazione prima e dopo l'introduzione del tram e in quartieri non attraversati dalla linea tranviaria (in modo da poter isolare l'influenza del tram sui livelli occupazionali), ha portato ai seguenti risultati:

1. si assiste a un incremento (+4,4 punti %) dei lavoratori che si recano sui luoghi di lavoro utilizzando il trasporto pubblico;
2. il progetto della linea tranviaria ha contribuito ad aumentare l'accessibilità al mercato del lavoro per i quartieri più svantaggiati localizzati sulla riva destra del fiume;
3. il tram ha ridotto la disoccupazione (-3,6 punti %) e le disuguaglianze tra i due lati della città, che sembrano progressivamente convergere in termini di caratteristiche socio-economiche;
4. gli effetti sulla disoccupazione sono più significativi per la popolazione giovane (15-24 anni) (- 5,4%) rispetto a quella totale, visto che i giovani sono più dipendenti dal trasporto pubblico per accedere alle opportunità urbane;
5. l'impatto in termini di riduzione delle disuguaglianze diminuisce tenendo sotto controllo il ricambio della popolazione e delle attività nei quartieri.

Per queste ragioni l'autore sostiene che i benefici dell'implementazione del tram siano superiori ai costi e indica come una scelta appropriata la promozione di questi progetti soprattutto per i quartieri e le municipalità metropolitane più isolate.

RIQUALIFICAZIONE E RIGENERAZIONE URBANA

L'introduzione del tram è solitamente vista come un'opportunità per le città non solo per aumentare l'accessibilità e la capacità di mobilità delle popolazioni, ma anche per ridefinire i progetti di pianificazione urbana e l'uso dei suoli, riqualificando e rigenerando il tessuto urbano: riqualificazione di aree produttive e residenziali, rivitalizzazione del centro città, ristrutturazione di facciate, riqualificazione degli spazi pubblici e così via.

Oltre a riqualificare lo spazio urbano, i progetti delle linee tranviarie puntano anche a rigenerare l'immagine della città sia verso l'esterno, integrandosi nelle strategie di marketing territoriale, sia verso l'interno, rappresentando uno strumento per interventi di *place-making* che hanno il fine di rafforzare la vitalità e l'identità culturale del territorio.

In sintesi, come sottolineano Ferbrache e Knowles (2017: 103), il tram e le ferrovie leggere possono essere considerati come uno strumento di pianificazione e di politica urbana che attraverso la riqualificazione e (ri)produzione di spazi urbani tenta di modellare i discorsi sulla città e la sua immagine.

In questo paragrafo sarà approfondito questo tipo di impatto, focalizzandosi in particolare sulle conseguenze dell'implementazione del tram sull'uso dei suoli, sugli investimenti in operazioni di sviluppo urbano e sull'immagine della città.

Per quanto riguarda l'uso dei suoli, in uno studio comparativo di 13 città condotto nell'ambito del progetto TransEcon (Gerd, Roman and Oliver, 2003), gli autori identificano dei risultati contrastanti. Se in 6 casi (Bratislava, Bruxelles, Helsinki, Stoccarda, Tyne and Wear, Valencia e Zurigo) l'uso dei suoli nelle aree attraversate dai nuovi progetti di trasporto si è sensibilmente modificato, negli altri casi analizzati ciò non è avvenuto. La trasformazione si è riscontrata in particolare nelle città in cui i progetti siano stati realizzati in aree abbandonate, declinate o da riqualificare.

Un esempio in questo senso è rappresentato da Valencia dove il tram ha permesso la trasformazione di una vecchia area industriale in una zona caratterizzata da edifici di alta qualità che ospitano residenze e servizi.

Strettamente legato al cambiamento dell'uso dei suoli è il tema degli investimenti. In tutti i casi analizzati da Gerd e colleghi infatti si assiste a un accompagnamento delle fasi di costruzione e di funzionamento del progetto con investimenti nello sviluppo urbano, nella riqualificazione, nel rinnovo e nella ristrutturazione degli spazi.

Gli autori hanno tentato di valutare l'impatto dei nuovi progetti di trasporto attraverso la costruzione di un indice sintetico (range tra 0-6) composto da indicatori relativi a:

- investimenti in nuove costruzioni;
- modifiche nell'uso dei suoli;
- informazioni qualitative ottenute attraverso questionari e interviste a testimoni privilegiati.

Dalle analisi risulta che l'impatto degli investimenti in ferrovie suburbane (valore=4) è superiore rispetto, rispettivamente, alla metro (valore=3,5), al tram (valore=3) e alla bicicletta (valore=2). Valencia è uno dei casi in cui l'impatto positivo del nuovo servizio di trasporto è stato maggiore (valore=4), grazie all'accompagnamento del progetto trasportistico con interventi di rigenerazione urbana e alla presenza di aree dismesse e degradate.

In sintesi, secondo gli autori, le infrastrutture di trasporto possono avere un effetto catalizzatore sulla riqualificazione urbana e i processi di re-urbanizzazione, ma ci sono molti altri fattori che possono influenzare lo sviluppo del progetto in una storia di successo o insuccesso. Nei casi che si contraddistinguono per la presenza di aree degradate e dismesse, come Valencia, si ha un grande potenziale per la re-urbanizzazione, anche grazie agli investimenti nel settore dei trasporti. Al contrario, questo tipo di investimenti in aree già sviluppate ha un effetto minore sulla riqualificazione e riurbanizzazione.

Tra le criticità, molti studi hanno evidenziato come la riqualificazione e gli investimenti legati ai progetti di linee tranviarie possono, se non si presta particolare attenzione, alterare la composizione socio-economica dei quartieri adiacenti e generare processi di gentrification (Zuk *et al.*, 2018; Bardaka, Delgado and Florax, 2018), ovvero la trasformazione di zone "popolari" e/o in declino in aree attrattive e abitate da classi medio-alte. Il generale aumento dei valori immobiliari e dell'attrattività, in particolare delle aree più prossime alle stazioni della linea tranviaria, può portare infatti all'espulsione dei gruppi più vulnerabili e a una crescita della segregazione e polarizzazione urbana e alla perdita di edilizia sociale. In termini di risposte a questa tendenza associata alla reintroduzione del tram, interessante lo studio di Pollack e colleghi (2010) che effettua una rassegna degli strumenti di pianificazione (es. *community-responsive planning*), delle politiche abitative (es. acquisizione aree/immobili, mantenimento e produzione di edilizia sociale) e dei trasporti (es. inter-modalità) in grado di controbilanciare i processi di gentrification.

In termini di morfologia urbana, inoltre, i progetti che si caratterizzano per un grande bacino di utenza e per un forte aumento dell'accessibilità possono generare dei processi di sub-urbanizzazione. Oltre a Valencia, anche negli altri casi selezionati il tram può essere considerato come un elemento di supporto per influenzare la morfologia urbana delle città. Per esempio, a Montpellier, come in molte città francesi, il tram è stato un mezzo per favorire lo sviluppo di una forma urbana lineare e in grado di creare collegamenti tra il centro e le aree residenziali più periferiche e svantaggiate, come il quartiere di La Paillade (Boquet, 2017). Secondo Boquet, infatti, il successo delle moderne linee tranviarie francesi si ritrova nella stretta relazione tra pianificazione dei trasporti ed urbana⁴.

Come già accennato, l'introduzione di nuove linee e servizi di trasporto non rappresenta solamente un mezzo per la riqualificazione della struttura e infrastruttura urbana, ma anche per una rigenerazione simbolica dell'immagine della città. Il tram ha infatti allo stesso tempo una dimensione materiale (un treno, un binario, una fermata, una seduta, ecc.) e immateriale (simbolo, metafora, discorso, ecc.) (Olesen and Lassen, 2016)

Come evidenzia Boquet (2017), tra gli anni '90 del secolo scorso e gli anni Duemila, in Francia avere il tram è divenuto un simbolo di dinamismo urbano, di modernità e di sostenibilità. Ciò si riscontra anche in altri contesti territoriali, dove in genere nel dibattito politico e pubblico il tram è legato all'immagine della sostenibilità, dell'inclusività, dell'attrattività e di una più elevata qualità della vita (Babalik-Sutcliffe, 2002; Olesen, 2014; Ferbrache and Knowles, 2017).

Nei casi di successo di reintroduzione delle linee tranviarie, i tram sono stati progettati e utilizzati per rigenerare sia l'immagine verso l'esterno che verso l'interno, ovvero le popolazioni residenti (Olesen and Lassen, 2016). In questo quadro, l'obiettivo è soprattutto quello di rafforzare l'identità culturale locale. Ancora una volta le città francesi rappresentano un ottimo esempio, con i tram color borgogna che evocano i vini regionali di Digione oppure i tram a forma di bicchiere di champagne di Reims (Boquet, 2017). Montpellier ha invece chiamato dei famosi artisti per distinguere e dare un'identità ai propri tram (Figura 10).

⁴Per approfondire questo aspetto si rimanda al prossimo paragrafo.



Figura 10-I tram di Montpellier (www.urbanrail.net).

In altri casi, l'identità locale viene veicolata e rafforzata attraverso un particolare utilizzo del nome delle fermate, come a Milano, dove ad esempio si è deciso di chiamare la nuova fermata della metropolitana Isola, non con il nome della via, ma con quello del quartiere storico in cui è localizzata.

Per i simboli a cui è associato il tram e per la sua grande visibilità e interazione con il paesaggio e l'ambiente urbano, molti progetti di tranvie includono degli interventi artistici e culturali negli spazi pubblici (Redondo, 2015). A Nizza, per esempio, uno degli obiettivi associati alla reintroduzione del tram è stato quello di costruire un museo d'arte contemporanea a cielo aperto: installazioni ed opere d'arte sono state poste lungo il percorso e visite settimanali vengono organizzate dall'ufficio del turismo.

In generale, in Francia, i progetti di reintroduzione del tram hanno visto la collaborazione di pianificatori urbani e dei trasporti con designer, paesaggisti, architetti ed artisti, con l'obiettivo di promuovere la qualità e l'attrattiva del paesaggio e dell'ambiente urbano (Boquet, 2017). Altri autori (Zelezny, 2014) sono più cauti rispetto al successo di questi interventi nelle città francesi evidenziando delle criticità dovute all'accuratezza delle aree immediatamente adiacenti le linee tranviarie e l'assenza di investimenti e attenzione nelle restanti aree del quartiere attraversato dal tram.

GOVERNANCE

Molti degli impatti positivi che sono stati evidenziati nelle pagine precedenti dipendono fortemente dal tipo di governance, ovvero dai principi, regole e procedure relativi alla gestione dei processi in atto nelle fasi di pianificazione, design, costruzione e operativa del tram.

I successi e gli insuccessi dei progetti di reintroduzione delle linee urbane tranviarie sono infatti strettamente legati alla capacità di attrarre investimenti, di coinvolgere e gestire i rapporti tra attori con interessi contraddittori che si pongono alla scala internazionale (es. Banca europea per gli investimenti) fino a quella di vicinato (es. gli abitanti dei quartieri attraversati dall'opera). Anche la legislazione e i rapporti tra i diversi enti territoriali influenzano gli esiti dei grandi progetti trasportistici. Infine, come già segnalato, l'integrazione della pianificazione dei trasporti con quella urbana rappresenta in molti casi la chiave di successo della reintroduzione del tram.

L'importanza della capacità di attrarre attori e investimenti posti a diverse scale e di gestire i rapporti tra loro emerge chiaramente dalla tabella 6, dove sono inserite le fonti di finanziamento della prima linea tranviaria di Montpellier che, qui come in altri casi, provengono dall'Unione Europea, il governo nazionale, le amministrazioni regionali e provinciali e da altri soggetti privati. Per il finanziamento e la buona riuscita del progetto non è solo necessario reperire fondi per la realizzazione dell'opera, ma anche saper attrarre altri investimenti di imprese e soggetti privati per gli interventi di riqualificazione urbana e di rivitalizzazione del tessuto economico delle aree attraversate dal tram che, come visto in precedenza, sono spesso associati ai progetti di reintroduzione del tram in città (Gerd, Roman and Oliver, 2003).

Tabella 6 - I fondi di finanziamento della prima linea tranviaria di Montpellier (Mills, 2001).

Millions of francs (1996 prices)		
Grants (subsidies) from the:		
national government	396	
Region (Languedoc-Roussillon)	75	
Department (Hérault)	<u>75</u>	546
Self-funding: capital reserves of the District		500
Borrowing:		
European Investment Bank	375	
various French banks	<u>760</u>	<u>1135</u>
		2180

Oltre alla gestione delle relazioni con gli attori privati, gli esiti della reintroduzione del tram dipendono anche dal tipo di rapporti tra i differenti livelli di governo e amministrazione del territorio.

La Francia, considerata spesso come la buona prassi per eccellenza di reintroduzione del moderno tram in città (Spinosa, 2016; Boquet, 2017), si contraddistingue per una particolare configurazione dei processi decisionali. In questo Paese, il governo nazionale ha infatti avuto un ruolo decisivo nella diffusione del tram in città, in particolare nell'incentivare (legiferare e fornire mezzi finanziari) piuttosto che nel regolare esclusivamente (es. valutazione).

Ad esempio, dalla politica nazionale delineata nella legge Grenelle (2009-10) emerge chiaramente come il tram sia considerato il fiore all'occhiello delle politiche di sviluppo urbano sostenibile (Richer and Hasiak, 2014). In precedenza, la legge SRU (*Solidarité et Renouvellement Urbain*) del 2000 ha dato un forte impulso per l'integrazione delle politiche di pianificazione urbana e dei trasporti e per la riduzione delle disuguaglianze sociali attraverso le trasformazioni urbane (Boquet, 2017).

Tutto questo è avvenuto in un contesto caratterizzato da significativi processi di decentralizzazione decisionale. Dal 1982 e la legge LOTI (*Loi d'Orientation des Transports Intérieurs*), diversi livelli di autorità locali (comuni, province, regioni) hanno assunto la responsabilità per l'organizzazione del trasporto pubblico e della mobilità urbana. All'interno di questo modello decentralizzato, che fa anche molto affidamento sulla leadership e sul sostegno politico locale (Priemus and Konings, 2001; Richer and Hasiak, 2014; Boquet, 2017), le autorità locali francesi dispongono di autonomia e dei mezzi di supporto tecnici e finanziari, come ad esempio il poter disporre del 80% del gettito fiscale locale e la possibilità di aumentare le tasse di trasporto quando si realizza un progetto tramviario.

Infine, il contesto francese si caratterizza da molti anni per un approccio più agglomerativo e metropolitano, in particolare nelle politiche urbane e dei trasporti, che favorisce un'armonizzazione del servizio, delle tariffe, dei calendari, ecc.

La governance riguarda inoltre i portatori d'interesse locali, come le attività economiche, i lavoratori e le popolazioni residenti delle aree coinvolte nei progetti di reintroduzione delle linee tranviarie. In questo caso le relazioni possono diventare conflittuali, soprattutto nelle fasi di progettazione e costruzione dell'opera, per esempio dovuti ai notevoli disagi legati ai lunghi cantieri della tramvia. In altre situazioni, si è creata un'opposizione ascrivibile al fenomeno *NIMBY* – *Not In My Backyard* (Spina, 2009) e dovuta ai timori di effetti negativi per il territorio percepiti dalle comunità locali. Infine, anche le carenze nella progettazione possono contribuire a un aumento della conflittualità, come nel caso di Firenze (Alberti, 2007).

Per gestire queste criticità sono molti gli interventi adottati dalle città prese in considerazione. A Firenze, per esempio, sono stati previsti numerosi strumenti finanziari per compensare i disagi sostenuti dalle attività commerciali per i lavori della tramvia (IRPET, 2016). Questi vanno dalle agevolazioni sui tributi comunali e ai contributi diretti fino alle agevolazioni e garanzie dei finanziamenti e all'istituzione di specifici fondi di garanzia.

Altri interventi si focalizzano invece sul paesaggio urbano con l'introduzione di segnaletica, pannelli, installazioni e opere artistiche che hanno l'obiettivo di migliorare la qualità e l'estetica degli spazi coinvolti nel progetto della linea tranviaria e toccati dagli invasivi cantieri. Un altro insieme di strumenti fa invece riferimento alla comunicazione e alla partecipazione della cittadinanza nei processi decisionali.

Nei casi considerati un elemento di successo si ritrova nell'approccio integrale e multi-settoriale che caratterizza i progetti di reintroduzione delle linee tranviarie. Nelle città analizzate il tram non rappresenta solo un mezzo di trasporto, più sostenibile e più attrattivo in termini di capacità, frequenza e comfort, ma anche una leva per promuovere lo sviluppo urbano: sono molte infatti le evidenze che confermano che gli investimenti nel trasporto pubblico attraggano quelli urbani, mentre non sempre si verifica il contrario (Priemus and Konings, 2001; Gerd, Roman and Oliver, 2003).

Nell'ambito dei trasporti, questo approccio integrale implica l'inclusione nella progettazione della linea tranviaria di una ridefinizione più ampia del sistema di trasporto. Tutti i casi di successo in termini di frequentazione e di cambiamento delle scelte modali della popolazione hanno previsto regolamentazioni e interventi per la sosta, la ciclabilità e la pedonalità degli spazi urbani, l'inter-modalità con altri servizi di trasporto pubblico.

A Montpellier, per esempio, l'introduzione del tram ha portato alla modifica dei percorsi delle linee dei bus. Attualmente, sono pochi i bus che entrano nell'area più centrale della città in modo da ridurre la congestione del centro storico, favorire il passo del tram e un accesso più diretto agli utenti delle aree periferiche e metropolitane che evitano così l'interscambio tra mezzi, migliorare tramite i bus l'offerta del servizio di trasporto pubblico nelle aree non servite dalla rete tranviaria. In altri termini, la scelta è stata di coordinare e integrare i diversi modi di spostamento, in sintesi di promuovere l'inter-modalità tra i mezzi di trasporto.

Nell'ambito delle politiche urbane, i progetti di reintroduzione del tram di maggiore successo fanno in qualche modo riferimento all'approccio *Transit-Oriented Development (TOD)* (Cervero, 1998; Zelezny, 2014; Ferbrache and Knowles, 2016). In sintesi, lo sviluppo e la riqualificazione urbana si è concentrata sul percorso delle linee tranviarie attraverso la costruzione di nuove centralità urbane, intese come luoghi di concentrazione di funzioni, attività economiche e residenziali (Tabella 5).

Sul tema dell'integrazione delle politiche di trasporto e urbane, alcune criticità si sono manifestate per l'aver trascurato la riqualificazione delle aree non direttamente toccate dalla rete tranviaria (Zelezny, 2014) oppure per aver parzialmente favorito dei processi di suburbanizzazione legati alla disponibilità di un collegamento veloce, frequente e affidabile tra le aree periferiche e centrali delle città metropolitane.

L'IMPATTO SOCIALE DEL TRAM: ALCUNE PRIME RISPOSTE

Sono molte le città che includono delle linee tranviarie all'interno del proprio sistema di trasporto. Come visto, il tram rappresenta e rappresenterà in futuro una componente rilevante della mobilità urbana di molte città europee. Il profilo tipico dei contesti urbani dotati di almeno una

linea tranviaria è quello di una città di dimensioni medio-grandi (tra 100.000 e 500.000 abitanti), ad alta densità, con uno sviluppo di tipo radiale, che rappresenta una centralità alla scala nazionale e/o regionale. In molti casi, il tram costituisce il principale mezzo della rete di trasporto collettivo, in altri, come le metropoli di grandi dimensioni, si integra nel sistema di linee metropolitane.

L'impatto sociale della reintroduzione del tram in città si evidenzia a diverse scale e in un periodo che va dalle fasi di progettazione fino a quello successivo l'inaugurazione. Per le consistenti trasformazioni urbanistiche e della mobilità ad esso associate, il tram incide significativamente sulla morfologia territoriale e gli stili di vita quotidiana delle popolazioni urbane. Inoltre, i progetti di reintroduzione del tram rappresentano spesso per le amministrazioni e gli attori locali una leva per indirizzare lo sviluppo urbano e aumentare l'attrattività, la sostenibilità, la qualità della vita e l'inclusività delle città.

Come visto, sono molti i casi in cui si evidenziano degli effetti positivi in termini di accresciuta accessibilità alle opportunità urbane e riduzione delle disuguaglianze tra i quartieri e i gruppi sociali. Effetti positivi si riscontrano in genere anche in termini di riqualificazione urbana, di attrattività e di rigenerazione dell'identità locale.

Ad ogni modo, da una rassegna della letteratura tematica emergono anche criticità associate ai progetti di reintroduzione delle linee tranviarie, come per esempio i casi di conflittualità con i residenti e commercianti, il basso impatto sulla sostenibilità, la rigenerazione urbana e la qualità della vita dei cittadini.

La diversità degli esiti dei progetti dipende da un intreccio di fattori che possono essere sintetizzati in:

- **fattori urbani:** struttura spaziale (es. radiale), contesto socio-economico (economia locale, popolazioni, disuguaglianze), livelli d'uso del trasporto pubblico (medio-alti);
- **fattori operativi:** separazione, design, comfort, frequenza, affidabilità, marketing e comunicazione, integrazione tariffaria, titoli di viaggio;
- **fattori legati alla pianificazione:** integrazione pianificazione urbana e dei trasporti; localizzazione in aree con alta domanda di trasporto e in corrispondenza di centralità urbane; sviluppo servizi pubblici alle fermate;
- **fattori legati alla governance** e alla gestione dei processi sociali in atto nelle fasi di pianificazione, progettazione, realizzazione e gestione operativa del tram.

La complessità di questa tipologia di interventi, dimostrata dalle numerose dimensioni della vita sociale su cui il tram impatta e la diversità di fattori che influenzano l'esito dei progetti di reintroduzione delle linee tranviarie, rendono quindi necessario un approccio integrato, multi-settoriale (politiche dei trasporti, urbane, sociali) e multi-attoriale (diversi settori degli organi di governo locale, residenti, imprese e commercianti, ecc.), fondato sull'attenta analisi del contesto e dei processi socio-economici e territoriali in atto a diverse scale (infra-urbana, urbana, metropolitana, regionale) nelle fasi *pre* e *post* realizzazione dell'opera.

5. IMPATTO SULLA SICUREZZA STRADALE

(a cura del Dipartimento di Psicologia)

Questa sezione si focalizza sul tema della sicurezza stradale, in particolare intende illustrare i dati sulla incidentalità del tram in confronto con altri mezzi di trasporto, estrattida statistiche italiane ed europee.

I dati disponibili indicano come il tram sia un sistema di trasporto più sicuro delle altre modalità di trasporto.

Le statistiche Istat relative all'anno 2018 (Figura 11) rivelano che dei 318131 incidenti verificatisi su tutto il territorio italiano, quelli riguardanti il tram sonopari a 172, con prevalenza nelle provincie del nord-ovest, di cui 129 avvenuti con un altro veicolo, 41 con i pedoni e 2 incidenti a veicolo isolato. Tale dato risulta essere inferiorea tutti i mezzi di trasporto considerati (autovetture, autobus e filobus, autocarri e motrici, motocicli, ecc.).

Tipo dato		veicoli coinvolti in incidenti stradali										
Intersezione		totale										
Natura dell'incidente		totale										
Localizzazione dell'incidente		totale										
Mese		totale										
Selezione periodo		2018										
Categoria dei veicoli		quadricicli	autovetture	autobus e filobus	tram	autocarri e motrici	velocipede	ciclomotori	motocicli	motocarri	altri veicoli	totale
		▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼
Territorio												
Italia		610	216 709	2 397	172	21 029	16 741	9 883	42 851	317	7 422	318 131
Nord-ovest		142	62 127	956	128	6 997	5 755	2 663	13 740	47	2 426	94 981
Nord-est		84	45 283	480	8	5 487	6 514	2 094	7 110	29	1 584	68 673
Centro		229	52 724	581	15	4 726	2 858	2 711	12 157	73	1 821	77 895
Sud		72	37 711	246	2	2 579	1 120	1 291	5 912	115	1 054	50 102
Isole		83	18 864	134	19	1 240	494	1 124	3 932	53	537	26 480

Figura 11 - Veicoli coinvolti in incidenti stradali (Istat, 2018).

Il report "Accidentology of tram: analysis of reported events" (2015) ha analizzato tutti gli incidenti registrati nel territorio francese durante l'anno 2013 in cui era coinvolto il tram. Dei 2055 incidenti totali, il 64% (1323 collisioni) è avvenuto con terze parti (auto, ciclisti, pedoni), il 32% (660 incidenti) con i passeggeri, mentre meno dell'1% riguardava gli incidenti singoli ad esempio con ostacoli fissi (bidoni della spazzatura, biciclette parcheggiate, barre di metallo/cemento), o deragliamenti e incendi. L'analisi dell'indicatore di incidentalità (calcolato con la formula: numero di incidente per 10.000 km) evidenzia un declino degli incidenti dal 2004 al 2013. Esso è, inoltre, minore per il tram rispetto al bus (0,33 in confronto a 0,71).

La ricerca di Marti e colleghi (2016) ha confrontato i dati di incidentalità nel periodo compreso tra il 2010 e il 2013, in alcune città svizzere, tra cui Zurigo e Ginevra, nell'intera nazione svizzera, in Francia e negli Stati Uniti d'America (Tabella 7). Il tasso di incidentalità è molto basso, di circa 2-22 incidenti per milione di passeggeri-km.

Tabella 7 - Dati sull' incidentalità in Svizzera, Francia e Stati Uniti (Marti e colleghi, 2016).

Network	Number of Collisions per Year ^a	Number of Severe Collisions per Year ^b	Train Revenue km per Year (millions)	Collision Rate ^c	Severe Collision Rate ^c
Basel (BVB and BLT)	45.75	8.00	9.377	4.88	0.85
Bern (Bernmobil)	15.75	1.75	3.338	4.72	0.52
Geneva (TPG)	22.00	5.50	4.386	5.02	1.25
Zurich (VBZ and VBG)	138.50	23.75	12.575	11.01	1.89
Switzerland (sum) ^d	222.00	39.00	29.676	7.48	1.31
France ^e	1,204.50	31.75	52.665	22.87	0.60
United States (LR + SR) ^f	197.25	NA	82.37	2.39	NA
United States (SR) ^g	54.67	NA	9.175	5.96	NA

NOTE: LR = light rail; SR = streetcar rail; NA = not available.

^aAll collisions between a tram and a second party.

^bAll collisions between a tram and a second party that resulted in at least one severely injured or dead person.

^cPer million train revenue kilometers.

Secondo il rapporto DEKRA (2016) il numero di incidenti riguardanti il tram in tutto il territorio tedesco, dove esistono circa 50 reti tranviarie (urbanrail.net/eu/de/germany.htm), oscilla tra i 763 e i 989 negli anni 2010-2014, valori molto inferiori rispetto agli altri mezzi di trasporto presi in considerazione (Figura 12).

Nel 2011, l'Ente federale di statistica ha calcolato la media del numero di feriti o morti per un miliardo di passeggeri-km dal 2005 al 2009 considerando cinque mezzi di trasporto: auto, autobus, treno, tram e aereo. I risultati mostrano che il mezzo in assoluto più pericoloso era l'auto (276 feriti e 2,9 morti per un miliardo di passeggeri-km), seguita dall'autobus (74/0,17), il tram (42/0,16) e il treno (2,7/0,04). Il più sicuro era il volo di linea con 0,3 feriti e quasi zero morti per un miliardo di passeggeri-km.

Anno	Tipo di utenza								Tutti gli utenti della strada*
	Pedoni	Guidatore e passeggero di			Guidatore e passeggero di				
		biciclette (incl. pedelec)	motocicli		autovetture	bus	veicoli per il trasporto merci	tram	
		contrassegno d'assicurazione	targa						
DECEDUTI E FERITI									
2010	30.139	65.573	17.247	26.969	213.396	5.580	11.539	888	374.818
2011	32.162	76.750	18.679	30.680	217.238	5.736	10.754	763	396.374
2012	31.830	74.776	17.344	27.947	216.068	5.671	10.194	846	387.978
2013	31.364	71.420	15.231	27.336	212.581	5.821	9.952	837	377.481
2014	31.161	78.296	15.952	30.930	216.962	5.779	9.596	989	392.912
DECEDUTI									
2010	476	381	74	635	1.840	32	162	0	3.648
2011	614	399	70	708	1.986	10	174	0	4.009
2012	520	406	93	586	1.791	3	154	0	3.600
2013	557	354	73	568	1.588	11	148	0	3.339
2014	523	396	87	587	1.575	13	143	2	3.377

* Pedoni/guidatori e passeggeri di biciclette e motocicli/guidatori e passeggeri di auto, bus, veicoli per il trasporto merci e tram/uttilizzatori di macchine agricole e altri veicoli/altre persone

Fonte dati: StBA, 2015

Figura 12 - Numero di incidenti stradali con feriti e deceduti in Germania, a seconda del mezzo di trasporto, negli anni 2010-2014 (DEKRA, 2016).

Il documento (DEKRA, 2016) riporta la percentuale di vittime di incidenti mortali per le strade dell'Unione Europea per tipologia di mezzo e di strada (Figura 13). Si evince che gli utenti più a rischio sono coloro che viaggiano in auto, seguito da coloro in motocicletta, infine i ciclisti e i pedoni. Il tram non è specificatamente menzionato, pertanto potrebbe rientrare nella percentuale "altro" che si presenta piuttosto esigua. Tale dato viene corroborato da un'ulteriore fonte europea dell'European Road Safety Observatory (ERSO, 2017) nella relazione annuale sugli incidenti nelle strade urbane ed extraurbane dei paesi dell'Unione Europea (Figura 14).

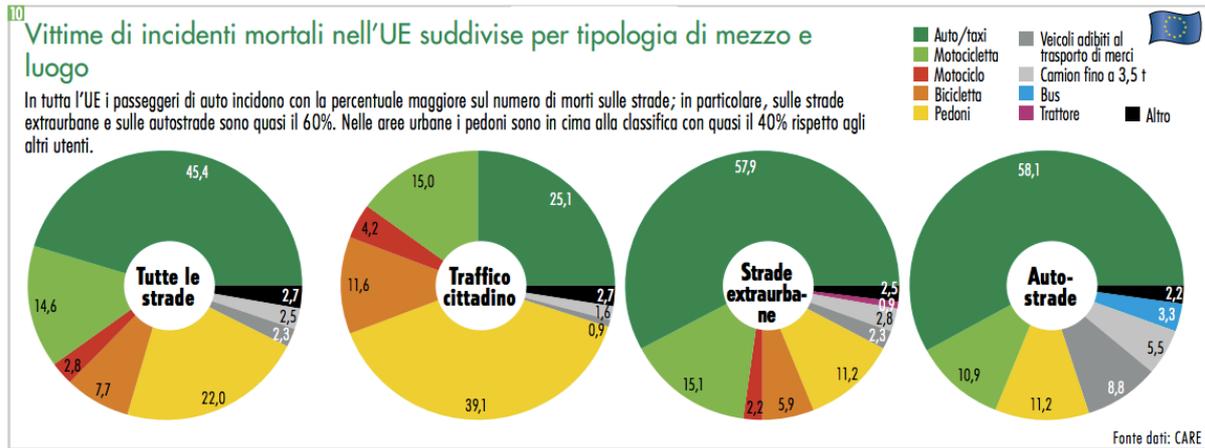
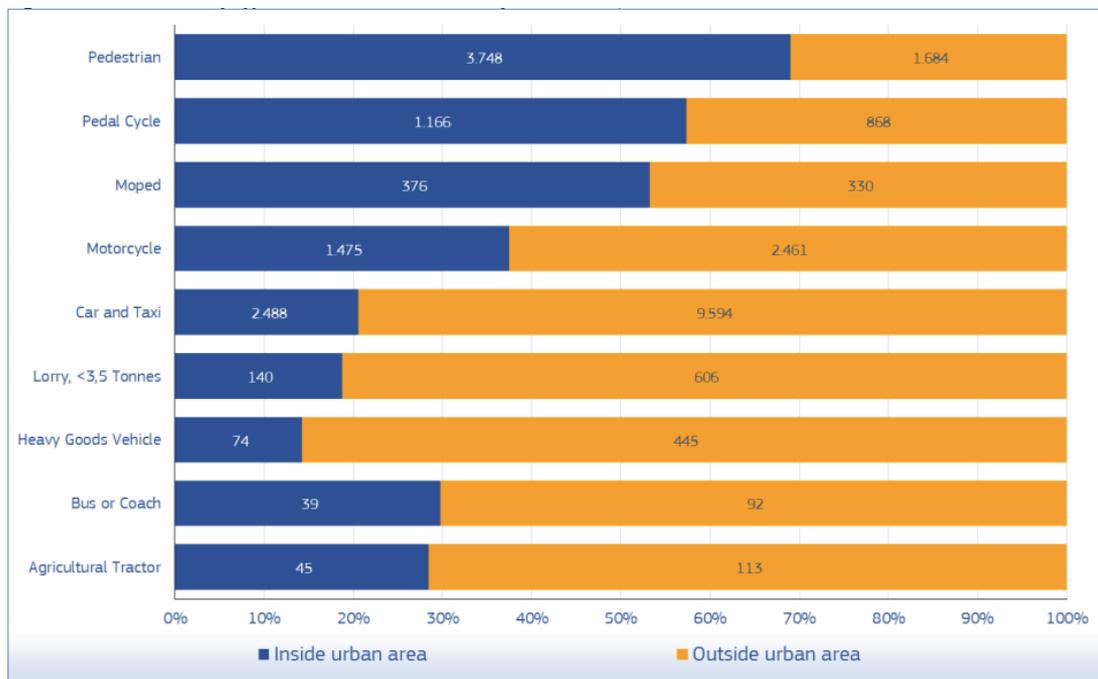


Figura 13-Vittime di incidenti mortali nell'UE per tipologia di mezzo e di strada (DEKRA, 2016).



Source: CARE (EU road accidents database) or national publications
Last update: May 2017

Figura 14 - Incidenti mortali per tipologia di mezzo e di strada nell'UE (ERSO, 2017).

Dalle statistiche rilevate è possibile affermare che il tram è un mezzo di trasporto relativamente sicuro, cioè in misura maggiore rispetto ad altri mezzi che percorrono le strade urbane, come l'automobile, l'autobus, l'autocarro o altro veicolo pesante, il taxi e i motocicli. Alla luce di tali evidenze, possiamo ipotizzare che se si realizzasse uno shift (spostamento) modalesignificativo a favore del tram in seguito alla sua introduzione nel sistema di trasporto di una data città, si potrebbe avere un effetto di riduzione dell'incidentalità nelle strade urbane. Concorrono al perseguimento di tale obiettivo interventi tecnici pianificati nello specifico contesto urbano ed azioni educative, dette anche misure di "awareness-raising", come le campagne di comunicazione sulla sicurezza stradale.

(a cura del Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali)

In questa sezione si approfondiranno gli impatti ambientali con cambiamenti di tipo biotico ed abiotico dovuti all'introduzione di linee tranviarie in città, ovvero le conseguenze che i cambiamenti nel sistema di trasporto possono avere in termini di riduzione di utilizzo dei mezzi privati e pubblici alimentati con combustibile fossile con ricadute positive su diversi parametri ambientali. La questione inquinamento, sembra finalmente aver acquisito la priorità che meriterebbe ovunque, visti gli allarmi che gli esperti continuano a lanciare instancabilmente. Oltre al traffico veicolare privato e le emissioni gas derivanti da combustioni in ambito domestico, sotto accusa è finito anche il sistema del trasporto pubblico che, specialmente nelle città più grandi e affollate, ha l'onere di muovere quotidianamente centinaia di migliaia di persone. Una risposta efficace per mitigare gli effetti del trasporto pubblico risulta essere la realizzazione del Tram. L'analisi effettuata in varie città, italiane e non, dimostra ricadute positive, se non virtuose, su diversi fattori connessi al trasporto urbano.

I casi di studio analizzati di seguito sono stati individuati sulla base del fatto che si tratta di città, Europee e non, che hanno di recente costruito, ampliato o ristrutturato la linea tramviaria e sulle quali sono stati condotti degli studi ante- e post-opera in merito a qualità dell'aria e verde urbano. Poiché non vi è uniformità tra i parametri analizzati nelle varie città, i casi studio sono riportati singolarmente e non sono state eseguite analisi comparative.

La valutazione dell'impatto del tram sulla qualità dell'aria non può basarsi esclusivamente sui sensori di inquinanti atmosferici, ma deve avvalersi di modelli che prendano in considerazione le variazioni nella mobilità indotte da questo mezzo. Questo approccio è stato realizzato nei casi di Zaragoza e Firenze.

Per quanto riguarda la vegetazione associata alle tramvie, non è stato possibile reperire la bibliografia relativa all'impatto del tram sulle dinamiche vegetazionali spontanee. Questa mancanza di dati è giustificabile dal fatto che I) la manutenzione e pulizia dei binari non permettono l'instaurarsi di successioni ecologiche, II) la tramvia, a differenza della ferrovia, decorre solo in tratti urbani, spesso cementificati e difficilmente colonizzabili dalla vegetazione.

La maggior parte dei casi analizzati tratta invece dei benefici apportati dalla vegetazione antropogena associata direttamente e indirettamente alle tramvie, concentrandosi in particolare sulle "tramvie verdi" come riportato nei casi di Vienna Varsavia e Berlino. Queste infrastrutture impattano positivamente sul bilancio idrico, aiutano a ridurre l'effetto "isola di calore" e migliorano la qualità dell'aria sequestrando metalli pesanti e particolato atmosferico di varia natura. Dagli studi emerge che questi benefici sono indipendenti dall'assetto urbanistico della città, da parametri ambientali e dall'estensione della rete tramviaria.

Un'altra soluzione nature-based è rappresentata dalla piantumazione di alberi, arbusti e cespugli, concomitante al rifacimento del manto stradale contestuale alla costruzione della tramvia. Ad esempio, l'uso di grandi alberi a fronda larga permette la regolazione del microclima urbano (Toronto). Gli alberi possono inoltre contribuire alla mitigazione dell'inquinamento, come dimostrato dallo studio condotto a Milano, in cui si valuta quanto il ritidoma sia in grado di sequestrare il particolato atmosferico.

L'approccio seguito a Milano nella ristrutturazione della tramvia in via Mac Mahon è stato ritenuto rilevante poiché evidenzia come la co-progettazione sia una soluzione allo scontro con i comitati cittadini nell'ambito della gestione del verde urbano, anche se è risultato evidente che, nella progettazione partecipata, le scelte tecniche non vadano delegate ai non esperti, per non compromettere la sicurezza delle infrastrutture.

CASO ZARAGOZA

La città spagnola di Zaragoza nel 2006 ha elaborato un piano di mobilità per la sostenibilità urbana (SUMP), con l'obiettivo di migliorare la mobilità e la qualità dell'aria urbana e per ridurre il numero di veicoli privati. Di questo piano di mobilità fa parte la costruzione della tramvia, completata nel 2013.

Nel 2017 è stato condotto uno studio sull'impatto ambientale del tram in questa città (Ortego, Valero, & Abadías, 2017), con un approccio *bottom-up*. L'impatto globale è stato quindi suddiviso in tre categorie di sub-impatti:

1. **Impatto sul traffico:** modifiche globali alla circolazione apportate dal tram, studiate suddividendo la città in aree di 500 m × 500 m;
2. **Impatto sui bus urbani:** quanti ex-utenti del bus ora utilizzano il tram;
3. **Impatto sulla periferia:** quanti utenti del tram vi accedono dalle fermate periferiche, rinunciando all'auto privata.

I dati sono stati ottenuti dall'agenzia del trasporto pubblico e dai dipartimenti per l'ambiente e per la mobilità urbana. Per valutare l'impatto reale, si è tenuto conto della situazione ante-tramvia (2009) e della situazione post-tramvia (2013).

Come indicatori dell'impatto ambientale sono stati usati:

- A) Comuni indicatori di performance ambientale:
 - **ES:** risparmio complessivo di energia (MWh/anno);
 - **AECO2:** emissioni di CO₂ evitate (ton/anno);
- B) Indicatori di emissioni regolate dalla legislazione europea:
 - **AECO:** emissioni di CO evitate (ton/anno);
 - **AENox:** emissioni di NOx evitate (ton/anno);
 - **AEPm10:** emissioni di PM₁₀ evitate (ton/anno).

Gli indici sono stati calcolati teoricamente sulla base delle variazioni nella mobilità, e tali risultati sono stati confrontati con i livelli di inquinanti gassosi misurati da 6 stazioni di monitoraggio permanenti nell'intervallo temporale di riferimento (01/01/2009 – 31/12/2013).

Le variabili considerate per il calcolo teorico di questi indici sono illustrate nella tabella 10.

Tabella 8 - Variabili studiate.

Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems Year 2017
Volume 5, Issue 3, pp 377-395

Table 2. Study parameters and hypothesis

Variable	Description	Value	Unit	Source
α	Traffic increment due to the effect of the economic crisis	-7	[%]	[34]
DD	Daily displacements	2,001,680	[unit/day]	[35]
DPV	Displacement share in private vehicle	35.7	[% car]	[36]
ENPV	Emission standard for the average vehicle	EURO III	[n/d]	[37]
FC	Fuel consumption in private vehicle	5.8*	[l/100 km]	
DDPV	Average daily length made in private vehicle	18.5	[km]	[37]
β	Transport use increment due to the effect of the economic crisis	-8.2	[%]	[29]
DDPT	Average public transport trip length	3.58	[km]	[29]
ENB	Emission standard for the average bus	EURO III	[n/d]	[38]
DDTR	Travel length for users that access the tram in the north or south neighbourhoods	6.4†	[km]	(own hypothesis)
AMPV	Alternative transport modality in north-south neighbourhoods using private vehicle	60	[% car]	(own hypothesis)
AMB	Alternative transport modality in north-south neighbourhoods using urban buses	40	[% public transport]	(own hypothesis)
OC	Average car occupancy	1.2	[passengers]	[39]

Inoltre, sono state considerate le emissioni di inquinanti da parte dei diversi mezzi di trasporto a carico reale, anziché a pieno carico (tabella 11).

Tabella 9 - consumo di energia ed emissioni inquinanti per il tram, bus e veicoli privati.

Unit		Real occupancy			Full occupancy		
		Tram	Bus	Car [†]	Tram	Bus	Car
Energy	[kWh/passenger]	0.18	1.19	0.47	0.02	0.21	0.14
CO ₂	[gr/passenger km]	71.49	328.66	128.08	8.08	60.13	38.42
NO _x	[gr/passenger km]	0.19	5.97	0.42	0.02	1.09	0.12
CO	[gr/passenger km]	8E-4	2.51	0.53	9E-5	0.45	0.15
PM ₁₀	[gr/passenger km]	4.61E-3	0.12	0.04	5E-4	0.02	0.01
Occupancy	[passengers]	21.93	4.94	1.2	194 [§]	27 ^{**}	4

Gli indici sono quindi stati calcolati come somma degli indici per i singoli sub-impatti:

$$\begin{aligned}
 ES &= ES1 + ES2 + ES3 \\
 AE1CO_2 &= AE1CO_2 + AE2CO_2 + AE3CO_2 \\
 AE1CO &= AE1CO + AE2CO + AE3CO
 \end{aligned}$$

A. Calcolo del sub-impatto 1 (impatto sul traffico):

1) Variazione del traffico ΔT , con T (flusso veicolare) calcolato da stazioni di monitoraggio:

$$\Delta T = \sum_{i=1}^{i=n} (T_{i_{before}}) \times (1 - \alpha) - \sum_{i=1}^{i=n} (T_{i_{after}})$$

2) Riduzione percentuale del traffico TR:

$$TR = \frac{\Delta T}{(T_{i_{before}}) \times (1 - \alpha)} \times 100$$

3) Indici di impatto ambientale

$$\begin{aligned}
 ES1 &= Opd \times DD \times DPV \times TR \times (DDPV \times ECPV - DDPT \times ECPT) \\
 AE1CO_2 &= Opd \times DD \times DPV \times TR \times (DDPV \times ECO_2PV - DDPT \times ECO_2T) \\
 AE1NO_x &= Opd \times DD \times DPV \times TR \times (DDPV \times ENO_xPV - DDPT \times ENO_xT) \\
 AE1CO &= Opd \times DD \times DPV \times TR \times (DDPV \times ECOPV - DDPT \times ECOT) \\
 AE1PM_{10} &= Opd \times DD \times DPV \times TR \times (DDPV \times EPM_{10}PV - DDPT \times EPM_{10}T)
 \end{aligned}$$

B. Calcolo del sub-impatto 2 (impatto sui bus urbani):

1) Variazione negli utenti del bus ΔUb , considerando solo le linee di autobus effettivamente influenzate dalla presenza della tramvia:

$$\Delta Ub = \sum_{i=1}^{i=n} (Ubi_{before}) \times (1 - \beta) - \sum_{i=1}^{i=n} (Ubi_{after})$$

2) Indici di impatto ambientale

$$ES2 = \Delta Ub \times DDPT \times (ECB - ECT)$$

$$AE2CO_2 = \Delta Ub \times DDPT \times (ECO_2B - ECO_2T)$$

$$AE2CO = \Delta Ub \times DDPT \times (ECOB - ECOT)$$

$$AE2NO_x = \Delta Ub \times DDPT \times (ENO_xB - ENO_xT)$$

$$AE2PM_{10} = \Delta Ub \times DDPT \times (EPM_{10}B - EPM_{10}T)$$

C. Calcolo del sub-impatto 3 (impatto sulla periferia):

$$ES3 = Un \times DDT \times [AMPV \times (ECPV - ECT) + AMB \times (ECB - ECT)]$$

$$AE3CO_2 = Un \times DDT \times [AMPV \times (ECO_2PV - ECO_2T) + AMB \times (ECO_2B - ECO_2T)]$$

$$AE3CO = Un \times DDT \times [AMPV \times (ECOPV - ECOT) + AMB \times (ECOB - ECOT)]$$

$$AE3NO_x = Un \times DDT \times [AMPV \times (ENO_xPV - ENO_xT) + AMB \times (ENO_xB - ENO_xT)]$$

$$AE3PM_{10} = Un \times DDT \times [AMPV \times (EPM_{10}PV - EPM_{10}T) + AMB \times (EPM_{10}B - EPM_{10}T)]$$

Nomenclatura illustrata nella tabella 12.

Tabella 10- Nomenclatura.

AMPV	modality share alternative to tram: private vehicle	[%]
AMB	modality share alternative to tram: bus	[%]
DDT	average distance for trips made by users who take the tram in the north and south neighbourhoods	[km]
DPV	displacement share in private vehicle	[%]
DDPV	daily displacement in private vehicle	[km]
DDPT	daily displacement in public transport	[km]
DDTR	daily displacement in tram	[km]
DPV	displacement share in private vehicle	[%]
ECPV	energy consumption in private vehicle	[kWh/passenger km]
ECB	energy consumption in bus	[kWh/passenger km]
ECT	energy consumption in tram	[kWh/passenger km]
ECO ₂ B	CO ₂ emissions of bus	[g CO ₂ /passenger km]
ECO ₂ PV	CO ₂ emissions of private vehicle	[g CO ₂ /passenger km]
ECO ₂ T	CO ₂ emissions of tram	[g CO ₂ /passenger km]
ECOB	CO emissions of bus	[g CO ₂ /passenger km]
ECOPV	CO emissions of private vehicle	[g CO ₂ /passenger km]
ECOT	CO emissions of tram	[g CO ₂ /passenger km]
ENO _x B	NO _x emissions of bus	[g CO ₂ /passenger km]
ENO _x PV	NO _x emissions of private vehicle	[g CO ₂ /passenger km]
ENO _x T	NO _x emissions of tram	[g CO ₂ /passenger km]
EPM ₁₀ B	PM ₁₀ emissions of bus	[g CO ₂ /passenger km]
EPM ₁₀ PV	PM ₁₀ emissions of private vehicle	[g CO ₂ /passenger km]
EPM ₁₀ T	PM ₁₀ emissions of tram	[g CO ₂ /passenger km]
FC	fuel consumption in private vehicle	[l/100km]
OC	average occupancy in a private vehicle	[passengers/km]
Opd	number of operation yearly operation days	[-]
TR	traffic reduction	[%]
Ubi	users in each bus line	[-]
Un	users in extreme tram stops	[-]

Saranno qui trattati soltanto i risultati relativi alla qualità dell'aria.

Le 6 stazioni di monitoraggio considerate hanno registrato tutte un calo di inquinanti nel periodo studiato, in particolare di PM₁₀. In media, si riscontra una riduzione di:

-17.73% per le emissioni di **CO**

-8.83% per le emissioni di **NO₂**

-49.11% per le emissioni di **PM₁₀**

Occorre però precisare che i cambiamenti registrati nella composizione atmosferica dei gas di scarico non possono essere attribuiti esclusivamente al tram, in quanto il piano di mobilità sostenibile di Saragozza ha apportato anche altre modifiche alla viabilità negli anni in esame.

Il dato può essere correlato più chiaramente al tram stimando le riduzioni di traffico veicolare lungo la linea, tramite gli indici di cui sopra. Da questi indici, il sub-impatto maggiore risulta essere quello correlato alla riduzione del traffico, che fa risparmiare 10.47 tonnellate di PM₁₀ all'anno.

Nella tabella 13 sono riportate le stime degli indicatori sull'impatto globale della tramvia.

Tabella 11 - Impatto globale della tramvia.

Indicator	Value
Energy saving [MWh/year]	189,661.64
CO ₂ saving [ton/year]	49,027.48
NO _x saving [ton/year]	516.71
CO saving [ton/year]	328.42
PM ₁₀ saving [ton/year]	19.51

L'analisi di sensibilità dimostra che questi dati hanno un'accuratezza di circa il 10%, in quanto i valori finali dipendono molto dalla distanza giornaliera percorsa in veicoli privati, dalla lunghezza del tragitto giornaliero in tram, e dallo switch modale degli utenti della periferia.

Tenendo conto di tutti questi fattori:

- Il risparmio annuo di energia totale (**ES**) è di **9,068.02 MWh ± 9.5%**, al netto del consumo di energia da parte delle infrastrutture del tram.
- Il risparmio annuo di emissioni di CO₂ (**AECO2**) è di **49,027.48 ton ± 10%**, che rappresenta una riduzione del 6% rispetto alle emissioni totali derivanti dalla mobilità urbana.
- Il risparmio annuo di emissioni di gas inquinanti è di:
 - 491.72 tonnellate** per gli NO_x (**AENOX**)
 - 293.21 tonnellate** per il CO (**AECO**)
 - 16.82 tonnellate** per i PM₁₀ (**AEPM10**)

CASO FIRENZE

Modelli predittivi a priori

Nel 2006 sono stati pubblicati i risultati del progetto europeo HEARTS (Health Effects and Risks of Transport Systems). Tale progetto si proponeva di sviluppare e testare un metodo integrato di valutazione dell'impatto sulla salute, per valutare cambiamenti nei pattern di esposizione a fattori di rischio, nonché gli effetti delle diverse politiche di mobilità. I modelli utilizzati si basano sul calcolo dell'esposizione di individui o popolazioni agli inquinanti, in relazione a quanto tempo essi trascorrono in diversi microambienti a concentrazioni di inquinanti diverse.

Nell'ambito di questo progetto, è stato stimato il cambiamento che sarebbe stato introdotto dalla costruzione della tramvia sulla qualità dell'aria fiorentina (Regional Office for Europe of the World Health Organization, 2006), modellizzando l'esposizione dei viaggiatori ai PM e al rumore del traffico al raggiungimento della piena attività della prima linea tramviaria, e confrontandola con quella esistente al momento dello studio (2003-2006). Sono stati testati due scenari per confrontare la situazione del traffico e delle emissioni dal 2003 al 2010.

Per Firenze è stato utilizzato un modello integrato che tiene conto di:

- Congestione del traffico
- Lunghezza dei viaggi
- Composizione veicolare
- Processo di parcheggio
- Effetti cinematici
- Emissioni da partenze a freddo
- Emissioni evaporative

Il modello di emissioni fornito dall'Agenzia Nazionale Italiana per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente per Firenze è stato convalidato insieme all'ARPAT.

Sono stati inoltre misurati:

- Esposizione a PM_{2.5}
- Composizione dei PM_{2.5}

In questo report si terrà conto solo della qualità dell'aria. A tal proposito, i dati e i parametri utilizzati sono i seguenti:

- Campagne di sondaggio e monitoraggio dei viaggiatori divise in tre parti:
 - **Questionario di background** sulla mobilità, somministrato telefonicamente a 641 residenti selezionati in maniera random. 40 intervistati hanno poi partecipato alle attività di monitoraggio su base volontaria.
 - **Diario** in cui registrare luogo, tempo e attività quotidiane, per individuare dei pattern di esposizione
 - Misura dell'**esposizione a PM_{2.5}**
 - Monitoraggio personale di PM_{2.5} per target (n = 40) nel 2004
 - Monitoraggio di PM_{2.5} in microambienti indoor e outdoor (n=64) nel 2004
 - Monitoraggio di PM_{2.5} and PM₁₀ in stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (generale per la città) nel 2004
 - Monitoraggio PM_{2.5} in ambienti trafficati (generale per la città) nel 2004
- Modello del traffico EMME/2, basato su una simulazione realizzata in precedenza dal Comune di Firenze
- Modello di emissione e dispersione degli inquinanti calcolato con il software TEE 2005, per il periodo 2003-2010 su Firenze
- Creazione di un dataset di GIS con dati modellati e misurati, emissioni di rumore e inquinanti, distribuzione della popolazione

Per questo studio, si è considerato solo 40-50% delle strade complessive di Firenze, tenendo conto anche dell'implementazione della rete stradale prevista dal piano di sviluppo. I risultati di questo studio hanno previsto, per l'intervallo 2003-2010:

- Una riduzione del 14.6% delle auto private e del 1.6% del trasporto pubblico
- Una variazione totale delle emissioni di circa il **-60% per il CO**, circa il **-50% per i NOx** e circa il **-40% per i PM₁₀**
- Un miglioramento della qualità di vita come conseguenza del miglioramento della qualità dell'aria, con un calo in mortalità, bronchiti acute, giorni di attività limitata e anni di vita persi. Queste stime sono state ottenute supponendo un tasso di mortalità stabile e usando i dati anagrafici ufficiali della città relativi al 2003 per modellare lo scenario del 2010. Maggiore dettaglio in tabella 14.

Tabella 12 - Firenze 2003-2010: effetti modellati sull'inquinamento atmosferico.

Effects	Difference 2010–2003: annual decrease in health effects compared with 2003 (95% CI)
Mortality (aged ≥ 30 years, excluding accidental causes) – long term	129 (45–219)
Acute bronchitis (aged < 15 years)	596 (340–755)
Restricted-activity days (aged 15–64 years)	5869 (5153–6591)
Years of life lost	1400 (496–2386)

Valutazione dell'impatto effettivo

Sul numero 002 di ARPATnews del 05/01/2016 è riportata la tabella 15, inerente alle variazioni di PM₁₀ ante- (2007-2009) e post- (2010-2014) tram. I valori sono stati registrati da centraline di monitoraggio "di fondo", inserite in una zona periferica (Scandicci) e una centrale (Boboli), entrambe interessate dal passaggio del tram. Le variazioni vengono attribuite dall'ARPAT ai cambiamenti nella mobilità indotti dalla prima linea tramviaria (ARPAT, 2016).

Tabella 13 - Variazioni PM₁₀ ante- (2007-2009) e post- (2010-2014) tram (ARPAT, 2016).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
FI - Scandicci								
Media annuale PM ₁₀ mg/m ³	39	35	35	33	29	27	24	20
Fi - Boboli								
Media annuale PM ₁₀ mg/m ³	26	25	25	23	26	23	20	19

CASO MILANO

In uno studio del 2017 (Vezzola et al., 2017) è stato comparato il ritidoma di alberi esposti ad alte concentrazioni di PM con quello di alberi cresciuti in ambienti a basse concentrazioni di particolato atmosferico. Le due aree scelte e comparate sono:

- Parco municipale Leonardo da Vinci di Milano, caratterizzato da traffico giornaliero intenso e da numerose fermate di tram in prossimità dei suoi accessi.
- Zone alberate del paese Santa Caterina Valfurva (provincia di Sondrio), paese alpino caratterizzato un basso traffico veicolare e dall'assenza di tram e treni.

Il campionamento ha portato ad analizzare e comparare 147 campioni di tronco derivante dall'area di Milano con 20 campioni ottenuti dall'area di controllo. Sono state raccolte le cortecce di alberi con struttura simile e potenzialmente paragonabili, ovvero tronco fessurato e rugoso.

I dati dimostrano come PM di diversa natura, ma soprattutto di magnetite, vengano intrappolati nelle parti più esterne dei tronchi arborei, fungendo quindi da accumulatori per PM aerodisperso in aree urbane.

I dati riportati sottolineano quindi l'importanza di piantumare alberi in prossimità di strade altamente trafficate e di fermate di tram al fine di migliorare la salubrità dell'aria.

VERDE URBANO ASSOCIATO ALLA TRAMVIA

CASO VARSAVIA

A Varsavia è stata condotta un'analisi ecologica e sociologica della copertura vegetazionale su tratti di "tramvia verde" a gradi crescenti di naturalità (Piotr et al., 2018). Per tramvia verde si intende una soluzione in cui i binari ferroviari sono immersi nel prato. Occorre precisare che non si sta parlando in questo caso di tramvie classiche poi ricoperte di erba, la cui durata massima è di

2 anni prima che occorra sostituire integralmente piante e substrato. Si tratta invece di tramvie costruite con tecnologie più innovative, dotate di un'infrastruttura apposita per la realizzazione di un tappeto erboso soffeso da un adeguato substrato permeabile (cf. RAIL.ONE 2014).

L'obiettivo dello studio di Varsavia era quello di proporre delle tramvie verdi ecologicamente ed economicamente sostenibili e socialmente accettabili. Nel 2005 la città ha infatti deciso di investire i fondi nella costruzione di nuove tramvie verdi anziché nella manutenzione di quelle esistenti, per aumentare il verde nel centro urbano. Le tramvie verdi già presenti sono quindi state lasciate al dinamismo naturale dal 2005 al 2016 (11 anni), mentre ne venivano installate di nuove. Le tramvie di nuova installazione partivano con un mix di semi di Poaceae (*Lolium*, *Festuca*, *Poa*), che raggiunge la massima performance dopo 2 anni (70% copertura). Per mantenere l'uniformità della vegetazione, tale copertura e il suo substrato andrebbero completamente sostituiti ogni 4-5 anni.

Lo studio della vegetazione associata alla tramvia è stato condotto con due approcci:

A. APPROCCIO ECOLOGICO:

- 1) Analisi informatizzata della copertura vegetazionale totale per tratti di tramvia verde di età diversa, da 1 a 11 anni con il software ENVI 5.3
- 2) Identificazione di specie vegetali e loro copertura percentuale, e calcolo dei seguenti indici per ciascun plot:
 - **Indice di ricchezza specifica**
 - **Indice di diversità di Shannon-Weiner**
 - **Proporzione graminacee/altre erbacee annue**

B. APPROCCIO SOCIOLOGICO:

- 1) Selezione di 152 intervistati, residenti a Varsavia o in zone limitrofe, che avessero visto le tramvie verdi
- 2) Somministrazione di questionari di gradimento delle tramvie, con foto ravvicinate e a distanza delle stesse, e con vegetazione assente (massiccato), gestita (nuovi impianti) o non gestita (diversi gradi di naturalità)

Da questo studio è risultato che:

- Il 92% degli intervistati ha dato parere positivo alle foto delle tramvie verdi a bassa manutenzione (gestione interrotta da 3 fino a 15 anni)
- La densità del verde è il parametro ritenuto più critico dagli intervistati (64.5%), seguita dal colore (37.9%)
- Solo per il 23.53% degli intervistati l'accettazione del verde è condizionata dalla sua gestione.

CASO VIENNA

A 20 anni dalla sua installazione, la tramvia verde più periferica di Vienna (Lainz) si era mantenuta in buono stato, mentre quella in centro città appariva fortemente danneggiata. In vista di un'estensione di 3.5 Km della linea tramviaria 26, di cui 1 Km con tramvia verde, è stato condotta una valutazione della performance ambientale dei binari verdi esistenti (Steckler, Klug, Gasser, & Wehr, 2012).

L'obiettivo dello studio era di individuare i difetti nel design delle tramvie verdi esistenti e testare nuove soluzioni più durature e sostenibili

È stato quindi condotto uno studio ecologico sulle due tramvie verdi esistenti, valutando i seguenti parametri:

- **condizioni microclimatiche e pedologiche**
- **stress abiotici e antropici** che tendono a danneggiare e ridurre la vegetazione (salinità, neve, siccità, calpestio, mezzi di soccorso, vento)

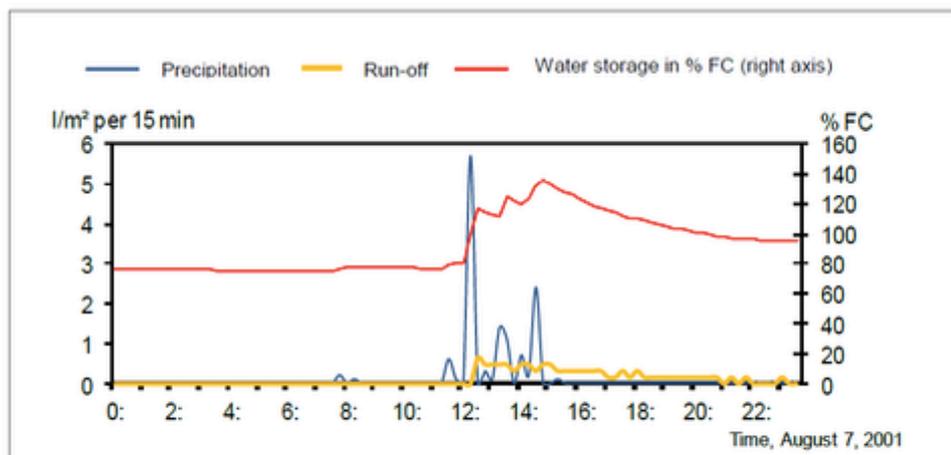
Sono stati quindi elaborati e testati diversi mix di semi di piante spontanee e resistenti a tali stress.

CASO BERLINO

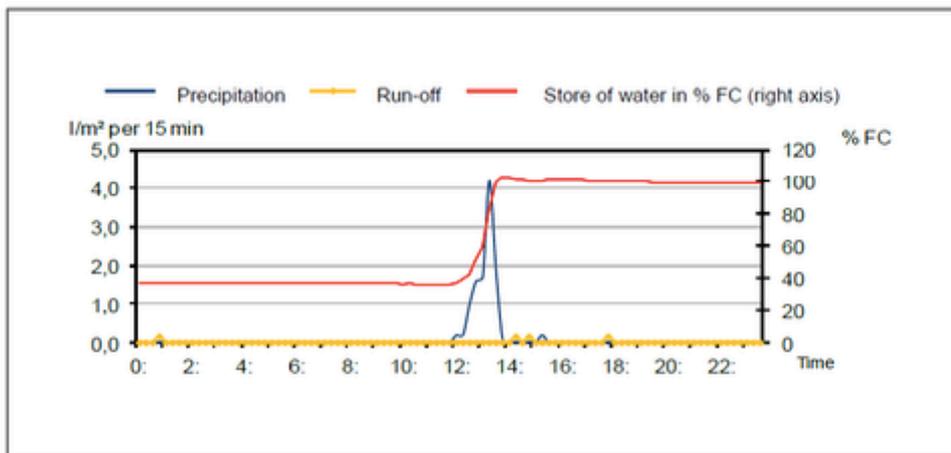
Diverse città della Germania hanno tratti della tramvia verdi. Grüngleisnetzwerk è un network tedesco sulle tramvie verdi, che include imprese, aziende di trasporti ed enti di ricerca. In una pubblicazione del 2013 di questo gruppo vengono messe in luce tutte le peculiarità delle tramvie verdi (Grüngleisnetzwerk, 2013). In particolare, vengono evidenziati i seguenti vantaggi:

- **Bilancio idrico:**

- Bilancio idrico della tramvia verde (permeabile) simile a quello di un prato naturale
- Ritenzione media delle precipitazioni annue
 - del 50% con *Sedum* spp. (substrato di 6-8 cm)
 - del 70% con Poaceae (substrato di 15 cm)
- Ritenzione fino al 90% delle precipitazioni estive.



Precipitazioni e valori di deflusso in l/m², valori di ritenzione dell'acqua espresso come % della massima capacità di campo possibile del substrato della tramvia verde (field capacity, FC); presaturazione a circa l'80% di FC.



Precipitazioni e valori di deflusso in l/m², valori di ritenzione dell'acqua espresso come % della massima capacità di campo possibile del substrato della tramvia verde (field capacity, FC); presaturazione a circa il 40% di FC.

Figura 15 - Bilancio idrico a Berlino.

- **Effetti microclimatici:**

- Il raffrescamento dell'aria dovuto all'evapotraspirazione può essere calcolato come:
 - 1 litro di acqua evaporata = 10 k (diminuzione della temperatura da 30°C a 20°C) su 200 m³ di aria

- 1 m² di tramvia verde può abbassare di 10k la temperatura per 44000 m³ d'aria
- Rispetto alla tramvia tradizionale in massiccio:
 - La superficie della tramvia raggiunge la temperatura massima di 30°C con tramvia verde, di 50°C con massiccio
 - I binari raggiungono la temperatura massima di 30°C con tramvia verde alta (vegetazione a filo con i binari), di 60°C con massiccio o tramvia verde bassa.
- **Sequestro PM atmosferico:**
 - Le tramvie verdi di *Sedum* spp. sono in grado di accumulare:
 - Fe e Si derivanti dall'abrasione ruota-rotai e dal consumo dei freni
 - PM₁₀ e PM_{2.5} a base di Cr, Mn, Cu e idrocarburi aromatici policiclici

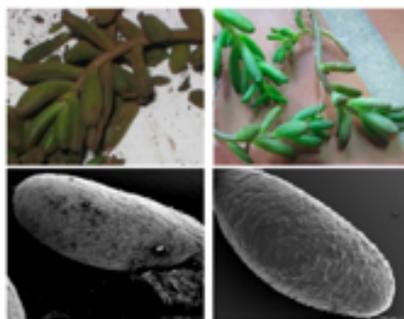


Fig. 8: Comparison of uncleaned (left) and cleaned (right) leaves of *Sedum album*. Bottom: SEM-pictures, 700 μm and 800 μm (pictures Schreiner, SASP)

Figura 16 - Tramvie verdi di *Sedum* spp.

- **Effetto estetico/benessere:**
 - effetto calmante su viaggiatori e autisti del tram (cf. Gascon et al. 2015)
- **Vantaggi economici:**
 - dal 2009 a Berlino è stata introdotta una tassa sulle piogge torrenziali di 1.9 € per metro quadro di superficie impermeabilizzata. La tramvia verde, essendo permeabile, permette un risparmio annuo di 5300 € per km.
 - Con la legge europea sulla protezione della natura, dal 2009 l'interferenza con la natura e il paesaggio richiede compensazioni, che vengono regolate a livello statale. In Germania, le tramvie verdi sono considerate meno impattanti e quindi richiedono compensazioni minori.

CASO MILANO

Un recente episodio di cronaca nella città di Milano ha portato alla luce l'importanza agli occhi dell'opinione pubblica della vegetazione associata alla tramvia e della co-progettazione.

- Negli anni '60 viene costruita la tramvia in Via Mac Mahon, fiancheggiata da olmi piantumati su una lastra di calcestruzzo.
- La scorretta messa a dimora degli olmi ne causa una crescita orizzontale delle radici, che vengono potate periodicamente per salvaguardare i binari e il manto stradale, compromettendo però la stabilità degli alberi.
- Nel 2015, la società del trasporto pubblico milanese ATM decide di avviare una già preannunciata ristrutturazione della tramvia, con rimozione degli olmi, considerati pericolanti.
- La cittadinanza istituisce il "Comitato civico tutela olmi Via Mac Mahon Milano", organizzando presidi per opporsi al taglio degli alberi, ritenuti parte integrante del quartiere nonché piante storiche (Corriere della sera, 2015)

- Dopo una lunga concertazione, ATM decide di venire incontro alle richieste della cittadinanza, procedendo ad effettuare dei test di stabilità sugli olmi e concordando il numero di piante da rimuovere. Si imposta il rifacimento della tramvia di Mac Mahon come progettazione partecipata. Le proteste cessano.
- Nel maggio 2016, i lavori sono completati e la linea del tram ritorna attiva (Trasportinfo, 2016). Gli interventi effettuati sono stati:
 - Messa in posa di circa 4.000 metri quadrati di prato tra i binari
 - Rimozione di 33 alberi a seguito delle prove di trazione pre e post opera (pooling test)
 - Piantumazione di 38 olmi ibridi americani in sostituzione di quelli abbattuti
 - Messa in posa di ulteriori 158 alberi in compensazione (querce, liriodendron, platani e tigli) nei parchi e nei giardini limitrofi a Via Mac Mahon e di 2500 piante erbacee/arbustive tra gli alberi.
- Nel luglio 2016, 2 degli olmi che non erano stati abbattuti sono crollati in seguito a forte vento (Corriere della sera, 2016). Questo ha riaperto lo scontro tra Atm e comitato civico sulla prospettiva di abbattere tutte le vecchie piantumazioni lungo la linea (Repubblica.it, 2017).

Il caso di Milano è stato ritenuto rilevante poiché evidenzia come la co-progettazione sia una soluzione allo scontro con i comitati cittadini nell'ambito della gestione del verde urbano. Ma è altresì chiaro che, nella progettazione partecipata, le scelte tecniche non vadano delegate ai non esperti, per non compromettere la sicurezza delle infrastrutture.

CASO TORONTO

Nell'ambito del rifacimento di Viale Eglinton, nella città canadese di Toronto, si è deciso di realizzare una tramvia verde. Questa soluzione è stata ritenuta ottimale nell'ottica di un nuovo design della via, che bilanciassero le varie modalità di trasporto sostenibile e che permettesse di connettere tra loro i quartieri ma anche gli spazi aperti, naturali e non (le piazze, i parchi, le gole, le due vallate che attraversa), creando una rete a livello locale, urbano e regionale (City of Toronto Planning Study Core Team, 2014). Secondo gli ideatori del progetto urbanistico di Eglinton Avenue (EGLINTONconnects), una vegetazione appropriata, basata sul contesto in cui viene inserita, può creare connessioni con i sistemi naturali e supportare le attività all'aperto.

In particolare, si è deciso di implementare tre tipologie primarie di verde:

A) Paesaggio della strada principale (8 km), dove la tramvia è sotterranea, e che include:

- **Grandi alberi: 1150 nuovi alberi**, con un incremento della copertura delle chiome del 1200%.

Si pianifica di collocare grandi alberi a chioma piena intorno a Eglinton, per dare una nuova identità a questo corridoio, ma anche per ridurre l'effetto isola di calore, migliorare il benessere psicologico della popolazione e ombreggiare la strada per ridurre il rischio di esposizione ai raggi UV. Tutto questo implica una facilitazione delle attività all'aperto.

Questo approccio è in linea con il piano di sviluppo della città di Toronto, che prevede l'aumento della copertura e della diversità vegetazionale, prediligendo alberi storici autoctoni e alberi a chioma ampia.

La crescita di alberi maturi in salute richiede un volume maggiore di suolo, una pavimentazione amovibile per favorirne la manutenzione, nonché l'interramento della rete idroelettrica.

- **Prati** di piante erbacee a crescita densa

B) Paesaggio del viale (7 km), dove la tramvia è superficiale, e che include:

- **Viale alberato** formale, per definire i bordi della strada
- **Alberi da ombra** alle stazioni dei bus e alle fermate del tram
- **Tramvia verde: 5.4 km** potenziali di tramvia verde, 5 gallerie su cui piantumare specie native.

I binari e la piattaforma della tramvia saranno ricoperti da prato di graminacee o di

sedum. L'aspetto naturale conferito alla strada dalla tramvia verde si prospetta attrattivo per lo sviluppo residenziale, commerciale, culturale e ricreativo dell'area. Inoltre, questa soluzione riduce anche il rischio allagamento, l'effetto Isola di calore, il rumore ambientale della strada, e la quantità di asfalto/ "hardscape".

Le gallerie da cui emerge la tramvia verranno rivestite con piante native delle gole circostanti.

C) Paesaggio della vallata (4 km), dove la via attraversa le valli, e che include:

- Raggruppamenti informali di alberi
- Specie native
- Tramvia verde.

EGLINTONconnects è un progetto messo a punto dopo due anni di attenta consultazione del pubblico, che ha visto l'organizzazione di più di 60 eventi (tra cui vari workshop pubblici) e 4 cicli di sondaggi, arrivando a coinvolgere circa 5000 individui tra pubblico e key-stakeholders. Da tali sondaggi è risultato:

A) Un forte consenso dei partecipanti (80%) sul desiderio di verde urbano, principalmente espandendo i parchi già esistenti (60%) e migliorando le connessioni tra essi e le gole (53%).

In base a questo riscontro, si è deciso di:

1. Estendere i confini di parchi e spazi aperti
2. Coordinare i lavori con la Divisione Parchi
3. Lasciare corridoi panoramici sul verde

B) Che la piantumazione di pochi grandi alberi è preferibile rispetto a tanti alberi piccoli, ove la tramvia sia sotterranea (78%)

C) Che l'uso di una tramvia verde è molto/abbastanza importante per l'84% degli intervistati, purché si tenga conto della sua manutenzione e dell'accesso sicuro per i mezzi di soccorso. Dai workshop è inoltre emersa l'idea che la tramvia verde possa migliorare l'aspetto estetico della strada e farla apparire più rassicurante.

In generale, l'impatto del tram sul traffico veicolare dimostra una riduzione della dipendenza dalle auto private, con conseguenze positive in termini di ore/anno perse in fila nel traffico, di riduzione di incidenti, e di miglioramento di parametri ambientali quali il risparmio di energia complessivo, la riduzione delle emissioni di CO₂, CO, NO_x e PM₁₀ e PM_{2.5}. Il miglioramento della qualità dell'aria con conseguenti cambiamenti nei pattern di esposizione a fattori di rischio (es. tempo trascorso in diversi microambienti a concentrazioni di inquinanti diverse) è correlato al miglioramento di parametri relativi alla salute della popolazione quali la diminuzione della mortalità, delle bronchiti, dei giorni di attività lavorativi ed anni di vita persi.

La realizzazione della linea tramviaria è stata un'occasione per riprogettare la città ed il verde urbano implementando le aree verdi. Le piante, sia arboree che erbacee, sono un efficace strumento di mitigazione degli inquinanti, possono infatti assorbire non solo la CO₂, ma anche altri inquinanti perfino il particolato che rimane intrappolato sulla superficie fogliare e sulla corteccia esterna. Con la realizzazione delle tramvie verdi (soluzione in cui i binari sono immersi in un prato cresciuto su un substrato permeabile), la stessa linea tramviaria costituisce un'estensione del verde urbano con indubitabili vantaggi dal punto di vista del bilancio idrico, ossia della capacità del prato di assorbire e trattenere l'acqua, degli effetti microclimatici favorendo il raffrescamento dell'aria (1 Litro di acqua rilasciata per evaporazione dal prato determina la diminuzione di circa 10 °C di T per 200 m³ di aria) e di mitigazione dell'effetto isola di calore spesso presente in ambiente urbano.

Bisogna tuttavia tener presente che, per ottenere i vantaggi sopracitati, è necessario che la tramvia si avvalga di un'infrastruttura ad hoc per la collocazione del substrato e del prato, e non è sufficiente un manto erboso posto sopra la struttura tramviaria ordinaria (massiccio/lastra di cemento). Se non fosse possibile realizzare la tramvia verde, sarebbe importante comunque riprogettare un ampliamento delle aree verdi urbane che accompagnano la realizzazione della tramvia per ottenere i benefici sopracitati. Un valore aggiunto alla scelta del verde sarà quella di

individuare specie (sia specie erbacee che arboree) caratterizzate da pollini non allergenici. Inoltre, la presenza del verde ha effetti calmanti sui viaggiatori e autisti del tram. In molte città la realizzazione della linea tramviaria è stata accompagnata dal coinvolgimento dei cittadini con diverse modalità: interviste sulle abitudini di mobilità, compilazione di un diario per individuare il pattern di esposizione agli inquinanti, misura dell'esposizione dei cittadini alle PM2.5, gestione del verde urbano, somministrazione di questionari sulle tramvie verdi, organizzazione di eventi informativi e sondaggi che hanno dimostrato un generale e deciso apprezzamento per il verde urbano che ha guidato in diversi casi la riprogettazione del verde. In questo ambito si sottolinea che la tramvia verde è ritenuta molto importante per la stragrande maggioranza degli intervistati, che la ritengono migliorativa dell'aspetto estetico della strada che appare anche più rassicurante.

QUALITA' DELL'ARIA E TRASPORTO URBANO

(a cura del Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician")

Il livello di inquinamento atmosferico in un ambiente urbano, com'è noto, è il risultato di un insieme di fattori attivi simultaneamente in una certa località, tra cui densità di popolazione, traffico stradale, ma anche aereo (altresì navale se la città è costiera), attività produttive, gestione della vita domestica e gestione dei rifiuti. Tutti questi aspetti sono in sinergia con la meteorologia e la topografia sia su scala locale (urbana ed urbanistica) sia su scala regionale, fattore particolarmente rilevante per Bologna e la sua collocazione in Pianura Padana. Anche l'interazione con la biosfera vegetale è estremamente importante ai fini della qualità dell'aria a causa delle complesse interazioni chimiche e biochimiche che intercorrono tra un'atmosfera mobile più o meno ricca di inquinanti reattivi che possono interagire in modo complesso con essa; possiamo annoverare in questo senso varie tipologie di vegetazione riassumibili come verde urbano (parchi e giardini), verde agricolo e, ove esistente, verde naturale. A questo quadro si devono aggiungere contributi di inquinanti antropogenici e naturali provenienti da lunga distanza che, grazie alla circolazione atmosferica, possono raggiungere queste latitudini addizionandosi alle sorgenti locali.

Il traffico incide in maniera sostanziale ai livelli di inquinamento atmosferico degli ambienti urbani, oltre che in generale alla totalità delle sorgenti di emissione di un intero territorio, principalmente perché legato a processi di combustione in cui vengono emessi diversi tipi di inquinanti e gas serra. La componente "combustione"⁵ (benzina, diesel, GPL, metano e prodotti vari nella loro notevole complessità) è anche accompagnata da ulteriori componenti, quali le cosiddette emissioni fuggitive (combustibili ad elevata volatilità) e componenti di origine meccanica associate ai fenomeni di attrito responsabili dell'immissione in atmosfera di particelle per lo più grossolane, generate dall'abrasione di freni, asfalto e pneumatici (con elevati costi aggiuntivi, oltre al carburante/manutenzione veicoli, sia per i singoli cittadini che per tutti i gestori del traffico pubblici e privati e le amministrazioni pubbliche). Per tutte queste fonti sono ben note scientificamente la natura (composizione) e reattività, l'entità, l'origine e la pericolosità per la salute ad elevatissimi gradi di approfondimento.

In ambito europeo sono disponibili dati cumulativi di emissione dei principali inquinanti da parte di tutti i settori responsabili, traffico incluso. Il rapporto più recente emesso nel 2018 dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA Report 12/2018, Air Quality in Europe-2018) ci mostra questa situazione a livello di ripartizione europea dei principali macroinquinanti in cui si può osservare chiaramente il ruolo giocato da questi ultimi.

⁵ I processi di combustione dalla piccola scala di natura individuale (fumo), domestica, traffico, gestione agricola, a quella industriale (su tutte le scale dimensionali), sono non soltanto pervasive da sempre nella società dell'uomo, ma sono sicuramente le principali fonti di inquinanti e di gas serra, dominanti su tutte le altre.

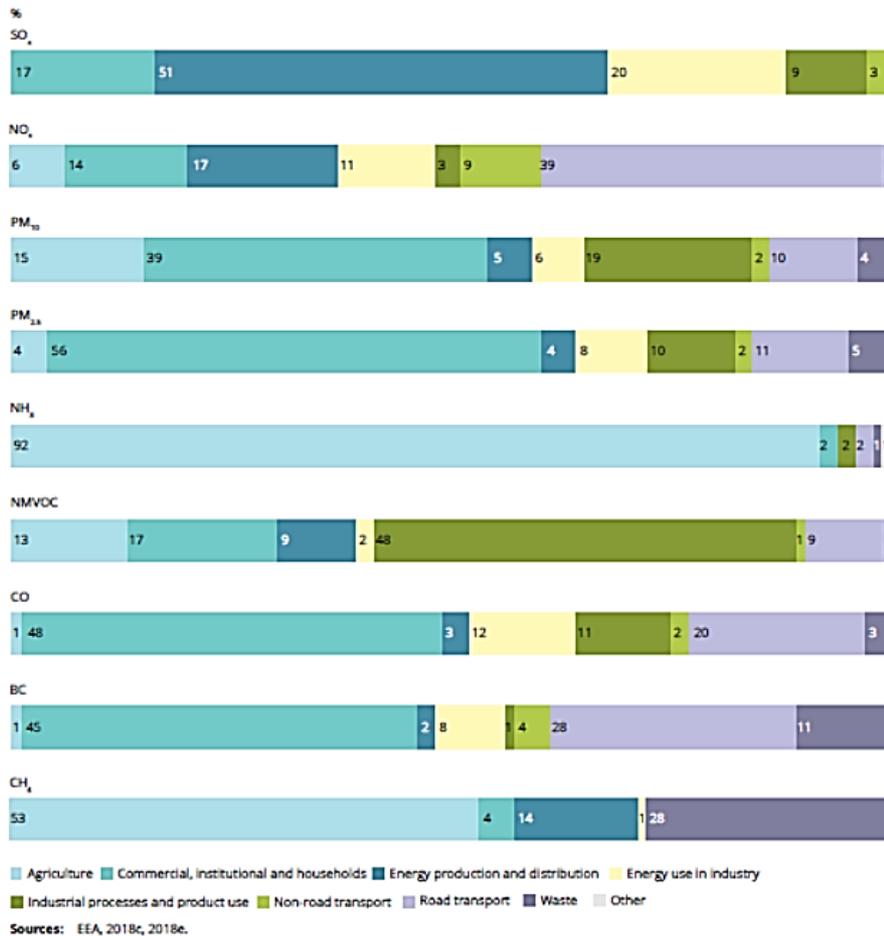


Figura 17 - Emissione dei principali inquinanti da parte di tutti i settori responsabili nei 28 Paesi UE (EEA Report 12/2018, Air Quality in Europe-2018).

Nello stesso report vengono fornite informazioni aggiornate sulla diminuzione sistematica, almeno nella globalità dei paesi Europei, della maggior parte dei macroinquinanti (Figura 18) a seguito degli sforzi continuativi a livello di policy europea condivisa volta ad introdurre miglioramenti tecnologici con lo scopo di raggiungere gli standard qualitativi presenti nelle varie Direttive di qualità dell'aria ad oggi promulgate (e non a caso in continua evoluzione) ed allo scopo di proteggere la salute dei cittadini e dell'ambiente, oltre che i beni culturali.

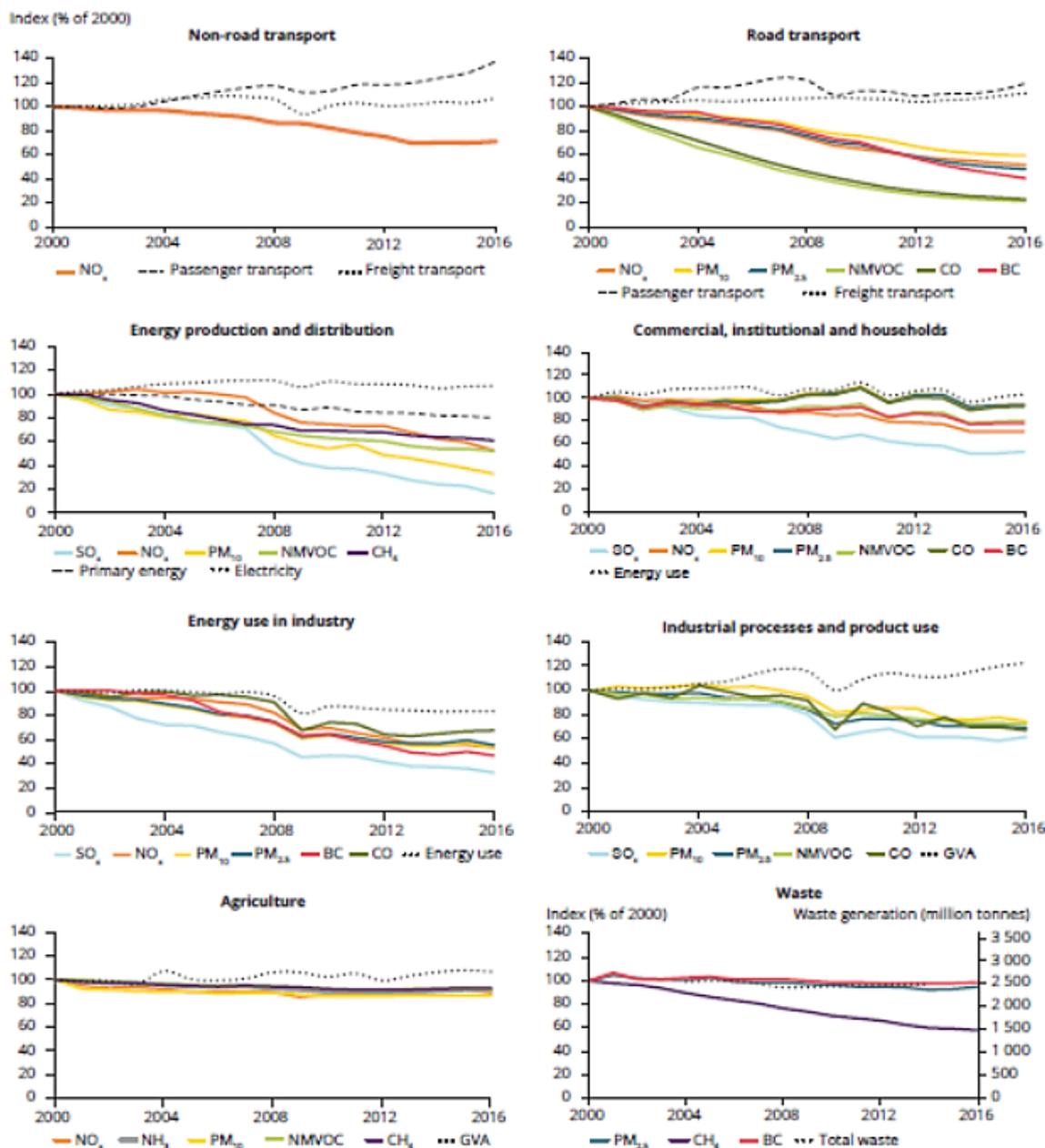


Figura 18 - Sviluppi delle emissioni di macroinquinanti nei 28 Paesi UE (EEA Report 12/2018, Air Quality in Europe-2018).

A fronte di una diminuzione sistematica di molti inquinanti nella maggior parte dei settori, incluso quello automobilistico che ci ha portato allo Standard Euro6, non sono ancora stati raggiunti né gli standard normativi europei, né tanto meno quelli dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, assai più restrittivi dei primi ed obiettivo dei Paesi europei a partire dal 2020. Inoltre, per l'ozono non sono stati osservati miglioramenti significativi nonostante la diminuzione delle emissioni dei suoi precursori. L'ozono, infatti, che è sia un inquinante atmosferico molto aggressivo, sia un potente gas serra (questa è una delle molte connessioni esplicite tra inquinamento atmosferico e cambiamento climatico a fronte dei molti tentativi di negazione di una relazione tra le due fenomenologie, von Schneidermessen et al., 2015) è di origine secondaria. Sia una quota ragguardevole del particolato che l'ozono, probabilmente gli inquinanti più rilevanti ai fini della salute e dell'ambiente, sono generati infatti dall'emissione di inquinanti di prima generazione (definiti inquinanti "primari", rilevabili al punto di emissione) che, grazie alla radiazione solare, subiscono delle reazioni chimiche di conversione in atmosfera, dando luogo al successivo accumulo di inquinanti secondari (non meno importanti, quindi, semplicemente di seconda generazione e di formazione temporalmente ritardata rispetto ai processi di emissione).

Se ne deduce che a parte le emissioni di CO₂, principale ma non unico gas serra responsabile del cambiamento climatico in corso, le quali allo stato attuale non vengono praticamente

controllate e conseguentemente ridotte, nonostante gli sforzi migliorativi attivi in EU dagli anni 70, i livelli di inquinamento primario e secondario sono ancora piuttosto elevati ed in grado di produrre danni consistenti a vari livelli. Per quanto concerne il trasporto veicolare, la riduzione delle emissioni inquinanti è rimarchevole, ma rimane comunque significativa soprattutto in termini di importanza relativa delle sorgenti. In ogni sito, infatti, sono sempre attive numerose sorgenti di emissione la cui entità ed influenza sui livelli locali di inquinamento è funzione della densità, della distanza dai punti di osservazione/misura, dalle trasformazioni chimiche in atmosfera, nonché da miscelazione, diluizione e trasporto.

In ambiente urbano la situazione è resa complessa dagli edifici che costituiscono un ostacolo alla circolazione delle masse d'aria che durante il transito si caricano di inquinanti. La circolazione atmosferica risulta ulteriormente rallentata e a volte addirittura inibita, favorendo il ristagno degli inquinanti negli street canyon delle città (Figura 19).

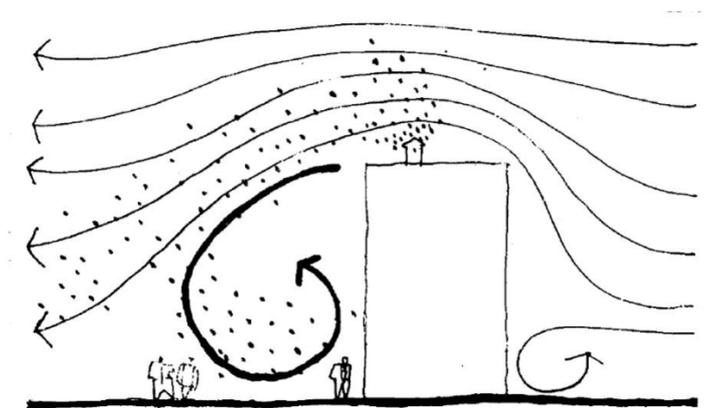


Figura 19- La circolazione atmosferica nelle città.

In una situazione urbana, inoltre, gli inquinanti misurati sono il frutto di contributi a varia distanza d'origine come riportato nel diagramma sottostante.

In un'area fortemente antropizzata sia per elevata densità di popolazione, che di traffico, che di attività produttive, i livelli di inquinante, come ad esempio il particolato atmosferico, risultano prodotti da una serie di sorgenti tra loro miscelate ed in continuo divenire.

A partire dalla tabella delle ripartizioni di vari macroinquinanti tra settori è evidente come in ambito urbano la componente di derivazione traffico risulti tra quelle dominanti, soprattutto lungo le arterie stradali. Poiché è evidente che, a fronte dei significativi sforzi nel campo automobilistico e delle relative tecnologie, non sono stati raggiunti decisivi progressi in termini di standard ambientali, risulterà necessario adottare delle strategie aggiuntive alternative in grado di migliorare la qualità dell'aria in funzione degli standard ambientali suddetti, standard che si rendono necessari non per capriccio o volontà vessatoria, ma per verifica scientifica dei rapporti tra inquinanti ed effetti sanitari. Tra le possibilità si possono considerare l'introduzione di mezzi per il trasporto collettivo con minore ricorso a processi di combustione (ad es., tram, ed aumento dell'offerta di trasporto collettivo) riduzione della trazione alimentata a diesel (prioritaria, soprattutto per i mezzi pesanti) e riduzione del trasporto veicolare individuale.

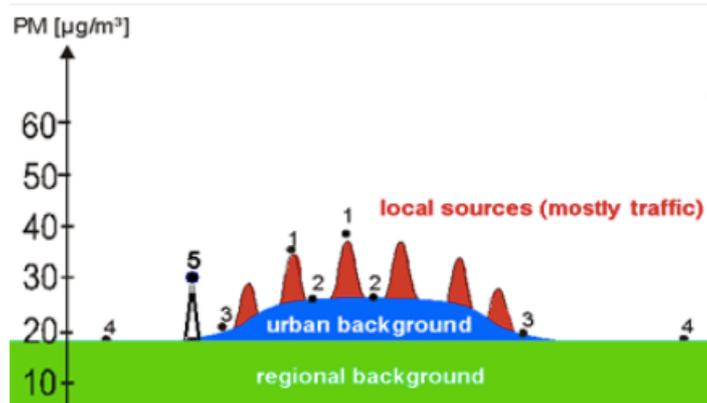


Figura 20- La componente di derivazione traffico dei macroinquinanti.

A tale proposito, va anche precisato come gli standard ambientali della legislazione europea, cui ogni stato membro a partire dall'Italia fa riferimento, si basano su concentrazioni soglia superiori a quelle dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) a parità di parametro atmosferico. Mentre queste ultime fanno riferimento agli effettivi requisiti di sicurezza per la salute della popolazione, le concentrazioni soglia delle Direttive europee in termini di qualità dell'aria, che appunto stentano ad essere raggiunte pur essendo molto meno stringenti e severe di quelle dell'OMS, sono frutto di un compromesso politico che vede da una parte i legislatori e le basi scientifico tossicologiche cui si riferiscono nella redazione dei testi normativi, e dall'altra non solo il mondo produttivo, ma anche la popolazione che ha le proprie responsabilità individuali e che collettivamente produce emissioni (traffico e riscaldamento domestico principalmente) confrontabili con quelle industriali. Il concetto è quello delle gocce che costituiscono un oceano. Per inciso, entro il 2020 gli standard ambientali atmosferici europei dovrebbero convergere in quelli dell'OMS anche se, a causa delle ancora sostanziali eccedenze osservate nei paesi membri, molto difficilmente tali obiettivi saranno raggiunti. Tali eccedenze sono principalmente attribuite al traffico (EEA, AIRS Annual Indicators Report Series, Outdoor air quality in urban areas, 2018).

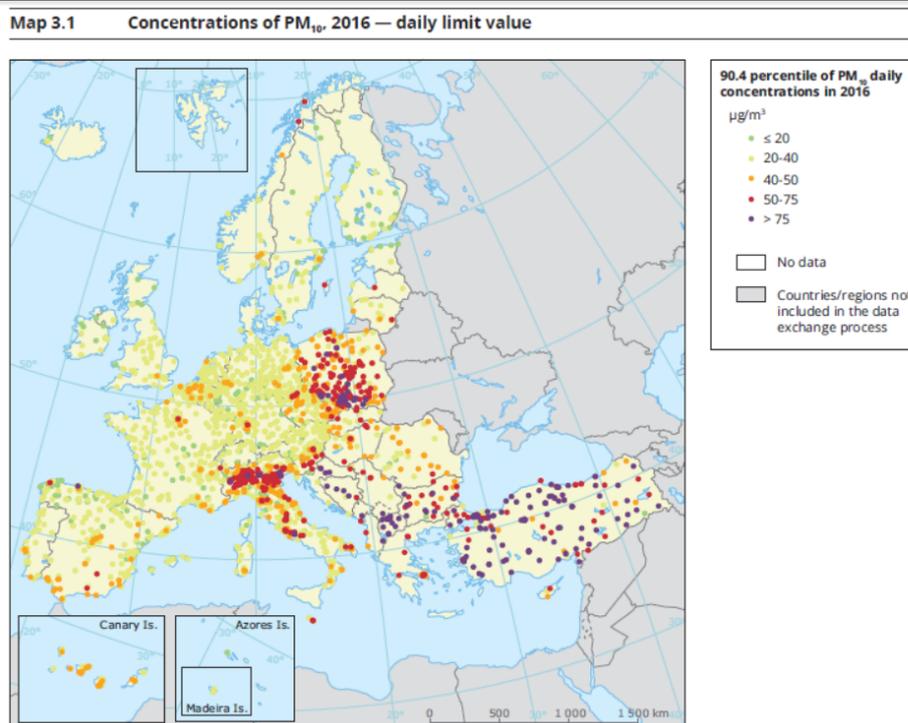


Figura 21 - Concentrazioni PM10 misurate nel 2016 (Air quality in Europe — 2018 report, EEA Report No 12/2018).

Map 4.1 Concentrations of O₃ in 2016

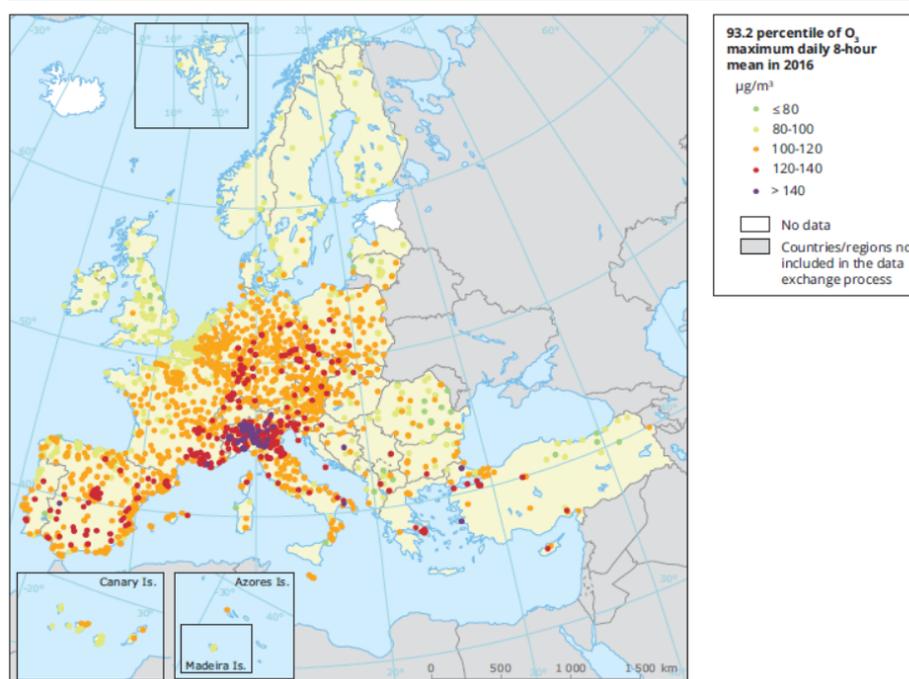


Figura 22 - Concentrazioni di ozono misurate nel 2016 (Air quality in Europe — 2018 report, EEA Report No 12/2018).

Tabella 14 - Standard di qualità dell'aria secondo le direttive dell'UE e le linee guida della OMS.

Pollutant	Averaging period	Air Quality Directive		WHO guidelines	
		Objective	Comments	Objective	Comments
PM _{2.5}	One day			25 µg/m ³ (*)	99 th percentile (3 days/year)
PM _{2.5}	Calendar year	Limit value, 25 µg/m ³		10 µg/m ³	
PM ₁₀	One day	Limit value, 50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days per year.	50 µg/m ³ (*)	99 th percentile (3 days/year)
PM ₁₀	Calendar year	Limit value, 40 µg/m ³ (*)		20 µg/m ³	
O ₃	Maximum daily 8-hour mean	Target value, 120 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 25 days per year, averaged over three years	100 µg/m ³	
NO ₂	One hour	Limit value, 200 µg/m ³ (*)	Not to be exceeded more than 18 times a calendar year	200 µg/m ³ (*)	
NO ₂	Calendar year	Limit value, 40 µg/m ³		40 µg/m ³	

GLI INQUINANTI ATMOSFERICI: ALCUNE PRECISAZIONI

La documentazione illustrata nei paragrafi precedenti menziona numerose volte una serie di inquinanti atmosferici piuttosto noti a tutti, almeno dal punto di vista formale e mediatico.

Gli inquinanti tipicamente misurati nelle reti di monitoraggio territoriali per il controllo della qualità dell'aria sono generalmente definiti, a parte qualche eccezione, come "macrodescrittori" e/o indicatori di stato. La chimica di questi inquinanti è molto complessa sia perché le sorgenti di emissione contengono numerosi inquinanti, contaminanti e gas serra, emessi simultaneamente, sia perché la maggior parte dei componenti chimici emessi si trasformano spontaneamente in

atmosfera, in parte venendo rimossi da quest'ultima ed in parte trasformandosi in altre specie chimiche diverse, spesso anche più pericolose di quelle di partenza. È il caso ad esempio di Ozono, PM10 e PM2.5.

Lo scopo dell'apparato normativo ambientale in vigore è quello non solo di raccogliere l'informazione ambientale prevista, utile a constatare lo stato delle cose, ma anche di semplificare la comunicazione di uno stato ambientale buono, accettabile o negativo tra enti responsabili dei dati ed amministratori, che devono farsi carico dei provvedimenti necessari a prevenire/limitare i danni sanitari ed ambientali. I suddetti parametri sono la forma più semplice di valutazione e comunicazione finora adottata non solo in Europa ma attualmente in tutto il mondo. Tali parametri sono sostanzialmente degli standard internazionali di impiego universale.

L'acquisizione di questi dati, solo in apparenza semplici, è delicata, richiede notevole attenzione ed è di fondamentale importanza, anche se il solo utilizzo dei dati di monitoraggio atmosferico non permetterà mai di ricostruire da sola la responsabilità emissiva di una sorgente di emissione, naturale od antropogenica che sia.

Per chiarire il ruolo svolto dalle attività di monitoraggio ambientale ed in particolare, quello atmosferico, si potrebbero paragonare, per analogia con l'ambito sanitario, tali (onerose) attività di monitoraggio ambientale al sistematico controllo ematico (esame del sangue) che larga parte della popolazione effettua regolarmente nel tempo per valutare il proprio stato di salute. L'esame del sangue, infatti permette con relativa semplicità di effettuare una valutazione di massimo dello stato di salute. Nel caso di anomalie a partire dagli esami di routine, il medico di base (in analogia con ARPA) provvederà ai dovuti approfondimenti. Per completezza, anche la normativa della qualità dell'aria comprende qualche inquinante particolare e non solo i macrodescrittori (ad es., il piombo o il nickel ecc. nel PM10); questo tipo di valutazione sistematica, ma molto specifica, potrebbe essere in questo caso confrontata con altri tipi di screening sanitario (pap-test, PSA...), cui tutta la popolazione è soggetta, ma che sono mirati a particolari organi/patologie.

Ciò significa che disporre di dati ambientali di natura generale come gli inquinanti "classici", da un lato consente un approccio pragmatico a chi gestisce/decide/protegge, mentre dall'altro lato, la possibilità di indagare nei dettagli le fenomenologie complesse relative all'inquinamento e alle varie sorgenti che vi partecipano rimane un'attività di carattere fortemente specialistico, che in genere richiede la sinergia degli enti preposti (Arpa ad es.) e degli enti accademici e di ricerca esperti del settore. La normativa ambientale ha infatti due principali scopi:

- 1) Controllare le emissioni alla fonte
- 2) Controllare le condizioni dell'ambiente

Queste attività non sono in nessun modo sufficienti a produrre una diagnosi di responsabilità emissiva, in assenza di osservazioni addizionali non previste dalla normativa stessa. Ciò dipende, come precedentemente descritto, dalla notevole complessità della chimica atmosferica, in cui centinaia di diverse specie chimiche partecipano, convergendo nella produzione di ozono e di particolato in modo non facilmente prevedibile. A tale complessità contribuiscono non solo centinaia di specie chimiche normalmente presenti in atmosfera sia per effetto di processi naturali che per intervento dell'uomo, ma anche meteorologia e clima.

Molte delle specie chimiche emesse in prima generazione (inquinanti primari) sono tra loro in competizione per produrre, attraverso complessi meccanismi, una prevalenza di ozono nella stagione calda ed una prevalenza di particolato atmosferico nella stagione fredda. I precursori sono pertanto in larga misura gli stessi.

Gli inquinanti secondari ozono e particolato, che prevalgono rispettivamente nella stagione calda ed in quella fredda, rappresentano entrambi problemi estremamente seri sia dal punto di vista sanitario che ambientale ed economico.

Nel caso dell'ozono, principale rappresentante dello smog fotochimico, si ha una notevole dipendenza di questo inquinante, tipico del periodo estivo, non solo dai precursori legati a miscele di composti chimici, sia antropogenici che naturali, ma anche in funzione della temperatura, con noti eccessi di concentrazione durante le ondate di calore, sempre più frequenti ed associate ad i cambiamenti climatici in corso. Lo stesso ozono è un potente gas serra ed è a sua volta in parte responsabile del surriscaldamento globale e quindi del global change.

Per l'Italia l'esposizione ad ozono è addirittura peggiore di quella da particolato anche se, se ne parla assai meno che del secondo.

Tabella 15 - Percentuale di popolazione urbana esposta a concentrazioni di inquinanti atmosferici, in riferimento agli standard di qualità dell'aria 2016 (EEA, AIRS Annual Indicators Report Series, Outdoor Air Quality in Urban Areas, 2018).

COUNTRIES	PM ₁₀ (daily limit value)	O ₃ (target value)	NO ₂ (annual limit value)
Austria	2	14	2
Belgium	0	0	3
Bulgaria	87	0	7
Croatia	99	81	3
Cyprus	6	0	0
Czech Republic	12	44	1
Denmark	0	0	2
Estonia	0	NA	0
Finland	0	0	< 1
France	< 1	10	2
Germany	< 1	3	5
Greece	29	73	2
Hungary	2	0	2
Ireland	0	0	0
Italy	44	61	30
Latvia	4	0	0
Lithuania	2	0	0
Luxembourg	0	0	5
Malta	NR	0	0
Netherlands	0	0	2
Poland	59	2	1
Portugal	0	0	< 1
Romania	0	0	0
Slovakia	1	0	0
Slovenia	100	0	0
Spain	2	17	6
Sweden	0	0	< 1
United Kingdom	0	0	14
EU-28	13	12	7

The colour coding of exposure estimates refers to the fraction of urban population exposed to concentrations above the reference level:

0%	< 5%	5-50%	50-75%	> 75%
----	------	-------	--------	-------

In sintesi, possiamo sicuramente attribuire le principali responsabilità emmissive a tutti i processi di combustione che sono pervasivi nella società. I processi di combustione sono alla base: della produzione di energia, del trasporto (veicolare, aereo e navale), della trasformazione e della manifattura, della gestione dei rifiuti per incenerimento, del riscaldamento, della cottura del cibo, del fumo di sigaretta fino ai fuochi d'artificio. Di tutti ed anche altri, esistono ormai estesi repertori di misure e dati relative valutazioni chimico-fisiche, ambientali e sanitarie di elevatissimo standard scientifico. Durante tutti i processi di combustione, dal più piccolo al più grande, si ha emissione non solo di CO₂ e vapore acqueo, ma anche particelle, gas inquinanti e sostanze organiche numerosissime. Di tutte queste fonti e di altre più specialistiche esiste una produzione scientifica che ricopre oltre 50-60 anni di conoscenza ed esperienza sempre più abbondante e dettagliata. Le principali conoscenze sono sistematicamente oggetto di pubblicazione sulle riviste di maggiore rango scientifico su scala mondiale, ad es. Nature e Science, in cui spesso vengono proprio sancite le connessioni tra emissione di inquinanti e cambiamenti climatici. Le difficoltà nella caratterizzazione e nell'individuazione delle sorgenti di emissione vanno pertanto molto al di là degli inquinanti standard di cui si parla comunemente.

Il traffico urbano va decisamente incluso tra le sorgenti rilevanti sia ai fini della produzione di livelli di concentrazione in eccesso di particolato d'inverno che di ozono d'estate. Ogni ulteriore iniziativa alla riduzione di questa fonte di emissione nelle concentrazioni urbane andrà incoraggiata e perseguita con sempre maggiore determinazione.

La pericolosità per la salute da parte dell'inquinamento atmosferico è il fondamento della normativa ambientale (Tositti, 2018). Tali conoscenze hanno cominciato ad essere sviluppate in modo scientificamente sistematico negli Stati Uniti a partire dagli anni '40, sebbene la letteratura europea menzioni i problemi della qualità dell'aria in ambiente urbano a partire da documenti di epoca ateniese, romana (Seneca) e londinese, dal Medioevo ad oggi (Brimblecombe, 1987).

A partire dall'approccio ambientale, nel campo della scienza atmosferica, e da quello epidemiologico e meccanicistico, in ambito sanitario, le attuali conoscenze in termini di effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico possono essere suddivise attualmente in due grandi gruppi di patologie:

- effetti/malattie di tipo cardiovascolare e respiratorio
- effetti/malattie non trasmissibili.

Nel primo caso si annoverano non solo i tumori polmonari, ma anche, ed in maggior numero, infarti ed ischemie, asma, broncopneumopatie ostruttive ecc., associati a connessa mortalità (Rajagopalan et al., 2018). Il 19% della mortalità da ictus ed il 21% della mortalità da patologie cardiovascolari è attribuita all'inquinamento atmosferico (in particolare il PM2.5).

Nell'ultimo decennio invece l'inquinamento atmosferico risulta essere fortemente associato a malattie non solo ampiamente diffuse, ma anche degne di notevole preoccupazione che spaziano dal Diabete di tipo 2 ed obesità, la ridotta capacità delle funzioni cognitive e demenza, ritardo psicomotorio nei bambini, iperattività, deficit di attenzione, malattie infiammatorie croniche intestinali, cancro alla vescica, malattie degli occhi e della pelle, patologie del sistema immunitario a partire dalle allergie (Schraufnagel et al., 2019).

Le associazioni tra inquinamento, clima e salute sono oggetto non solo delle valutazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, organo che dipende dalle Nazioni Unite allo scopo di mettere in comunicazione i risultati della ricerca con i decisori politici, ma anche dalla letteratura scientifica "peer-reviewed"⁶, mediante la pubblicazione di linee guida e documenti di riferimento internazionale. Recentemente è stata costituita una commissione di valutazione internazionale denominata The Lancet Commission on pollution and health, in associazione con The Lancet, una delle più prestigiose in campo medico, che negli ultimi anni ha visto moltiplicarsi le pubblicazioni di settore relative agli effetti dell'inquinamento atmosferico della salute.

Sia questa iniziativa che la precedente, oltre agli aspetti strettamente scientifici, trattano in maniera rigorosa anche gli aspetti socio-politici e soprattutto quelli economici legati ai costi crescenti (attualmente si parla di pandemia su scala globale a causa dell'inquinamento).

Secondo l'Organizzazione Mondiale della sanità l'inquinamento atmosferico rappresenta per l'Europa il principale rischio sanitario. Ogni anno nella sola Unione Europea causa circa 400.000 morti premature e centinaia di miliardi di euro in costi sanitari causati dall'inquinamento atmosferico stesso.

Per quanto concerne l'opzione tram, si è proceduto sia ad effettuare una verifica dettagliata della letteratura scientifica al riguardo, sia una valutazione preliminare della proposta progettuale relativa a Bologna.

Sulla base delle conoscenze scientifiche di chi scrive il presente rapporto, per quanto concerne il secondo punto va detto che risulterà essenziale valutare come minimo tre aspetti:

1. la scelta del tipo di trazione del tram adottato
2. le emissioni da impatto al suolo (attrito)
3. l'impatto atmosferico-ambientale della cantieristica durante la costruzione dell'infrastruttura

Per quanto riguarda il primo punto, a seconda della tipologia di trazione (a combustione o elettrica), va precisato che il primo caso sarebbe sicuramente da scartare, come in genere attualmente si fa. Va anche detto che l'alimentazione elettrica minimizza significativamente gli

⁶ Il meccanismo di peer review è il processo di valutazione e giudizio obiettivo, da parte di esperti anonimi internazionali, del lavoro di ricerca sottoposto da ricercatori e scienziati per la pubblicazione a riviste specialistiche. Senza questa procedura di severissimo e continuo vaglio i risultati della ricerca non possono essere pubblicati ed accolti dalla comunità scientifica. Le riviste hanno reputazione misurabile in termini qualitativi. Le migliori hanno parametri più elevati degli altri. È su questa base che l'Alma Mater di Bologna è molto ben piazzata nelle graduatorie internazionali.

impatti climatico-ambientali nel caso dell'opzione "batteria", ma nel caso di alimentazione elettrica da rete bisogna specificare che, a rigore, se è vero che non vengono prodotte emissioni localmente, a mezzo in transito, la richiesta energetica del mezzo sarà naturalmente proiettata in remoto alla sorgente di alimentazione elettrica.

Per il punto 2 non ci sono dati specifici in letteratura, ma ne esistono in gran numero sia per i mezzi su gomma che in misura minore sui treni, cui i tram vengono almeno in parte assimilati. Non si vuole essere per forza penalizzanti in questo senso, ma come si vedrà nella parte di valutazione della letteratura di settore, nessun mezzo di trasporto come nessuna sorgente di emissione domestica industriale o di trasporto ha emissioni zero, concetto che ha la sua base scientifica in una disciplina fondamentale: la termodinamica dei sistemi reali. Possiamo tendere ad una minimizzazione delle emissioni ma non le possiamo evitare, anche nel caso dell'applicazione di sistemi tecnologici di mitigazione.

È prevedibile ed auspicabile effettuare un monitoraggio durante i lavori di costruzione dell'infrastruttura con metodologie che rendano accessibili alla cittadinanza le condizioni ambientali prima, durante e dopo l'attività stessa.

I CASI DI FRIBURGO E BARCELONA

Esiste moltissima documentazione di carattere amministrativo-informativo, ma poca sull'effettiva valutazione sperimentale con appropriati monitoraggi e misure della effettiva riduzione delle emissioni dei tram.

Alcune considerazioni sono già state fatte nel precedente paragrafo e partono da un'oggettiva constatazione. I tram nella maggior parte dei casi sono ad alimentazione elettrica e per tale ragione, in linea di principio, hanno un impatto minimale sulle emissioni urbane anche se, a livello del continuum atmosferico, la produzione di elettricità necessaria alla trazione sarà semplicemente delocalizzata rispetto al sito urbano di pertinenza, per cui l'effetto climatico-ambientale corrispondente sarà comunque diverso da zero in funzione di come viene prodotta questa elettricità. A livello urbano sarà sicuramente vantaggioso, soprattutto perché andrà bilanciato da una corrispondente riduzione dei mezzi privati e relative emissioni, se gestito con intelligenza e se supportato da un numero significativo di linee a copertura di un bacino di utenza sufficientemente ampio.

Qui saranno presi in considerazione i casi di Barcellona e Friburgo, città in cui sono stati condotti studi sulla qualità dell'aria.

L'esperienza di Friburgo è paradigmatica. Lungo un periodo di 40 anni a partire dagli anni '80 la municipalità di questa che viene definita la più verde città tedesca ha sviluppato una serie di strategie migliorative basate su uno straordinario sviluppo del servizio di trasporto pubblico necessario a compensare la disincentivazione dell'utilizzo dell'auto privata per il raggiungimento del centro storico (Buehler and Pucher, 2011).



Figura 23
- Friburgo tram.

Freiburg's long-lasting ambition to encourage sustainable mobility shows successes: **Due to the affordable and convenient alternatives to car use, more than one third of Freiburg residents do not own a car.** Latest statistics from 1999 indicate that 18% of all journeys within the city are done by public transport, 27% by bikes, 23% by walking and only 32% by car.

(tratto da: Local EcoMobility stories are produced by ICLEI – Local Governments for Sustainability – in cooperation with the featured cities. The media are free to use the content of this case story, giving reference to ICLEI. www.iclei.org/ecomobility/cases - October 2011)

A fronte di una ingente bibliografia relativa al traffico veicolare su gomma in generale, una pur approfondita ricerca bibliografica svolta dall'autrice di questa sezione sull'impatto ambientale dei mezzi di trasporto pubblici ha portato alla luce pochissimi dati relativi ai tram, molti dei quali relativi solo alle emissioni di CO₂, sempre peraltro basati su calcoli teorici e quindi solo parzialmente utili. Inoltre, come descritto nel capitolo sull'inquinamento, le emissioni di CO₂ dirette od indirette, associate alla necessità di alimentare un mezzo di trasporto, saranno sempre collegate alla co-emissione di tutti gli inquinanti primari e secondari menzionati. Ne consegue che, per poter effettivamente affermare il minor impatto di un mezzo di trasporto rispetto ad un altro, si debba ricorrere non alla teoria ma alla dimostrazione scientifica del caso.

Un lavoro molto interessante, condotto da uno dei gruppi di ricerca nel settore dell'inquinamento atmosferico tra quelli con la maggiore reputazione scientifica internazionale, riguarda Barcellona ed è l'unico che compara con metodi scientifici le effettive emissioni di varie tipologie di mezzi pubblici.

In questa pubblicazione Moreno et al., 2015 è riportato un confronto con misure in campo (ossia direttamente effettuate su strada da un potenziale viaggiatore in città) basate su una serie di sensori e campionatori di vari inquinanti assemblati in zaini indossati da personale, allo scopo di misurare e caratterizzare l'effettiva esposizione dei cittadini in varie situazioni di percorso urbano e relativi mezzi pubblici. Per il Particolato, si vede nettamente come a parità di percorrenza la migliore condizione ambientale sia proprio rappresentata dal tram, almeno per le tratte a bordo mezzo. In generale siccome oltre a bus, metro e tram si paragona anche la percorrenza pedonale, questo lavoro ci dice che siamo diversamente esposti negli abitacoli dei vari mezzi, e che l'esposizione più critica agli inquinanti è quella dei pedoni (omini verdi nell'immagine), grazie ad un traffico di superficie ancora fortemente influenzato dal traffico a benzina e diesel; a Barcellona la linea di tram è attualmente una soltanto. Nelle linee sotterranee della metro i livelli di inquinanti sono i più alti, a causa di vari fattori tra cui principalmente lo scarso volume di diluizione di quanto emesso, soprattutto per effetto dell'attrito dei treni (ambiente confinato). Per poter ridurre l'esposizione a particolato risulta pertanto necessario ridurre in modo significativo l'emissione in situ dei prodotti dei motori a scoppio a favore di mezzi che, come il tram, non contribuiscano che in maniera limitata (solo per gli effetti di attrito e non per alimentazione delle motrici), dato che è palese come a fronte degli sforzi dell'industria automobilistica nelle tecnologie di abbattimento, localmente la qualità dell'aria risulti ancora fortemente compromessa e nociva per la salute.

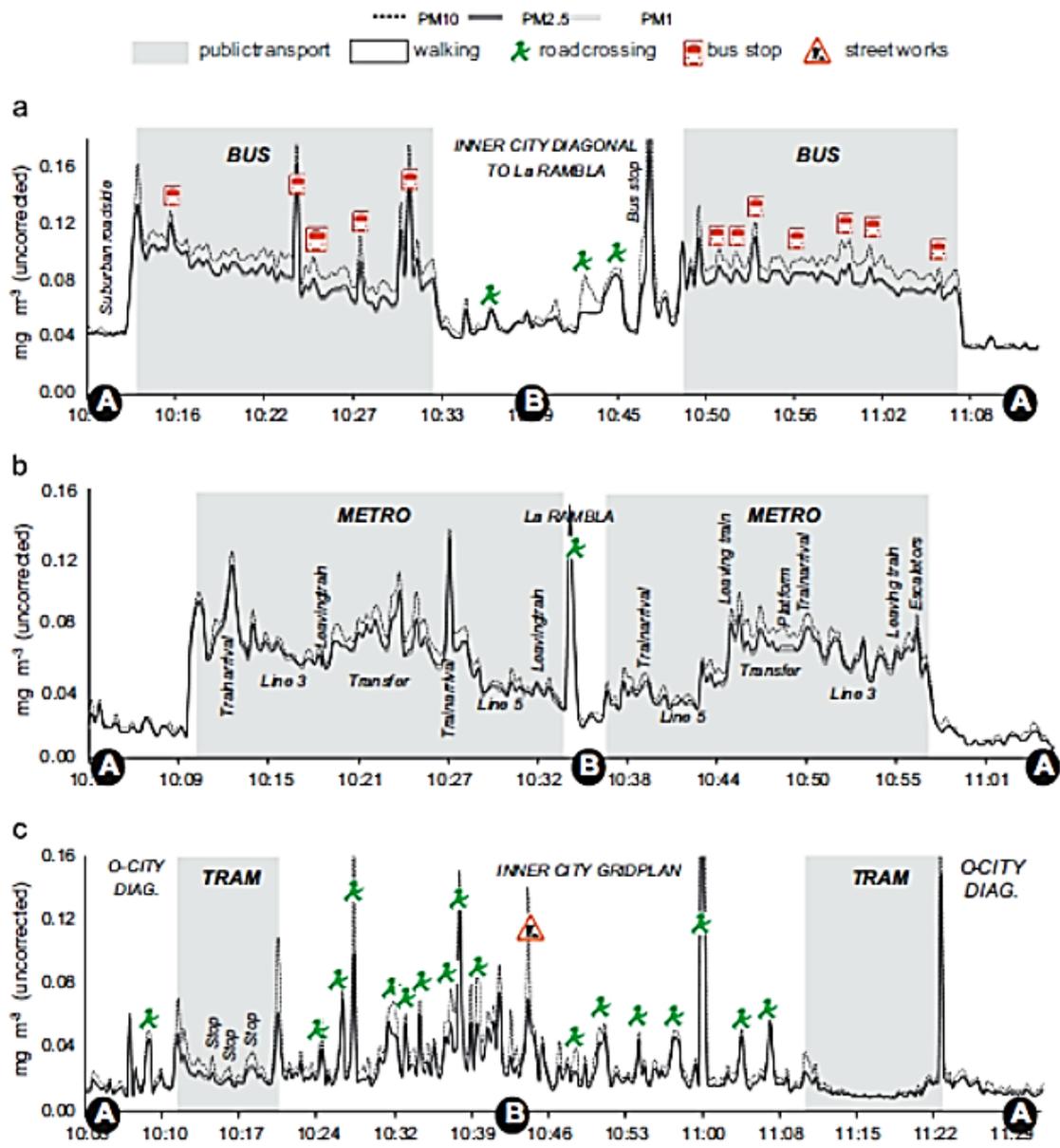


Figura 24 - I livelli di inquinanti concernenti l'autobus, la metro e il tram.

(a cura del Dipartimento di Scienze Economiche)

La letteratura economica, in particolare quella riguardante l'economia dei trasporti, fornisce un'ampia casistica di casi studio ed esercizi di valutazione di investimenti in infrastrutture di trasporto, sia pubblico (metro, tram, etc.) sia privato (per esempio, autostrade).

Dovrebbe essere specificato, al riguardo, che in tali valutazioni gli aspetti puramente economici non sono l'unico fattore considerato, né sono preponderanti nell'assessment di un'infrastruttura. Si valutano infatti, in questi casi, indicatori appartenenti a un vario insieme di dimensioni che abbracciano aspetti ambientali, di qualità della vita, sanitari, e infine economici, come d'altronde sintetizzato in questo rapporto multidisciplinare.

Restringendo in particolare l'ambito agli effetti puramente economici (di mercato), al netto di valutazioni generali sulla desiderabilità di un'opera, come quelle effettuate tramite analisi costi-benefici o analisi multicriteri o sulla disponibilità a pagare dei consumatori per un miglioramento infrastrutturale, si potrebbe asserire che gli aspetti che più comunemente interessano i ricercatori – e spesso anche i decisori pubblici – sono l'effetto di una nuova infrastruttura di trasporto sullo sviluppo locale (soprattutto nel caso di infrastrutture a più ampio raggio) e sui valori immobiliari (principalmente in ambiti urbani). Ulteriori e parzialmente connessi argomenti d'interesse riguardano la relazione tra nuova infrastruttura di trasporto e altri aspetti come (a) le scelte di localizzazione della popolazione e (b) delle imprese, e (c) la performance delle attività commerciali (per esempio, la loro redditività o l'occupazione).

In ciò che segue ci si focalizzerà sul primo e principale argomento d'analisi, vale a dire l'effetto sui prezzi immobiliari e successivamente anche sull'effetto sulla performance delle attività commerciali. Come nel resto del rapporto, si citeranno rapporti di ricerca e pubblicazioni scientifiche su casi studio realizzati in ambiti urbani comparabili tra di loro e con la città di Bologna o particolarmente rilevanti.

EFFETTO SUI VALORI IMMOBILIARI – NOTA METODOLOGICA

Il fattore attraverso il quale si può arrivare a stimare il "valore", in termini immobiliari, di una nuova infrastruttura o di un nuovo servizio di trasporti è l'**accessibilità**. Infatti, interventi sul sistema di trasporto che facilitino e quindi rendano meno costosa (in termini di tempo o denaro) la mobilità vanno inevitabilmente ad aumentare le opportunità di interazione nello spazio – per esempio all'interno di una città – di chi può servirsi della nuova infrastruttura.

Come si possano misurare tali variazioni in accessibilità è un problema operativo, che tipicamente richiede la somministrazione di questionari sulle abitudini di mobilità (revealed choices) o con la proposizione di scenari alternativi di trasporto da far valutare al rispondente (stated choices) a fronte di risparmi o aggravii di tempo o denaro.

Una soluzione alternativa per studiare l'effetto di investimenti nei trasporti sono i **metodi del prezzo edonico** (Lancaster 1966). Questi strumenti permettono di scomporre il valore/prezzo di fabbricati o terreni nelle sue diverse determinanti sulla base delle loro caratteristiche, andando quindi a esplicitare il cosiddetto **prezzo implicito** di ognuna di esse. E' quindi possibile, in questi esercizi empirici, valutare il valore medio di una seconda stanza da letto o di 10m² in più, o di una piscina. Ma oltre a parametri fisici dei fabbricati, il modello dei prezzi edonici permette anche di valutare le caratteristiche del vicinato, espresse per esempio in termini di vicinanza a un parco, a una scuola considerata di valore, o – aspetto rilevante per questo rapporto – la distanza da infrastruttura di trasporto pubblico come una metropolitana o il tram. Ovviamente, questo ultimo fattore diventa sempre più rilevante più la città analizzata è densa, urbanizzata, e vasta. In altre parole, in contesti dove l'alternativa (uso dell'auto) diventa facilmente sconveniente, per vari motivi tra cui il traffico, i tempi di percorrenza o la difficoltà e i costi del parcheggio.

In termini pratici, l'affitto (o valore d'acquisto) R dei fabbricati è studiato come una funzione di vari set di caratteristiche S che ne descrivono la qualità e la quantità, il quartiere N in cui sono posizionati, il loro posizionamento L all'interno del mercato, eventuali caratteristiche contrattuali C

(nel caso degli affitti), e il contesto attuale T del mercato immobiliare (per esempio, la data in cui viene rilevato il valore), secondo un modello di questo tipo (Iacono e Levinson 2015) :

$$R = f(S, N, L, C, T)$$

È il set di variabili L quello che interessa discutere in questo rapporto. Tipiche misure in questo gruppo di variabili sono la distanza dal centro della città (espressa potenzialmente in km, tempo di percorrenza (travel time), o costo di trasporto), la distanza dalla più vicina autostrada/strada extraurbana, accessibilità regionale (per contesti più ampi).

Un approccio alternativo a quello edonico è rappresentato da quello delle vendite ripetute, in cui si osserva il prezzo a cui fabbricati dalle simili caratteristiche (resi omogenei in termini statistici) vengono venduti in periodi diversi per inferire sulle modifiche di prezzo medio intervenute annualmente.

EFFETTO SUI VALORI IMMOBILIARI – CASI STUDIO

La letteratura economica, come si diceva, è ricca riguardo agli effetti di investimenti in infrastrutture di trasporto pubblico sui valori dei fabbricati (o terreni) residenziali o commerciali. Si potrebbe asserire che intuitivamente ci si aspetti che nuova offerta di trasporto pubblico attragga attività commerciale nelle aree interessate dal trasporto pubblico, facendo così aumentare i valori immobiliari e eventualmente la densità (marginalmente in aree già altamente urbanizzate) (Czamanski 1966; Knight and Trygg 1977; Pagliara e Papa 2011).

In realtà, gli effetti misurati nei diversi studi sono di diversa entità. Com'è spesso il caso, ciò dipende dalla scelta delle variabili utilizzate e dal fatto che si osservino i prezzi di fabbricati commerciali o residenziali. Iacono e Levinson (2015) riportano che gli effetti più concordanti sono quelli trovati per le proprietà commerciali, sebbene sempre con una certa varietà nell'entità numerica di tali effetti. Studi come quello di Banister e Thurstain-Goodwin (2011) mostrano come l'effetto di un aumento in accessibilità influenzi i valori immobiliari in modo eterogeneo, soprattutto in relazione alla distanza dal centro della città. In altre parole, la disponibilità di trasporto pubblico viene ad avere un valore maggiore per chi, in quartieri più periferici, soffre di una bassa accessibilità, e minore per chi al centro cittadino è già vicino.

Data la ricchezza ed enorme diversità negli studi pubblicati e commissionati su questo argomento, in quel che segue verrà dapprima fornita meta-evidenza empirica proveniente da studi che si sono occupati di riassumere e testare le differenze tra i diversi casi studio. Successivamente, verranno illustrati vari casi studio, alcuni dei quali in comune con la trattazione precedente negli altri ambiti di questo rapporto.

Evidenza meta-analitica

Esistono vari studi scientifici, cosiddetti "meta-analitici", che confrontano le evidenze empiriche rilevate in un numero elevato di studi sullo stesso argomento e cercano di trovare un "effetto medio" o, quando non è possibile, dei fattori che guidano l'eterogeneità nei risultati. Negli studi economici, un effetto medio ha appunto una portata limitata, poiché la specificità dei contesti gioca un ruolo molto rilevante. I fattori che determinano i risultati, infatti, sono di solito relativi alle caratteristiche dei differenti contesti analizzati, delle metodologie utilizzate, e di altre scelte fatte dal decisore pubblico e dal ricercatore nello studiare un fenomeno. Si può, sulla base di questi, cercare delle ricorrenze nelle evidenze empiriche dei diversi studi. Debrezion et al. (2007) è uno studio meta-analitico basato su 57 risultati empirici, e riguardante l'effetto delle stazioni ferroviarie (ma anche light rail (tram) e metropolitane) sui valori immobiliari. Gli autori trovano che, in media, un aumento dei valori degli immobili commerciali avviene a breve distanza dalle stazioni, in misura maggiore del 12,2% rispetto agli immobili residenziali. In termini assoluti, rilevano un maggior valore, rispetto alle aree di controllo, per il commerciale del 16,4%, e per il residenziale del 4,2%. Viene anche sottolineato come a distanze maggiori dalle stazioni (più di 400 metri), gli effetti sui fabbricati residenziali dominino invece quelli sui commerciali. Dal punto di vista dei diversi mezzi di trasporto, i treni regionali appaiono in media avere un effetto maggiore sui valori immobiliari rispetto a metropolitane (heavy rail transit) o tram e assimilabili (light rail transit).

Un'ulteriore meta-analisi, condotta da Zhang (2009), confronta gli effetti del trasporto pubblico su rotaia (sia tram che metropolitana) e su ruota. Lo studio conferma come la maggior parte degli studi trovi un effetto positivo dell'offerta di trasporto pubblico sui valori immobiliari, sebbene in misura maggiore per le metropolitane. Nello studio viene anche suggerito che un fattore importante nella valutazione degli effetti suddetti sia la maturità del sistema. In altre parole, vari studi sono stati effettuati a distanza temporale troppo breve dall'introduzione di una nuova infrastruttura, quando il mercato immobiliare non aveva ancora avuto il tempo di reagire in pieno alle modifiche di accessibilità (in quanto la "reazione" del mercato debba partire dalla consapevolezza dei residenti o dei potenziali residenti riguardo agli eventuali benefici acquisibili dalla vicinanza al trasporto pubblico). Questo aspetto appare essere di vitale importanza anche nel caso di Bologna, e giustifica le attività di condivisione e consultazione con la cittadinanza correntemente messe in atto.

Una più recente meta-analisi (Hamidi et al. 2016), sebbene basata sugli Stati Uniti, trova benefici in termini di valori immobiliari residenziali più alti in aree ad alta densità. La distanza dalla stazione, ancora una volta, appare essere rilevante, con il beneficio maggiore sui valori residenziali che emerge a moderate distanze dalle stazioni, per poi decrescere gradualmente. Gli autori non identificano, in questo caso, significative differenze tra diverse tecnologie di trasporto.

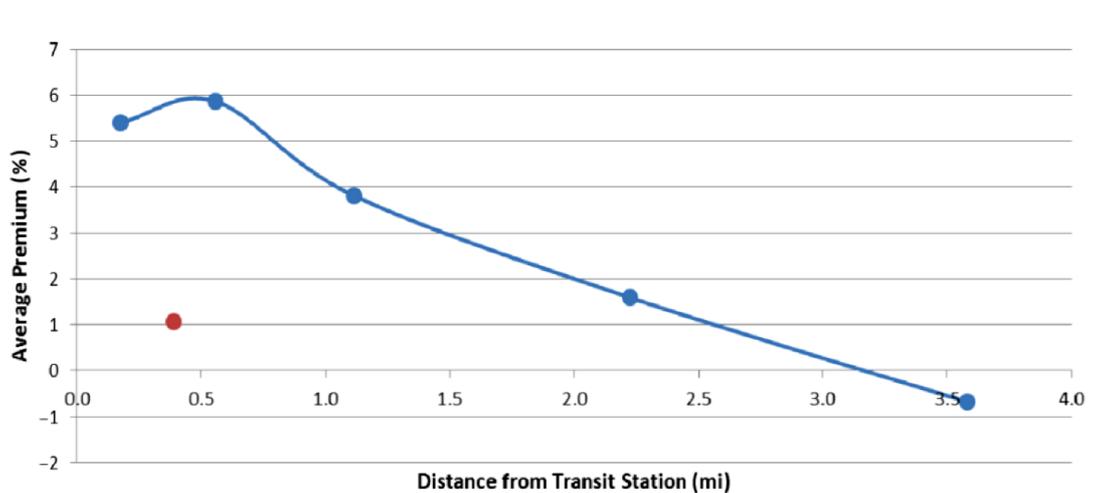


Figura 25-La distanza dalla stazione (accessibilità per famiglia) influisce sul valore residenziale.

CASI INGHILTERRA

Diversi studi su città britanniche (Manchester, Sunderland, Glasgow) mostrano sia risultati negativi che positivi. A Manchester (Forrest et al. 1996), a seguito dell'introduzione della nuova linea Metrolink, è stato rilevato un deprezzamento dei valori immobiliari, spiegato dal pattern molto persistente delle scelte residenziali lunga la linea, datato al diciannovesimo secolo. A Sunderland (Du and Mulley 2007), un'estensione del trasporto urbano su rotaia non ha portato a identificare significativi effetti positivi nel breve periodo. Questo risultato è stato giustificato sulla base delle scarse opportunità in termini di sviluppo di Sunderland, che attraversava un ciclo economico non favorevole.

CASO NAPOLI

A Napoli, una nuova linea di metropolitana (linea 1) è stata oggetto di studi relativi agli effetti trasformativi della città e sui valori immobiliari, anche tramite un'analisi temporale che ha coperto gli anni dal 1991 al 2004 (Papa 2005; Pagliara e Papa 2011). I risultati mostrano che i valori immobiliari sono cresciuti di più nelle aree attorno delle nuove stazioni (catchment areas) rispetto alle zone di controllo (vicine e simili per caratteristiche ma non interessate direttamente dall'investimento infrastrutturale). Con l'eccezione della zona di Poggioreale (che aveva sperimentato un decremento demografico), negli altri quartieri le aree direttamente interessate

dall'investimento hanno evidenziato in generale un aumento di valori immobiliari e affitti, nelle dimensioni residenziali, commerciali e uffici, maggiore rispetto alle zone di controllo.

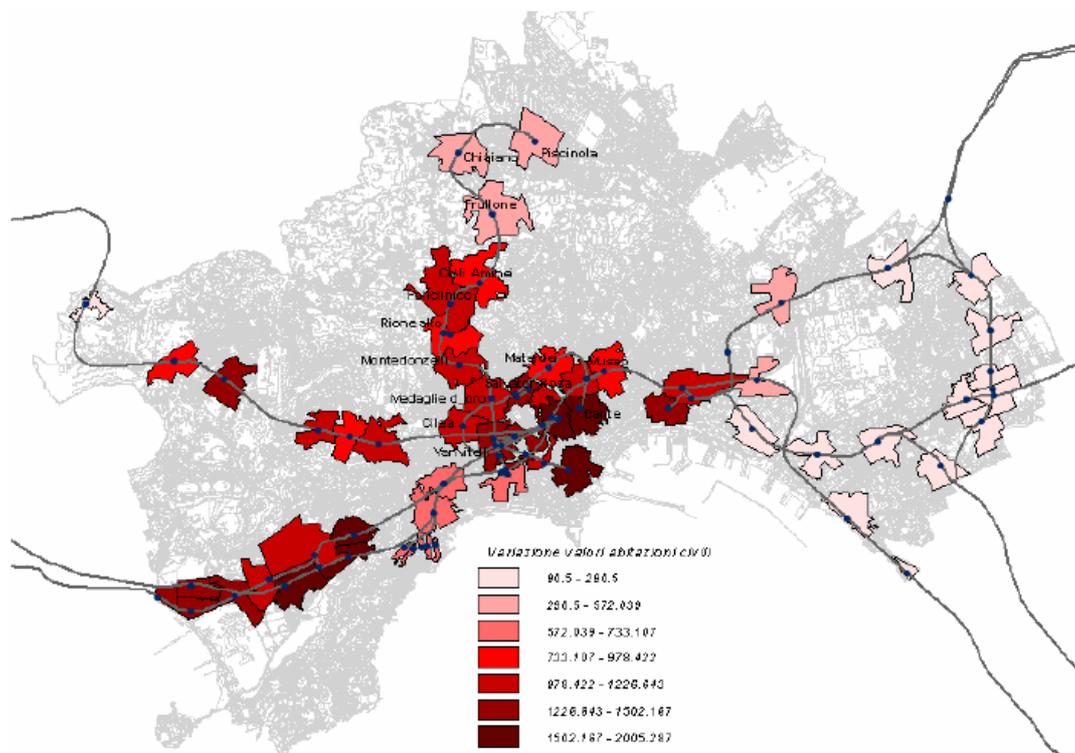


Figura 26 - Variazione del valore patrimoniale medio di abitazioni nelle aree delle stazioni 1994-2004.

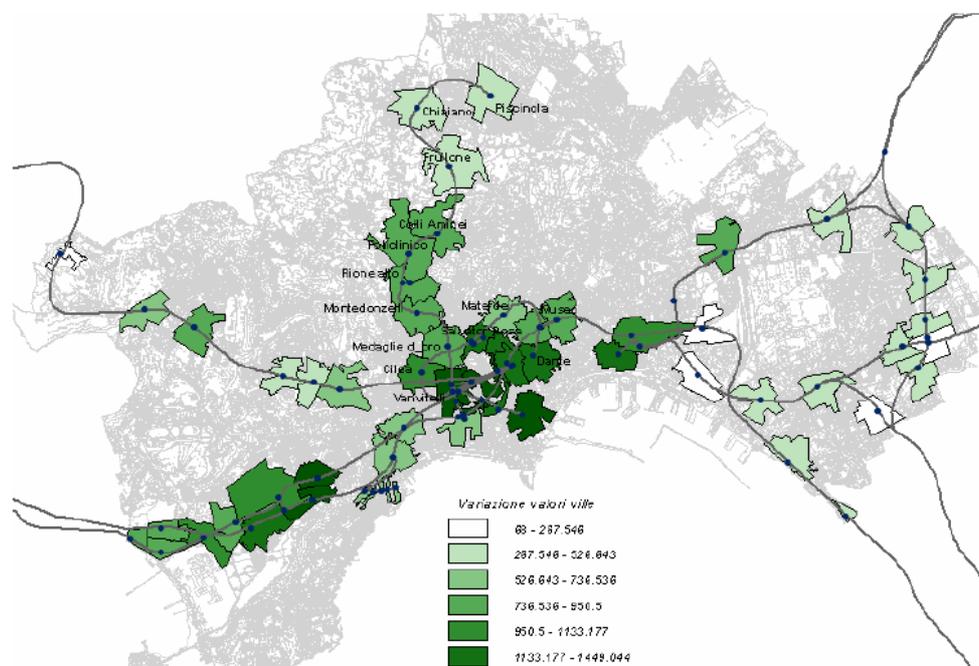


Figura 27 - Variazioni del valore patrimoniale relativo ad abitazioni unifamiliari 1994-2004.

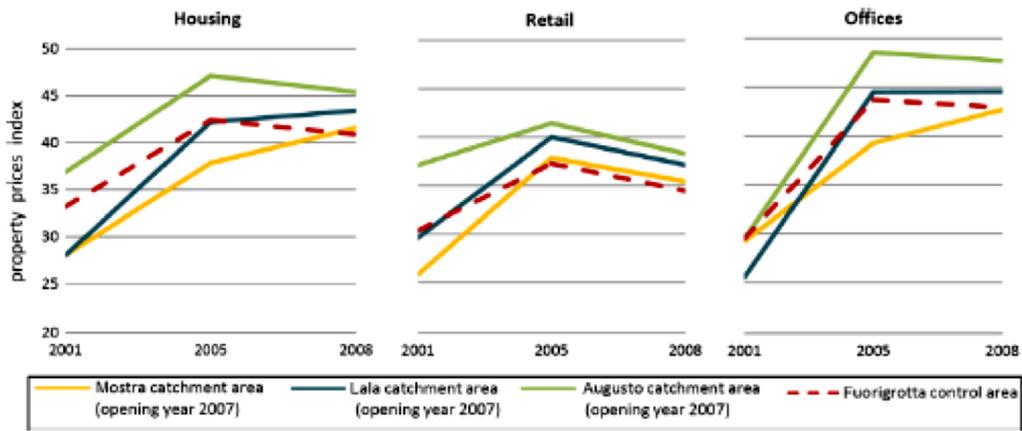


Figura 28 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nei bacini di Mostra, lala, Augusto e nell'area di controllo Fuorigrotta- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

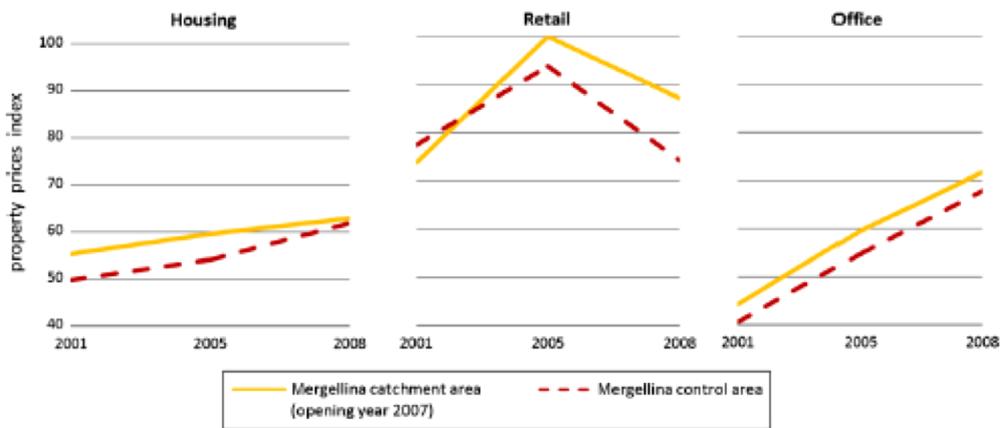


Figura 29 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino d'utenza di Mergellina e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

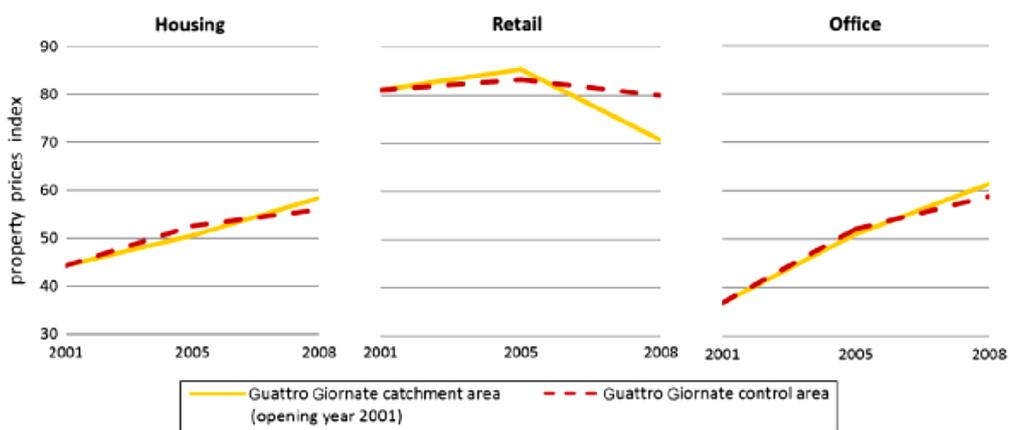


Figura 30 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino d'utenza Quattro Giornate e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

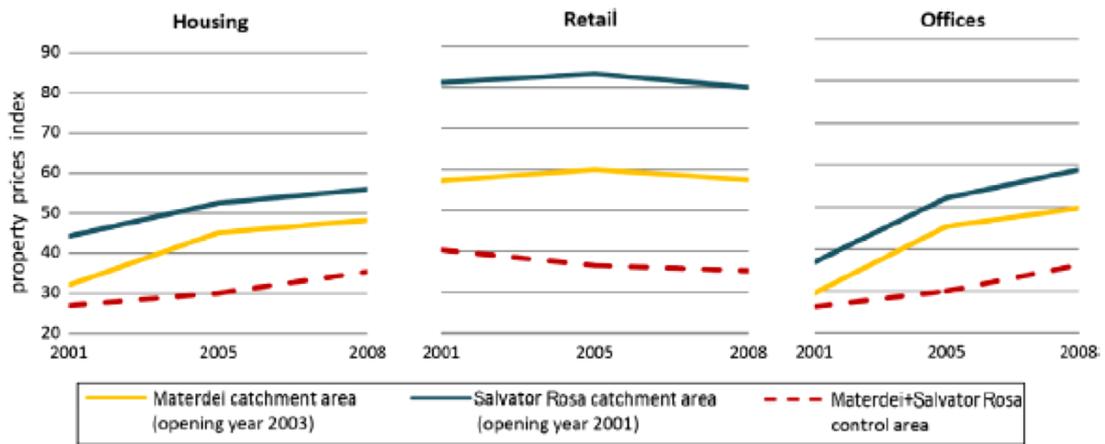


Figura 31 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino di Matildei e Salvador Rosa e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

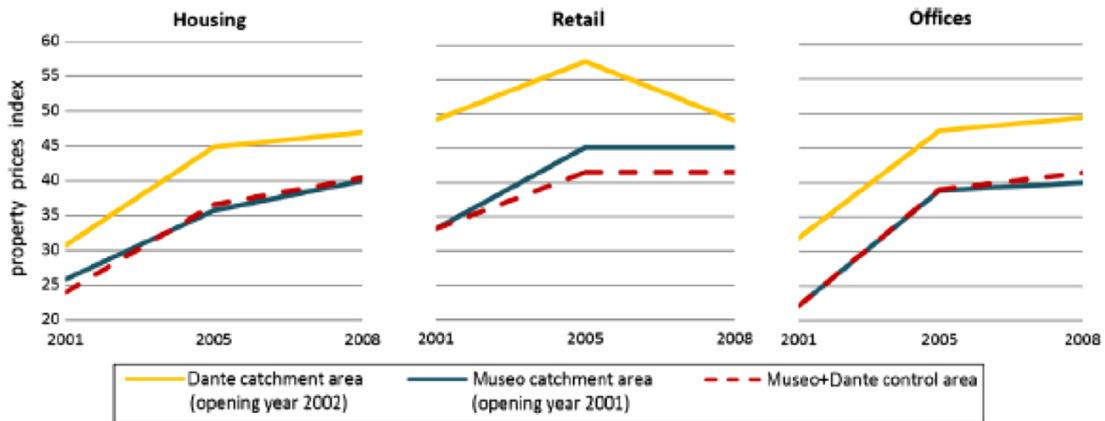


Figura 32 - indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nei bacini di Dante Museo e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

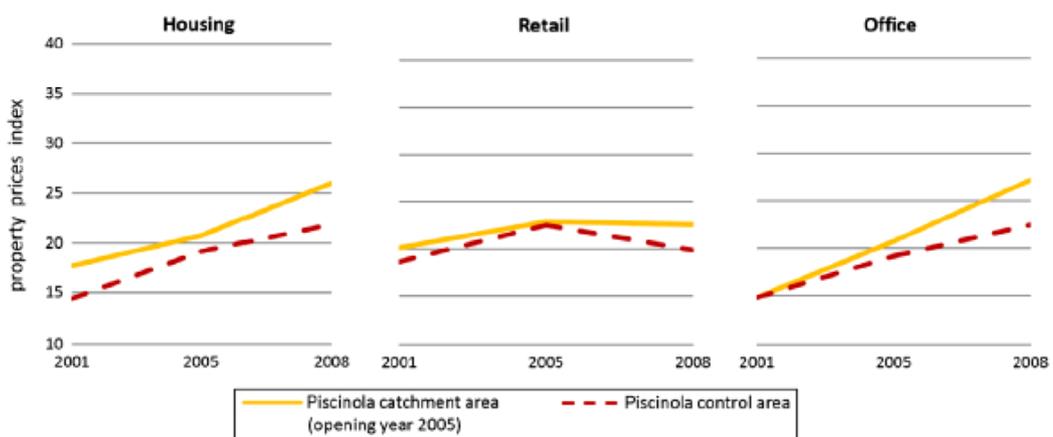


Figura 33 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino di Piscinola e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

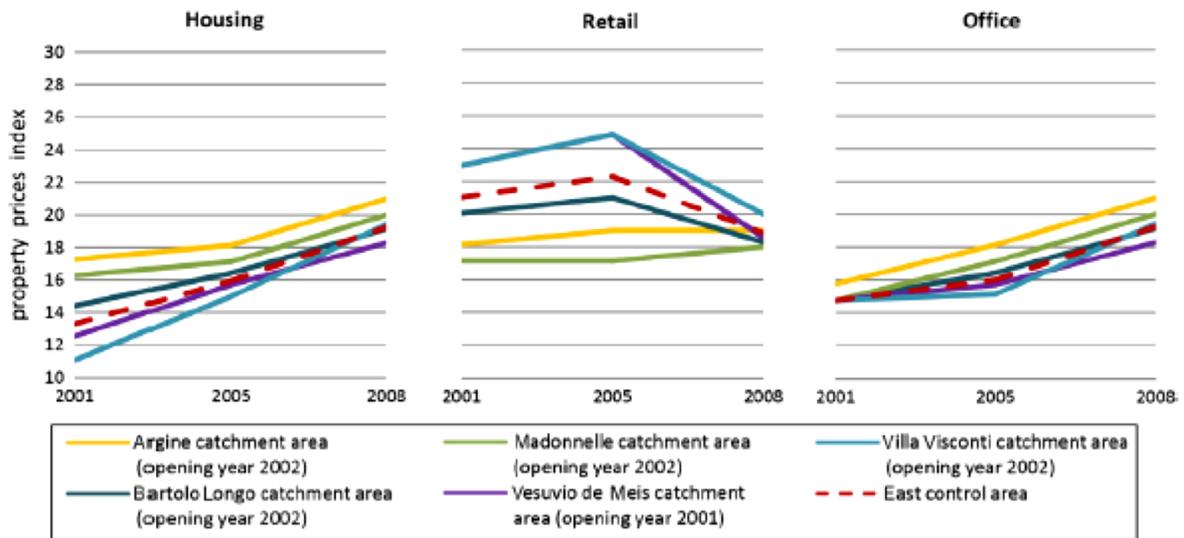


Figura 34 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nei bacini di Argine, Bartolo Longo, Madonnelle, Vesuvio De Meis, Villa Visconti e nelle aree est di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

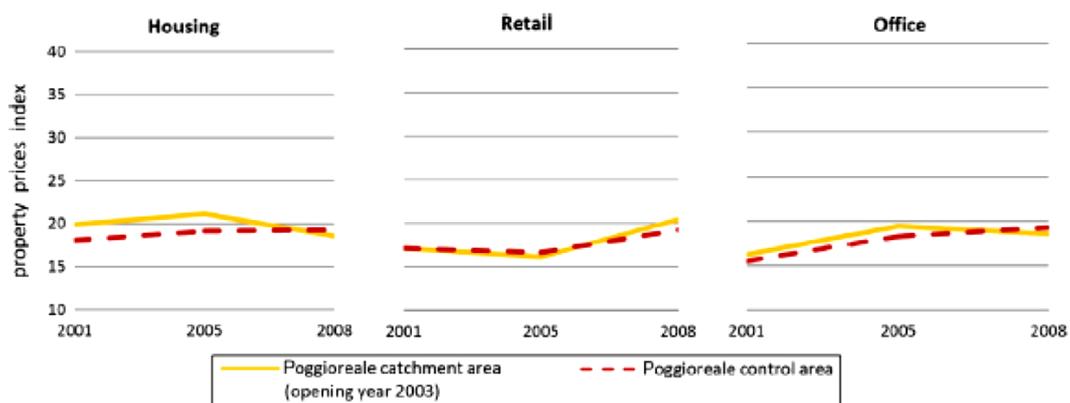


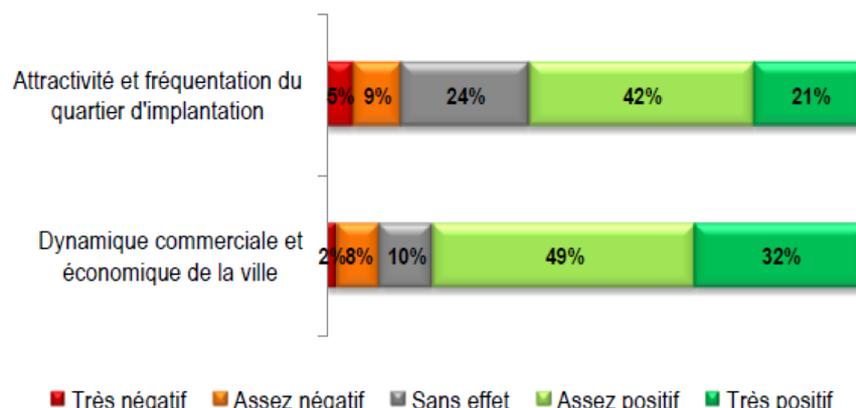
Figura 35 - Indici dei prezzi immobiliari residenziali, commerciali e di uffici nel bacino di Poggioreale e nell'area di controllo- Indici 100-2001 (Iacono e Levinson, 2015).

CASO BORDEAUX

Il caso di studio riguardante la città di Bordeaux riportato precedentemente (si veda per esempio a p. 22) fornisce anche indicazioni sull'effetto della linea tramviaria sui valori immobiliari. Sebbene la fonte originale – in francese – non sia rintracciabile direttamente, viene riportato, in Sari (2015), che le aree interessate hanno registrato aumenti tra il 40% e il 50%.

Da notare come nello studio di Sari vengano riportati anche risultati riguardanti le attività commerciali. In particolare, da sondaggi effettuati sui responsabili delle attività localizzate vicino alla linea tramviaria, emerge che il 63% valuta positivamente l'attrattività e frequentazione del quartiere, e l'81% valuta positivamente la dinamica commerciale ed economica dell'area di implementazione. A una successiva domanda sull'effetto percepito in termini di attività commerciale dopo la messa in opera della linea tramviaria, circa il 60% riporta nessun effetto, mentre quasi il 30% riporta effetti positivi. Solo una quota tra il 10 e il 15% lamenta effetti negativi. Tali effetti positivi sembrano essere dovuti – da ulteriori domande chiarificatrici – alla maggiore accessibilità dei business da parte di clienti e dipendenti dovuta all'investimento in trasporto pubblico (Observatoire des Effects du TRAMWAY sur l'Activité Economique 1999-2008).

Le tramway a eu un impact très positif, assez positif neutre, assez négatif ou très négatif sur...



■ Très négatif ■ Assez négatif ■ Sans effet ■ Assez positif ■ Très positif

Depuis la mise en service du tramway, avez-vous ressenti une évolution de votre activité et clientèle...?

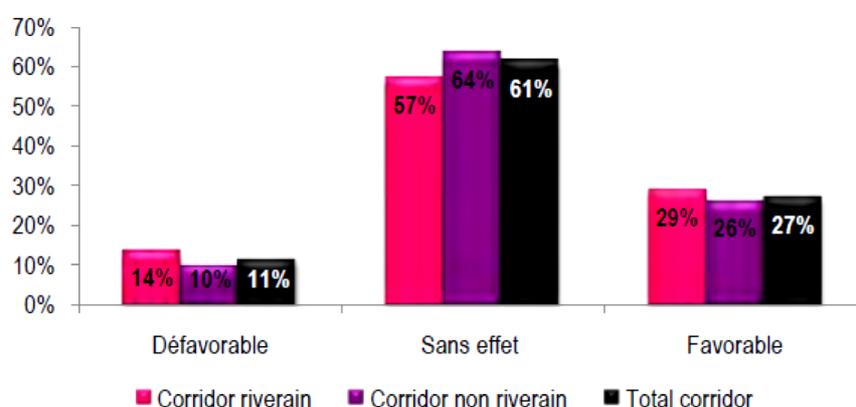


Figura 36 - Sondaggi effettuati sui responsabili delle attività localizzate vicino alla linea tramviaria (Sari, 2015).

CASO FIRENZE

Un recentissimo studio di Budiakivska e Casolaro (2018) stima, per le aree di Scandicci, Legnaia e Isolotto, i benefici privati (e pubblici) della nuova linea di tram a Firenze (già menzionata in parti precedenti di questo rapporto). Gli autori confrontano i prezzi di vendita delle proprietà immobiliari tra gli anni 2002 e 2013, per un campione di fabbricati serviti dalla linea e uno sintetico di fabbricati simili ma non serviti da essa.

Come è desumibile dai grafici allegati, in due casi su tre (con l'esclusione quindi di Isolotto), dinamiche di prezzi decisamente superiori sono state osservate per il campione interessato dalla nuova linea rispetto ai controlli sintetici. Questo è particolarmente evidente per Scandicci (+8%), e a partire, in pratica, dall'inizio dei lavori di costruzione, mentre per Legnaia un temporaneo effetto negativo è ribaltato poco dopo (+3%).

Un'ulteriore analisi, basata su un modello edonico, mostra che la distanza dalle stazioni produce un effetto negativo sui prezzi (-26 euro a metro quadro ogni 100m di distanza), mentre – come misura alternativa di accessibilità alle stazioni – la segnalata impossibilità di raggiungerle a piedi dall'immobile determina un valore minore di 145 euro a metro quadro. Questo valore esplode addirittura 342 euro per l'area di Scandicci.

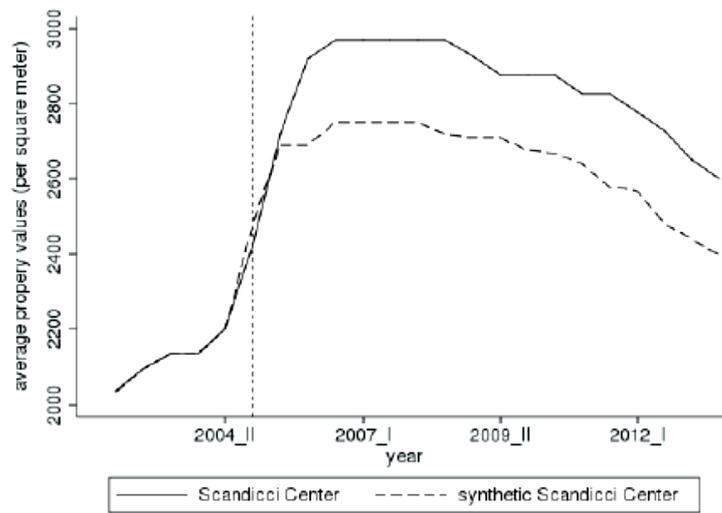


Figura 37 - Evoluzione dei valori patrimoniali relativi a Scandicci centro.

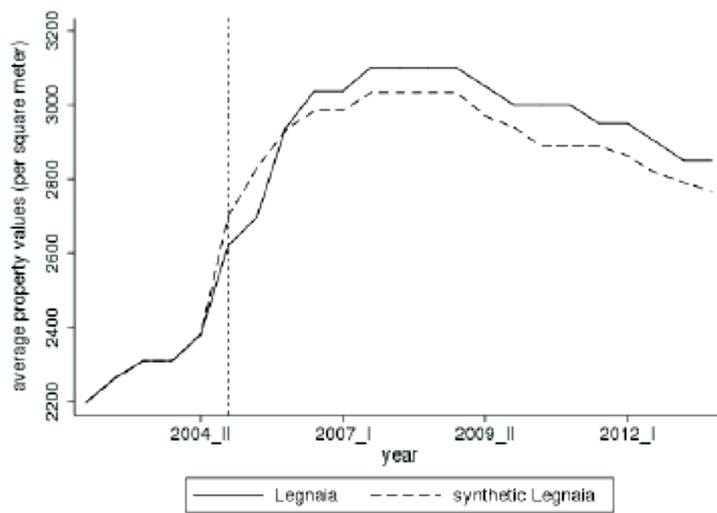


Figura 38 - Evoluzione dei valori patrimoniali relativi a Legnaia.

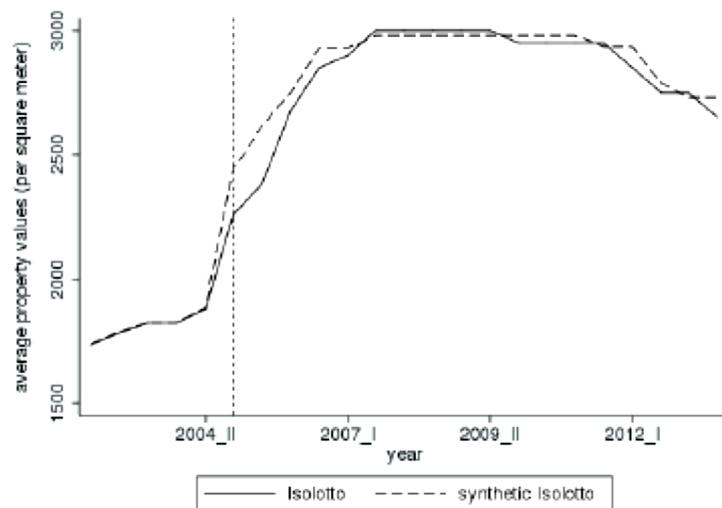


Figura 39 - Evoluzione dei valori patrimoniali relativi a Isolotto.

CASO HAUTS-DE-SEINE

Lo studio di Boucq e Papon (2008) analizza l'effetto sui prezzi immobiliari di un'estensione/miglioramento della linea di tram T2 nell'Hauts-de-Seine, nelle vicinanze di Parigi. Gli autori misurano le variazioni in termini di accessibilità registrati nei vari quartieri, e osservano, dopo un primo periodo, in cui non si erano verificati effetti di anticipazione riguardo alla futura provvigione di maggior trasporto pubblico, un progressivo impatto positivo negli anni successivi all'implementazione della linea T2 (in particolare i primi quattro anni). Viene inoltre illustrato come la capitalizzazione dei vantaggi in termini di accessibilità è più alta nella zona centrale dell'area attraversata dalla linea e nella parte sud-est, in cui i miglioramenti in termini di accessibilità erano stati maggiori.

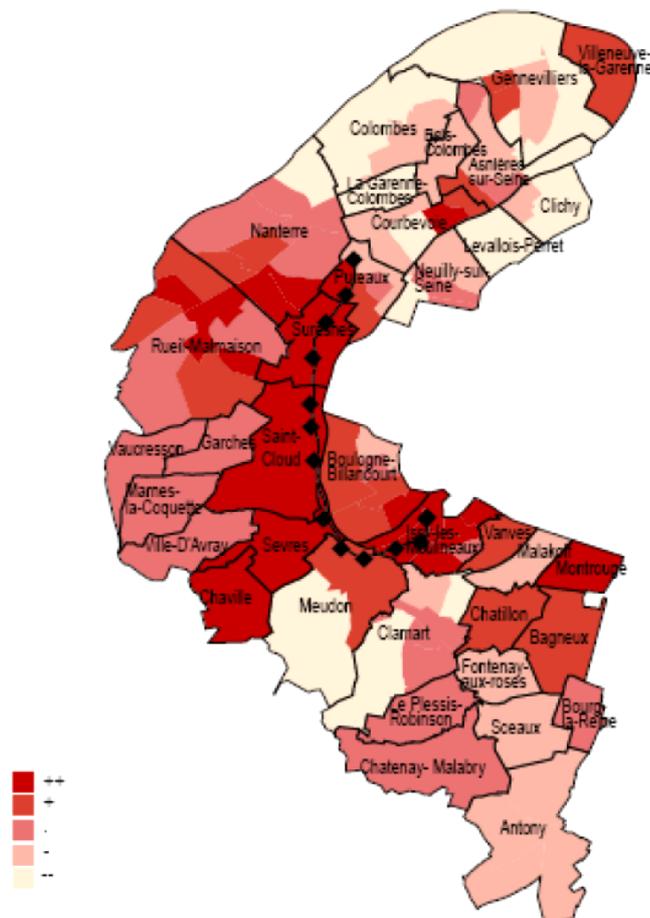


Figura 40 - Percentuale di capitalizzazione dei guadagni di accessibilità per distretto sulle vendite di abitazioni residenziali nel dipartimento Hauts-de-Seine, tra il 1996 e il 2003.

CASO POZNAŃ

Gadziński e Radzimski (2016) forniscono un caso studio sull'implementazione del Poznań Rapid Tram (PST, in polacco). Più di una decade dopo l'apertura del servizio, gli autori investigano i suoi effetti sui pattern di mobilità dei cittadini, sul loro livello di soddisfazione e sui prezzi immobiliari. Per quanto riguarda quest'ultima dimensione, trovano che è difficile identificare la distanza dalle stazioni del tram come determinanti dei prezzi immobiliari, con effetti che variano, a seconda della distanza da esse, da positivi (per gli immobili più vicini) a negativi. La conclusione degli autori è che usare aspettative sui valori immobiliari come selling point per giustificare per progetti

di trasporto pubblico è una pratica dubbia, data l'evidenza empirica, e che è invece preferibile sottolineare i benefici per la cittadinanza in termini di soddisfazione e pattern di mobilità.

EFFETTO SULLE ATTIVITÀ COMMERCIALI

L'impatto della costruzione di nuove infrastrutture di trasporto urbano sulle attività commerciali può essere stimato seguendo due direttive principali: (i) utilizzando, come proxy del livello di attrattività di uno spazio commerciale, l'affitto che viene pagato per l'immobile o il prezzo a cui viene venduto; oppure (ii) con apposite indagini volte a investigare come vari nel tempo, da *prima* a *durante* fino a *dopo* l'introduzione della nuova infrastruttura, il fatturato o i profitti delle suddette attività commerciali.

Del primo metodo di stima, si è già detto qualcosa nella parte precedente, con riferimento appunto ai valori immobiliari. Si discuteva del fatto che una delle aspettative teoriche dell'introduzione di nuova infrastruttura di trasporto è un aumento della densità delle attività commerciali attorno all'infrastruttura, a causa dei vantaggi in termini di accessibilità derivanti dalla stessa. Chiaramente, questo aumento di densità è atteso essere maggiore in zone periferiche e marginale in zone già altamente urbanizzate e dense. Si riportava anche che lacono e Levinson (2015) confermano che gli effetti più concordanti, seppure con una certa (ovvia) variabilità, sono quelli su un aumento dei valori degli immobili a uso commerciale, confermando ciò che si diceva (se non può aumentare la densità, ovviamente aumentano i prezzi/valori). Ad ulteriore chiarimento di ciò, Debrezion et al. (2007) specificano che l'aumento dei valori immobiliari per il commerciale avviene a breve distanza dalle stazioni e per un 12,2% in più rispetto al residenziale, e che in generale l'aumento per il commerciale è sensibilmente maggiore rispetto al residenziale (16,4% contro il 4,2%), mentre la relazione s'inverte man mano che aumenta la distanza dalle stazioni.

Per quanto riguarda invece l'effetto della costruzione della linea tramviaria su fatturato o redditività delle attività commerciali, l'ammontare di informazioni disponibili è nettamente più limitato. Dalla discussione di cui sopra emergeva comunque un'indicazione confortante, in particolare dal caso studio di Bordeaux, con un 63% di responsabili delle attività localizzate vicino alla linea tramviaria che valutava positivamente l'attrattività del quartiere, e ben l'81% che valutava positivamente le dinamiche commerciali/economiche dell'area. Sebbene il 60% degli intervistati non riportasse alcun effetto, un 30% del campione riportava invece un effetto positivo. E' però oggettivamente difficile trovare nella letteratura scientifica molti altri punti di appoggio dal punto di vista empirico, soprattutto se si vuole evitare di confrontare modelli molto diversi da quello in esame, come quelli della città USA e della metro, che hanno caratteristiche molto diverse. A tal riguardo, l'applicazione più promettente è un lavoro recentemente presentato ma ancora in corso di perfezionamento da parte di Grossi et al. (presentato nel 2018 a una conferenza internazionale), che prende in esame la città di Firenze.

In questo lavoro, gli autori analizzano una particolare strada (via Talenti, su cui passa la nuova linea tramviaria) e le sue strade limitrofe come caso studio nel periodo dal 2006 (inizio lavori) al 2010 (inizio operatività della linea). Gli autori ipotizzano, da un punto di vista teorico, un maggior effetto positivo della maggiore accessibilità, per i negozi specializzati in beni durevoli. Utilizzando metodi controfattuali, stimano per la strada interessata un immediato calo delle vendite, sia per i beni durevoli che per quelli non durevoli, assorbitosi in media nell'arco di tre anni, e un aumento del numero di negozi, probabilmente come parte di una "scommessa" sulla futura attrattività dell'area grazie alla linea tramviaria. In particolare, appare che il numero di negozi specializzati in beni non durevoli aumenti in modo permanente.



Figura 41 - Effetti diretti, in termini di numero di negozi e vendite medie, su via Talenti, per beni durevoli e non durevoli.

Nell'analizzare invece gli effetti della linea tramviaria sulle strade limitrofe, gli autori non trovano effetti negativi sulle vendite al momento della costruzione, ma anzi successivi effetti positivi su quelle di beni durevoli (effetti apparentemente di lungo periodo, in questo caso) e negativi per gli altri (riassorbiti una volta che entra in funzione la linea), forse a causa di effetti di sostituzione, a livello di collocazione nel quartiere, tra negozi. Anche in questo caso, il numero di negozi specializzati in beni non durevoli appare aumentare in modo permanente.

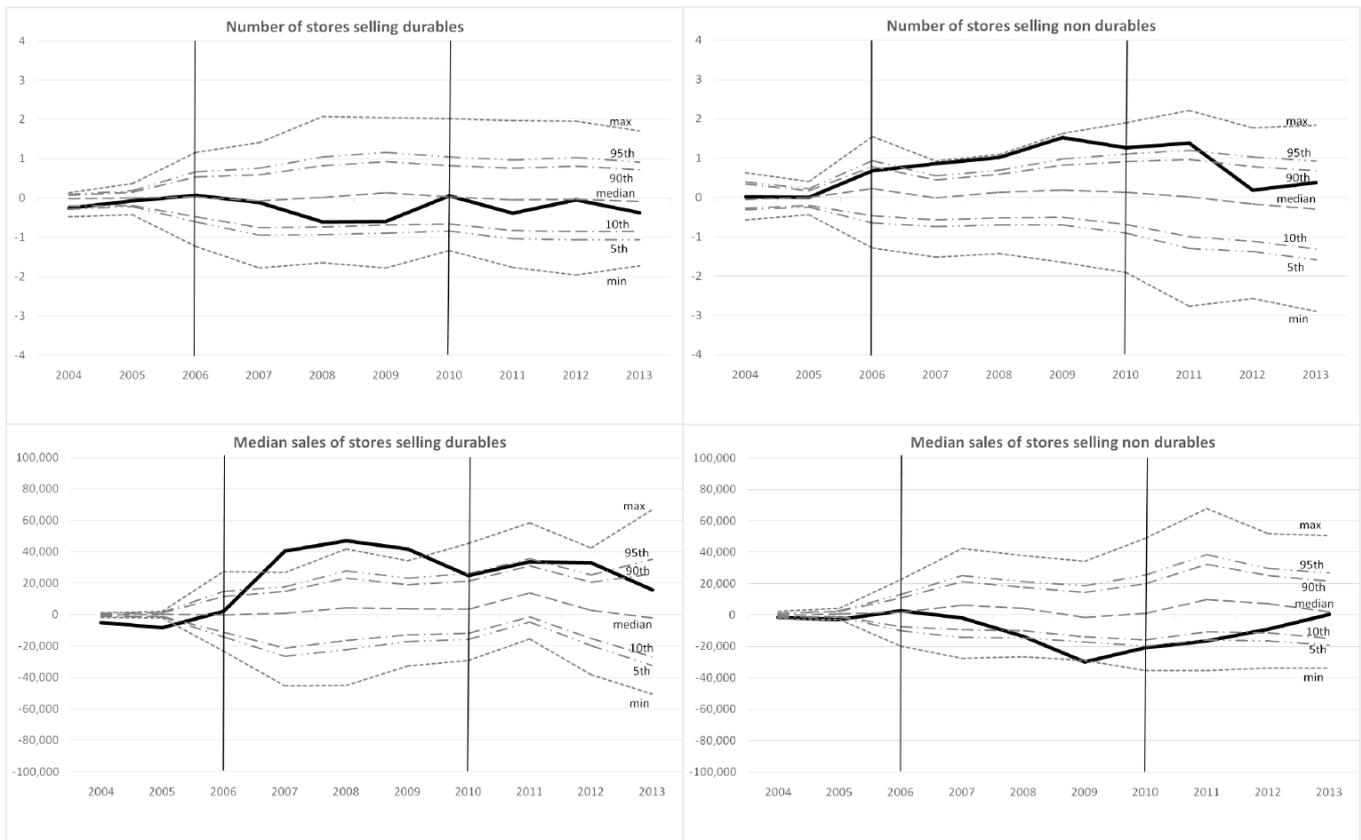


Figura 42 - Effetti indiretti, in termini di numero di negozi e vendite medie, sulle strade adiacenti a via Talenti, per beni durevoli e non durevoli.

Il potenziale – per quanto temporaneo – calo delle vendite per quanto riguarda i negozi direttamente interessati dai lavori di costruzione della linea tramviaria desta ovviamente un potenziale interesse, per lo sviluppo di possibili politiche di mitigazione di tale effetto. Ad esempio, a Seattle, WA, è stato stabilito un fondo per lo sviluppo della comunità di 50 milioni di dollari per dare supporto alle attività commerciali locali che di fatto ha permesso la sopravvivenza nella Rainier Valley di tutti gli esercizi. A Portland, OR, lungo quella denominata come Yellow Line è stato rilevato un aumento del guadagno netto delle attività commerciali, sebbene molte di quelle preesistenti alla realizzazione della linea tramviaria sono state riallocate in altre aree della città e altre hanno cessato attività. Anche a Edinburgh, in UK, appare essere stato messo in atto un pacchetto di misure, nate da un percorso consultativo con i commerciali, per supportare economicamente i business durante la fase di costruzione dell'infrastruttura di trasporto. Tali misure includono un range ampio che va da misure concrete di supporto finanziario per i commercianti e per i relativi clienti, ad azioni integrative di marketing e accesso continuativo a fondi.

Nel testo che precede si è visto come esista una vasta letteratura riguardante gli effetti economici delle infrastrutture di trasporto urbano, focalizzata soprattutto sull'analisi dell'impatto sui valori immobiliari. Molto di meno è invece proposto, nella letteratura scientifica, sull'effetto sulle attività commerciali, se non in contesti molto diversi da quelli Europei, come gli Stati Uniti.

Per quanto riguarda la prima dimensione, l'aspettativa teorica relativa alla presenza di stazioni del trasporto pubblico porterebbe ad aspettarsi un aumento dell'attrattività in prossimità delle stesse, sia a fini residenziali che a fini commerciali, grazie ai maggiori livelli di accessibilità. Poiché in contesti già altamente urbanizzati come Bologna la densità non può realisticamente aumentare, sarebbe lecito aspettarsi aumenti dei valori immobiliari.

Si è sottolineato qui sopra come gli studi che hanno esplorato la letteratura sugli effetti relativi ai valori immobiliari trovi in realtà una pletora di diversi risultati empirici, che variano da quelli positivi

(aumento dei valori) a quelli nulli (non significativi da un punto di vista statistico) fino addirittura a isolati casi di effetti negativi, sebbene con una preponderanza di quelli positivi. Gli effetti (positivi, appunto) sui valori degli immobili commerciali sembrano quelli su cui nella letteratura si trova maggiore concordanza. Ciò sembra essere particolarmente vero per quanto riguarda i quartieri più periferici (cioè l'effetto aumenta con la distanza dal centro città).

La letteratura scientifica suggerisce anche come sia necessario l'intercorrere di un periodo temporale abbastanza lungo prima che possano essere misurati tali effetti, in modo da permettere agli agenti economici di assimilare i cambiamenti intervenuti nell'ambito della mobilità urbana e da fare in modo che questi confluiscano nei prezzi immobiliari.

Per quanto riguarda invece la performance delle attività commerciali (commercio al dettaglio), i dati disponibili sono molto limitati. Un raro esempio – seppur limitato – viene da Firenze e da uno studio di IRPET, ancora in fase preliminare: in questo esercizio di valutazione ex post, sono analizzati gli effetti sulle attività localizzate su una specifica strada interessata da nuova linea del tram (e le sue traverse, fondamentalmente). Dai risultati preliminari degli autori, emerge un calo delle vendite accusato durante i lavori di costruzione della linea e riassorbitosi in tre anni, e un aumento del numero di negozi. Quest'ultimo appare significativo, perché valutato come permanente, per i negozi specializzati in beni non durevoli. Un calo delle vendite non viene invece sperimentato nelle strade limitrofe, che invece sembrano specializzarsi nella vendita di beni durevoli.

Questi risultati preliminari – e molto limitati come casistica – chiaramente non possono essere letti, al momento, in chiave generalizzabile. Sarà ovviamente fondamentale, durante la fase di costruzione dell'infrastruttura, garantire un adeguato accesso alle attività commerciali e visibilità alle stesse.

(a cura del Mobility Manager UniBo)

Gli indicatori costituiscono uno strumento di analisi e monitoraggio rilevante nei progetti di infrastrutturazione urbani. Il concetto di analisi sottende infatti la capacità di sintetizzare i sistemi complessi in sistemi misurabili nel tempo. Lo studio condotto nel presente capitolo permette di confrontare i principali indicatori adottati nell'ambito dei sistemi di trasporto e delle policy urbane correlate alla dimensione della sostenibilità, nell'accezione tradizionale di ambientale, economica e sociale, e dello sviluppo del territorio. I set di indicatori sono stati individuati sulla base degli aspetti di innovazione, originalità, applicabilità a contesti urbani di medie dimensioni, ed emergono sia da studi contestualizzati in progetti europei, sia in ambito istituzionale di enti territoriali preposti al monitoraggio e alla gestione delle infrastrutture. In letteratura, con il termine "indicatori" si intende variabili selezionate che possono facilitare l'operatività di obiettivi e la riduzione della complessità insita nella gestione dei sistemi complessi (Gundmundsson, 2004). Nel momento in cui gli indicatori vengono paragonati a standard e obiettivi, diventano misure di performance di sistemi, organizzazioni e policy.

Gli indicatori relativi ai trasporti sono stati inseriti in diversi framework di monitoraggio e assessment, tipo l'UK's Quality of Life Counts (DETR, 1999) o il set di Indicatori ambientali "Environmental Signals" (EEA, 2001).

INDICATORI EEA

La EEA individua i seguenti tipi di indicatori nell'ambito dei trasporti (Bosch, 2002):

- **Indicatori descrittivi:** misurano lo stato o il trend in determinate entità o aree. Esempio: l'emissione di CO₂ derivanti dai sistemi di trasporto.
- **Indicatori di performance:** utilizzati nella comparazione di stati e trend con standard e norme. Esempio: il numero di fabbricati su cui impatta il rumore, sulla base di un campione prestabilito.
- **Indicatori di efficienza:** tassi o trend descrittivi. Esempio: efficienza del consumo di carburante/energia nei nuovi veicoli.
- **Indicatori di efficacia di policy:** in grado di misurare l'effetto delle policy su cambiamenti rilevati. Esempio: l'effetto legislativo sui limiti di emissioni di inquinanti derivanti dai motori endotermici dei veicoli.

Alcune caratteristiche operative degli indicatori (BTS, 2002):

- Fornire un quadro rappresentativo del fenomeno analizzato;
- Semplicità, capacità di ridurre i livelli di complessità;
- Rispondenza al cambiamento dei fenomeni;
- Fondamenti teorici in termini scientifici e tecnici;
- Aderenza a standard internazionali
- Possibilità di essere aggiornati ad intervalli regolari in accordo con le procedure di rilevamento.

Alcuni esempi di indicatori utilizzati in città europee applicati ai sistemi di trasporto e aspetti socio-economici ed urbanistici correlati. Indicatori generali connessi a tematiche ambientali, utilizzati dal EU (Council of the European Union, definiti per il monitoraggio il progresso nell'implementazione di SDS (Sustainable Development Strategy (Bruxelles, 2001)).

Tabella 16 - Panoramica delle principali questioni relative al trasporto sostenibile.

	<i>Environmental</i>	<i>Economic</i>	<i>Social</i>
Development (Present generation)	Healthy air quality Acceptable noise Limited pollution/Waste Visual quality/liveability	Mobility and access Travel time/congestion Travel costs and prices	Safety Equity in mobility/ access
Sustainability (Future generations)	Climate stability Protecting ecosystems/biodiversity Land conservation Resource conservation	Transport reinvestments Transport innovations Economic viability	Intergenerational equity in mobility Community cohesion

IL SISTEMA TERM

Il Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) è un framework di monitoraggio ufficiale della EEA, che opera in collaborazione con la Commissione Europea ed Eurostat. Il sistema consiste in un set composto da 35-40 diversi indicatori. L'obiettivo principale è supportare il processo politico di integrazione gli aspetti critici ambientali nelle policy dei trasporti (EEA, 2001).

Tabella 17 - Indicatori del sistema TERM.

1 Environmental consequences of transport	Transport final energy consumption and primary energy consumption, and share in total by mode and by fuel Transport emissions of greenhouse gases (CO ₂ and N ₂ O) by mode Transport emissions of air pollutants (NO _x , NMVOCs, PM ₁₀ , SO _x , total ozone precursors) by mode Population exposed to exceedances of EU air quality standards for PM ₁₀ , NO ₂ , benzene, ozone, lead and CO % of population exposed to and annoyed by traffic noise, by noise category and by mode Fragmentation of ecosystems and habitats Proximity of transport infrastructure to designated areas Land take by transport infrastructure by mode Number of transport accidents, fatalities, injured, and polluting accidents (land, air and maritime) Illegal discharges of oil by ships at sea Load factors for freight transport Accidental discharges of oil by ships at sea Waste from road vehicles (number and treatment of used tyres)
2 Transport demand and intensity	Passenger transport (by mode and purpose) Freight transport (by mode and group of goods)
3 Spatial planning and accessibility	Access to basic services: average passenger journey time and length per mode, purpose (commuting, shopping, leisure) and location (urban/rural) Regional access to markets: the ease (time and money) of reaching economically important assets (e.g. consumers, jobs), by various modes (road, rail, aviation) Access to transport services
4 Supply of transport infrastructure and services	Capacity of transport infrastructure networks, by mode and by type of infrastructure (motorway, national road, municipal road, etc.) Investments in transport infrastructure/capita and by mode
5 Transport costs and prices	Real change in passenger transport price by mode Fuel prices and taxes Total amount of external costs by transport mode (freight and passenger); average external cost per passenger-km and tonne-km by transport mode Implementation of internalisation instruments i.e. economic policy tools with a direct link with the marginal external costs of the use of different transport modes Subsidies Expenditure on personal mobility per person by income group

6 Technology and utilisation efficiency	Overall energy efficiency for passenger and freight transport (per passenger-km and per tonne-km and by mode) Emissions per passenger-km and emissions per tonne-km for CO ₂ , NO _x , NMVOCs, PM ₁₀ , SO _x by mode Occupancy rates of passenger vehicles Uptake of cleaner fuels (unleaded petrol, electric, alternative fuels) and numbers of alternative-fuelled vehicles Waste from road vehicles (end-of-life vehicles) Size of the vehicle fleet Average age of the vehicle fleet Proportion of vehicle fleet meeting certain air and noise emission standards (by mode)
7 Management integration	Number of Member States that have implemented an integrated transport strategy Number of Member States with a formalised cooperation between the transport, environment and spatial planning ministries Number of Member States with national transport and environment monitoring systems Uptake of strategic environmental assessment in the transport sector Public awareness and behaviour Uptake of environmental management systems by transport companies

INDICATORI DELLO STUDIO DI LIONE

Un gruppo di ricercatori ha definito un set di indicatori per monitorare la mobilità sostenibile a livello urbano (Nicholas, Pocheta e Poimbeuf, 2003). Gli indicatori individuati intendono coprire i tre ambiti di sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

Gli indicatori sono di tipo descrittivo, ancorché di performance. Un indicatore interessante misura l'occupazione spaziale dei diversi sistemi di trasporto in mq/ora. Viene dedotto, ad esempio, che lo spazio occupato dai veicoli privati, sia nella fase di sosta che di moto, supera di 40 volte quello del trasporto pubblico.

Tabella 18 - Indicatori di sostenibilità dello studio di Lione.

<i>Dimension of sustainability</i>	<i>Indicators</i>
<i>Mobility</i>	
Service provided	Daily number of trips Structure of trip purposes Daily average time budget
Organization of urban mobility	Modal split Daily average distance travelled Average speed (global and per person)
<i>Economic</i>	
Cost for the community	Annual costs chargeable to residents of the conurbation, due to their mobility in this zone
Expenditures of the participants involved	Households: Annual average expenditures for urban mobility (per person) Companies: Costs of employee parking Subsidies to employees (company cars etc.) Possible local taxes Public authorities: Annual expenditures for investments and operates
<i>Social</i>	
	Proportion of households owning 0, 1 or more cars Distance travelled Expenditures for urban mobility: amounts for private/public transport; for fixed/variable cost of car share of the average income of households
<i>Environmental</i>	
Air pollution-Global	Annual energy consumption and CO ₂ emissions (total and per resident)
Air pollution-Local	Levels of CO, NO _x , HC and particles (in g m ⁻² , total and per resident)
Space consumption	Daily individual consumption of public space involved in travelling and parking (in m ² h) Space taken up by transport infrastructures
Other items*	Noise intensity levels Risk of accident

INDICATORI DEL PROGETTO EUROPEO TRANSECON

Il progetto europeo Transecon ha previsto l'applicazione di una metodologia di analisi multicriteria al fine del monitoraggio e raggiungimento di obiettivi di sostenibilità (Cascajo,

2000). Gli ambiti di sviluppo sostenibile individuati nel progetto sono: economico, sociale ed ambientale. Il progetto ha identificato 11 indicatori.

Tabella 19 - Obiettivi, criteri e indicatori del progetto Transecon.

Sub-objectives	Criteria	Indicators	Quantitative/ Qualitative
Economic Benefits	Reduction of travel time	Total travel time saved by the project in both, public and private transport, between the scenarios	Quantitative
	Economic efficiency	Difference between 'Fare revenues' and 'Operation costs'	Quantitative
	Employment generation	Additional Regional Employment	Quantitative
	Economic growth	Economic Development Effect	Quantitative
Social Benefits	Social Equity	Quantified questionnaire responses	Qualitative
	Increase in the use of PT	Increase in public transport trips per day	Quantitative
	Urban regeneration	Urban regeneration in the vicinity of PT.	Qualitative
Environmental Improvements	Air Pollution	Reduction of pollutant emissions (Tons/year of CO, SO ₂ , NO _x , lead, PM)	Quantitative
	Noise	Percentage of persons that are less affected by noise.	Quantitative
	Greenhouse effect	Reduction of emission of CO ₂ (tons/year)	Quantitative
	Safety improvements	Reduction of accident costs per year (Euro/car-km.)	Quantitative

MISURE DI ACCESSIBILITA'

PERSONAL BASED ACCESSIBILITY MEASURES. La metodologia di misurazione è usata nell'approccio alla geografia spazio-tempo di Hägerstrand (1970). Il criterio di misura analizza l'accessibilità dal punto di vista dell'acquisizione individuale di vincoli spazio-temporali. Ad esempio: programmi di attività possono essere definiti sulla base di "prismi" spazio-temporali che descrivono i percorsi di viaggio spaziotemporali degli individui. Tali prismi spaziotemporali rappresentano una misura di accessibilità urbana, ad esempio garantendo l'accesso a determinate funzioni urbane sottese al limite temporale per raggiungerle. Recenti applicazioni sono state condotte da: Miller (1991, 1999), Dijust e Vidakovic (1997), Kwan (1998) e Recker et al (2001).

UTILITY-BASED ACCESSIBILITY MEASURES. Sono il risultato di un set di scelte di modi di trasporto. Di fatto la Teoria delle funzioni di utilità verte sulla scelta di una soluzione in un set di potenziali alternative, di fatto tutte tali da soddisfare il medesimo bisogno individuale e permette di definire modelli di comportamento di mobilità. In letteratura sono presenti due tipi di misure di Utility-base: il primo (misure Logsum) che utilizza il denominatore del modello multinomiale Logit come indicatore di accessibilità (Ben Akiva e Lerman, 1985). Il secondo approccio basato modello entropico a doppio vincolo (Martinez, 1995 e Martinez e Araya, 2000).

L'ANALISI "SPACE SYNTAX": I CASI DI GERUSALEMME E DI STOCCOLMA

La segregazione urbana (urban divide) è un fenomeno complesso multidimensionale che richiede l'adozione di un processo multidisciplinare (Vaughan e Arbaci 2011). La città, nel suo mutamento costante, è un ecosistema eterogeneo, popolata da diversi gruppi sociali che usano ciascuno la città stessa in modo diverso, generando una propria organizzazione spaziale basata sulla differenziazione insediativa che invisibilmente crea confini che riflettono la struttura sociale. Il processo urbanistico svolge quindi un ruolo positivo nella riduzione della povertà, soprattutto quando viene supportato da politiche sociali in grado di adattarsi ai cambiamenti (UN HABITAT State of the World's Cities 2010/2011 – Cities for All: Bridging the Urban Divide).

I sistemi di trasporto, con particolare attenzione ai sistemi di Tramway e trasporto pubblico, costituiscono elementi utili alla ricucitura degli spazi sociali delle città, favorendo la possibilità di interazioni tra gruppi socio-etnici diversi (Rokem e Vaughan, 2018) e di conseguenza orientare l'articolazione spaziale della città.

A tal fine nelle città di Gerusalemme e di Stoccolma, è stata applicata la metodologia della Space Syntax Analysis (SSA). Tale metodologia si basa sull'analisi della configurazione della griglia di strade, utilizzando misure grafico-matematiche per quantificare l'accessibilità alla stessa rete di strade al fine di modellizzare i potenziali movimenti attraverso i diversi sottosistemi urbani che costituiscono una città (Hillier 1996; Hillier e Iida, 2005). In genere vengono fatti modelli delle strade pedonali, appoggiandosi ad un grafico GIS.

La metodologia SSA converte la rete di strade in un grafico relazionale. Le **Misure di Accessibilità** impiegate su entrambe le Città sono di due tipi: di Scelta ed Integrazione.

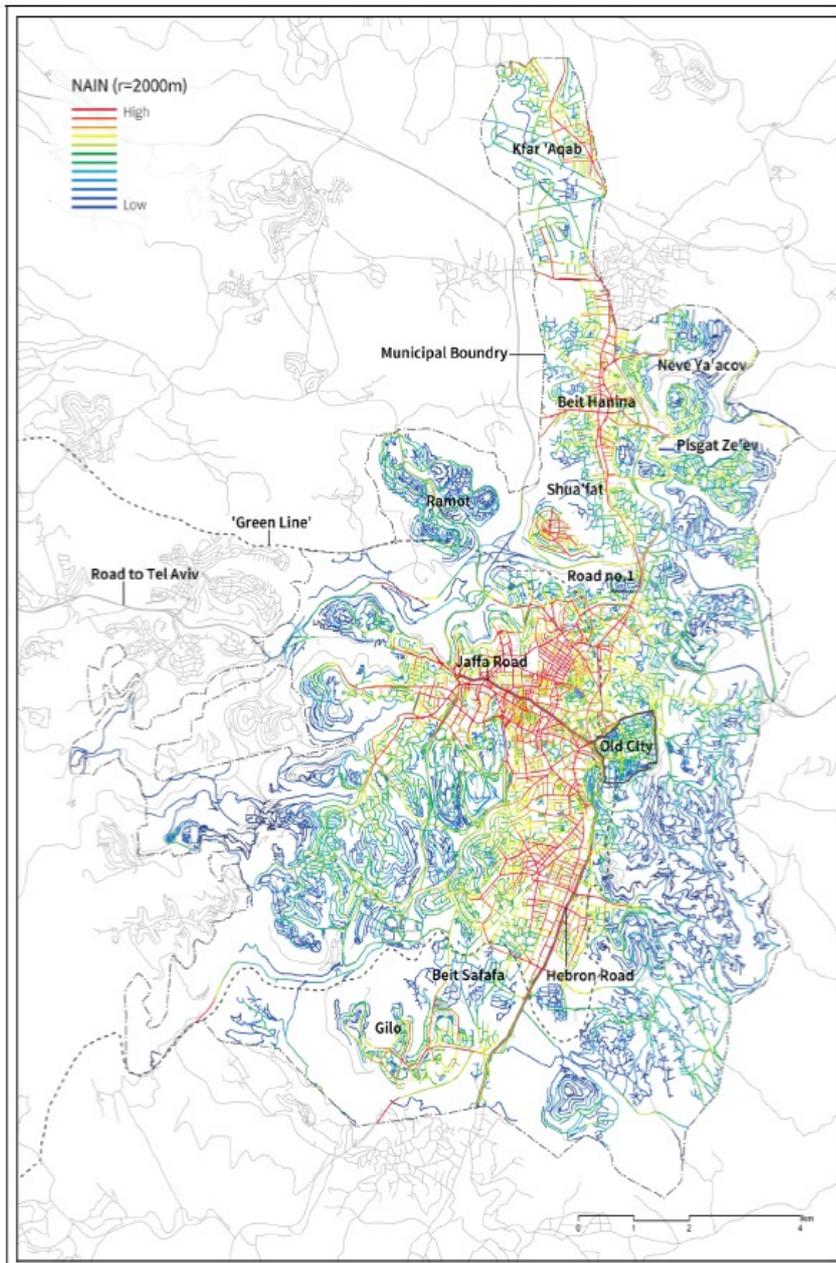
Il **criterio di "Scelta"** (NACH) misura il flusso potenziali di movimenti attraverso spazi pubblici quali strade, piazze, marciapiedi e viene calcolato sulla base del conteggio dei percorsi minimi che congiungono i tratti di strada all'interno di un determinato raggio di influenza. Il **criterio di**

(NAIN) è una
prossimità tra
altro.

I due criteri

centralità
strada
all'interno di
(choice) o la
prossimità ad
città

stato
di 2000m. A
determinato



"Integrazione"

misura del livello di
un tratto strada e un

misurano
rispettivamente la
relativa di una
rispetto le altre
un dato raggio
sua relativa
altri luoghi della
(integration). A
Gerusalemme è
utilizzato un raggio
Stoccolma il raggio
è stato di 800m.

Figura 43 - Analisi "Space syntax" di Gerusalemme utilizzando l'indice NAIN.

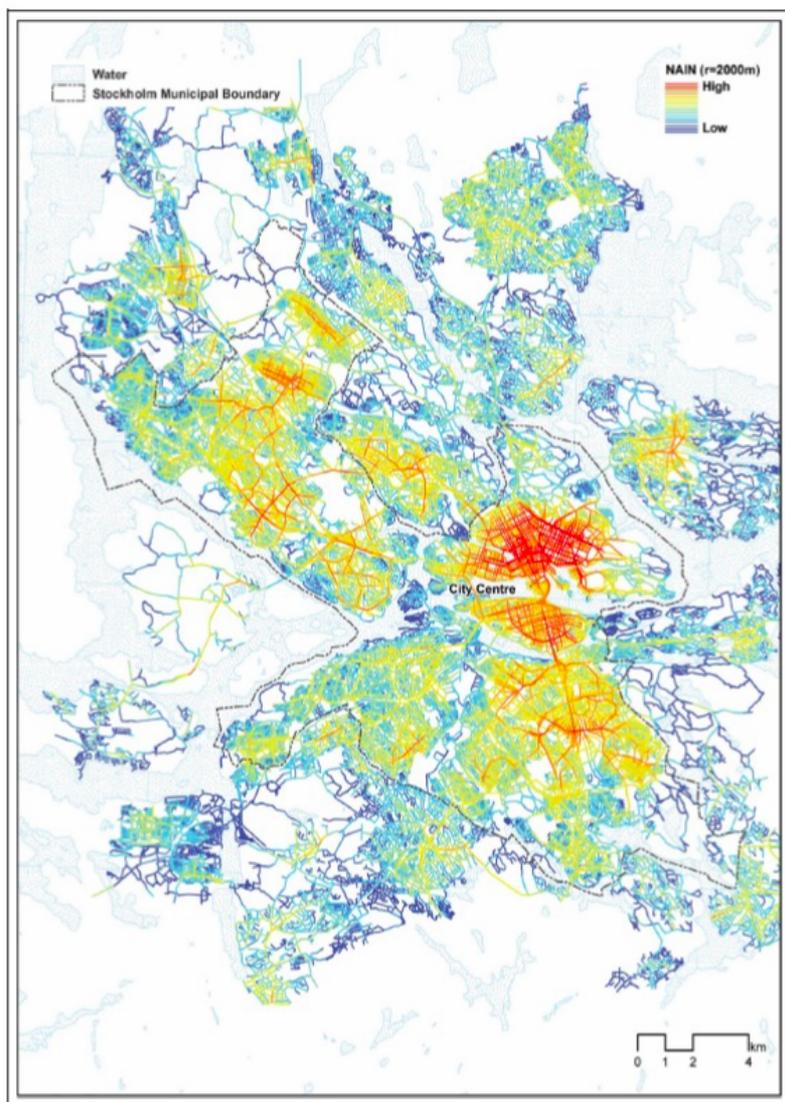


Figura 44 - Analisi "Space Syntax" di Stoccolma utilizzando l'indice NACH.

Dall'analisi condotta è possibile dedurre come assumano una veste di particolare interesse e trasversalità gli indicatori relativi al rilievo di interventi di rigenerazione urbana (Urban regeneration in the vicinity), gli indicatori legati all'occupazione del suolo dai sistemi di trasporto (espressione in maniera indiretta delle politiche urbanistiche, gli indicatori di Spatial planning and accessibility, di *Urban-rural linkage*. Tali indicatori assumono un taglio trasversale, permettendo l'introduzione di elementi connessi ad aspetti insediativi ed economici.

Si ritiene che in riferimento al progetto del tram debbano essere presi a riferimento ambiti territoriali alla scala urbana in grado di permettere l'analisi dello sviluppo delle fenomenologie di tipo sociale, economico e ambientale, attraverso le fasi ex ante, cantiere ed ex post esecuzione dei lavori. Le variabili di tipo *spatial*, *land consumption*, così come indicatori connessi al *Contributo del settore trasporti alla crescita dell'occupazione*, allo sviluppo del turismo e delle attività economiche locali, dovrebbero rivestire un ruolo primario nel set da adottare a regime.

9. CONCLUSIONE

La letteratura scientifica è concorde sul legame esistente tra politiche di trasporto urbano e qualità della vita sia a livello individuale che collettivo. Aumentare e migliorare la capacità delle persone di spostarsi all'interno delle città influenza la possibilità di raggiungere beni, servizi, risorse e opportunità e di prendere parte ad attività rilevanti per la loro inclusione sociale. Ciò ha un impatto amplificato sul livello di benessere percepito dal cittadino, sugli stili di vita, sulla salute della comunità, sull'economia, sulla vitalità del tessuto sociale e sulla salubrità dell'ambiente urbano.

Il presente rapporto mette in luce non solo gli effetti diretti e specifici dell'introduzione di una o più linee tranviarie a livello comportamentale, di sicurezza stradale, sociale, economico e ambientale, ma anche le connessioni ed interconnessioni esistenti tra i cinque impatti menzionati (Figura 45). Le relazioni delineate non hanno necessariamente natura causa-effetto, bensì indicano un'influenza rilevata nei casi analizzati o ipotizzata alla luce dei dati emersi (in linea tratteggiata). In taluni casi, inoltre, le evidenze disponibili in letteratura non conducono a sostenere un impatto definito (ad esempio per alcune variabili economiche).

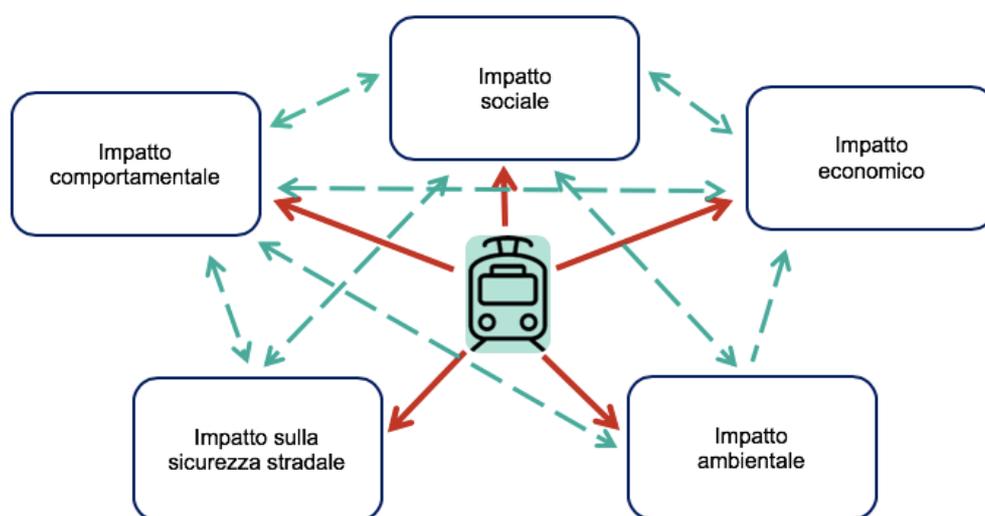


Figura 45-Interconnessioni tra gli impatti analizzati.

Uno degli esiti dell'indagine effettuata riguardante il tram coincide con il miglioramento dell'accessibilità urbana. Questo è comprovato dai significativi dati di utilizzo della nuova infrastruttura e dai livelli medio-alti di soddisfazione dell'utenza, registrati nei sondaggi ufficiali. L'accessibilità risulta essere anche un fattore cruciale attraverso cui stimare i valori immobiliari residenziali e commerciali: come anche la densità delle attività commerciali, per la maggiore attrattività e frequentazione del quartiere o spazio urbano attorno alla linea tranviaria. Seppure ci sia evidenza scientifica sull'effetto positivo dei valori immobiliari posti vicino all'infrastruttura, gli studi sulle performance delle attività commerciali, in termini di vendite medie o numero di negozi, rimangono piuttosto esigui. Nel contempo, dal presente rapporto si evince un'avvenuta qualificazione di aree produttive e residenziali di spazi pubblici, un aumento del verde urbano, una rivitalizzazione del centro cittadino e anche la rigenerazione

dell'immagine della città verso l'interno (in termini di marketing territoriale) e verso l'esterno (attrattività e identità culturale del territorio). Casi emblematici sono quelli di Nizza, Dublino, Firenze, Montpellier, Strasburgo, Vienna e Barcellona.

Un punto focale dell'introduzione del tram in un sistema di trasporto urbano è rappresentato dallo shift modale. Equivale alla sostituzione dei mezzi privati (ad es. auto, moto) e non (autobus) a favore dell'utilizzo della nuova tranvia per gli spostamenti quotidiani. Si può dire, anche, che viene acquisito dai cittadini un nuovo comportamento di mobilità, e spesso anche di intermodalità, grazie al collegamento con gli altri mezzi di trasporto che la tranvia offre.

La misura di tale indicatore varia nei casi esaminati, tuttavia ha, in generale, una certa importanza sul piano ambientale e sociale. In virtù delle caratteristiche intrinseche del servizio tranviario (capacità di trasporto, rapidità e regolarità delle corse, snodo intermodale) si è potuto riscontrare, oltre alla riduzione della motorizzazione privata, un aumento dell'intermodalità e dell'uso del trasporto pubblico nel suo complesso, una riduzione del traffico veicolare e dell'inquinamento atmosferico e acustico. A ciò si sommano gli effetti positivi diretti che il tram, a trazione elettrica, ha sulla qualità dell'aria (casi Zaragoza e Firenze) e che il verde urbano associato alla tranvia (comprese le tranvie verdi laddove esistenti, come a Vienna, Varsavia e Berlino) ha sul miglioramento dello stesso parametro ambientale e del microclima di una città. In ultima istanza, da questo studio si deduce un effetto complessivo di riduzione della congestione stradale, anche in termini di ore/anno perse in fila nel traffico cittadino, del rischio di incidentalità e di diminuzione dei fattori di rischio per la salute pubblica.

BIBLIOGRAFIA

Letteratura scientifica

- Alberti, F. (2007). Appunti da e per un seminario. Tra progetto d'infrastruttura e progetto urbano: Il caso della tramvia di Firenze. *Ri-Vista*, 8(2), 167-177-177. <https://doi.org/10.13128/RV-17419>
- and Residents' Location. *Journal of Transport Geography* 19: 200-11.
- ARCADIS (2028). Citizen Centric Cities. The Sustainable Cities Index 2018. Retrieved from https://www.arcadis.com/media/1/D/5/%7B1D5AE7E2-A348-4B6E-B1D7-6D94FA7D7567%7DSustainable_Cities_Index_2018_Arcadis.pdf
- ARPAT. (2016, January). ARPATnews. 002-16. Retrieved from <http://www.arp.at.toscana.it/notizie/arp.atnews/2016/002-16/002-16-il-tram-a-firenze-il-successo-della-linea-1?searchterm=None>
- Babalik-Sutcliffe, E. (2002). Urban rail systems: Analysis of the factors behind success. *Transport Reviews*, 22(4), 415-447. <https://doi.org/10.1080/01441640210124875>
- Baio, A. (2016). Bilancio dei primi dieci giorni di tram: i pro e i contro. Retrieved from <http://palermo.mobilita.org/2016/01/11/bilancio-dei-primi-dieci-giorni-di-tram-i-pro-e-i-contro/>
- Banister, D. e M. Thurstain-Goodwin (2011). Quantification of non-Transport Benefits Resulting from Rail Investments. *Journal of Transport Geography* 19: 212-23.
- Barcelona Metropolitan Area Tram (2017). 2017 Corporate Social Responsibility Report. Retrieved from <http://www.tram.cat/resum2017/Memoria.angles.pdf>
- Bardaka, E., Delgado, M. S., & Florax, R. J. G. M. (2018). Causal identification of transit-induced gentrification and spatial spillover effects: The case of the Denver light rail. *Journal of Transport Geography*, 71, 15-31. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.06.025>
- Batty, P., Palacin, R., & González-Gil, A. (2015). Challenges and opportunities in developing urban modal shift. *Travel Behaviour and Society*, 2(2), 109-123.
- Bauer, M., & Dž Wigoń, W. (2017). Study method for pedestrian behaviour in the area of pedestrian crossings located at tram stops. Paper presented at the MATEC Web of Conferences, , 122doi:10.1051/mateconf/201712201001
- Ben Akiva, M., Lerman, S.R (1979). Disaggregate travel mode and mobility choice models and measure of accessibility. In: Hensher, D.A., Sopher, P.R., Behavioural travel modelling, Croom Helm, Andover, Gants, 654-679.
- Boquet, Y. (2017). The renaissance of tramways and urban redevelopment in France. *Miscellanea Geographica*, 21(1), 5-18.
- Boquet, Y. (2017). The renaissance of tramways and urban redevelopment in France. *Miscellanea Geographica*, 21(1), 5-18.
- Bosch, P. (2002). The European Environment Agency focuses on EU-policy in its approach to sustainable development indicators. *Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe*, 19(1, 2), 5-18.
- Boucq, E., F. Papon (2008). Assessment of the Real Estate Benefits due to Accessibility Gains Brought by a Transport Project: The Impacts of a Light Rail Infrastructure Improvement in the Hauts-de-Seine Department. *European Transport / Trasporti Europei* 40: 51-68.
- Brimblecombe P., *The Big Smoke*, Routledge Revivals, 1987.
- Budiakivska, V., L. Casolaro (2018). Please in my Back Yard: The Private and Public Benefits of a New Tram Line in Florence. *Banca d'Italia, Temi di Discussione*, n. 1161, gennaio 2018.
- Buehler, R., Pucher, J., & Altshuler, A. (2017). Vienna's path to sustainable transport. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(4), 257-271.
- Cagliari, ecco i nuovi treni della metro: sabato viaggi gratis per tutti (2019). *Casteddu Online*. Retrieved from <https://www.castedduonline.it/cagliari-ecco-nuovi-treni-della-metro-sabato-viaggi-gratis-per-tutti/>
- Cascajo, R. (2005, May). Assessment of economic, social and environmental effects of rail urban projects. In *Young Researchers Seminar*. The Hague.
- Castanier, C., Paron, F., & Delhomme, P. (2012). Risk of crashing with a tram: Perceptions of pedestrians, cyclists, and motorists. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(4), 387-394. doi:10.1016/j.trf.2012.03.001
- Cervero, R. (1998). *The Transit Metropolis: A Global Inquiry*. Island Press.
- Cittalia Anci ricerche (2008). *Mobilità pubblica e riqualificazione urbana*. Roma.
- Colleoni, M. (2012). Mobilità ed accessibilità urbana: definizioni e teorie di riferimento. In M. Castrignano, M. Colleoni, & C. Pronello (A c. Di), *Muoversi in città. Accessibilità e mobilità nella metropoli contemporanea*. Milano: Franco Angeli.
- Consorzio Istituto Superiore Trasporti (2006). P.U.M Messina - anno 2006- retrieved from <https://www.pumsmessina.it/download/p-u-m-messina-anno-2006/>
- Consorzio Istituto Superiore Trasporti (2006). P.U.M Messina - anno 2006- retrieved from <https://www.pumsmessina.it/download/p-u-m-messina-anno-2006/>
- CTS (2017). RAPPORT D'ACTIVITÉ ET DE RESPONSABILITÉ SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE. Retrieved from https://www.cts-strasbourg.eu/export/sites/default/pdf/07LaCTS/RA2017_CTS_web.pdf
- Da Rold, C. (2019). A Napoli e Milano oltre il 50% della mobilità è "green". Il sole 24 ore. Retrieved from <https://www.infodata.ilssole24ore.com/2019/04/15/auto-elettrica-quante-colonnine-ci-italia-basteranno/>
- Dean E. Schraufnagel, John R. Balmes, Clayton T. Cowl, Sara De Matteis, Soon-Hee Jung, Kevin Mortimer, Rogelio Perez-Padilla, Mary B. Rice, Horacio Riojas-Rodriguez, Akshay Sood, George D. Thurston, Teresa To, Anessa Vanker, Donald J. Wuebbles, Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee.
- Debrezion, G., E. Pels, P. Rietveld (2007). The Impact of Railway Stations on Residential and Commercial Property Value: A Meta-analysis. *Journal of Real Estate Finance and Economics* 35: 161-80.
- DEKRA Automobil GmbH (2016). RAPPORTO 2016 SULLA SICUREZZA STRADALE. La mobilità delle persone. Retrieved from https://www.dekra.it/sites/default/files/DEKRA_Rapporto%202016%20Ufficiale.pdf
- Department of Transport, Tourism and Sport (2018). An Overview of Ireland's Transport Sector 2018. Retrieved from <http://www.dttas.ie/sites/default/files/publications/corporate/english/transport-trends-2018/transport-trends-2018.pdf>

- Despite the Edinburgh debacle, trams still have a bright future (2014). The Conversation. Retrieved from <http://theconversation.com/despite-the-edinburgh-debacle-trams-still-have-a-bright-future-27484>
- DETR (Department of Environment, Transport and the Regions) 2000. Local quality of life counts: A handbook for a menu of local indicators of sustainable development. London: DETR.
- Dijkstra, L., & Poelman, H. (2012). Cities in Europe. The New OECD-EC Definition (N. 01/2012). Recuperato da European Commission website: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/focus/2012_01_city.pdf
- Du, H., C. Mulley (2007). The Short-Term Land Value Impacts of Urban Rail Transit: Quantitative Evidence from Sunderland, UK. *Land Use Policy* 24(1): 223-33.
- Dublin City Council (DCC) and National Transport Authority (NTA) (2019). Canal Cordon Report 2018. Report on trends in mode share of vehicles and people crossing the Canal Cordon 2006 to 2018. Retrieved from https://www.nationaltransport.ie/wpcontent/uploads/2019/04/Canal_Cordon_Report_2018.pdf
- EEA (European Environment Agency) 2001. Environment Signals 2001, European Environment Agency regular indicator report. Copenhagen: EEA.
- ERSO (European Road Safety Observatory) 2017. Annual Accident Report 2017. Brussels: DG Move Road Safety Unit, European Commission. Retrieved from https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2017.pdf
- Farrington, J. H. (2007). The new narrative of accessibility: Its potential contribution to discourses in (transport) geography. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 319–330. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.007>
- Ferbrache, F., & Knowles, R. (2016). Generating opportunities for city sustainability through investments in light rail systems: Introduction to the Special Section on light rail and urban sustainability. *Journal of Transport Geography*, 54, 369–372. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.004>
- Ferbrache, F., & Knowles, R. D. (2017). City boosterism and place-making with light rail transit: A critical review of light rail impacts on city image and quality. *Geoforum*, 80, 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.01.013>
- Focus 2015 A forum of Communities for Urban Sustainability (2015). Retrieved from <http://focus2015.franceintheus.org/wp-content/uploads/2015/03/ROLAND-RIES.pdf>
- Fontaine, L., Novales, M., Bertrand, D., & Teixeira, M. (2016). Safety and operation of tramways in interaction with public space. *Transportation research procedia*, 14, 1114-1123.
- Forrest, D., J. Glen, R. Ward (1996). The Impact of a Light Rail System on the Structure of House Prices. *Journal of Transport Economics and Policy* 30(1): 15-29.
- Gadziński, J., & Radzinski, A. (2016). The first rapid tram line in poland: How has it affected travel behaviours, housing choices and satisfaction, and apartment prices? *Journal of Transport Geography*, 54, 451-463. doi:10.1016/j.jtrangeo.2015.11.001
- Gadziński, J., & Radzinski, A. (2016). The first rapid tram line in poland: How has it affected travel behaviours, housing choices and satisfaction, and apartment prices? *Journal of Transport Geography*, 54, 451-463.
- Gagnière, V. (2012). Les effets du tramway sur la fréquentation du transport public. Un bilan des agglomérations françaises de province. *Revue géographique de l'Est*, 52(1-2).
- Gascon, M., Triguero-mas, M., Martínez, D., & Davvand, P. (2015). Mental Health Benefits of Long-Term Exposure to Residential Green and Blue Spaces: A Systematic Review, 4354–4379. <https://doi.org/10.3390/ijerph120404354>
- Gerd, S., Roman, K., & Oliver, R. (2003). Urban Transport and Local Socio-Economic Development. Deliverable 7 Final Report. Vienna: The TransEcon Consortium.
- GEST (2018). Customer satisfaction 2018 Sintesi Indagine Linea T1 Firenze - Scandicci [Report]. Retrieved from http://mobilita.comune.fi.it/export/sites/mobilita/materiali/tramvia/12_02_07_GEST2018_CustomerSatisfaction.pdf
- Geurs, K. T., Boon, W., & Wee, B. V. (2009). Social Impacts of Transport: Literature Review and the State of the Practice of Transport Appraisal in the Netherlands and the United Kingdom. *Transport Reviews*, 29(1), 69–90. <https://doi.org/10.1080/01441640802130490>
- Geurs, K.T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography* 12(2), 127-140.
- Gill, A., Firlik, B., & Kobaszyńska-Twardowska, A. (2016). Analysis of the distribution of passengers inside a tram. *Civil-Comp Proceedings*, 110
- Gioé, V. (2019). A Palermo scontro sui nuovi tram: i cittadini non ci stanno e fanno ricorso. Dal Palazzo: "È la mobilità del futuro". *ilSicilia.it*. Retrieved from <https://www.ilsicilia.it/a-palermo-scontro-sui-nuovi-tram-i-cittadini-non-ci-stanno-e-fanno-ricorso-dal-palazzo-e-la-mobilita-del-futuro/>
- González, R. C. L., Otón, M. P., & Wolff, J. P. (2013). Le tramway entre politique de transport et outil de réhabilitation urbanistique dans quelques pays européens: Allemagne, Espagne, France et Suisse. In *Annales de géographie* (No. 6, pp. 619-643). Armand Colin.
- Grüngleisnetzwerk. (2013). Effect and Function of Green Tracks.
- Gudmundsson, H. (2004). Sustainable transport and performance indicators. *Issues in environmental science and technology*, (20), 35-63.
- Haladin, I., Lakusic, S., & Bogut, M. (2013). Analysis of tram traffic vibrations in respect to tram track structure and exploitation period. Paper presented at the 20th International Congress on Sound and Vibration 2013, ICSV 2013, 43242-3249.
- Hamidi, S., K. Kittrell, R. Ewing (2016). Value of Transit as Reflected in U.S. Single-Family Home Premiums. A Meta-analysis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2543: 108-15.
- Hirano, K., & Kitao, Y. (2009). A Study on Connectivity and Accessibility between Tram Stops and Public Facilities. Presentato al Urban Transport XV. Urban Transport and the Environment Wessex Institute of Technology. Recuperato da <https://trid.trb.org/view/898806>
- <https://www.strasbourg.eu/tramway-1er-reseau-de-france>
- Hüttermann, J., & Minas, T. (2015). Taking a tram in duisburg: The contribution of interactions grounded in indifference to the figuration of urban groups. [Mit der Straßenbahn durch Duisburg: Der Beitrag indifferenzbasierter Interaktion zur Figuration urbaner Gruppen] *Zeitschrift für Soziologie*, 44(1), 63-79. doi:10.1515/zfsoz-2015-0106
- Iacono, M. e D. Levinson (2015). Methods for Estimating the Economic Impact of Transportation Improvements: An Interpretive Review. In: R. Hickman, M. Givoni, D. Bonilla e D. Banister (eds). *Handbook on Transport and Development*. Edward Elgar, Cheltenham, pp. 243-58.
- International Association of Public Transport (2009). A UITP position paper, Focus January 2009. Retrieved from <https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/01%20Assessing%20the%20benefits%20of%20public%20transport.pdf>
- IRPET (2016). L'impatto economico della prima linea tramviaria. Retrieved from <http://www.regione.toscana.it/documents/16409/13365331/Tramvia+1.pdf/9d30babf-2d7a-4bef-bf54-d8b746f66d24>
- IRPET (2016). L'impatto economico della prima linea tramviaria. Retrieved from <http://www.regione.toscana.it/documents/16409/13365331/Tramvia+1.pdf/9d30babf-2d7a-4bef-bf54-d8b746f66d24>
- Isherwood, N., Pinzon, L. & Colburn, J. (2008). Strasbourg Regaining the public realm. Retrieved from http://hankdittmar.com/wp-content/uploads/2015/09/StrasbourgReport_revi.pdf

- Isherwood, N., Pinzon, L. & Colburn, J. (2008). Strasbourg Regaining the public realm. Retrieved from http://hankdittmar.com/wp-content/uploads/2015/09/StrasbourgReport_revi.pdf
- Jerusalem Transportation Master Plan (2014). Metropolitan Jerusalem Moving Forward. Retrieved from <https://www.polisnetwork.eu/uploads/Modules/PublicDocuments/jerusalem-transportation-master-plan.pdf>
- Jones, P., & Lucas, K. (2012). The social consequences of transport decision-making: Clarifying concepts, synthesising knowledge and assessing implications. *Journal of Transport Geography*, 21, 4–16. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.012>
- Kaufmann, V. (2011). *Rethinking the City: Urban Dynamics and Motility*. Lausanne: EPFL Press.
- Kruszyna, M., & Rychlewski, J. (2013). Influence of approaching tram on behaviour of pedestrians in signalised crosswalks in poland. *Accident Analysis and Prevention*, 55, 185-191. doi:10.1016/j.aap.2013.03.015
- Lancaster, K.J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy* 74(2): 132-157.
- Landrigan et al., The Lancet Commission on pollution and health, *The Lancet* 2018; 391: 462–512.
- Le tramway Nice (2019). D'HIER À AUJOURD'HUI. Retrieved from <http://tramway.nice.fr/ligne-1/hier-aujourd'hui/>
- Le tramway Nice (2019). TOUT SUR LE PROJET. Retrieved from <http://tramway.nice.fr/ligne-ouest-est/projet-ouest-est/tout-sur-le-projet/>
- Legambiente (2017). Rapporto Pendolaria 2016. La situazione e gli scenari del trasporto ferroviario pendolare in Italia. Retrieved from https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/pendolaria_2016.pdf
- Legambiente (2018). Rapporto Pendolaria 2018. La situazione e gli scenari del trasporto ferroviario pendolare in Italia. Retrieved from https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/pendolaria2018_dossier.pdf
- Lenti, G. (2007). Gli incidenti stradali 2006 in Provincia di Torino. Osservatorio Provinciale Incidentalità Provincia di Torino. retrieved from http://www.provincia.torino.gov.it/sic_stradale/strade/osservatorio/pdf/incidentii2006.pdf
- Linea 1 - Statistiche passeggeri 2018 (2018). Retrieved from http://mobilita.comune.fi.it/export/sites/mobilita/materiali/tramvia/12_03_18_StatPassegeri_2018.pdf
- Litman, T. (2002). Evaluating transportation equity. *World Transport Policy & Practice*, 8(2), 50–65.
- Liu, B., Ma, J., Mou, R. -, Wang, X. -, & Shen, Y. -. (2015). Modeling and analysis of modern tram evacuation performance considering effect of obstacles. *Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxu/Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 15(4), 173-180.
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20(0), 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- Martens, K. (2016). *Transport Justice: Designing fair transportation systems*. New York - Abingdon: Routledge.
- Marti, C. M., Kupferschmid, J., Schwertner, M., Nash, A., & Weidmann, U. (2016). Tram safety in mixed traffic: Best practices from Switzerland. *Transportation Research Record*, 2540(1), 125-137.
- Martinez, F.J., Araya C. (2000). A note on trip benefits in spatial interactions models, *Journal of Regional Science* 40 (4), 789-796.
- Martinez, F.J. (1995). Access: the Transport-land use economic link. *Transportation Research B* 29(6), 457-470.
- Miller, H.J. (1999). Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: basic theory and computational procedures. *Geographical Analysis* 31(2), 187-212.
- Mills, G. (2001). New tramways in France: The case of Montpellier. *Transport Reviews*, 21(3), 337–352. <https://doi.org/10.1080/01441640117122>
- MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (2015). Avis sur le bilan économique et social du tramway T3 sur les boulevards des Maréchaux Sud à Paris. Bilan « ex-post » établi en application de l'article L.1511-6 du code des transports.
- Mobilità sostenibile: il tram raddoppia a Firenze (settembre 2018). ARPAT news. Retrieved from <http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2018/122-18/mobilita-sostenibile-il-tram-raddoppia-a-firenze>
- Moreno, T., Reche, C., Rivas, I., Minguillón, M. C., Martins, V., Vargas, C., ... & Ealo, M. (2015). Urban air quality comparison for bus, tram, subway and pedestrian commuters in Barcelona. *Environmental research*, 142, 495-510.
- Moutchou, F., & Cherkaoui, A. (2017). A cognitive and metacognitive approach for exploring link between urban transport environment and driver behaviour: Case of roundabout crossed by tramway line. Paper presented at the MATEC Web of Conferences, , 124doi:10.1051/mateconf/201712401005
- Nahuis, R. (2009). The rise and fall of self-service in amsterdam trams: User-technology relations in a case of service innovation. *Technology Analysis and Strategic Management*, 21(2), 233-247. doi:10.1080/09537320802625322
- National Transport Authority (2018). How satisfied are public transport users? NTA Customer Satisfaction Research 2018. Retrieved from https://www.nationaltransport.ie/wpcontent/uploads/2018/10/NTA_Customer_Satisfaction_Research_2018.pdf
- Navarro, J., Ricart, J. E., Trillas, F., Planas, M. R., & Salvador, J. (2017). Barcelona Tram Service (Spain). Retrieved from <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0447-E.pdf>
- Naznin, F., Currie, G., & Logan, D. (2017). Key challenges in tram/streetcar driving from the tram driver's perspective – A qualitative study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 49, 39-48. doi:10.1016/j.trf.2017.06.003
- Nicolas, J. P., Pochet, P., & Poimboeuf, H. (2003). Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation. *Transport policy*, 10(3), 197-208.
- Ohmori, N., Omatsu, T., Matsumoto, S., Okamura, K., & Harata, N. (2008). Passengers' waiting behavior at bus and tram stops. Paper presented at the Proceedings of the Conference on Traffic and Transportation Studies, ICTTS, , 322520-531.
- Olesen, M. (2014). Framing light rail projects – Case studies from Bergen, Angers and Bern. *Case Studies on Transport Policy*, 2(1), 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2013.12.002>
- Olesen, M., & Lassen, C. (2016). Rationalities and materialities of light rail scapes. *Journal of Transport Geography*, 54, 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.04.005>
- Ortego, A., Valero, A., & Abadías, A. (2017). Environmental impacts of promoting new public transport systems in urban mobility: A case study. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 5(3), 377-395.
- Ortferroviaire. (2019, March 23). Tramways de Strasbourg: Le nouveau réseau, une référence - transporturbain - Le webmagazine des transports urbains. Retrieved from <http://transporturbain.canalblog.com/pages/tramways-de-strasbourg--le-nouveau-reseau--une-reference/31162407.html>
- Pagliara, F., E. Papa (2011). Urban Rail Systems Investments: An Analysis of the Impacts on Property Values
- Pain, R. (2016). Tram Passenger Survey (TPS) Edinburgh Trams. Retrieved from <https://d3cez36w5wymxj.cloudfront.net/wp-content/uploads/2017/06/13160310/TPS-2016-Edinburgh-Trams-Autumn-2016-results.pdf>
- Papa, E. (2015). Urban Transformation and Rail Stations System: The Case Study of Naples. Paper presentato al 45esimo congresso di European Regional Science Association, Amsterdam.
- Piotr, S., Marzena, W.-K., Jarostaw, C., Kinga, K., Katarzyna, K., & Daria, S. (2018). Low-maintenance green tram tracks as a socially acceptable solution to greening a city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 35(August), 148–164.
- Planning Committee of Edinburgh Council (2015). Tram Manual Design of Edinburgh. Retrieved from http://www.edinburgh.gov.uk/download/meetings/id/25512/edinburgh_tram_project_design_manual_-_appendix_1_part_1

- Pol, E., Di Masso, A., Castrechini, A., Bonet, M., & Vidal, T. (2006). Psychological parameters to understand and manage the NIMBY effect. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 56(1), 43-51.
- Pollack, S., Bluestone, B., & Billingham, C. (2010). Maintaining diversity in America's transit-rich neighborhoods: Tools for equitable neighborhood change.
- Pradelli, A. (2019). Tram, Metro, Passante: 7 Punti deboli dei trasporti pubblici di Milano da correggere per raggiungere gli standard europei. Milano Città Stato. Retrieved from <https://www.milanocittastato.it/evergreen/punti-deboli-dei-trasporti-pubblici-di-milano-da-correggere-per-raggiungere-gli-standard-europei/>
- Priemus, H., & Konings, R. (2001). Light rail in urban regions: What Dutch policymakers could learn from experiences in France, Germany and Japan. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 187–198. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00008-4)
- Prud'homme, R., Koning, M., & Kopp, P. (2011). Substituting a tramway to a bus line in Paris: Costs and benefits. *Transport Policy*, 18(4), 563-572.
- Purrazza, C. (2017). Legambiente, città siciliane ultime per qualità della vita A Palermo mobilità migliorata grazie alle linee del tram).
- RAIL.ONE. (2014). ATD-G AND RHEDA CITY GREEN THE GREEN TRACKS FOR URBAN TRANSIT RAIL. ONE – the way to go.
- Ralph Buehler & John Pucher (2011) Sustainable Transport in Freiburg: Lessons from Germany's Environmental Capital, *International Journal of Sustainable Transportation*, 5:1, 43-70.
- Redondo, B. (2015). Le projet partenarial art public/tramway: Pour quel(s) récit(s) de ville? Article - *Journal of Urban Research*, (Special issue 7). <https://doi.org/10.4000/articulo.2757>
- Regional Office for Europe of the World Health Organization. (2006). Health Effects and Risks of Transport Systems: the HEARTS project.
- Repubblica.it. (2017). "Giù le mani dagli olmi di via Mac Mahon", a Milano riparte la battaglia degli alberi. Retrieved from https://milano.repubblica.it/cronaca/2017/01/21/news/m4_milano_alberi_mac_mahon-156541759/
- Richer, C., & Hasiak, S. (2014). Territorial opportunities of tram-based systems: A comparative analysis between Nottingham (UK) and Valenciennes (FRA). *Town Planning Review*, 85(2), 217–236.
- Sanjay Rajagopalan, Sadeer G. Al-Kindi, Robert D. Brook, Air Pollution and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review, *Journal of the American College of Cardiology*, Volume 72, Issue 17, 2018, Pages 2054-2070.
- Sari, F. (2015). Public transit and labor market outcomes: Analysis of the connections in the French agglomeration of Bordeaux. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 231–251. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.015>
- Scherer, M., & Weidmann, U. (2011). Differences in travel behavior and demand potential of tram-and bus-based neighborhoods: Evidence from a cluster analysis. doi:10.3141/2217-01
- Schmucki, B. (2002). On the trams: Women, men and urban public transport in Germany. *Journal of Transport History*, 23(1), 60-72. doi:10.7227/TJTH.23.1.7
- Spina, F. (2009). *Sociologia dei nimby: I conflitti di localizzazione tra movimenti e istituzioni*. Lecce: Besa.
- Spinosa, A. (2016). Tramway renaissance. 30 anni di tram moderno in Francia. CityRailways LOOP PAGE SAGL.
- Spinosa, A. (2016). Tramway renaissance. 30 anni di tram moderno in Francia. CityRailways LOOP PAGE SAGL.
- Stambouli, J. (2005). Les territoires du tramway moderne: de la ligne à la ville durable. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, (Dossier 4).
- Steckler, P., Klug, B., Gasser, F., & Wehr, W. (2012). Green Track – Environmental Performance Evaluation for "Green" Tramway Superstructure. In CETRA2012-2nd International Conference on Road and Rail Infrastructures.
- Steinbauer, G. (2012, October 31). 2012: 'year of the tram' in Vienna. Retrieved from <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/8988/2012-year-of-the-tram-in-vienna/>
- STRMTG, De Labonnefon, V. & Passelaigue J. (2015). Accidentology of tram Analysis of reported events - year 2013 - evolution 2004 – 2013. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. Retrieved from http://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/en/IMG/pdf/Accidentology_Of_Tramways_-_Analysis_Of_Reported_Events2013_ENGLISH_.pdf
- TEB SpA (2019). 10 ANNI DI LINEA T1 BERGAMO - ALBINO. Retrieved from <http://www.teb.bergamo.it/it/teb/10-anni-di-tram>
- TEB SpA (2019). Linea tramviaria T2 Bergamo - Villa d'Almè. Retrieved from Linea tramviaria T2 Bergamo - Villa d'Almè - Atb https://www.atb.bergamo.it/.../download.aspx?...PDF...progetto_Linea_T2_bergamo-...
- TEB spa (2019). Scheda profilo TEB. Retrieved from http://www.teb.bergamo.it/user/download.aspx?FILE=OBJ00529.PDF&TIPO=FLE&NOME=scheda_profilo_TEB_24-4-2019
- Technische Universität Berlin (2015). Urban Tramway Systems, Center for Technology and Society. Retrieved from https://www.dresden.de/media/pdf/stadtplanung/verkehr/Staedtische_Strassenbahnsysteme_engl.pdf
- Termida, N. A., Susilo, Y. O., & Franklin, J. P. (2016). Observing dynamic behavioural responses due to the extension of a tram line by using panel survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 78-95.
- Termida, N. A., Susilo, Y. O., & Franklin, J. P. (2016). Observing dynamic behavioural responses due to the extension of a tram line by using panel survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 78-95.
- Tomczuk, P. (2010). Exploitation research of tram's head lighting - low beam lights. *Archives of Transport*, 22(4), 477-494. doi:10.2478/v10174-010-0029-7
- Tositti L., Cap. 2, Physical and Chemical Properties of Airborne Particulate Matter – Cap.3 The Relationship Between Health Effects and Airborne Particulate Constituents, in *Clinical Handbook of Air Pollution-Related Diseases* (capello F. and Gaddi V.A. eds.) Springer International Editing, 2018.
- Tramvia Zaragoza (2018). Los Tranvías de Zaragoza. Influence of the modern tramway on urban development and functionality. Retrieved from [La implantación del Tranvía de Zaragoza](https://www.espo.fi/download/noname/...E4D9.../108049) <https://www.espo.fi/download/noname/...E4D9.../108049>
- Tramway: 1er Réseau de France (2018). Strasbourg.eu eurométropole. Retrieved from
- Transdev the mobility company (2019). About Luas: Passengers. Retrieved from <http://www.transdevireland.ie/passengers.html>
- Transport and Environment Committee (2019). Edinburgh Tram – York Place to Newhaven Final Business Case. Retrieved from http://www.edinburgh.gov.uk/meetings/meeting/4653/transport_and_environment_committee
- Transport Canada (2002). Sustainable Development 2001-2002. Strategy Progress Report, Ottawa. Retrieved from: <http://www.tc.gc.ca/programs/environment/sd/sds0102/menu.htm>
- Transport Select Committee (2004). Integrated Transport: the future of light rail and modern trams in the United Kingdom. *Tenth Report of the Session*, 5.
- Transportinfo. (2016). ATM Milano: ritorna il tram 12 in Via Mac Mahon dopo i lavori di sostituzione dei binari. Retrieved from <https://www.transportinfo.com/2016/05/21/atm-milano-ritorna-il-tram-12-in-via-mac-mahon-dopo-i-lavori-di-sostituzione-dei-binari/>
- Turnheim, B., & Geels, F. W. (2019). Incumbent actors, guided search paths, and landmark projects in infra-system transitions: Re-thinking Strategic Niche Management with a case study of French tramway diffusion (1971–2016). *Research Policy*.
- U.S. Department of Transportation (2002). Bureau of Transportation Statistics. Retrieved from: http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/per/0774240/02_2001.pdf

Unireso (2017). Rapport de gestion 2017. Retrieved from http://www.unireso.ch/users_uploads/editor/source/Rapport%20de%20Gestion%20UNIRESO%202017_print.pdf

Vezzola, L. C., Muttoni, G., Merlini, M., Rotiroli, N., Pagliardini, L., Hirt, A. M., & Pelfini, M. (2017). Investigating distribution patterns of airborne magnetic grains trapped in tree barks in Milan, Italy: insights for pollution mitigation strategies, 989–1000.

Von Schneidemesser, E., Monks, P. S., Allan, J. D., Bruhwiler, L., Forster, P., Fowler, D., ... & Sindelarova, K. (2015). Chemistry and the linkages between air quality and climate change. *Chemical reviews*, 115(10), 3856–3897.

Wang, Y., Han, Q., De Vries, B., & Zuo, J. (2016). How the public reacts to social impacts in construction projects? A structural equation modeling study. *International Journal of Project Management*, 34(8), 1433–1448.

Wiener Linien GmbH & Co KG (2017). Facts and Figures. Retrieved from https://www.wienerlinien.at/media/files/2018/facts_and_figures_2017_243486.pdf

Wiener Linien GmbH & Co KG (2017). Facts and Figures. Retrieved from https://www.wienerlinien.at/media/files/2018/facts_and_figures_2017_243486.pdf

Yang, X. (2015). Sustainable Transport Index. United Nations ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and Pacific). Retrieved from:

Zaggia, E. (2013). IL TRAM SU GOMMA DI MESTRE-VENEZIA I PRIMI DUE ANNI DI ESERCIZIO. 5° Convegno Nazionale Sistema Tram: "Ingegneria ed economia di sistema nel Trasporto Pubblico Locale a via guidata". Retrieved from: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewik_siHifPiAhUwMuwKHQx5AmkQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ferpress.it%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F02%2F27_ZAGGIA-ACTV.pdf&usq=AOvVaw14Ijm42ZQfD202xtZ43plk

Zelezny, R. (2014). Tramway-oriented development: What results in what context? Comparative approach between France and the Czech Republic. *Transportation Research Arena (TRA) 2014*. Recuperato da <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00871264>

Zhang, M. (2009). Bus Versus Rail. Meta-analysis of Cost Characteristics, Carrying Capacities, and Land Use Impacts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2110: 87–95.

Zimelli, A. & Marino, D. (2018). L'incidentalità stradale in Piemonte al 2017. Regione Piemonte. Retrieved from https://www.dors.it/documentazione/testo/201903/incidentalita_piemonte_2017.pdf

Zuk, M., Bierbaum, A. H., Chapple, K., Gorska, K., & Loukaitou-Sideris, A. (2018). Gentrification, Displacement, and the Role of Public Investment. *Journal of Planning Literature*, 33(1), 31–44. <https://doi.org/10.1177/0885412217716439>

Zurich unveils new trams (using cool life-size model made entirely of wood) (2018). *The Local*. Retrieved from <https://www.thelocal.ch/20180424/zurich-unveils-new-trams-using-stunning-life-size-model-made-entirely-of-wood>

Zychowski, A., Junosza-Szaniawski, K., & Kosicki, A. (2017, May). Travel time prediction for trams in warsaw. In *International Conference on Computer Recognition Systems* (pp. 53–62). Springer, Cham.

Notizie da stampa locale

Corriere della sera. (2015). Mac Mahon, la protesta dei residenti «Non tagliate quegli alberi». Retrieved from https://milano.corriere.it/notizie/cronaca/15_agosto_03/mac-mahon-rivolta-residenti-non-tagliate-quegli-alberi-40a00f2c-39b4-11e5-b49b-ae37d5ff3efe.shtml

Corriere della sera. (2016). Via Mac Mahon, polemiche sugli olmi: non andavano toccati. Retrieved from https://milano.corriere.it/notizie/cronaca/16_luglio_16/via-mac-mahon-polemiche-olmi-non-andavano-toccati-aba17e9e-4b2b-11e6-8c21-6254c90f07ee.shtml

Arpat News. Firenze: la tranvia cambia la città (ottobre 2017). ARPAT news. Retrieved from http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2017/interviste-sul-tema-mobilita-sostenibile/163-17/firenze-la-tranvia-cambia-la-citta/attachment_download/pdf

Arpat News. Il tram a Firenze: problemi e prospettive future (novembre 2018). ARPAT news. Retrieved from <http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2018/150-18/il-tram-a-firenze-problemi-e-prospettive-future>

Il sito di Sicilia. Confcommercio, Palermo "Il tram da solo non basta e poi bisogna valutare l'impatto sulla città" (2018). Retrieved from <https://www.ilsitodisicilia.it/palermo-confcommercio-tram-solo-non-basta-bisogna-valutare-limpatto-sulla-citta/>

Cagliari Online (2018). Cagliari, ecco i nuovi treni della metro: sabato viaggi gratis per tutti. Retrieved from <https://www.castedduonline.it/cagliari-ecco-nuovi-treni-della-metro-sabato-viaggi-gratis-per-tutti/>

Quotidiano Piemontese. Torino, linee tram e bus con priorità semaforica, circa 83 mila ore di viaggio risparmiate nel 2018 (2019). Quotidiano Piemontese. Retrieved from <https://www.quotidianopiemontese.it/2019/04/12/torino-linee-tram-e-bus-con-priorita-semaforica-circa-83-mila-ore-di-viaggio-risparmiate-nel-2018/>

Venezia Today. Tram a Venezia, ogni giorno il "siluro rosso" trasporta 44mila passeggeri in città (2018, April 12). VeneziaToday. Retrieved from <http://www.veneziatoday.it/cronaca/tram-44mila-passeggeri-giorni.html>

Roma Today. Trasporti: migliora la Regione, non il Comune. A Roma i tram più vecchi d'Italia e metro lente (2019). RomaToday. Retrieved from <http://www.romatoday.it/attualita/tram-metro-a-roma-dati-pendolaria-2019.htm>

UITP. Benefits of integrated mobility plans. <http://www.uitp.org/what-are-benefits-integrated-mobility-plans>