



I TRASPORTI URBANI E LO SVILUPPO DELLE CITTÀ

FRANCESCO FILIPPI

L'articolo presenta un'ampia rassegna dei molteplici motivi che rendono le automobili un modo altamente inefficiente di affrontare i problemi del trasporto urbano. I veicoli elettrici consentono di ridurre emissioni di CO₂ (anche se il calcolo sul loro intero ciclo di vita riduce di molto i vantaggi) ma lasciano inalterati (e per certi versi aggravano) tutti gli altri effetti negativi sulla qualità degli ambienti urbani. Le soluzioni passano piuttosto per un disegno degli insediamenti che consenta di privilegiare nettamente il Trasporto Attivo (gli spostamenti a piedi e in bicicletta) e il Trasporto Collettivo (particolarmente nella versione Bus Rapid Transit).

INTRODUZIONE

La dimensione della popolazione urbana globale è aumentata in modo esponenziale dall'avvento della rivoluzione industriale, con i centri urbani che attirano un gran numero di lavoratori e famiglie alla ricerca di opportunità di lavoro, istruzione e migliore qualità della vita. La crescita dei grandi centri urbani iniziata in Europa e Nord America è stata seguita da megalopoli ancora più grandi in America Latina, Asia e Africa. Attualmente, più della metà della popolazione mondiale vive nelle città, cifra che dovrebbe raggiungere i due terzi entro il 2050.

Storicamente, le popolazioni urbane sono state in media più sane e più ricche rispetto alle loro controparti rurali. I miglioramenti nell'istruzione, negli alloggi e nella sanità pubblica (inclusa una migliore igiene) e un migliore accesso alle cure primarie (inclusa una più ampia copertura vaccinale) hanno portato a una maggiore aspettativa di vita e popolazioni più sane. Tuttavia, mentre le malattie infettive e la malnutrizione sono diminuite in molte città, le malattie non trasmissibili (NCD), comprese le malattie mentali, sono diventate più diffuse. Attualmente, i paesi in rapida urbanizzazione in tutto il mondo stanno affrontando un'epidemia di NCD con alti tassi di obesità, diabete, malattie cardiovascolari e tumori associati a stili di vita sedentari, diete malsane e inquinamento ambientale (Leon 2008; Patterson *et al.* 2020).

Sebbene la salute della popolazione nelle città sia generalmente migliorata, non tutti hanno beneficiato di questi miglioramenti. Le persone che vivono nelle baraccopoli urbane, così come le popolazioni migranti e svantaggiate dal punto di vista socioeconomico, sono state colpite in modo sproporzionato da inquinamento, condizioni climatiche estreme e mancanza di acqua pulita e servizi igienico-sanitari, in particolare nei paesi a basso e medio reddito. Ciò può creare un «doppio fardello» di malattie trasmissibili e non trasmissibili (Sverdlik 2011). Gli anziani, i bambini piccoli e le persone con malattie preesistenti sono più vulnerabili a temperature estreme, inondazioni e inquinamento (Hajat *et al.* 2007). Le persone che vivono nei centri urbani sono esposte in modo sproporzionato al calore a causa dell'effetto *Urban Heat Island* (ovvero, temperature ambientali più elevate nelle aree edificate rispetto alle aree suburbane e rurali circostanti) e al surriscaldamento degli edifici (Heaviside *et al.* 2017). Questi fattori cospirano a creare significative disuguaglianze sanitarie e ambientali tra le generazioni, gli strati socioeconomici e le stesse aree urbane.

IN TUTTO IL MONDO, I PAESI IN FASE DI RAPIDA URBANIZZAZIONE STANNO AFFRONTANDO UN'EPIDEMIA DI MALATTIE NON TRASMISSIBILI, CON ALTI TASSI DI OBESITÀ, DIABETE, MALATTIE CARDIOVASCOLARI E TUMORI, ASSOCIATI A STILI DI VITA SEDENTARI, DIETE MALSANE E INQUINAMENTO AMBIENTALE.

Il rapido sviluppo urbano ha esacerbato i problemi ambientali legati a una gestione insostenibile dei trasporti, degli alloggi, dei rifiuti, dell'energia e dell'uso del territorio. Lo sviluppo urbano consuma cemento e acciaio che generano il 7% e il 10% delle emissioni globali di CO₂. Gli edifici rappresentano il 40% del nostro consumo energetico e il 75% dell'energia mondiale è consumata nelle città da fonti essenzialmente fossili. Il 99% della popolazione mondiale vive in aree che superano i limiti delle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

L'esposizione all'inquinamento urbano (dell'aria, dell'acqua e del suolo) è stata associata ad un aumento della mortalità e della morbilità cardiovascolare e respiratoria e dell'incidenza del cancro. Ad esempio, l'esposizione a lungo termine all'inquinamento atmosferico urbano accorcia la durata della vita (Pope *et al.* 2009) e riduce la crescita polmonare nei bambini (Gauderman *et al.* 2015). L'esposizione a breve termine all'inquinamento atmosferico è stata associata a un aumento della mortalità giornaliera nelle città (Liu *et al.* 2019) e a esacerbazioni dell'asma nei bambini (Bouazza *et al.* 2018). Complessivamente, l'esposizione all'inquinamento dell'aria esterna e interna è responsabile di circa 1 decesso su 9 ogni anno in tutto il mondo (OMS). L'inquinamento atmosferico da particolato all'aperto provoca circa 4,2 milioni di morti premature ogni anno in tutto il mondo, di cui oltre il 50% in India e Cina. L'inquinamento dell'aria interna, principalmente associato all'impiego di combustibili solidi per cucinare o riscaldarsi, è responsabile di circa 2,9 milioni (2,2-3,6) di morti premature all'anno, con gran parte del peso che ricade sulle donne e sui bambini nei paesi a basso e medio reddito.

Il cambiamento climatico e gli eventi meteorologici estremi correlati (più frequenti e intensi), come le ondate di caldo e le inondazioni, insieme al cambiamento demografico, hanno esacerbato la mortalità e la morbilità delle malattie non trasmissibili nelle città, con gli anziani che ne sono stati più gravemente colpiti (Vardoulakis *et al.* 2014).

L'INSOSTENIBILITÀ DELL'AUTOMOBILE IN CITTÀ

L'impronta di carbonio del settore dei trasporti è globalmente oltre il 25% delle emissioni di CO₂e¹. I consumi energetici dei trasporti nei paesi UE nel 2017 sono stati 17,6 milioni di terajoule (MTJ); con

LA TIPICA AUTO EUROPEA RESTA PARCHEGGIATA PER OLTRE IL 92% DEL TEMPO E L'AUTOMOBILISTA TRASCORRE CIRCA UN QUINTO DEL SUO TEMPO A CERCARE PARCHEGGIO. L'86% DELL'ENERGIA DEL CARBURANTE NON RAGGIUNGE LE RUOTE E GRAN PARTE DELL'ENERGIA SERVE PER TRASPORTARE L'AUTOMOBILE, NON LE PERSONE.

12,8 MTJ, circa 3/4 del totale, i trasporti su strada sono stati di gran lunga il principale emettitore e sono la maggiore causa di inquinamento delle città. Ad eccezione della rete elettrificata delle ferrovie, tutti i modi di trasporto utilizzano essenzialmente derivati del petrolio. Le variazioni di emissioni di CO₂e, fatto 100 il valore dell'indice nel 1990, sono state positive per l'aviazione, che è più che raddoppiata e con una tendenza crescente, e per i trasporti stradali, aumentati del 20%.

I diversi modi di trasporto contribuiscono in maniera molto diversa alle emissioni per passeggero (p) e tonnellate (t) di merci trasportate, come riportato nella Figura 1.

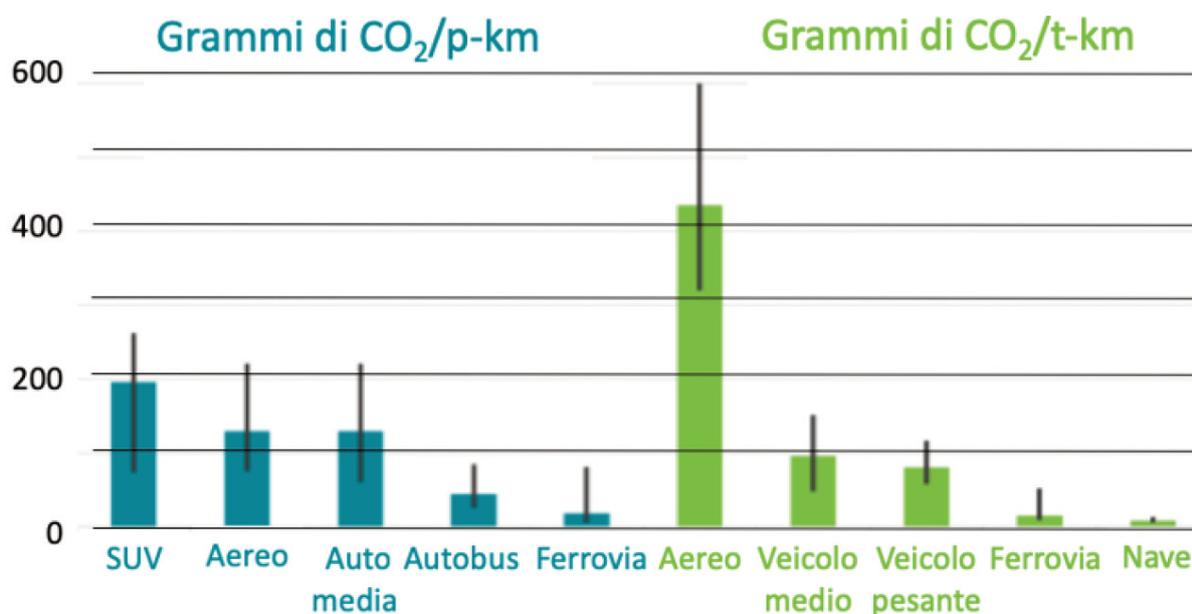


Fig. 1. Emissioni di CO₂ per pkm e tkm. Fonte: IEA 2021.

¹Anidride carbonica equivalente (CO₂e). Per qualsiasi quantità e tipo di gas serra (Greenhouse GAS, GHG), CO₂e indica la quantità di CO₂ che ha un impatto equivalente sul riscaldamento globale (Global Warm Potential, GWP). Una quantità di GHG può essere espressa come CO₂e moltiplicando la quantità di GHG per il suo GWP.

Tra i modi di trasporto il SUV emerge come il più grande emettitore di CO₂ per pkm. L'attrazione del SUV sul mercato ha portato a un'enorme crescita della CO₂ dovuta al trasporto stradale (cfr. Figura 2), l'unico in cui sono aumentate le emissioni sia nelle economie avanzate che in quelle emergenti e in sviluppo.

Un dettaglio maggiore è nella Tabella 1, che riporta per diversi modi di trasporto urbano le caratteristiche di capacità del veicolo, i pesi dei veicoli, i consumi e l'emissione di CO₂ e sempre per pkm (Brunner et al. 2018). La Tabella mostra le grandi differenze tra i trasporti attivi (camminare e pedalare) e i trasporti motorizzati. Tutti soffrono di una sottoutilizzazione delle capacità, limitata a circa 1/4.

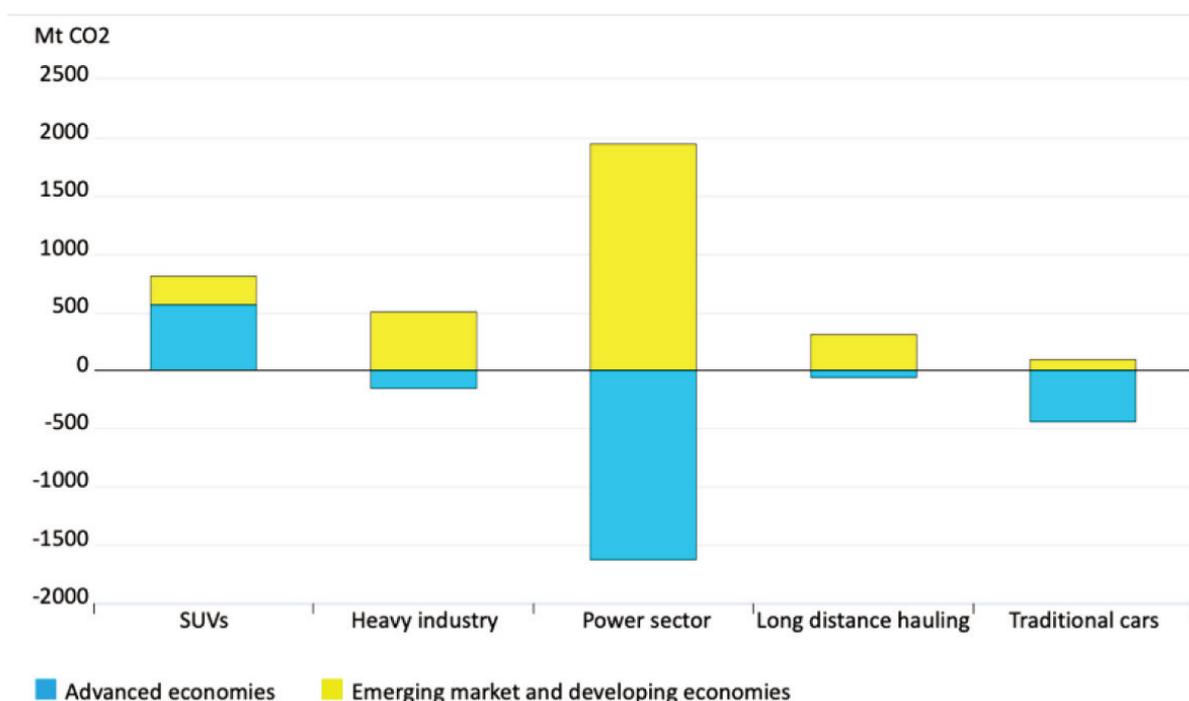


Fig. 2. Variazione delle emissioni di CO₂ per settori. Fonte: IEA 2021.

L'86% dell'energia dei carburanti fossili non raggiunge le ruote e gran parte dell'energia serve per trasportare l'automobile, non le persone. La tara delle auto moderne va da 800 kg a 1,5 tonnellate per le utilitarie e fino a 2,6 tonnellate per station wagon e SUV. In venti anni dal 1989 al 2019 la tara delle auto è passata da 870 a 1.238 kg con un aumento del 41%, mentre il carico utile, in rapporto alla tara, è di 11 volte per le automobili più leggere fino a 32 volte per le più pesanti. Le auto elettriche sono ancora più paradossali. Il motore elettrico è più efficiente ma le tare sono maggiori; la Tesla S ha una tara di circa 2,4 tonnellate, di cui 1/3 dovuto alla batteria.

Tab. 1. Modi di trasporto, pesi, consumi e emissioni

	Capacità n. p	Uso effettivo n. p	Peso del veicolo [kg]	Peso del veicolo [kg/p]	C02e WTW [g/km]	C02e WTW [g/pkm]
Pedone	1	1,00	0	0	0,0	0,0
Bicicletta	1	1,00	18	18	0,0	0,0
E-bicicletta	1	1,00	24	24	7,4	7,4
Scooter	2	1,10	130	130	91,5	86,4
E-scooter	2	1,10	145	132	10,5	9,5
Subcompact PC	4	1,07	986	921	157,7	147,4
Subcompact EV	4	1,07	1248	1166	37,5	22,1
SUV PC	5	1,34	2281	1702	323,2	241,2
Autobus urbano	103	21,54	11529	464	1371,5	63,7
Autobus Articol.	155	32,41	17055	526	1645,8	50,8
Tram	145	36,25	33500	924	955,5	26,3

Fonte: Elaborazione da Brunner *et al.* 2018.

La tipica auto europea sta ferma parcheggiata immobile oltre il 92% del tempo e l'automobilista trascorre circa un quinto del suo tempo a cercare parcheggio.

L'ingombro di un veicolo è statico e dinamico; in questo secondo caso dipende dal distanziamento tra i veicoli, crescente con la velocità. Il valore riportato in Figura 3 è basato su rilievi e non rispetta il codice della strada, che prevede una distanza di sicurezza tale che sia garantito in ogni caso l'arresto tempestivo e siano evitate collisioni con i veicoli che precedono. Come riportato nella Figura 3, il minimo distanziamento in tempo è di 2 secondi e in spazio di 1 m per velocità comprese tra 1 e 10 km/h; oltre i 10 km la crescita è lineare. Un veicolo su una corsia di 3,5 m a 30 km/h ha un ingombro dinamico di $(4 + 12) \times 3,5 = 168 \text{ m}^2$, dove 4 è la lunghezza del veicolo. Ecco il perché della congestione e perché i veicoli in città si muovono spesso alla velocità dei pedoni.

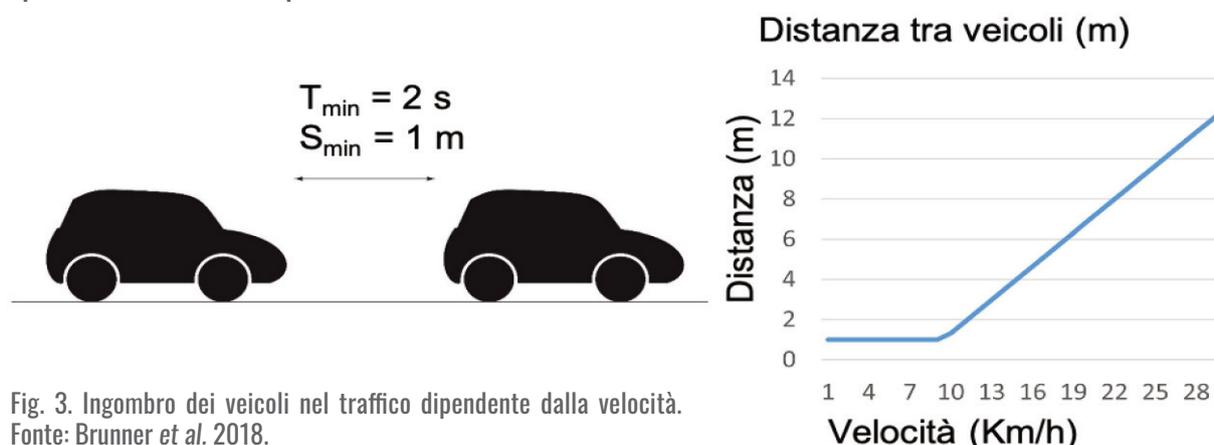


Fig. 3. Ingombro dei veicoli nel traffico dipendente dalla velocità.
Fonte: Brunner *et al.* 2018.

La Figura 4 riporta i dati USA sul consumo di suolo per insediamenti commerciali e residenziali, strade e parcheggi.

- Coperture commerciali 530.000 ha
- Coperture residenziali 1.133.000 ha
- Aree di parcheggio 1.862.000 ha
- Superficie strade 5.180.000 ha



Fig. 4. Consumo di suolo per insediamenti, parcheggi e strade. Fonte: Griffith 2021.

La Figura 5 riporta le capacità dei principali modi di trasporto urbano. L'automobile ha un regime di circolazione a densità libera, cioè il distanziamento tra i veicoli in corsia è deciso dai conducenti; la capacità è la minima (2000 p/h) e questo modesto risultato è causato dagli ingombri crescenti con la velocità e dal modesto uso effettivo del veicolo privato, che spesso viaggia con il solo conducente. I treni hanno la capacità massima (fino a 90.000 p/h) e le prestazioni (velocità, densità e capacità), a differenza dei veicoli stradali, sono controllate in massima sicurezza dal segnalamento.

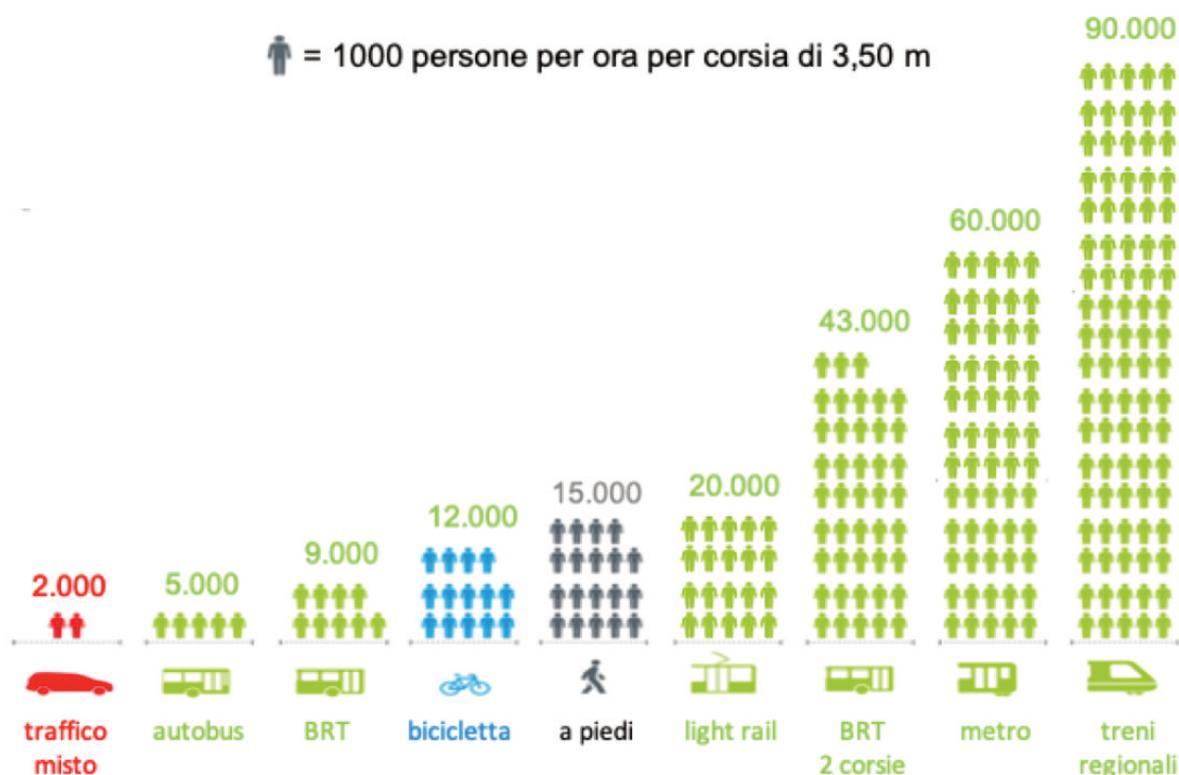


Fig. 5. Capacità dei mezzi di trasporto. Fonte: TUMI.

La Figura 6 mostra la relazione distanza-tempo dello spostamento per diverse modalità di trasporto in area urbana. Per distanze, che possono aumentare a seconda della rete stradale e delle condizioni di circolazione, il pedone è più veloce fino a 0,5km, la bicicletta fino a 4 km e il treno fino a 8 km. L'autobus è sempre più lento della bicicletta. La figura ridimensiona il mito della velocità dell'automobile con cui si giustifica il suo uso anche per brevi spostamenti. La bicicletta è 5 volte più efficiente energeticamente rispetto al camminare, e 50 – 100 volte rispetto all'automobile con il solo conducente; al punto che lo scrittore H.G. Wells scrisse: "Ogni volta che vedo un adulto in bicicletta, non dispero più per il futuro della razza umana".

Tempo dello spostamento porta a porta (minuti)

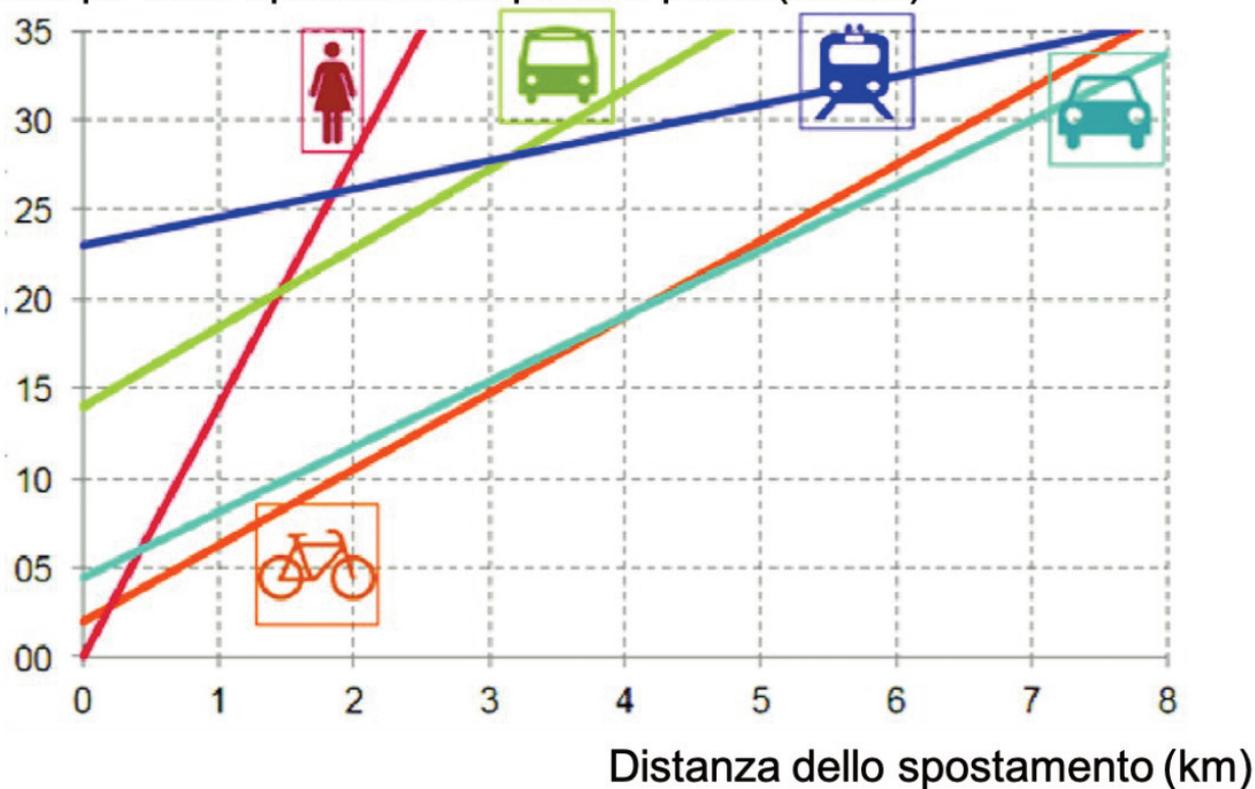


Fig. 6. Tempi porta a porta in città. Fonte: DeKoster 1999.

“Ogni volta che vedo un adulto in bicicletta, non dispero più per il futuro della razza umana”.

H.G. Wells



L'impatto dei trasporti sull'ambiente e sulla salute pubblica – in primo luogo quello degli autoveicoli – concorre in modo decisivo al benessere della popolazione. La Figura 7 mostra la proporzione della popolazione che soffre di malattie croniche non trasmissibili, la cui incidenza può essere associata al vivere vicino alle aree più trafficate in 10 città europee.

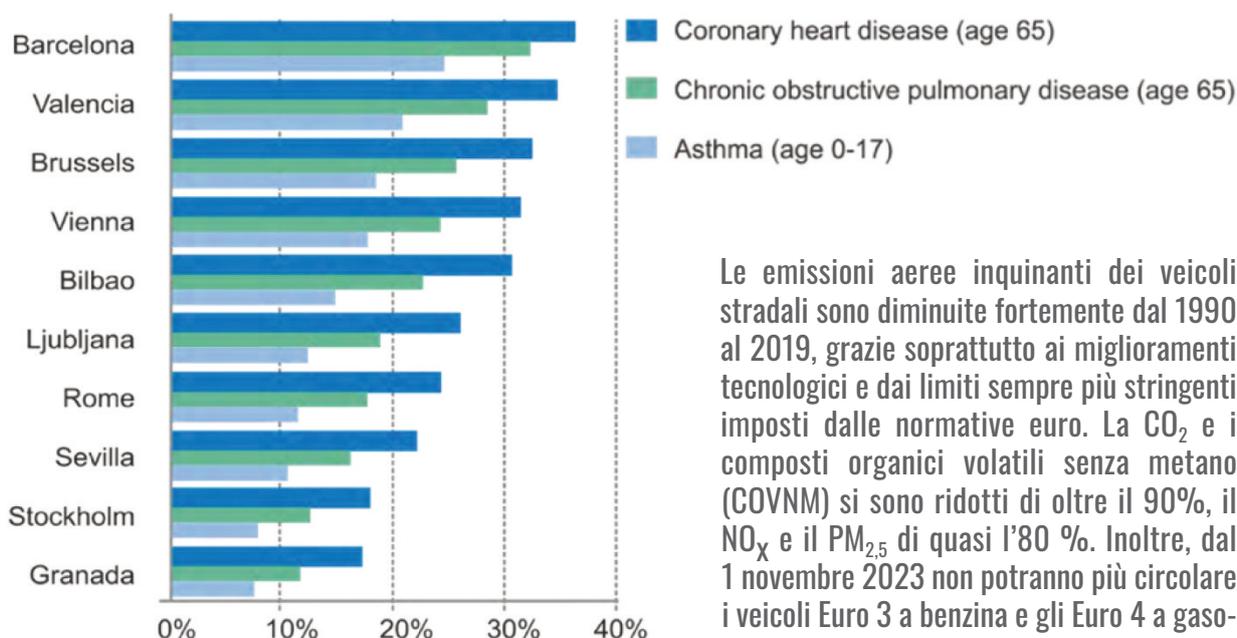


Fig. 7. Popolazione con malattie croniche attribuibili al traffico. Fonte: DeKoster 1999.

Le emissioni aeree inquinanti dei veicoli stradali sono diminuite fortemente dal 1990 al 2019, grazie soprattutto ai miglioramenti tecnologici e dai limiti sempre più stringenti imposti dalle normative euro. La CO₂ e i composti organici volatili senza metano (COVNM) si sono ridotti di oltre il 90%, il NO_x e il PM_{2,5} di quasi l'80%. Inoltre, dal 1 novembre 2023 non potranno più circolare i veicoli Euro 3 a benzina e gli Euro 4 a gasolio, mentre la nuova normativa euro 7 entrerà in vigore il 1° luglio 2025 per le auto e il 1° luglio 2027 per i mezzi pesanti. Purtroppo, il particolato emesso dal traffico è diminuito

molto meno, come riportato in Figura 8. Un contributo è dovuto alla riduzione dei gas di scarico, ma le altre fonti sono rimaste pressoché invariate. L'aumento del consumo dei freni è dovuto all'aumento dei pesi dei veicoli. I veicoli elettrici eliminano i gas di scarico e possono in parte ridurre il particolato prodotto dall'usura dei freni con la frenata rigenerativa, ma sono più pesanti. Risulta che rispetto ai veicoli con motori a combustione interna riducono il PM₁₀ del 4-7%, ma aumentano il PM_{2,5} del 3-8% (OECD 2020).

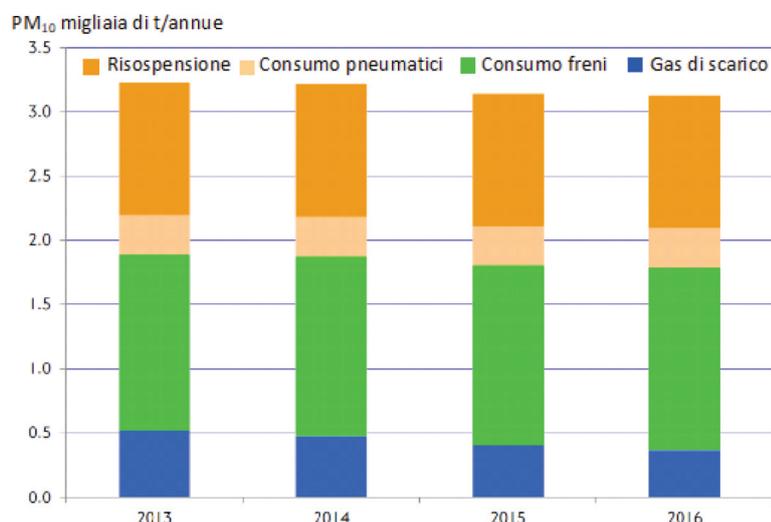


Fig. 8. Emissioni di PM₁₀ dal traffico nella Grande Londra. Fonte: TfL 2017.



Le fonti del rumore dei veicoli sono il motore e il rotolamento degli pneumatici, influenzate dalla velocità, dal peso del veicolo, dalla relativa motorizzazione e dalla pavimentazione. Il rumore del traffico è un pericolo per la salute spesso sottostimato. L'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) lo classifica al secondo posto dopo l'inquinamento atmosferico. Il rumore del traffico è una componente importante del rumore ambientale, responsabile di stress, scarsa concentrazione e mancanza di sonno; o di problemi ancora più gravi, tra cui malattie cardiovascolari, deterioramento cognitivo e danni all'udito. Il 30% della popolazione europea è esposto a rumori del traffico stradale superiori a 55 dB durante la notte. Anche le aree naturali sono talvolta esposte al rumore prodotto dall'uomo, che influisce negativamente sulla fauna selvatica, con conseguenti cambiamenti comportamentali e, in casi particolari, anche evolutivi.

Lo schema di Figura 9 riporta gli impatti dell'automobile durante tutto il ciclo di vita. Lo schema è tratto da uno studio (Jasinski 2016) che ha selezionato una serie di criteri di valutazione dalla letteratura e li ha poi perfezionati intervistando esperti del settore. Le relazioni indicano l'interdipendenza tra le dimensioni della sostenibilità.

Gli effetti dell'inquinamento automobilistico sono molto diffusi e incidono sugli ecosistemi, danneggiando il suolo, i laghi, i fiumi, e la salute umana. L'ossido di azoto riduce lo strato di ozono, che protegge la Terra dalle dannose radiazioni ultraviolette del sole. L'anidride solforosa e il biossido di azoto si mescolano con l'acqua piovana per creare piogge acide, che danneggiano colture, foreste e beni culturali. Il particolato, gli idrocarburi, il monossido di carbonio e altri inquinanti delle automobili danneggiano la salute umana. L'inquinamento atmosferico ha effetti acuti, con sintomi respiratori e cardiaci, e cronici, su ogni organo del corpo (Alessandrini *et al.* 2013). I numeri del danno annuale in termini di vite umane sono analoghi, almeno per l'Italia, a quelli del Covid-19; senza contare l'impatto economico in termini di spesa pubblica per la salute.

Anche se molti degli impatti sono regolati da standard fissati per legge – come il riciclo, le emissioni e i consumi, il rumore, le vibrazioni, la sicurezza attiva e passiva – l'automobile è una tecnologia di trasporto con molte, gravi e incolmabili insufficienze. La *carbon footprint* inizia con lo sfruttamento delle risorse naturali e si chiude con lo smaltimento dei rifiuti.

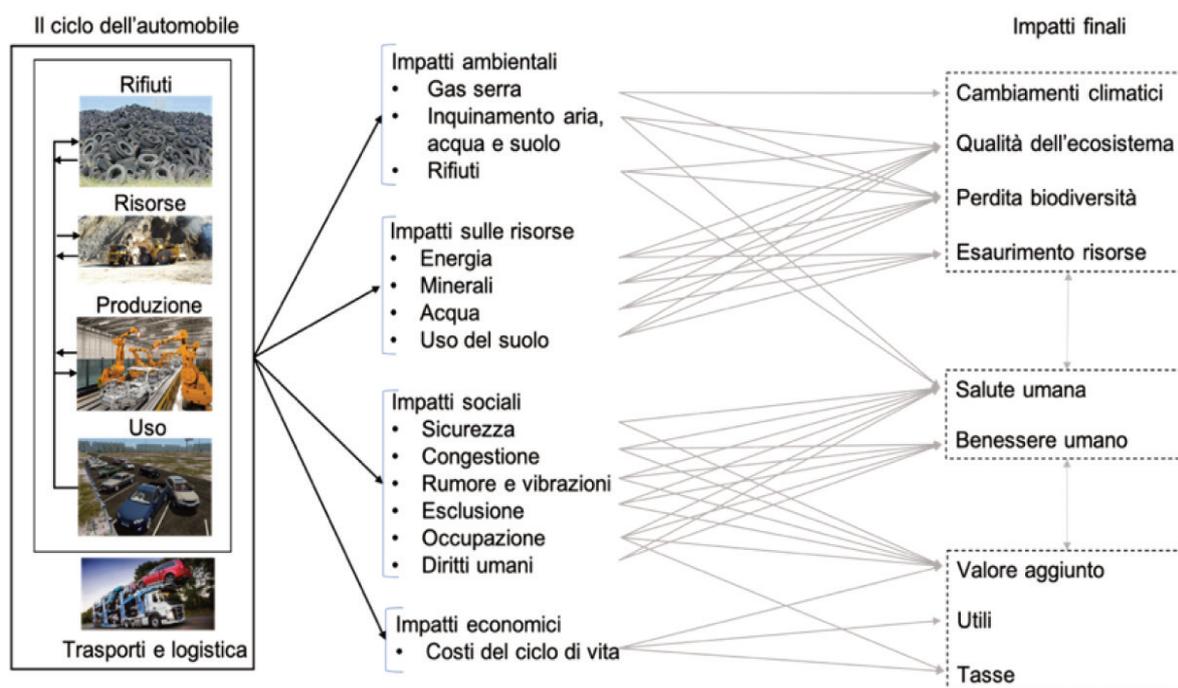


Fig. 9. Schema per la valutazione degli impatti dell'automobile nell'intero ciclo di vita del prodotto.
Fonte: Elaborazione da Jasinski 2016.

Il rifiuto-automobile ha impatti ambientali ed economici. A causa della limitatezza o inesistenza di risorse minerarie proprie, l'Italia e gli altri paesi europei dipendono fortemente dalle importazioni. In futuro le forniture di materiali come rame, argento, stagno, germanio, diventeranno più scarse e più costose. La legge prescrive dal 1° gennaio 2015 una percentuale di reimpiego e recupero di almeno il 95% del peso medio per veicolo/anno. Purtroppo, nel caso degli pneumatici, ad esempio, il recupero implica combustione, frantumazione, discarica e traffici illegali. L'uso come combustibile produce sostanze tossiche; la frantumazione richiede molta energia; alla fine conviene spesso spedirli all'estero. L'Italia nel 2018 ha inviato in India 41.000 t di pneumatici per essere bruciati in poveri villaggi (Geddie *et al.* 2019).

L'automobile ha modificato l'accessibilità del territorio. Tutto è diventato più lontano, raggiungere le usuali destinazioni per servizi, acquisti e lavoro a piedi o in bicicletta è diventato impegnativo e pericoloso. Man mano che ci si allontana dal centro urbano perdono attrazione i TA (Trasporti Attivi) e i TC (Trasporti Collettivi), l'automobile diventa dominante ed esaspera le ineguaglianze di genere, di età e di reddito. La distinzione tra centro urbano e ambiente rurale è sfumata. L'effetto città, come luogo di intense relazioni sociali, si è perso; il traffico ha creato barriere alle relazioni; le strade sono diventate fonti di gas nocivi, di rumore e di pericolo.

La tecnologia dell'automobile è molto costosa. L'industria automobilistica ha effetti importanti sui consumi e interessa molti settori industriali, con effetti moltiplicatori per la crescita economica e lo sviluppo tecnologico. I costi del ciclo di vita contribuiscono al valore aggiunto, agli utili, alle tasse e in definitiva al PIL. Il settore contribuisce al 3% circa del PIL mondiale e in Italia nel 2019 valeva 189 miliardi, pari all'11% del Pil nazionale. Un'inversione di tendenza può avere numerosi impatti positivi, ma anche negativi e inattesi, che richiedono una grande cautela nei cambiamenti.

Non deve quindi stupire che l'automobile sia uno dei beni di consumo più costosi. Tuttavia, il proprietario dell'automobile sottovaluta i suoi costi; gli amministratori e spesso anche i tecnici ne sottovalutano i costi sociali, le cosiddette esternalità. Un recente studio ha valutato che, per una percorrenza di 15.000 chilometri all'anno, il costo totale di proprietà e uso dell'auto varia tra € 6.700 l'anno per una Opel Corsa e € 12.900 per una Mercedes GLC. La quota di questo costo a carico della società è del 41% (€ 4.674 all'anno) per Opel Corsa e del 29% (€ 5.273 all'anno) per la Mercedes GLC. I risultati dello studio indicano che per i gruppi a basso reddito, la proprietà di un'auto privata può rappresentare un costo pari all'alloggio, consumando mensilmente una quota elevata del reddito disponibile.



Tab. 2. Gli effetti avversi della dipendenza dall'automobile.

Ambientali	Economici	Sociali	Istituzionali
Diffusione a bassa densità nelle aree rurali	Dipendenza dal petrolio	Dipendenza dall'auto e problemi di accessibilità	Le regole del codice della strada privilegiano l'automobile
Consumo di suolo	Declino dei trasporti collettivi e attivi	Spazio pubblico dedicato al traffico	Il conducente è il principale responsabile
Inquinamento gassoso, sonoro e piogge acide	Costi del trasporto	Incidenti stradali	Gli uffici tecnici sono dedicati al traffico veicolare
Emissione di CO ₂ e	Costi per l'inquinamento e lo stile di vita sedentario	Malattie non trasmissibili	Le amministrazioni finanziano il rinnovo del parco veicolare
Estrazione e consumo di materie prime	Costi di congestione	Salute mentale e fisica per mancanza di attività	I piani sono dedicati al traffico e alla mobilità (PUT, PUMS)
Creazione di un ambiente obesogenico		Iniquità nel trasporto per reddito e genere	

In conclusione, la dipendenza dall'automobile produce una serie di effetti avversi di tipo ambientale, economico, sociale e istituzionale che compromettono la sostenibilità delle città, come riassunto nella Tabella 2.



IL SUCCESSO DELL'AUTOMOBILE

Stupisce che un mezzo di trasporto urbano così inefficiente e dannoso abbia esercitato una irresistibile attrazione. Oggi l'attrazione è sicuramente diminuita specialmente tra i giovani e molte città hanno una ripartizione modale a favore dei trasporti attivi e dei trasporti collettivi, come riporta la Figura 10 relativa alle capitali europee. Purtroppo, Roma è in fondo alla lista.

La scelta del modo di trasporto è studiata dagli esperti con modelli matematici tipo *logit* (Delle Site 2018). I fattori che influenzano le scelte del modo di trasporto tra le alternative disponibili sono il genere, la proprietà dell'auto, i costi del viaggio, la distanza e il tempo di viaggio, il comfort, l'età, il reddito e la sicurezza. L'uso dell'automobile è però condizionato dal possesso della licenza e dal costo di acquisto dell'automobile – che discrimina i giovani, le donne, i vecchi, le persone con problemi psico-fisici e con un reddito insufficiente – a cui si aggiungono il livello di congestione e la mancanza di parcheggi, o anche la sola distanza del parcheggio, come mostra la Figura 11.

Ma in realtà la forte attrazione dell'automobile dipende dal soddisfare contemporaneamente due desideri umani contrastanti: la velocità e la sedentarietà.

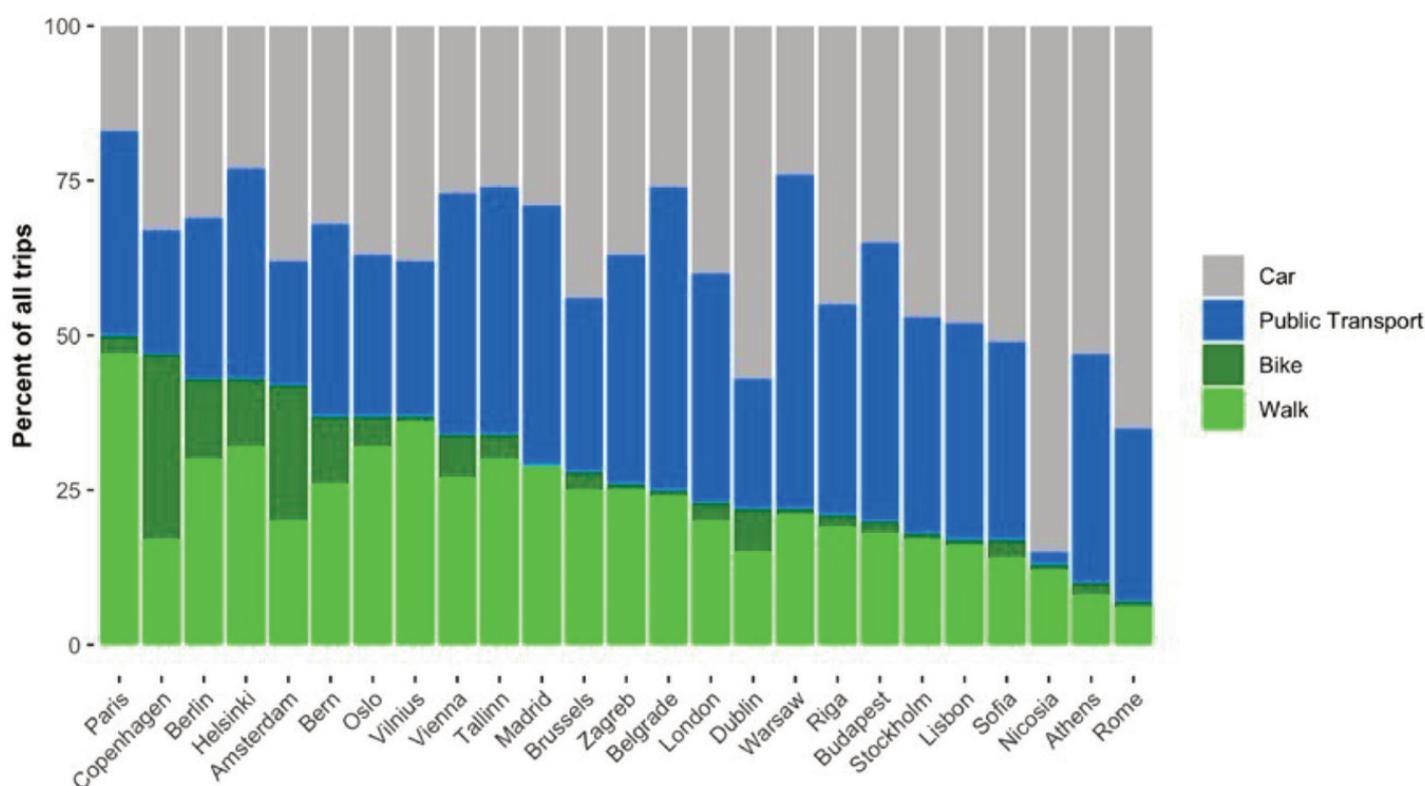


Fig. 10. Ripartizione modale per gli spostamenti più frequenti nelle capitali europee. Fonte: Fiorello 2016.

Percentuale di spostamenti in automobile

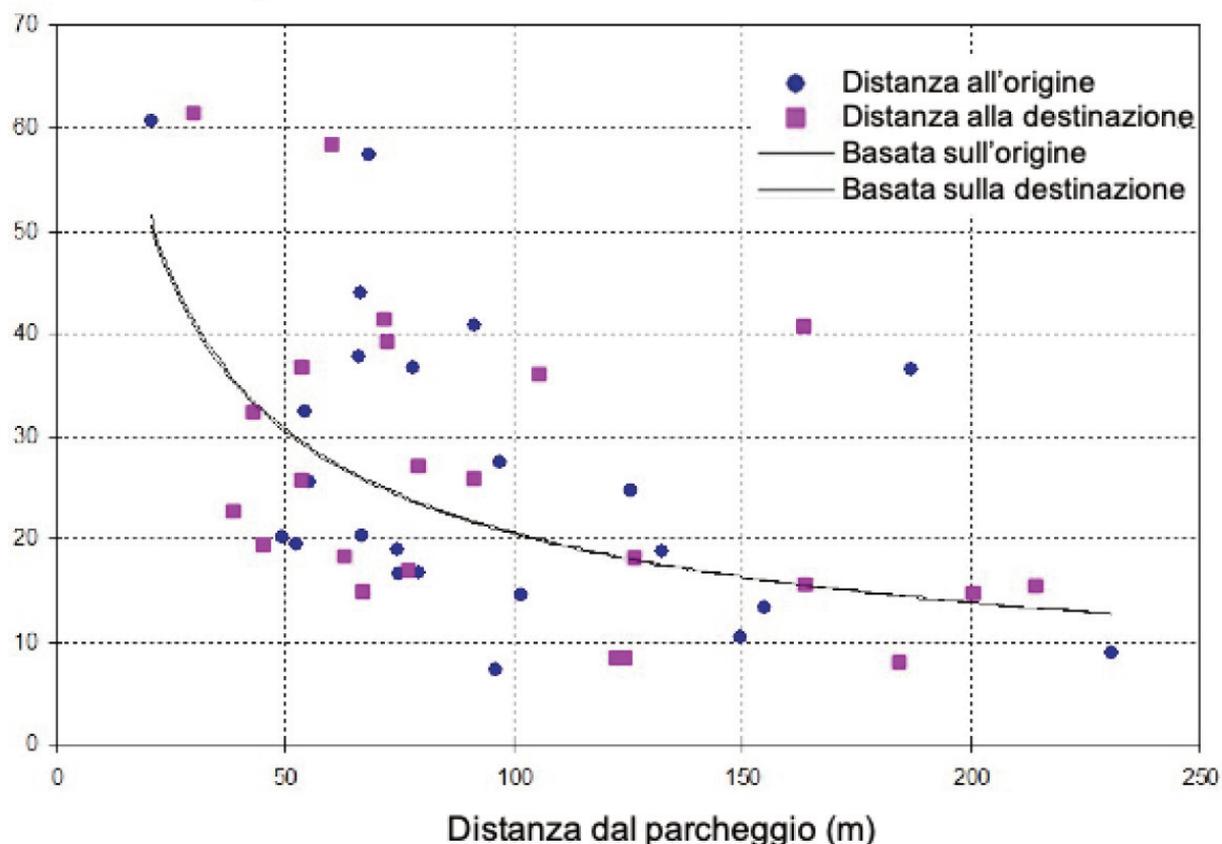


Fig. 11. Spostamenti in automobile al variare della distanza dal parcheggio. Fonte: Emberger 2017.

I comportamenti umani sono stati selezionati per milioni di anni nell'ambiente del nostro adattamento evolutivo (EEA, *Environment of Evolutionary Adaptedness*). In quell'ambiente correre più veloce degli altri era un elemento chiave della sopravvivenza per sfuggire ai predatori e ai nemici, non tanto per catturare le prede che erano sempre più veloci. Ma in contrasto con la grande attività fisica del cacciatore-raccoglitore con percorrenze giornaliere di 15 – 20 km, nel passato evolutivo una forte selezione ha favorito la sopravvivenza di chi si procurava le calorie necessarie con la minima fatica (Kelly 2016) ed esposizione ai rischi (Speakman 2019). Tanti km, ma anche tante ore seduti al riparo del gruppo.

Oggi questo equilibrio tra attività e inattività non funziona più. Il cibo lo trovo in abbondanza al supermercato e per arrivarci uso l'automobile parcheggiata nel garage sotto casa, che raggiungo con l'ascensore. È un disadattamento (*mismatch*) evolutivo che ha creato seri problemi di salute.

La tecnologia ci permette di indulgere nella nostra ancestrale attrazione alla sedentarietà (Shaw 2016), con un livello così basso di attività fisica mai visto nella nostra storia evolutiva, senza per questo morire di fame. L'assunzione di cibo non dipende più dall'attività fisica e questa ha raggiunto livelli così bassi da essere dannosi alla salute per larghe fasce della popolazione (Speakman 2019). Passiamo troppo tempo seduti nell'automobile, al lavoro e in casa, mentre è riconosciuto che l'attività fisica aumenta la creatività, la produttività, l'apprendimento e la determinazione. Sono stati condotti dei confronti tra i lavoratori che vanno a lavorare in bicicletta un giorno e in auto il giorno successivo. Andare in bicicletta per trenta minuti è stato sufficiente per avere un effetto significativo sulla creatività e sul pensiero, e questo effetto ha continuato alcune ore dopo lo sforzo (Giphart 2018). Le malattie legate alla sedentarietà sono epidemiche e possono dipendere anche dal modo che scegliamo per andare al lavoro (Patterson 2020).

L'automobile attrae anche per una combinazione di segnali fisici e psicologici, attualmente condivisi in misura diversa da tutti gli esseri umani. L'automobile ci dà anche il piacere, con il movimento e la velocità, di dimostrare abilità e accettazione del rischio. In questo modo, soprattutto i giovani mostrano le loro qualità, la cosiddetta *young male syndrome*. L'automobile è uno *status symbol* utilizzato come un indicatore di prestigio sociale e per aumentare le possibilità di essere scelti da un partner. L'automobile ci protegge, circondando la pelle umana fragile, morbida e vulnerabile, con una nuova pelle d'acciaio.

Questa forte attrazione ci impedisce di giudicare oggettivamente i molteplici danni derivanti dall'uso eccessivo delle automobili. Un recente studio (Walker *et al.* 2022) ha mostrato come l'uso dell'automobile riceva automaticamente un trattamento sistematicamente distorto a vantaggio di un giudizio positivo, un effetto che gli autori chiamano *motonormalità*. Questo pensiero motonormativo sembra endemico tra gli amministratori e i medici, oltre che nella popolazione. Di conseguenza le questioni fondamentali di salute pubblica e sostenibilità sono sistematicamente trascurate dai responsabili politici.



La Figura 12 mostra l'essere umano di fronte al prodotto automobile con i suoi istinti e la sua intelligenza. Ma i segnali sono così fortemente radicati nel nostro cervello formatosi nell'età della pietra e la risposta istintiva è così immediata e naturale da compromettere il più delle volte l'uso dell'intelligenza.



Gli esseri umani hanno difficoltà a vedere un pericolo nella velocità perché non è parte del nostro adattamento ancestrale all'ambiente. L'evoluzione non ci ha preparati per le alte velocità e ai rischi legati alle alte velocità. L'assenza di energia, di sforzi nelle gambe, di accelerazione dei battiti e del respiro non consente al cervello del conducente di percepire l'eccesso di velocità. Ma la velocità produce un *mismatch* di tipo fisiologico alla guida di un'automobile. La visione umana è molto ampia per velocità inferiori a 30 km/h, un guidatore può vedere con un cono visivo di circa 120° a 25 km/h. L'ampiezza era vitale per vedere quello che succedeva attorno al suo percorso, avvertire la presenza di predatori e di prede ed era anche coerente con la velocità. Oggi alla guida di un'automobile anche in città le velocità possono arrivare per legge a 50 km/h e il cono visivo scende a 80°; e a 100 km/h, scende a 40°.

La Figura 13 mostra la riduzione del cono visivo in rapporto alla velocità del veicolo (Speck 2018). A 25 km/h vedo chiaramente persone e oggetti ai lati del percorso. L'aumento di velocità riduce il cono visivo e il guidatore non vede una bicicletta che si muove sul lato della strada. Questo è un motivo per cui la compresenza di biciclette o scooter su strade prive di apposite piste, richiede velocità ridotte; l'altro motivo dipende dalle differenze di velocità che sono causa di incidenti.

La riduzione di velocità ha anche effetti positivi nell'eventualità di una collisione. La tolleranza umana a una collisione è la base per progettare la sicurezza stradale. A 3 km/h il 90% delle persone investite frontalmente sopravvive.



Fig. 13. Riduzione del cono visivo con la velocità. Fonte: NACTO 2013.

Visto che la velocità è il principale problema della sicurezza, sarebbe semplice rispettare i limiti di velocità indicati nella figura. Le velocità medie nelle maggiori città europee (Wagner 2018) sono: Londra e Roma 40 km/h, Parigi 38, Napoli 33 e la moderna Berlino 24.

All'inizio del Novecento l'automobile era ovviamente una semplice curiosità, ma divenne rapidamente un bene di lusso entrando nel consumo delle classi più agiate; la sua penetrazione incontrò però molte resistenze in ambito urbano. La velocità massima fu stabilita a 2 miglia/ora in città e i primi incidenti mortali suscitarono indignazione nei cittadini e richieste di provvedimenti restrittivi. La Figura 14 mostra due manifestazioni in USA e in Europa.



Fig. 14. Manifestazioni contro il traffico a Filadelfia nel 1953 e ad Amsterdam nel 1972.

Nondimeno, l'automobile diventò simbolo della modernizzazione; fu una tecnologia liberatrice, rappresentò la libertà e la crescita economica; consentì di vivere, lavorare e divertirsi in modi prima inimmaginabili. L'automobile promise una grande libertà con la massima protezione nel guscio metallico e la minima quantità di preziosa energia corporea, e questo ne favorì una forte dipendenza. In Italia il Futurismo fu pronto ad accogliere questo aspetto. Un estratto dal Manifesto del 1909 rende bene il momento: *“Noi affermiamo che la magnificenza del mondo si è arricchita di una bellezza nuova: la bellezza della velocità. Un'automobile da corsa col suo cofano adorno di grossi tubi simili a serpenti dall'alito esplosivo ... un'automobile ruggente, che sembra correre sulla mitraglia, e' piu' bello della Vittoria di Samotracia”*. Nel quadro di Figura 15 — *“Auto + Velocità + Paesaggio”* del 1916, di Roberto Iras Baldessari — la velocità dell'automobile rossa interagisce con il paesaggio statico e lo deforma, un presagio premonitore.

Durante il secondo decennio del Novecento l'automobile diventò un consumo popolare negli USA, grazie all'introduzione della catena di montaggio e della componentistica che ne ridussero drasticamente i costi. L'alleanza petrolifera e automobilistica, sostenuta dalla politica e dall'entusiasmo di milioni di consumatori, è stata il simbolo e uno dei principali fattori che hanno contribuito a un periodo di espansione senza precedenti nella storia economica dell'umanità (Sweezy 1972).



Fig. 15. Auto + velocità + paesaggio. Roberto Marcello Baldessari 1916.



Questi stessi interessi economici promossero le prime politiche a supporto dell'automobile, decisive per l'affermazione del nuovo prodotto di massa. In particolare, furono fondamentali l'espansione del sistema stradale, le ristrutturazioni urbane, la diversa assegnazione degli spazi pubblici, il declino dei trasporti pubblici. L'industria colse i vantaggi di un prodotto che attraeva sia i mercati di massa che quelli d'élite. I politici, che amano sempre idee tecnicamente semplici con un ampio supporto popolare, capirono che poteva risolvere, in un colpo solo, problemi complessi di crescita economica e occupazione.

Artisti, scrittori e visionari hanno cementato la mobilità automobilistica nella cultura popolare e di conseguenza hanno assicurato la sua influenza sui programmi nazionali. Gli ingegneri affascinati dalla nuova macchina fornirono gli strumenti per progettare la città attorno all'automobile. I più famosi architetti urbanisti del periodo crearono delle visioni della città del futuro fondate sull'automobile.

Le Corbusier immagina la città di domani, in Figura 16, verticale e con un triplice sistema di strade: sotterranee per il traffico pesante, a livello per il traffico urbano di distribuzione e autostrade sopraelevate N-S ed E-O per il traffico rapido. La stazione ferroviaria sotterranea è al centro. Per Le Corbusier la mobilità e la velocità sono prioritari per il successo della città. "La velocità sta sul lato dei semplici sogni: ma è una necessità brutale. La conquista della velocità è sempre stata il sogno dell'umanità, eppure ha preso forma solo negli ultimi cento anni" (Le Corbusier 1924).

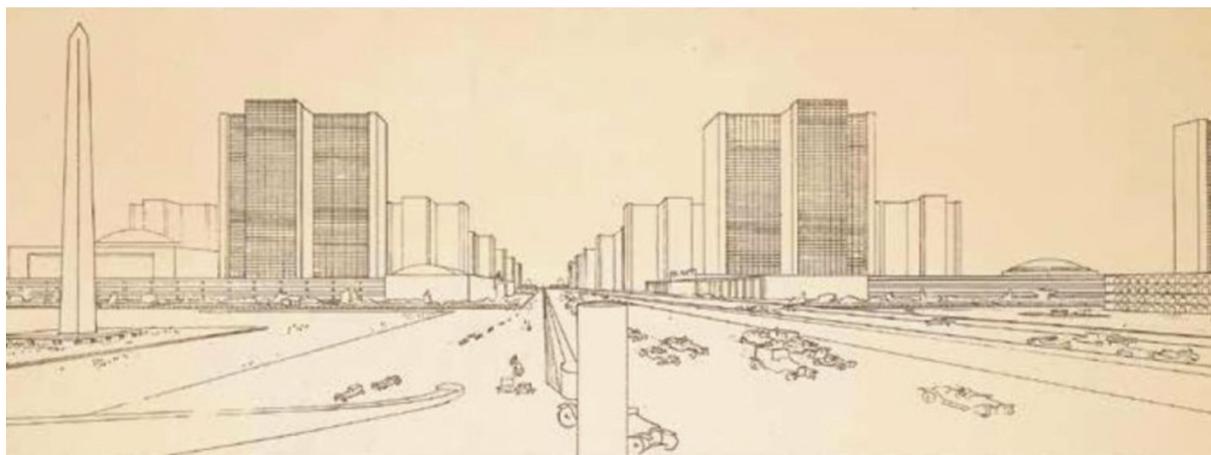


Fig. 16. La città di domani di Le Corbusier. Fonte: Robert 2015.

L'industria automobilistica ripresenta l'idea a Futurama (Figura 17), una mostra alla Fiera mondiale di New York del 1939, che presentava un possibile modello del mondo 20 anni nel futuro (1959-1960). L'installazione era sponsorizzata dalla General Motors Corporation ed era caratterizzata da autostrade automatizzate, con modelli in scala reale, e vaste periferie, forse per accogliere il mito americano individualista, che Frank Lloyd Wright colse in una visione opposta: la fine della città resa obsoleta dalla mobilità individuale dell'automobile e la proposta di Broadacre City, una popolazione diffusa a bassa densità con villette individuali ognuna circondata dal verde, il sogno individualista americano e lo "sprawl".



Fig. 17. Futurama. Fonte: Norton 2021.

Bisogna aspettare quasi trent'anni perché emergano alcune reazioni della cultura architettonica e urbanistica nei confronti dell'auto, intesa non più come opportunità ma come minaccia. Louis Kahn, nel Civic Center Project di Filadelfia del 1957 in Fig. 18, propone una città circondata da enormi torri di parcheggio cilindriche che difendono il centro dall'assalto delle automobili e dalle forze del decentramento che minacciavano l'interazione umana. È un ritorno alla città medievale con torri e mura a difesa dei suoi cittadini. Il progetto fu ovviamente respinto.



Fig. 18. Il progetto del Centro Civico di Filadelfia. Fonte: Norton 2021.

L'industria automobilistica nella seconda metà del Ventesimo secolo era diventata una delle maggiori forze produttive ed economiche in tutto il mondo. I volumi, l'efficienza, la sicurezza e le caratteristiche funzionali dei veicoli erano cresciuti costantemente. I quasi 100 milioni di automobili e camion prodotti ogni anno erano responsabili di quasi la metà del consumo mondiale di petrolio. L'industria impiegava 4 milioni di persone direttamente e molte altre indirettamente. Gli interessi privati che si raggruppavano intorno all'automobile, prosperarono per quasi tutto il Ventesimo secolo e furono quantitativamente molto più numerosi e ricchi di quelli similmente correlati a qualsiasi altra merce o complesso di merci nell'economia occidentale.



Fig. 19. Poster degli anni 30 della Trailmobile.



Fig. 20. Tipico quartiere suburbano negli USA.

Le promesse di libertà e velocità andarono presto deluse, le strade e le nuove autostrade si saturarono rapidamente, gli incidenti stradali divennero un'epidemia, i parcheggi non bastavano mai e i trasporti pubblici erano diventati marginali. La Figura 19 riporta un poster della Trailmobile, una società di trasporti americana e canadese con servizi autobus coast to coast, che chiedeva più strade per risolvere la congestione prodotta da oltre 50 milioni di veicoli.

La città e la campagna persero la netta distinzione che avevano avuto in migliaia d'anni. La Figura 20 mostra un tipico esempio di residenze individuali suburbane. L'automobile è indispensabile, ogni casa ha il suo garage. Sussistono però ancora grandi differenze tra le città Nord Americane e Australiane, Europee e Asiatiche. Nelle prime il dominio dell'automobile, con poche eccezioni, è completo; l'Europa è nel mezzo; le città asiatiche con le loro alte densità di popolazione sono quelle più resistenti.

LA PIANIFICAZIONE DELLA MOBILITÀ

Nel 1954, Mitchell e Rapkin pubblicarono *Urban Traffic: A Function of Land Use*, che presupponeva correttamente la dipendenza dei modelli del traffico dall'uso del suolo, dove sono localizzate le origini e le destinazioni degli spostamenti. Nel corso degli anni diventò un vero e proprio paradigma, nel senso formulato da Kuhn (1962), che caratterizza una comunità scientifica in una determinata fase dell'evoluzione storica della sua disciplina. Il paradigma sviluppato e perfezionato in «un processo di pianificazione del trasporto urbano internazionale generalizzato», ha dominato la teoria e le applicazioni della pianificazione dei trasporti. L'uso del suolo passò in secondo piano, diventò parte della base dati la cui provenienza e significato non erano in discussione. L'attenzione si spostò sulla crescente mobilità individuale motorizzata a cui bisognava dare risposta con massicci investimenti sulla rete stradale.

Questo approccio, noto come “prevedi e provvedi”, basato sulla previsione della domanda di trasporto e della sua evoluzione nel tempo in funzione anche di previste condizioni di utilizzo del suolo urbano, ha condizionato le infrastrutture di trasporto e i servizi necessari per sostenere la crescente mobilità automobilistica. La metodologia è caratterizzata da quattro fasi principali riportate in Figura 21:

- La suddivisione dell'area di studio in zone di traffico, cui sono attribuite tutte le basi dati della situazione attuale e delle previsioni circa l'uso del suolo, con un unico punto (cetroide di zona) dove si trovano tutte le origini e le destinazioni degli spostamenti tra le zone.
- Quattro modelli matematici e computerizzati fondamentali per determinare la generazione e la distribuzione dei viaggi, la ripartizione modale e l'assegnazione del traffico.
- Analisi dei percorsi alternativi per far fronte alla crescita del traffico.
- Valutazione delle alternative in base all'analisi costi/ benefici o multicriteria.

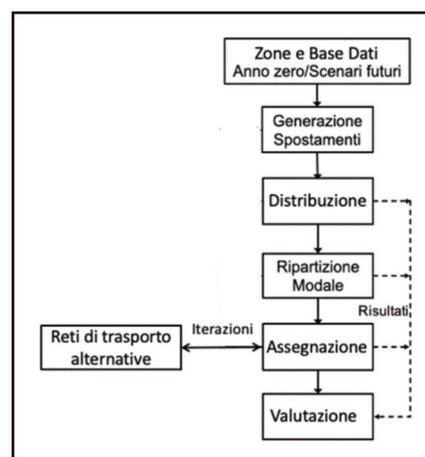


Fig. 21. Le quattro fasi della metodologia UTP.

Il paradigma mostrò ben presto delle anomalie, cioè l'incapacità di risolvere i problemi ricorrenti della pianificazione dei trasporti con i suoi metodi e strumenti. I motivi del fallimento sono molteplici. L'approccio idraulico al traffico è venuto spontaneo agli ingegneri che fin dal tempo degli antichi romani avevano grande esperienza in materia. Ma il traffico non è come l'acqua, e come tutte le analogie è incompleta. I comportamenti indicano che la rete stradale è simile ai vasi comunicanti dell'idraulica, ma contrariamente ai classici modelli di assegnazione del traffico, un cambiamento della rete può anche causare uno spostamento della ripartizione modale, delle destinazioni o la rinuncia allo spostamento, anche a breve termine; mentre a lungo termine può addirittura modificare le scelte localizzative e avviare processi circolari. La Figura 23 riporta uno schema di questo tipo con due processi circolari concatenati: il primo attiva un processo continuo di crescita della dipendenza dall'automobile e di diffusione degli insediamenti, il secondo attiva il degrado cumulativo del trasporto pubblico.

Gli automobilisti sono portati a un uso eccessivo ed economicamente inefficiente della rete stradale, che ne degrada le prestazioni e allunga i tempi di viaggio. Quando il traffico automobilistico diventa insostenibile, è chiaro che tutti raggiungerebbero più economicamente e velocemente la destinazione se le autovetture, tolte alcune eccezioni, fossero bandite dal centro della città al fine di rendere possibile un sistema di trasporto pubblico più rapido ed efficiente (Baumol 1967). Ma la soluzione cercata alla ricorrente insufficienza di capacità delle strade è una risposta lineare al problema, più strade di prima, e il risultato è bene riassunto dal detto francese *“plus ça change, plus c’est la même chose”*.

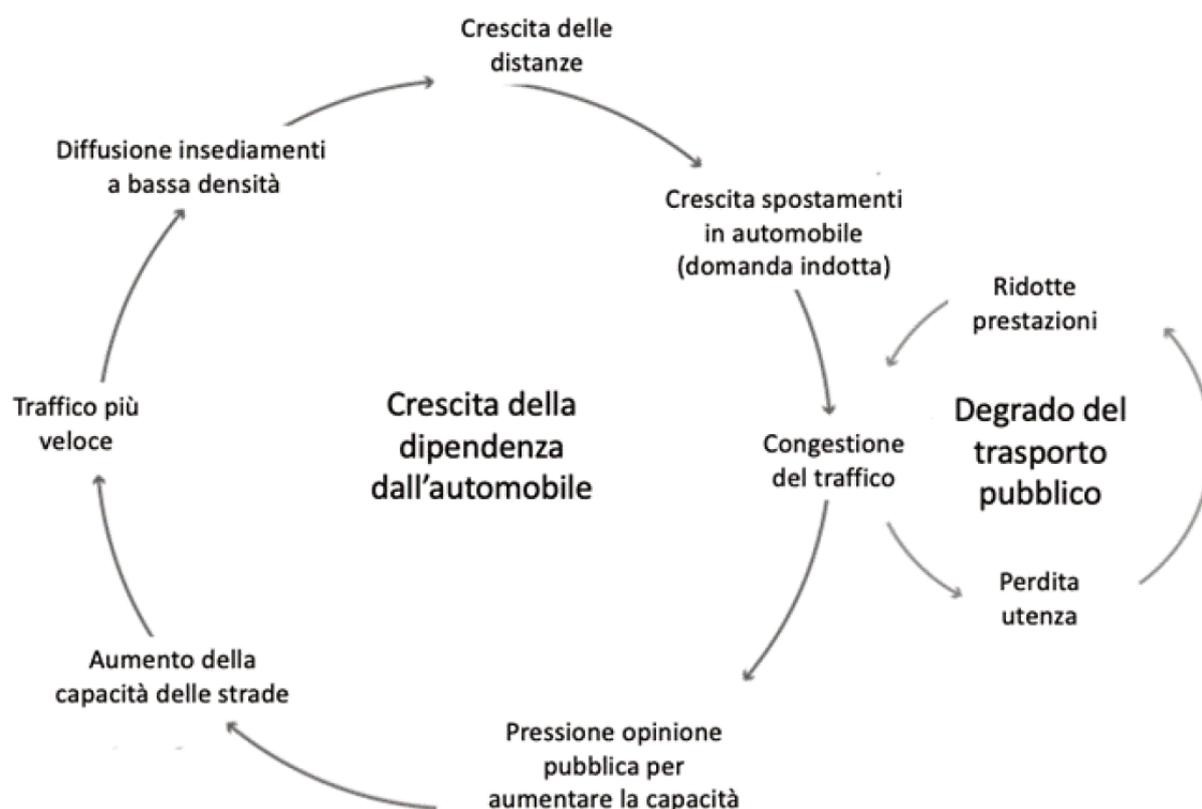


Fig. 22. Crescita della dipendenza dall'automobile, domanda indotta e degrado del TP.

Purtroppo anche la valutazione degli investimenti stradali basata sull'uso della tradizionale analisi costi-benefici (CBA) risulta insufficiente per affrontare correttamente il problema. Il peso eccessivo conferito ai benefici derivanti dal risparmio di tempo viene ampiamente compensato dal traffico indotto (Metz 2008; Cervero 2011), dalle distanze più lunghe percorse, e dal vincolo del budget di tempo. Lo sconto sul futuro riduce fortemente gli impatti ambientali a lungo termine (Næss 2020); e le questioni relative alla distribuzione e all'equità vengono generalmente trascurate. La CBA rafforza i problemi esistenti di disuguaglianza e danno ambientale, privilegia i gruppi a reddito più elevato con nuove infrastrutture e servizi, non accessibili a tutti, contribuendo pochissimo agli importanti obiettivi concernenti il cambiamento climatico, l'equità sociale e la qualità delle aree urbane. La CBA è una procedura per esperti, estranea ad una partecipazione attiva al processo di pianificazione.

LA FINE DELLA DIPENDENZA DALL'AUTOMOBILE

L'automobile come mezzo di trasporto urbano per eccellenza, dopo circa un secolo di continua crescita, sembra aver raggiunto il picco e iniziato a declinare nelle città a reddito pro-capite medio-alto (Goodwin e Van Dender 2013). Allo stesso tempo i trasporti attivi, camminare e pedalare, e i trasporti collettivi sono in fase di crescente competitività. Coloro che sono fuori dalla città, in zone servite dal trasporto ferroviario, lo trovano vantaggioso e lo usano in modo crescente. Queste tendenze sono iniziate prima della crisi finanziaria del 2008 e continuano con pochi segni di inversione. Inoltre, i giovani ritardano a prendere la patente di guida. Dopo il picco del 1983 negli USA, la tendenza è un declino con decine di punti percentuali in meno. Il fenomeno è generale nei paesi sviluppati e causa una riduzione delle percorrenze in automobile.

Le tecnologie digitali e i social media consentono socialità a distanza in modo istantaneo e sostenibile. Anche l'interesse per lo *smart working* e il commercio on-line contribuisce alla tendenza. Nelle città congestionate, l'automobile diventa un mezzo inefficace e costoso per mantenere i contatti; l'epidemia di COVID ha mostrato opportunità inesplorate, che i giovani sono stati i primi a cogliere.

Il cambiamento ha riguardato anche gli interventi urbani realizzati con nuovi obiettivi e con metodi lontani dai paradigmi pianificatori più convenzionali. La riqualificazione urbana a Vauban, un quartiere periferico di Friburgo, è al riguardo esemplare (Figura 23).



Fig. 23. Il quartiere di Vauban a Friburgo. Fonte: Beim and Hague 2010.

Le strade principali, con velocità massima di 50 km/h, sono collocate ai margini del quartiere e alcune sono percorse da un servizio autobus, che serve anche due fermate del tram. Tutte le altre hanno il limite di 30 km/h e sono progettate con il principio della permeabilità selettiva e del *fused grid* (City Infinity 2018). L'obiettivo è di limitare il transito e l'attraversamento veicolare del quartiere, riducendo la connettività delle strade interne aperte al traffico, e aumentando la connettività della rete dei Trasporti attivi e pubblici. Il parcheggio all'interno del quartiere è consentito solo ai veicoli commerciali di servizio ai negozi. I pochi residenti che posseggono un'automobile, 172 ogni 1.000 residenti, hanno i parcheggi ai margini del quartiere così da evitare il traffico interno e rendere meno attrattiva l'automobile.

Per decenni la pianificazione dei trasporti è stata soprattutto occupata ad aumentare la capacità delle strade per accogliere la mobilità automobilistica crescente. Sono passati diversi anni prima che la ricerca dimostrasse teoricamente e sperimentalmente che questa pratica alimenta i circoli viziosi di Figura 22. Recentemente la ricerca si è posta il problema se l'effetto funziona anche al contrario: la nuova strada aumenta il traffico, la rimozione lo diminuisce. Il London Transport e il Dipartimento dell'Ambiente, Trasporti e Regioni (DETR) commissionarono alla fine degli anni 90 uno studio per capire le evidenze empiriche sugli effetti della riduzione della capacità delle strade sui livelli di traffico (Cairns *et al.* 1998). Le conclusioni dello studio, dopo un accurato esame di decine di interventi di rimozione di strade, erano che «le misure che riducono o riallocano la capacità stradale, quando ben progettate e favorite da forti ragioni, non devono essere automaticamente respinte per paura che causino inevitabilmente una congestione inaccettabile». Le persone sono molto più adattabili alle mutevoli condizioni di quanto non sia rappresentato nei modelli e la paventata crescita della congestione non si verifica (Frey *et al.* 2011).

Le trasformazioni delle strade urbane da arterie per il traffico automobilistico a percorsi verdi, pedonali, ciclabili e dei trasporti collettivi sono praticate ormai in tutto il mondo. A Seoul, tra il 2003 e 2005, è stata rimossa l'autostrada urbana centrale Cheonggye, una sopraelevata di circa 6 km a 4 corsie su un fiume, con altre 6 corsie a livello. Oggi il fiume è stato riqualificato ed è diventato un percorso attrezzato con verde e servizi di trasporto pubblico. Anche in USA ed Europa molte città hanno adottato la strategia di rimuovere importanti strade urbane. In USA l'Embarcadero Freeway, una sopraelevata sul lungomare di San Francisco, danneggiata dal terremoto del 1989, è stata demolita e sostituita da un percorso pedonale. Esempi in Europa sono la Georges Pompidou di Parigi e l'M-30 di Madrid. In Italia va ricordata la pedonalizzazione del lungomare di Napoli e dei Fori Imperiali di Roma con l'idea di ricostituire la continuità dell'area archeologica centrale con il Circo Massimo e le terme di Caracalla.

La città dei 15 minuti, le isole ambientali e i limiti di velocità a 30 km/h possono essere importanti strumenti di trasformazione della rete stradale urbana. La riduzione della velocità aumenta la sicurezza, riduce i rumori e lo spazio necessario per le automobili a vantaggio di marciapiedi, piazze, piste ciclabili e spazi verdi. In Europa sono ormai centinaia le città di ogni dimensione che hanno adottato politiche di questa natura.

Nella trasformazione delle strade un ruolo importante va riconosciuto allo sviluppo del BRT (Bus Rapid Transit). Iniziato a Curitiba in Brasile nel 1974 si è diffuso in tutto il mondo in competizione con le tradizionali metropolitane grazie ai costi (vedi Figura 24), alla capacità e alla popolarità presso gli utenti.



Fig 24. Confronto dei costi di costruzione e materiale rotabile per tre tipi di trasporto.



Le Figure 25 e 26 mettono rispettivamente a confronto il grado di popolarità e di sviluppo tra BRT e Metro nel mondo. Lo sviluppo degli autobus elettrici dovrebbe dare un'ulteriore spinta al BRT. Incredibile che in Italia non esista un solo BRT, quando per costruire la Metro C a Roma ci sono voluti 11 anni per arrivare a San Giovanni, e l'apertura della stazione del Colosseo è prevista nel 2025.

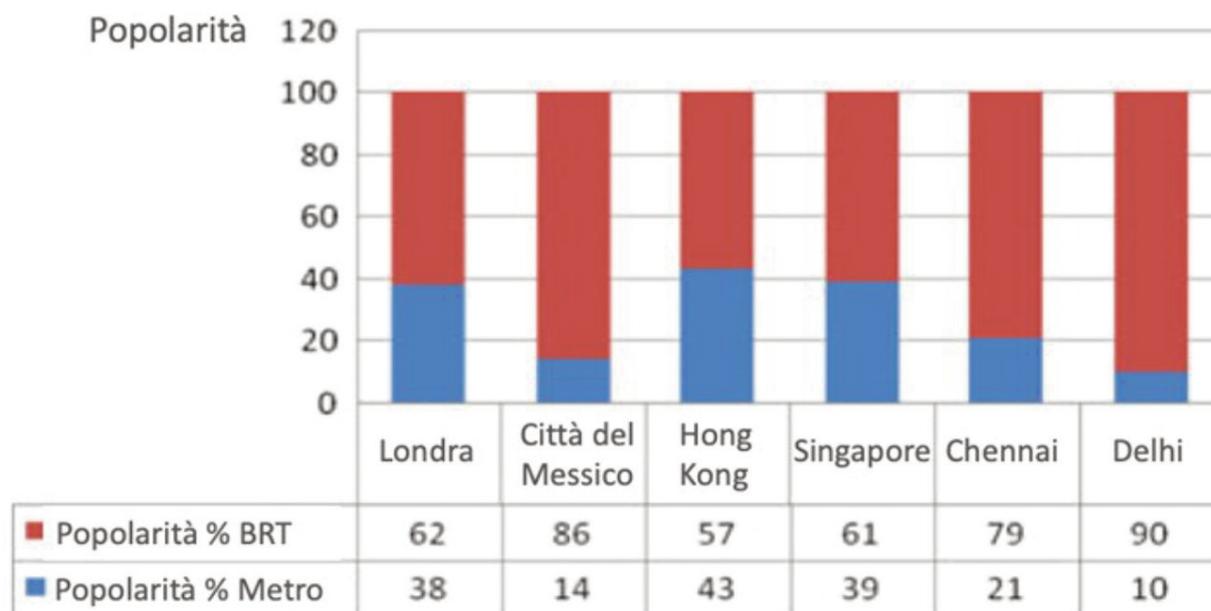


Fig. 25. Confronto tra la popolarità del BRT e della Metro.

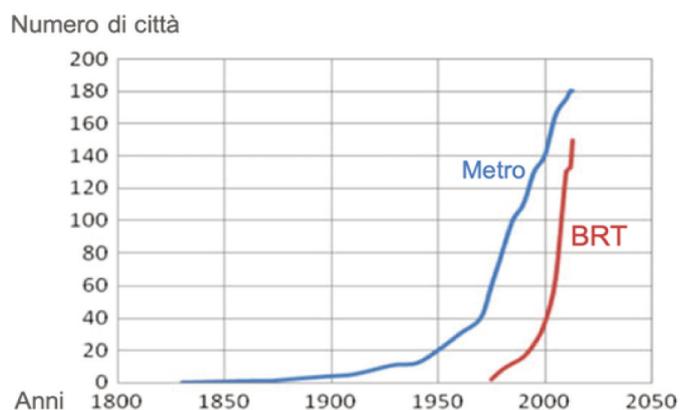


Fig. 26. Numero di città servite dal BRT e dalla Metro.

Tra le misure per eliminare la dipendenza dall'automobile non sono state inserite quelle basate sui prezzi, come il *road pricing*, per gli evidenti effetti di iniquità e parzialità; mentre la tecnologia può rappresentare un supporto determinante, come per esempio il *cruise control*, l'avviso di cambio corsia, la frenata di emergenza autonoma, il controllo della velocità, il mantenimento della corsia, il riconoscimento degli utenti deboli e la ripetizione della segnaletica a bordo.

Un altro efficace elemento di gestione della circolazione è l'*Intelligent Speed Adaptation (ISA)*, i cui effetti sono ad esempio: il rispetto automatico dei limiti di velocità; l'eliminazione dei controlli su strada e delle costose opere di *traffic calming*; la variazione dei limiti con le condizioni meteo, le emergenze per lo smog, il traffico intenso, etc. (Drufuca 2018). ISA, che sarà reso obbligatorio sui nuovi veicoli venduti nella UE dal luglio 2024, è controllato dal conducente e non ne limita la possibilità d'azione durante la guida. Tuttavia, i ritardi sinora registrati sono dovuti a impedimenti sociali e culturali, sostenuti da interessi economici.

UN NUOVO PARADIGMA PER LA SOSTENIBILITÀ DEI TRASPORTI URBANI

Limitare l'attenzione alla mobilità non ha dato grandi risultati, ma ancora oggi il Piano è della mobilità sostenibile (PUMS). L'obiettivo del nuovo paradigma è di spostare l'attenzione dalla mobilità, che è in gran parte una domanda derivata dalla necessità di raggiungere delle attività disperse nel territorio, alla loro accessibilità.

La metodologia proposta supera e integra il modello della pianificazione tradizionale a 4 stadi basato sulla zonizzazione e sugli spostamenti tra le zone. Non si tratta più di prevedere una mobilità crescente. Il nuovo paradigma pianifica trasporti e territorio, mobilità e accessibilità, con il metodo del *backcasting*, che ribalta l'approccio tradizionale consistente nel prevedere il futuro sulla base dell'analisi delle tendenze in atto e provvedere con adeguate infrastrutture per colmare le deficienze di capacità emerse. Il *backcasting*, attraverso la partecipazione di tutti i soggetti interessati, formula una visione del futuro, delinea lo scenario desiderabile, e quindi procede all'indietro nel tempo identificando gli interventi (politiche e progetti) per conseguirlo, provvedendo passo dopo passo alla sua realizzazione. Il nuovo approccio è «partecipare, decidere e provvedere».

Uno scenario desiderabile è una città strutturata per quartieri con un determinato grado di autosufficienza, dove gli spostamenti interni privilegiano i trasporti attivi, come ad esempio la città dei 15 minuti di Parigi o i superblocchi di Barcellona, e policentrica, basata su una rete di poli urbani con funzioni superiori, collegate con sistemi di trasporto motorizzati in cui la priorità è data ai trasporti collettivi.

La Figura 27 riporta i principali passi di una procedura coerente con quanto ora detto (Alessandrini *et al.* 2023).

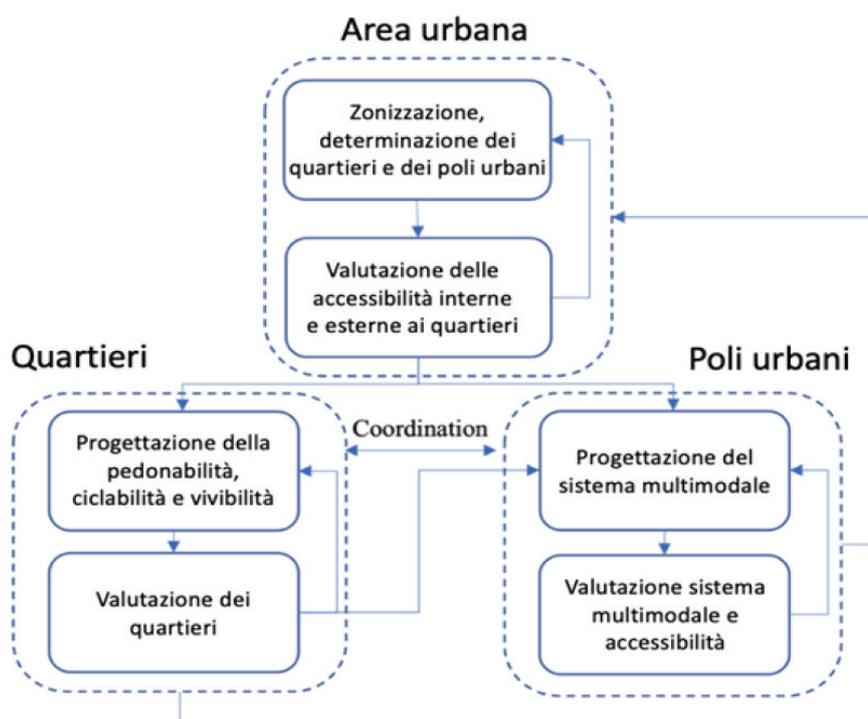


Fig. 27. Un nuovo paradigma della pianificazione.

Il primo passo è una zonizzazione abbastanza fine dell'intera area urbana. Il secondo passo è la suddivisione dell'area in cluster, costituiti (i) dai quartieri, serviti preferibilmente dai TA (Trasporti Attivi), e (ii) dai poli urbani, la cui attrazione è superiore a distanze di 1 - 2 km e che necessitano trasporti motorizzati. Una panoramica aggiornata degli strumenti di valutazione dell'accessibilità di prossimità sviluppati negli ultimi anni è riportata in un recente articolo (Pajares *et al.*, 2021). Il documento presenta GOAT (*Geo Open Accessibility Tool*), uno strumento di accessibilità interattivo in *open-source* con un'interfaccia web facile da usare. Studi di analisi di prossimità sono ormai numerosi. La Sony CSL (*Computer Science Laboratory*) ha condotto studi per diverse città, che si trovano sul sito <http://whatif.cslparis.com/15mincity/>. La Figura 28 riporta i casi di Roma e Parigi per l'accessibilità a piedi media in minuti per tutte le destinazioni considerate (cibo, cultura, servizi vari e altro). I valori vanno dal bianco per 20 minuti al blu per valori al disotto di 2 minuti. Emerge la migliore accessibilità di Parigi, molto diffusa anche nelle periferie.

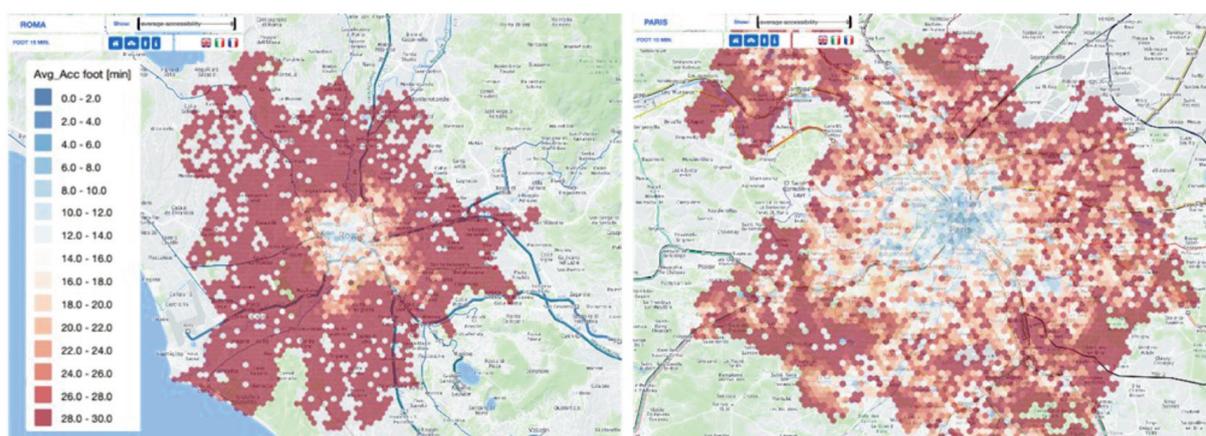


Fig. 28. Valori di accessibilità a piedi per Roma e Parigi. Fonte: Sony CSL.

L'analisi di prossimità identifica i quartieri con livelli di destinazioni al loro interno soddisfacenti e altri carenti di servizi di prossimità. La riqualificazione dei quartieri richiede percorsi pedonali e ciclabili, qualità ambientale con provvedimenti di moderazione della velocità, esclusione del traffico automobilistico, ristrutturazione delle reti stradali (*fused grid*) e verde urbano. Al centro dell'area dovrebbe localizzarsi il nodo dei servizi di trasporto sostenibili con la stazione del trasporto pubblico. Attorno al nodo possono svilupparsi insediamenti (*Transit Oriented Development, TOD*) a maggiore densità e con un mix di attività. Le strade principali per il traffico automobilistico restano ai margini del quartiere, protetto possibilmente da una cintura verde. I veicoli accedono all'interno per raggiungere i nodi dei trasporti (i cosiddetti *mobility hub*) con parcheggi, che funzionano come barriere e opportunità per servizi di trasporto pubblico con minibus elettrici, car-sharing e i trasporti attivi. I micro-depositi per la distribuzione urbana dell'ultimo miglio sono localizzati negli hub e anche nel nodo centrale dei trasporti, dove le merci possono arrivare più efficientemente utilizzando i trasporti elettrificati. La circolazione automobilistica e i parcheggi sono limitati nel quartiere e regolati con l'uso di moderne tecnologie come il *geofencing*, un perimetro virtuale associato ad un'area per controllare ingressi e uscite, fino ai veicoli connessi e autonomi. Questa composizione con le auto parcheggiate principalmente alla periferia del quartiere, ad eccezione dei veicoli utilizzati da persone con disabilità o per altri scopi speciali, e con il trasporto pubblico situato in posizione centrale riduce la dipendenza dall'auto, la quale, a sua volta, favorisce la riduzione delle auto di proprietà e dei chilometri percorsi all'anno con effetti positivi sulla sostenibilità e sulla salute.

Sono state avviate molte iniziative di quartieri innovativi del tipo di Vauban. Alcuni esempi sono a Seestadt, un nuovo quartiere alla periferia di Vienna, Växjö in Svezia, la logistica dell'ultimo miglio a Nijmegen e un quartiere senza auto a Houtch in Olanda. Ma ormai sono centinaia.

Il modello ideale del quartiere è riportato in Figura 29.

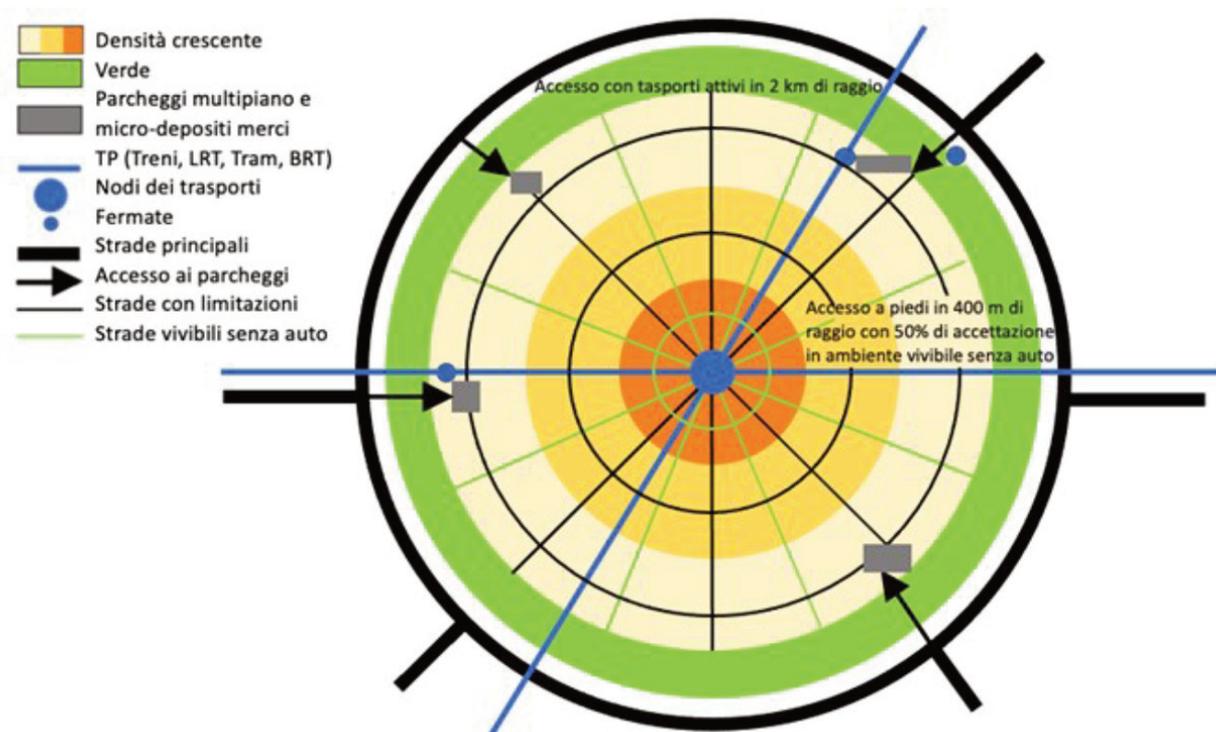


Fig. 29. Schema idealizzato di quartiere sostenibile. Fonte: Adattato da Beim and Haag 2010.

Questa parte dell'analisi si conclude con una valutazione dell'incremento degli spostamenti con i trasporti attivi, l'indicatore principale del successo dell'operazione. Altri indicatori riguardano pedonabilità, ciclabilità e vivibilità del quartiere, l'autosufficienza dovuta al mix di attività e servizi presenti e l'accessibilità alla scala del quartiere (Silva 2020).

Un diverso approccio riguarda l'intera area urbana e i suoi poli terziari e di servizio. La modellistica è in gran parte quella tradizionale, però l'attenzione non è più sulla mobilità, ma sull'accessibilità, dando priorità ai trasporti collettivi (TC). Per questo occorre trasformare la concezione stessa della rete stradale. Le strade da considerare per utilizzi diversi dal traffico veicolare sono quelle più invasive e congestionate, ricorrendo a modi di trasporto più efficienti, come BRT e tram, e sostenibili, come camminare e pedalare, e dando più spazio ad attività ricreative e culturali e al verde.

I modelli che non prendono in considerazione l'impatto delle informazioni e i cambiamenti comportamentali delle persone coinvolte nel sistema di trasporto non possono rappresentare modelli comportamentali per gli utenti della strada. È invece possibile migliorare la fruibilità degli spazi urbani con moderni servizi di TC come i BRT (Bus Rapid Transit) che esistono in tutto il mondo meno che in Italia. L'obiettivo è aumentare

la regolarità, ridurre al minimo i tempi di attesa a fermate e intersezioni, modificare le quote modali del sistema. È una strategia efficace per il risparmio energetico e la riduzione dell'inquinamento, in particolare se gli autobus sono elettrici o filobus; se dotati di dispositivi per l'assistenza alla guida (ADAS), o sono autonomi, possono contribuire alla "Vision Zero" della sicurezza.

La pianificazione urbana del trasporto deve seguire la logica dei pacchetti di interventi tra loro integrati e sinergici. La valutazione di efficacia dei pacchetti si basa sulla simulazione del sistema di trasporto multimodale. Per migliorare i risultati si può intervenire sulla gestione della domanda di trasporto (TDM) utilizzando anche tecnologie ICT. La valutazione dell'operazione è condotta con la modellistica multimodale e con analisi di accessibilità dei quartieri e dei poli urbani. Gli indicatori sono quelli classici delle analisi multimodali e di accessibilità su cui esiste una vasta letteratura. In questo processo di valutazione il ricorso all'analisi costi-benefici (CBA) è diventato problematico, come s'è già detto nel paragrafo precedente, anche perché non lascia spazio alla partecipazione nel processo di piano.

Un'alternativa all'analisi costi/benefici è che la valutazione si basi sulle effettive necessità degli utenti, il che implica che i benefici dovrebbero derivare da incrementi dell'accessibilità, e recentemente l'ITF ha dedicato una relazione a sostegno di questa impostazione (ITF 2020). I vantaggi dell'accessibilità possono essere stabiliti anche sulla base delle variazioni nei valori immobiliari, che possono essere catturati per finanziare i TC (Smith, Gihring 2020). Altri vantaggi includono le economie di agglomerazione, esternalità positive che derivano dalle interazioni imprese/dipendenti, rese possibili dalla vicinanza spaziale.

Un altro strumento versatile e aperto alla partecipazione è l'analisi multicriteria (MCA), capace di gestire esplicitamente molti obiettivi e impatti, la scala urbana ed extraurbana, le informazioni quantitative e qualitative. La MCA per non diventare una procedura arbitraria deve essere trasparente, flessibile e deve facilitare la partecipazione dall'inizio del processo di pianificazione, fino alla realizzazione e monitoraggio (Hickman, Dean 2018). La scelta della MCA come metodo di valutazione è centrale per lasciare il vecchio paradigma e passare a una pianificazione partecipativa (Soria-Lara, Banister 2017).

Il *crowdsourcing* è una tecnologia online che può dare un notevole contributo innovativo a una partecipazione più intensa, estesa e eterogenea (Liao et al. 2019). La crescita di popolarità dipende essenzialmente dai seguenti motivi:

- il *crowdsourcing* facilita, velocizza e rende economica la raccolta di informazioni, le interazioni tra i partecipanti, l'assegnazione di compiti e l'esame delle soluzioni;
- integra con continuità le varie fasi del processo di pianificazione con le attività di valutazione;
- i partecipanti possono essere utenti dei servizi, che si prestano a essere monitorati per raccogliere dati, o essere agenti attivi, che sperimentano i servizi, raccolgono ed elaborano opinioni e suggeriscono possibili miglioramenti.

REFERENZE

- Alessandrini A, Delle Site P, Filippi F, 2023, *A new planning paradigm for urban sustainability*. Transportation Research Procedia 69 (1): 203-210. Doi:10.1016/j.trpro.2023.02.163.
- Alessandrini ER. et al., 2013, *Inquinamento atmosferico e mortalità in venticinque città italiane: risultati del progetto EpiAir2*. Epidemiol. Prev. 37 (4-5): 220-229.
- City Infinity, 2018, *Making Streets Better: A Guide to Filtered Permeability*, <https://cityinfinity.files.wordpress.com/2018/04/filtered-permeability-guidance-v2.pdf>.
- Cong Liu MS. et al., 2019, *Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities*. N. Engl. J. Med. 381, 705–715. Doi: 10.1056/NEJMoa1817364.
- Baumol WJ, 1967, *Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis*. The American Economic Review, Vol. 57, No. 3 (June), pp. 415-426.
- Beim M, Hague M, 2010, *Freiburg's way to sustainability: the role of integrated urban and transport planning*. Real Corp, Vienna.
- Bouazza N, Foissac F, Urien S et al., 2018, *Fine particulate pollution and asthma exacerbations*. Arch. Dis. Childhood 103, 828–831. Doi: 10.1136/archdischild-2017-312826.
- Brunner H, Hirzl M, Hirschberg W, Fallast K, 2018, *Evaluation of various means of transport for urban areas*. Energy, Sustainability and Society 8:9. Doi: 10.1186/s13705-018-0149-0.
- Cairns S, Atkins S, Goodwin P, 2002, *Disappearing traffic? The story so far*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Municipal Engineer. 151 March Issue 1.
- Cervero R, 2011, *Going beyond Travel-Time Savings: An Expanded Framework for Evaluating Urban Transport Projects*. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- DeKoster J, Schollaert U, 1999, *Cycling: the way ahead for towns and cities*, European Communities, 11.
- Delle Site P, Salucci MV, 2018, *Diversione modale e benefici degli utenti: tra intuizione e rigore*. Rivista di economia e politica dei trasporti. N. 1.
- Drufuca A, 2018, *La città a zero incidenti. Innovazioni Tecnologiche e Governo della Mobilità – Rapporto SIPoTra*. 346-355.
- Emberger G, Pfaffenbichler P, 2017, *Equidistance: Evidence of the influence of parking organization on mode choice*. In Knoflacher U, Ocalir-Akunal EV, 2017.
- Fiorello D, Martino A, Zani L, Christidis P, Navajas-Cawood E, 2016, *Mobility data across the EU 28 member states: results from an extensive CAWI survey*. Transp Res Proc. 14:1104–1113.
- Frey H, Leth U, Mayerthaler A, Brezina T, 2011, *Predicted congestions never occur. On the gap between transport modelling and human behaviour*. Transp. Probl. 6, 73–86.
- Gauderman WJ, Urman R, Avol E, Berhane K, McConnell R, Rappaport E et al., 2015, *Association of improved air quality with lung development in children*. N. Engl. J. Med. 372, 905–913. doi: 10.1056/NEJMoa1414123.
- Geddie J, Varadhan S, Brock J, 2019, *Trading tires: How the West fuels a waste crisis in Asia*. Environment. October 18.
- Giphart R, van Vugt M, 2018, *Mismatch: How Our Stone Age Brain Deceives Us Every Day and What We Can Do about It*. Little Brown Book Group: London, UK.
- Goodwin P, Van Dender K, 2013, *'Peak car': Themes and issues*. Transp. Rev. 33, 243–254.
- Goodwin P, Van Dender K, 2013, *Electrify: An Optimist's Playbook for Our Clean Energy Future*. The MIT Press.

- Hajat S, Kovats RS, Lachowycz K, 2007, *Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk?* *Occup. Environ. Med.* 64, 93–100. doi: 10.1136/oem.2006.029017.
- Heaviside C, Macintyre H, Vardoulakis S, 2017, *The Urban Heat Island: implications for health in a changing environment.* *Curr. Environ. Health Rep.* 4, 296–305. doi: 10.1007/s40572-017-0150-3.
- Hickman R, Dean M, 2018, *Incomplete cost–incomplete benefit analysis in transport appraisal.* *Transp. Rev.*, 38, 689–709.
- IEA-International Energy Association, 2021, *Carbon Emissions Fell across All Sectors in 2020 Except for One—SUVs.*
- ITF, 2020, *Accessibility and Transport Appraisal: Summary and Conclusions.* ITF Roundtable Reports, No. 182, OECD Publishing, Paris.
- Jasinski D, Meredith J, Kirwan K, 2016, *A comprehensive framework for automotive sustainability assessment.* *J. Clean.Prod.*, 135, 1034–1044.
- Kelly RL, 2016, *The Fifth Beginning. What Six Million Years of Human History Can Tell US About Our Future.* University of California Press.
- Knoflacher H, Ocalir-Akuna EV, 2017, *Engineering Tools and Solutions for Sustainable Transportation Planning.* IGI Global. Doi: 10.4018/978-1-5225-2116-7.
- Le Corbusier, 1987, *City of Tomorrow and Its Planning.* New York, Dover Publications, p. 190.
- Leon DA, 2008, *Cities, urbanization and health.* *Int J Epidemiol.* 2008 Feb;37(1):4-8. Doi: 10.1093/ije/dym271. Epub 2008 Jan 10. PMID: 18187525.
- Liaoa P, Wana Y, Tangb P, Wuc C, Hue Y, Zhanga S, 2019, *Applying crowdsourcing techniques in urban planning: A bibliometric analysis of research and practice prospects.* *Cities* 94 33–43.
- Metz D, 2008, *The Myth of Travel Time Saving.* *Transport Reviews*, Vol. 28, No. 3, 321–336.
- Mitchell RB, Rapkin C, 1954, *Urban traffic: A function of land use,* Columbia University Press, New York.
- Næss P, 2020, *CBA legitimizes unsustainable transportation outcomes in Handbook of Sustainable Transport.* Elgar publishing.
- NACTO-National Association of of City Transportation Officials, 2013, *Urban Street Design Guide.* Island Press.
- Norton P, 2021, *Autonorama: The Illusory Promise of High-Tech Driving.* Island Press.
- OECD, 2020, *Non-Exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge.* OECD Publishing: Paris, France.
- Pajares E et al., 2021, *Accessibility by proximity: Addressing the lack of interactive accessibility instruments for active mobility.* *Journal of Transport Geography*, 93.
- Perez L et al., 2013, *Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network).* *The European respiratory journal*, 42 (3), pp.594 - 605.
- Pope CA, Ezzati M, Dockery DW, 2009, *Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States.* *N. Engl. J. Med.* 360, 376–386. doi: 10.1056/NEJMs0805646.
- Robert M, 2015, *L'urbanisme totalitaire de Le Corbusier.* Carfree France, <http://carfree.fr/index.php/2015/05/19/lurbanisme-totalitaire-de-le-corbusier>.
- Shaw J, 2016, *Born to rest.* Harvard Magazine.
- Silva C, 2020, *Accessibility at the local scale: how it constrains our ability to 'live locally'.* In Curtis C. ed., *Handbook of Sustainable Transport.* Elgar Online, MA, pp. 333–342.
- Smith JJ, Gihring TA, 2020, *Financing Transit Systems through Value Capture: An Annotated Bibliography.* VictoriaTransportPolicyInstitute, Victoria, BC, Canada.

Soria-Lara JA, Banister D, 2017, *Evaluating the impacts of transport backcasting scenarios with multi-criteria analysis*. Transportation Research Part A 110, 26–37.

Speakman JR, 2019, *An Evolutionary Perspective on Sedentary Behavior*. BioEssays, Wiley Online Library: Hoboken, NJ, USA.

Sverdlik A, 2011, *Ill-health and poverty: a literature review on health in informal settlements*. Environ. Urbanization 23, 123–155. Doi: 10.1177/0956247811398604.

Sweezy P, 1972, *Cars and Cities*. Monthly Review vol. 23, no. 11.

TfL-Transport for London, 2017, *Travel in London*. Report 10.

TUMI-Transformative Urban Mobility Initiative, <https://www.transformative-mobility.org/publications/passenger-capacity-of-different-transport-modes>.

Vardoulakis S, Dear K, Hajat S, Heaviside C, Eggen B, McMichael AJ, 2014, *Comparative assessment of the effects of climate change on heat and cold related mortality in the UK and Australia*. Environ. Health Perspect. 122, 1285–1292. Doi: 10.1289/ehp.1307524.

Walker I, Tapp A, Davis A, 2022, *Motornomativity: How Social Norms Hide a Major Public Health Hazard*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/egnmj>.