

Vademecum: per una mobilità urbana sostenibile e *carbon neutral*

Introduzione: mobilità urbana e sostenibilità.

La mobilità urbana contemporanea nasce anche come risposta a problemi di sostenibilità ambientale già percepiti in passato. Un secolo fa, per esempio, lo spostamento animale generava criticità igieniche nelle città, mentre la crescente motorizzazione ampliava il bisogno di nuove infrastrutture. Oggi, i vincoli ereditati da quell'evoluzione incidono profondamente sulla mobilità contemporanea e sono:

- Spazio: l'uso delle infrastrutture e il loro impatto sono cresciuti significativamente.
- Energia: la dipendenza dai combustibili fossili, scelta dominante nel Novecento, pone oggi limiti stringenti.
- Ambiente: la sensibilità verso la qualità dell'aria, sia locale che globale, è aumentata, insieme alla consapevolezza dei suoi impatti sulla salute.
- Sostenibilità economica: diventa cruciale la capacità di mantenere nel tempo le infrastrutture esistenti.
- Sicurezza: se un secolo fa la mortalità stradale non era una priorità, oggi rappresenta una delle principali cause di decesso in numerosi Paesi.

Questi fattori, strettamente legati al tasso di mobilità, impongono lo sviluppo di un sistema di trasporti sostenibile. Le variabili coinvolte sono misurabili e, nel corso del tempo, hanno accompagnato l'evoluzione della motorizzazione privata, passata da un rapporto progressivo uno a uno tra veicolo e individuo a un modello più articolato, gerarchico, flessibile e integrato. Va inoltre ricordato che la sostenibilità dei trasporti non è un valore assoluto, ma dipende fortemente dal contesto territoriale.

Lo scopo ultimo, nell'orizzonte di medio e lungo termie, è il raggiungimento dello status di "città climaticamente neutra".

In teoria, la neutralità climatica richiederebbe sia la rinuncia alla mobilità, ancorché parziale, sia un ricorso massiccio a forme di mobilità motorizzata collettiva che possano differenziare le fonti energetiche grazie all'elettrificazione e l'uso di combustibili cosiddetti verdi - quindi metropolitane, tramvie, trazione elettrica per veicoli stradali ed uso di combustibili rinnovabili - oppure la mobilità dolce, svolta anche con la bicicletta insieme con altri strumenti di micromobilità.

In alternativa o ad integrazione, si dovrebbero introdurre sistemi di *geofencing* (perimetro virtuale attorno a un'area urbana, che fa scattare notifiche o azioni automatiche quando un dispositivo entra o esce da quella zona), che vincolino gli spostamenti nelle aree da preservare da un punto di vista ambientale, sia a livello locale che globale (emissioni climalteranti), in base all'impatto dei veicoli. Tuttavia, tale soluzione, pur efficace, non sempre è applicabile su larga scala, specie in contesti urbani complessi. È quindi necessario adottare un approccio più flessibile, basato su un insieme di parametri adattabili ai diversi contesti territoriali.

Le principali variabili da considerare per quantificare la sostenibilità sono quindi: lo spazio, l'energia, l'impatto sull'ambiente, la sostenibilità economica e la sicurezza, intesa come decessi o feriti da viabilità stradale e mobilità in generale. A queste si aggiungono ulteriori elementi dal punto di vista della domanda: i livelli di domanda di mobilità, la velocità commerciale attesa dagli utenti, l'uso efficiente del tempo di viaggio, le esigenze legate ai carichi da trasportare e le necessità specifiche di utenti vulnerabili come anziani e persone con disabilità.

Anche l'uso dello spazio è quantificabile: il veicolo privato ha un'impronta ben definita, correlata al coefficiente di riempimento; il trasporto pubblico collettivo può essere valutato in termini di passeggeri per metro quadrato; la bicicletta presenta un impatto estremamente ridotto, valutabile sia in termini di stallo sia di flusso.

Per quanto riguarda l'energia, la spinta alla decarbonizzazione incentiva l'adozione di combustibili alternativi: biodiesel, biofuel, elettro carburanti, diesel ad alta purezza. Sul fronte dell'offerta veicolare emergono opzioni ibride *plug-in* o *range extended*, elettriche a batteria a trazione elettrica pura, a gas naturale compresso o liquefatto e ad idrogeno. Parallelamente, l'attenzione crescente verso l'efficienza energetica favorisce la diffusione di soluzioni tecnologiche meno impattanti.

Dal punto di vista delle emissioni locali, i veicoli generano impatti legati all'usura di pneumatici e freni, al rotolamento e alla combustione. Le città si trovano a dover rispettare le soglie normative stabilite dalla Direttiva 50/2008, recentemente sostituita dalla Direttiva 2881/2024, che impongono interventi correttivi in caso di superamento dei limiti.

Su scala globale, il cambiamento climatico impone soluzioni basate sullo shift modale, sull'innovazione tecnologica e sull'ottimizzazione dell'uso dei veicoli. Le emissioni di CO₂ dipendono da molteplici fattori: intensità d'uso del motore termico, tipologia di combustibile, aerodinamica, resistenza al rotolamento, ciclo di guida e stili di vita.

La valutazione dell'energia impiegata deve sempre riferirsi oltre che al *Well-to-Wheel* (cioè la valutazione degli impatti dall'origine del combustibile o dell'energia fino al suo utilizzo su strada) al *life cycle assessment* (ovvero l'intero ciclo di vita del veicolo, dalla produzione alla demolizione, con recupero delle parti riciclabili). Nei contesti urbani la trazione elettrica risulta più efficiente rispetto a quella termica, grazie ai regimi di guida caratterizzati da frequenti accelerazioni e frenate, ricerche di parcheggio e congestione. Fuori città, invece, l'efficienza termica può risultare superiore. L'efficacia dei veicoli elettrici varia, inoltre, in base ai range termici: tra i 5 e i 20°C si registrano i consumi più bassi, mentre al di fuori di questa banda si può superare il 50-70% di consumo aggiuntivo.

Infine, il tema della sicurezza rimane centrale: circa la metà degli incidenti stradali nel mondo coinvolge utenti vulnerabili quali pedoni, ciclisti e motociclisti. Laddove pertinenti rispetto alla domanda locale, le modalità di trasporto più sicure risultano essere, secondo diversi studi, le metropolitane automatiche e gli impianti a fune.



URGET VADEMECUM
2030-2050



Lo sviluppo dei **veicoli circolanti**, delle **infrastrutture** e della **mobilità personale**, che ha segnato in modo significativo la seconda metà del secolo scorso in Europa come negli Stati Uniti, in Giappone e in altri Paesi, diffondendosi tuttora in diverse parti del mondo, mostra oggi alcuni **fattori condizionanti**, che nel loro insieme determinano la **sostenibilità del sistema dei trasporti** nel suo complesso, così come è stato finora concepito:

1. saturazione del territorio [variabile: **SPAZIO**, inteso come infrastrutture sul territorio e veicoli sulle infrastrutture].
2. limitatezza della risorsa energetica [variabile: **ENERGIA**, intesa soprattutto come consumo di combustibili fossili].
3. rispetto dell'ambiente [variabile: **AMBIENTE**, sia a livello locale che globale, ovvero quantità di **emissioni inquinanti locali ed emissioni globali**].
4. funzionamento e manutenzione di tutte le infrastrutture veicolari esistenti [**COSTO DI FUNZIONAMENTO E MANUTENZIONE**; capacità di mantenere e aggiornare dal punto di vista tecnologico le infrastrutture esistenti].
5. aumento della sicurezza nei sistemi di trasporto, una volontà [**SICUREZZA**; numero di morti o di decessi/volumi di traffico o incidenti o altri aspetti correlati].
6. relazioni tra persone e famiglie [**MOVIMENTI/unità di tempo**].

Queste variabili costituiscono quindi i vincoli che ci spingono a pensare a un sistema di trasporto più sostenibile per il futuro.

TRASPORTO E MOBILITÀ SOSTENIBILI

La **sostenibilità** è un obiettivo **ambientale (I)**, **economico (II)** e **sociale (III)** per le persone al fine di coesistere sulla Terra nel corso dei secoli.

La sostenibilità può essere solitamente suddivisa in queste **tre dimensioni**: queste dimensioni sono riconoscibili nei settori **dei trasporti e della mobilità** rispettivamente in:

- I. nell'uso del **suolo o dello spazio, dell'aria e dell'energia**;
- II. nella **produzione, nel funzionamento, nella manutenzione e nell'aggiornamento dei veicoli e delle infrastrutture**;
- III. nella **sicurezza dei viaggiatori**, nella sicurezza dei passeggeri e delle merci e nell'intensità dei flussi personali e aggregate; indirettamente l'industria

Mobilità **sostenibile** significa quindi movimento (responsabile) di persone e merci che bilancia l'efficienza economica con la tutela dell'ambiente e con costi socialmente equi.

Queste variabili indipendenti possono essere misurate. - Le vediamo per approdare ad indicatori di OFFERTA

Per i prossimi decenni, una **mobilità multimodale e flessibile** dovrebbe essere perseguita il più possibile **in modo gerarchico e integrato**, vale a dire in cui:

- gli **spostamenti su scala più ampia** - tipicamente tra le aree metropolitane e urbane in Europa - avvengano, quando possibile, attraverso la rete ferroviaria TEN-T e le reti ferroviarie di livello inferiore, cioè regionali, metropolitane o locali;
- a **livello locale** - tipicamente urbano - le esigenze di spostamento sono soddisfatte con i sistemi di trasporto più appropriati in termini di **sostenibilità intesa nella sua interezza**: economica, sociale e ambientale; pertanto, la preferenza dovrebbe essere data ai modi di trasporto con
 1. minori **consumi energetici** specifici (kWh/pass.·km), in particolare con riferimento all'uso di combustibili fossili,
 2. minori **emissioni inquinanti a livello locale**,
 3. **mobilità personale attiva**,
 4. salvaguardia della **sicurezza** delle persone durante gli spostamenti
 5. nonché **alla manutenibilità delle infrastrutture e dei veicoli**,
 per garantirne la qualità, la sicurezza e l'efficienza nel tempo. Questo approccio mira anche a limitare l'uso dei **terreni con accesso pubblico** da parte dei veicoli.

FIGURA 1 | Trasporto e mobilità sostenibili (fonte: presentazione di Bruno Dalla Chiara, DIAT, Politecnico di Torino alla conferenza conclusiva del PRIN "Urget Vademecum", Firenze 14 gennaio 2026)

Definizione di mobilità urbana sostenibile

Un sistema di mobilità urbana è sostenibile se:

- *consente a residenti e city user di accedere in modo agevole e sicuro a luoghi, attività, opportunità e servizi urbani, con modalità (o loro combinazioni) appropriate al contesto;*
- *rispetta i diritti e la libertà di movimento di tutti i cittadini e utenti della strada, senza discriminare ma anzi favorendo i soggetti più vulnerabili;*
- *minimizza gli impatti ambientali e climatici, a livello locale e globale, nel quadro di una gestione integrata orientata a innalzare o mantenere alta la qualità dell'aria, degli ecosistemi e dell'ambiente acustico, e al raggiungimento della neutralità climatica;*
- *è efficiente dal punto di vista energetico;*
- *non comporta rischi significativi per la salute delle persone e alcun rischio alla loro incolumità;*
- *è resiliente rispetto agli effetti di eventi emergenziali, catastrofici e derivanti dalle crisi globali, incluse quelle di epidemie su larga scala;*
- *non compromette ma contribuisce a innalzare o mantenere alta la vivibilità e vitalità di ogni parte della città, prevenendo e colmando le disparità fra aree centrali e periferiche;*
- *favorisce le relazioni di prossimità, minimizza l'occupazione di spazio pubblico e non impatta negativamente a livello percettivo sul paesaggio urbano.*

Tali obiettivi sono conseguibili:

- integrando in modo sinergico la pianificazione territoriale e quella della mobilità urbana e considerando le ricadute sulla mobilità indotte dalle politiche settoriali;
- attraverso una pianificazione e gestione della mobilità
 - basate su una chiara gerarchia di priorità, tra cui in primo luogo garantire accessibilità universale e pedonale a tutti i punti di interesse a scala locale e sovralocale ed evitare la congestione;
 - improntate strategicamente al raggiungimento di obiettivi misurabili e monitorabili, secondo una tempistica definita e rendicontabile;
 - caratterizzate da un'offerta di opzioni modali e servizi integrati (co-mobilità) convenienti e centrati sull'utente, economicamente sostenibili nel tempo, oltre che congruenti con la struttura morfologica e organizzazione funzionale della città e con le distanze degli spostamenti interni più frequenti;
 - supportate nelle varie fasi, dalla costruzione delle strategie all'attuazione delle misure, da iniziative di coinvolgimento attivo della popolazione e degli stakeholders e da una informazione costante e trasparente, finalizzate alla condivisione delle scelte e all'aumento della consapevolezza collettiva delle sfide poste dalla sostenibilità, quale premessa indispensabile all'adozione di comportamenti di mobilità più sostenibili e responsabili da parte dei cittadini;
- grazie a una progettazione ed esecuzione dei lavori pubblici relativi a interventi infrastrutturali coerenti con l'obiettivo di ottimizzarne l'integrazione/inserimento nel contesto urbano e ottenere il massimo "rendimento sociale" possibile in aggiunta alle loro specifiche finalità di mobilità.

Presupposti per la transizione

Città e mobilità sostenibili

La mobilità urbana, da fattore critico può trasformarsi in una leva efficace per rendere le città italiane più sostenibili, raggiungere la neutralità al carbonio e innalzare la qualità della vita degli abitanti e city user.

La transizione verso la mobilità sostenibile è parte integrante del processo per rendere le città italiane più sostenibili dal punto di vista ambientale, climatico, sociale ed economico. La mobilità non va pertanto intesa come ambito d'intervento mono-settoriale, ma richiede un approccio integrato con il coinvolgimento e il coordinamento di settori, politiche e soggetti diversi.

In tal senso le scelte di mobilità e le infrastrutture correlate devono essere valutate non solo in funzione di obiettivi legati al funzionamento del sistema dei trasporti, ma in relazione agli obiettivi generali della sostenibilità urbana, evitando all'origine, prima ancora che prevedendo mitigazioni a latere o a posteriori, pressioni o impatti che il sistema della mobilità può esercitare sul tessuto abitativo e sociale e sugli ecosistemi. (In altre parole: non è sufficiente promuovere tecnologie più pulite, perché anche un sistema con minori emissioni di inquinanti e CO₂ può continuare a consumare suolo, distruggere relazioni di prossimità, frammentare habitat e degradare ecosistemi, se rimane centrato su una domanda crescente e infrastrutture espansive).

Gli aspetti “patologici” della mobilità urbana in Italia

Per raggiungere gli obiettivi europei di azzeramento degli impatti climatici e ambientali dei trasporti e degli incidenti stradali fatali al 2050, è prioritario ridurre il volume complessivo del traffico automobilistico urbano, incidendo sui due fattori che maggiormente caratterizzano le città italiane in termini di “dipendenza dall'auto” (car dependency): il tasso di motorizzazione (che in Italia è il più alto d'Europa, sopra la media di oltre 20 punti) e la distribuzione modale, che nelle città italiane è sbilanciata in modo anomalo sui mezzi a motore individuali.

Riguardo al primo punto occorre intervenire affinché il rinnovo ciclico del parco auto circolante non avvenga secondo un rapporto 1:1, ma sia accompagnato da una riduzione progressiva del numero degli autoveicoli (ad esempio facendo in modo che in un nucleo familiare non si avverta la necessità di avere più di un'automobile); riguardo al secondo punto occorre intervenire favorendo la diversione modale verso forme di mobilità più sostenibili.

Il principio Avoid-Shift-Improve

Per ridimensionare l'impatto delle automobili in città, favorendo la multimodalità, occorre agire su più livelli, secondo un approccio Avoid-Shift-Improve (A-S-I). Questo prevede, in ordine di priorità, l'implementazione di misure volte a: 1) evitare/ridurre gli spostamenti non necessari (Avoid); 2) spostare quote rilevanti degli spostamenti urbani dai mezzi privati ai modi più sostenibili - mobilità “soft” e trasporto collettivo (Shift); 3) migliorare le prestazioni ambientali della parte non comprimibile degli spostamenti in automobile (Improve).

Strategie per la transizione

La transizione verso la mobilità sostenibile implica pertanto l'attuazione di azioni combinate rispondenti alle seguenti strategie.

Linee guida a supporto delle decisioni

Strategie di mobilità sostenibile	Azioni conseguenti	Politiche coinvolte
1_Ridurre la necessità di spostarsi per la soddisfazione dei bisogni quotidiani (lavoro, istruzione, assistenza sanitaria, acquisti, tempo libero, ecc.)	- Promozione di sistemi di comunicazione e accesso ai servizi che riducano la necessità di spostamento (es. digitalizzazione, lavoro agile); potenziamento dei servizi pubblici da remoto e domiciliari - Pianificazione dell'uso del suolo e delle funzioni urbane volta a favorire le relazioni di prossimità, per contenere la domanda di mobilità determinata dalla carenza di servizi e dotazioni essenziali (incluse opportunità ricreative) a livello di quartiere	- Pianificazione e gestione urbana - Politiche settoriali - Digitalizzazione
2_Ridurre la dipendenza dal trasporto motorizzato negli spostamenti intra-urbani / metropolitani, promuovendo il trasferimento modale verso la mobilità “soft” (pedonalità, ciclabilità e micro-mobilità).	- Realizzazione di reti pedonali continue e sicure all'interno e tra quartieri, incluso il miglioramento dei marciapiedi, l'incremento degli attraversamenti, la qualificazione degli spazi pubblici pedonali, parchi, greenways, ecc.. - Realizzazione di reti ciclabili gerarchizzate e adeguatamente attrezzate per la connessione efficace delle principali aree urbane e dei poli attrattori, inclusi collegamenti rapidi intercomunali	- Pianificazione urbanistica - Gestione urbana - Pianificazione della mobilità - Opere pubbliche.
3_Limitare l'uso dall'automobile per gli spostamenti in città che richiedono mezzi a motore	- Offerta di alternative modali efficienti e convenienti per rispondere alle diverse esigenze di mobilità (sistematica e asistematica): trasporto pubblico/collettivo su ferro e/o su gomma; mobilità condivisa (es. car pooling, car sharing, scooter sharing, bike sharing, ecc.); Mobility-as-a-Service (MaaS); - Adozione di misure di regolazione, limitazione o disincentivo dell'uso dell'auto nelle aree urbane maggiormente dense: ZTL, tariffazione della sosta, road pricing, ecc. - Realizzazione di aree per d'interscambio fra mezzi privati e modalità sostenibili all'accesso delle aree urbane più dense e attrattive	- Pianificazione urbanistica - Pianificazione della mobilità - Gestione del traffico - Digitalizzazione
4_Ridurre la dipendenza degli autoveicoli dai combustibili fossili	- Passaggio alla trazione elettrica dei veicoli, massimizzando per quanto possibile l'impiego di energia elettrica da fonti rinnovabili e considerando l'impatto complessivo dei veicoli nel loro ciclo di vita (well-to-wheel): trasporti pubblici su gomma, mezzi per la logistica urbana, autovetture private - Promozione della diffusione di ulteriori combustibili/vettori energetici alternativi (es. fuel-cells)	- Sviluppo tecnologico-industriale - Opere pubbliche - Erogazione di incentivi pubblici
5_Compensare / mitigare le emissioni generate dai sistemi di trasporto (nelle diverse fasi della transizione, incluse emissioni residue non comprimibili)	- Limitazioni alla circolazione dei veicoli più inquinanti ed emissivi (Low emission zones) - Realizzazione o potenziamento di infrastrutture verdi finalizzate al sequestro di CO2 e alla depurazione dell'aria	- Pianificazione urbanistica - Gestione ambientale

Macro-categorie delle azioni di mobilità sostenibile

Dal punto di vista operativo, le “azioni di mobilità” che possono essere implementate per promuovere la transizione sono riconducibili a due macro-categorie e a quattro tipologie di azioni principali:

- 1) Misure di restrizione della mobilità individuale privata
 - a) Misure restrittive dell'uso dell'automobile
- 2) Misure per promuovere modi di spostamento alternativi ai mezzi individuali a motore privati a motore termico (misure pull)

Linee guida a supporto delle decisioni

- b) Misure per promuovere la soft mobility
- c) Misure per promuovere il trasporto pubblico
- d) Misure per migliorare le performance ambientali dei mezzi a motore

Altre misure legate alla gestione e all'uso di ICT – es: varchi telematici, info-mobilità, control room, MaaS – sono di supporto alla implementazione delle misure push & pull sopra citate.

Macro-categoria	Descrizione	Tipo (push / pull)	Classe A-S-I	Casistica azioni
<i>Misure di restrizione della mobilità individuale privata</i>	Sono volte a limitare o moderare la circolazione degli automezzi attraverso specifiche regolamentazioni applicate a diverse "zone" della città	Push	A	- Zone a traffico limitato in aree centrali - ZTL CS), - Zone a traffico limitato estese all'intero centro urbano – ZTL(LEZ), - Isole ambientali (Zone 30 e simili) - Tariffazione differenziata dei parcheggi
<i>Misure per promuovere la soft mobility</i>	Sono volte a favorire gli spostamenti di prossimità o a scala urbana attraverso infrastrutture e servizi per la pedonalità, ciclabilità e micro-mobilità elettrica	Pull	A/S	- Interventi sullo spazio pubblico; - Eliminazione delle barriere architettoniche; dispositivi per il superamento di barriere territoriali (ferrovie, strade ad alto scorrimento, barriere naturali), quali gallerie con coperture praticabili, ponti, passerelle, sottopassaggi; - Piste, percorsi e itinerari ciclabili (comunque denominati dalle normative vigenti), - Posteggi bici e ciclostazioni, - Attivazione di servizi di bike, e-bike e monopattini in sharing, - Incentivi per il bike-to-work e bike-to-school - Incentivi per l'acquisto di biciclette ed e-bike - ...
<i>Misure per promuovere il trasporto pubblico</i>	Sono volte a favorire gli spostamenti a scala urbana o metropolitana attraverso infrastrutture e servizi di trasporto pubblico/collettivo	Pull	S	- Servizi a chiamate per le aree a domanda debole (DRT), - Attivazione e incremento dei servizi bus o tramviari tradizionali (TPL-C), - Realizzazione di corsie protette, - Miglioramento delle prestazioni delle fermate - Attivazione e incremento dei servizi BRT o metrotramvia (TPL-B), - Attivazione o incremento di servizi metro (TPL-A, AGT), - Realizzazione di nodi plurimodali; - Agevolazioni per il TP - ...
<i>Misure per migliorare le performance dei mezzi a motore</i>	Sono volte a neutralizzare gli impatti del traffico, ed in particolare della quota non comprimibile di traffico privato promuovendo: - servizi in condivisione (che comportano la riduzione del numero dei mezzi in circolazione), - la mobilità elettrica che comporta la riduzione delle emissioni derivanti dai trasporti)	Pull	S/I I	- Attivazione o incremento dei servizi di car/moto sharing - Attivazione o incremento dei servizi di car pooling, - Attivazione o incremento dei servizi di taxi e ride hailing, - Realizzazione di infrastrutture per la ricarica, - Incentivi per l'acquisto di auto e moto elettriche - ...

Vocabolario della transizione

Nel proseguo del Vademecum saranno utilizzati i seguenti concetti, espressioni e abbreviazioni.

Grado di urbanizzazione degli insediamenti

La maggiore o minore densità dell'insediamento è determinante sulla possibilità di superare la dipendenza dall'auto. Vi è una riconosciuta evidenza che nelle aree a bassa densità, dove le

distanze fra luoghi di residenza, posti di lavoro e servizi sono dilatate e l'offerta di soluzioni alternative è meno competitiva o economicamente insostenibile, il ricorso al mezzo individuale rappresenta di fatto una scelta obbligata. Una lettura del territorio in base alla densità è quindi essenziale per capire dove sono applicabili strategie di mobilità del tipo “Avoid” e “Shift” e dove l'unica strategia di mobilità sostenibile plausibile è del tipo “Improve”.

Sulla base di soglie di densità abitativa crescenti, il territorio dei comuni (o aggregazioni di comuni) si è proposta la suddivisione del territorio in:

- Area rurale (AR)
- Area Urbanizzata (AU)

e, all'interno di quest'ultima, in:

- Area Suburbana (ASU)
- Area Urbana Densa (AUD).

Nei comuni caratterizzati da una configurazione policentrica, l'AUD può comprendere un'area centrale relativamente più estesa (AUDc) e una o più aree dense satelliti (decentrate = AUDd).

Occorre poi tener conto dell'appartenenza o meno del comune interessato a un sistema metropolitano o funzionale più ampio. Con riferimento alla classificazione UE/OECD (DEGURBA) le aree urbanizzate si distinguono anche in:

- Local Administrative Units (LAU), corrispondenti ai comuni,
- Functional Urban Areas (FUA), corrispondenti a bacini di pendolarismo consolidati (es. aree metropolitane)

Grado di compattezza/frammentazione degli insediamenti

A diverse densità abitative corrispondono solitamente configurazioni dell'urbanizzato. Inoltre, in aggiunta alla densità abitativa, occorre considerare le aree che sono state urbanizzate per ospitare funzioni specialistiche, spesso molto attrattive di traffico, che sfuggono dal parametro della densità abitativa. In questo caso si propone di fare riferimento alla metodologia messa a punto dall'ISPRA per monitorare il consumo di suolo sulla base di soglie calcolate a partire dall'indice di impermeabilità dei suoli.

Utilizzando tale metodologia, con qualche accorgimento reso necessario dalle diverse finalità, i comuni (o aggregazioni di comuni) sono ricondotti, in ragione della loro configurazione - dalla più compatta alla più frammentata - a quattro classi:

- monocentrica compatta (con AU concentrata),
- monocentrica dispersa (con AUDc ed espansioni suburbane),
- policentrica (con AUDc e aree dense satelliti AUDd),
- diffusa (a prevalente carattere suburbano).

Avoid-Shift-Improve (A-S-I)

(V. sopra “Presupposti della transizione”). È il più accreditato modello concettuale di riferimento, a livello internazionale, per impostare politiche di mobilità sostenibile coerenti con gli obiettivi dell'Accordo sul Clima di Parigi del 2015. Prevede la combinazione di tre strategie da applicare in sequenza secondo un ordine logico di priorità:

- Avoid: evitare/ridurre all'origine gli spostamenti forzati, dovuti alla carenza di servizi locali, e quelli che possono essere “risparmiati” tramite l'uso delle reti informatiche (servizi da remoto, smart working, ecc.)
- Shift: spostare/mantenere quote degli spostamenti “inevitabili” dai mezzi privati a motore ad alternative modali più sostenibili, ambientalmente e climaticamente: soft mobility (v.), trasporto pubblico (v.) e mobilità condivisa (v.)

Linee guida a supporto delle decisioni

- Improve: migliorare le prestazioni ambientali e ciclabili dei mezzi circolanti. Si riferisce in particolare alla quota non comprimibile degli spostamenti individuali effettuati in auto (e, in subordine, in moto), ma il principio di riduzione degli impatti vale anche per le flotte del trasporto pubblico e del car/moto sharing.

“Azioni” di mobilità sostenibile (“push & pull”)

(V. sopra “Presupposti della transizione”)

Sono le leve con cui indirizzare i comportamenti di mobilità delle persone verso le opzioni più sostenibili effettivamente praticabili nel contesto urbano considerato. Includono misure “push e pull” (bastone e carota), ovvero, rispettivamente, di restrizione/limitazione della circolazione veicolare entro ambiti definiti dell’urbanizzato (es. ZTL o Zone 30) e di sostegno/promozione alle opzioni modali secondo un ordine di priorità coerente con il principio “Avoid-Shift-Improve”, ovvero: soft mobility (v.), trasporto pubblico (v.), mobilità individuale motorizzata “sostenibile” (v.).

Soft mobility (walkability, bikeability e micromobilità)

Famiglia di azioni “pull” che comprende le modalità di spostamento attive (a trazione umana), a impatto 0 sull’ambiente e sul clima, e i veicoli elettrici leggeri (Light Electric Vehicles – LEV) a basso consumo energetico e impatto 0 o “quasi 0” (in ragione delle fonti utilizzate per la produzione di energia). Ovvero:

- pedonalità
- ciclabilità
- micromobilità elettrica (e-bike, monopattini elettrici e simili).

Walkability e *bikeability* indicano la propensione di un insediamento, in ragione delle sue caratteristiche fisiche e dotazioni infrastrutturali, a favorire la pedonalità e ciclabilità+micromobilità come modalità ordinarie di spostamento quotidiano.

Trasporto pubblico/collettivo

Famiglia di azioni “pull” che comprende diversi sistemi, adatti a diverse condizioni della domanda. Sulla base del crescente livello di prestazione e di autonomia dei tracciati rispetto alla viabilità ordinaria, le diverse modalità di trasporto pubblico sono qui ricondotte a quattro classi:

- Autobus a chiamata (Demand responsive Transit – DRT) – svolgono un servizio urbano flessibile su aree a bassa densità (ASU) e intensità di domanda, utilizzando la viabilità ordinaria;
- Street Transit (TPL – C) – comprende modalità su gomma (bus, filobus) o rotaia (tram) tradizionali, che svolgono servizi urbani regolari, utilizzando, ovunque possibile, corsie dedicate all’interno della viabilità ordinaria, non separate con barriere fisiche dal resto della carreggiata e soggette a frequenti interferenze con il traffico veicolare;
- Semirapid Transit (TPL-B) - comprende modalità su gomma (Bus Rapid Transit – BRT), o rotaia (metrotramvie) con elevate prestazioni in termini di regolarità/capacità, che svolgono servizi di linea a scala urbana e metropolitana, utilizzando corsie dedicate e protette all’interno della viabilità ordinaria, con limitate interferenze con il traffico veicolare;
- Rapid transit (TPL-A) - comprende modalità di trasporto veloci, solitamente su rotaia, con prestazioni massime in termini di velocità/capacità, che svolgono servizi di linea di tipo metropolitano, su tracciati sotterranei o in rilevato/viadotto segregati, privi pertanto di interferenze con il traffico veicolare.

Un’ulteriore classificazione, sovrapposta alle precedenti, accomuna nella definizione di Automatic Guided Transit (AGT) i servizi segregati con prestazioni di regolarità/capacità/velocità assimilabili al TPL-B o TPL-A, gestiti in modo completamente automatizzato (senza autista).

DRT e TPL-C offrono servizi di livello urbano-locale (ambito LAU); TPL-B, TPL-A e AGT offrono servizi di livello urbano-metropolitano (ambito FUA).

Nello scenario obiettivo (2050) si assume che i tutti i sistemi di TPL, qualunque sia il loro livello di servizio, siano eserciti con mezzi elettrici (o comunque con tecnologie a basso impatto o impatto 0).

Servizi condivisi

Azioni “pull” (v. sopra) che includono servizi di livello comunale o metropolitano attivabili mediante dispositivi mobili. Essi comprendono

- servizi di soft mobility, tipo bike e-bike e monopattini elettrici in sharing, la cui disponibilità sul territorio contribuisce a promuovere la ciclabilità e la micromobilità;
- servizi di car/moto sharing,
- servizi di car pooling (condivisione del viaggio sul proprio mezzo con altri passeggeri).

La disponibilità sul territorio di servizi di car sharing e car pooling consente di limitare il numero dei mezzi in circolazione all'interno delle AUD (e relativi impatti) e l'occupazione di suolo dei mezzi in sosta. Quando i servizi sono effettuati con mezzi elettrici, contribuiscono ulteriormente a limitare gli impatti ambientali e climatici del traffico motorizzato. Possono quindi essere considerati come azioni a cavallo tra Shift e Improve.

Nello scenario obiettivo (2050) si assume che tutti i mezzi in sharing circolanti siano elettrici (o comunque con tecnologie a basso impatto o impatto 0).

Mobilità individuale motorizzata “sostenibile”

Azione “pull” riferita alla parte “non comprimibile” di traffico motorizzato nell'area urbana considerata. Rispetto al modello A-S-I (v.) corrisponde ad azioni di Improve volte a migliorare le prestazioni ambientali degli auto- e motoveicoli circolanti.

Nello scenario obiettivo (2050) si assume che tali mezzi, ridotti in numero rispetto alla situazione attuale (scenario 0), siano stati interamente sostituiti con mezzi elettrici (o comunque con tecnologie a basso impatto o impatto 0).

Zone soggette a limitazioni della circolazione

Azioni “push” riferite ad ambiti del territorio comunale soggette a particolari restrizioni della circolazione veicolare ai sensi del Codice della Strada e relativo Regolamento e delle Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico (1992). In questo Vademecum sono ricondotti alle seguenti tipologie principali:

- Zone a traffico limitato circoscritte, corrispondenti ad “aree di rilevante interesse urbanistico” - tipicamente i centri storici (ZTL CS) - il cui accesso è consentito solo ai residenti o a particolari categorie di utenti;
- Zone a traffico limitato estese (potenzialmente ricalcanti tutta l'AUD, chiuse ai flussi in entrata dall'esterno, almeno per i veicoli più inquinanti o emissivi (Low Emission Zone, LEZ; qui ZTL(LEZ). Sul perimetro esterno devono essere dotate di parcheggi per l'interscambio modale dall'automobile al TPL e servizi in sharing.
- Zone a traffico moderato (o isole ambientali) – comprendono le strade o zone soggette a limitazioni della velocità veicolare (solitamente a 30 km/h) – Zone 30.

Le ZTL possono essere supportate da sistemi telematici di controllo degli accessi (porte telematiche, geofencing, ecc.) ed eventualmente assoggettate a forme di tariffazione.

Pianificare la transizione

Pianificazione della mobilità urbana orientata alla transizione

Per quanto riguarda la pianificazione della mobilità urbana, gli obiettivi di sostenibilità richiedono la costruzione di visioni di futuro verso cui tendere, che non riflettono le dinamiche consolidate connesse al modello *car-centric*, ma se ne distaccano significativamente. Per tale ragione, gli strumenti basati su una modellistica di trasporto tradizionale, che proietta su uno scenario di nuova

offerta le scelte di mobilità delle persone basandosi sui loro attuali comportamenti non sono adeguati a guidare transizione, in quanto tendono a perpetuare le logiche e le abitudini legate a tale modello.

Al tempo stesso è necessario che tali visioni non appaiano astratte e irraggiungibili, perché totalmente sganciate dal contesto interessato. Occorre quindi un approccio che sia in grado di declinarle in scenari congruenti con le peculiarità dei contesti locali (ignorate dall’approccio omologante plasmato sull’uso pervasivo dell’automobile), senza però subire eccessivamente i condizionamenti delle abitudini consolidate (che la modellistica attuale tende ad assecondare e che dovrebbero invece cambiare, accompagnando la transizione).

La metodologia a supporto della pianificazione integrata trasporti-territorio di seguito illustrata ha lo scopo di tradurre il concetto sfidante di sostenibilità come “cambio di paradigma” in scenari di trasformazione congruenti con le caratteristiche specifiche di un dato contesto urbano.

Una metodologia “basata sul luogo” per la transizione

La metodologia proposta ha lo scopo di fornire un supporto alle scelte pubbliche, alla pianificazione integrata trasporti-territorio (con particolare riguardo all’elaborazione di PUMS), al reperimento e all’allocazione di risorse nazionali ed europee destinate alla città e mobilità sostenibili. Essa fornisce:

- criteri guida a carattere generale, che riflettono situazioni e problematiche ricorrenti nelle città italiane e sono pertanto applicabili in tutti i comuni o aggregazioni di comuni;
- una procedura di valutazione per individuare strategie “su misura” dell’area urbana considerata. Questa è articolata in “step” contenenti gruppi di indicatori territoriali, demografici, socioeconomici e trasportistici, finalizzati, nell’ordine, a:
 - descrivere, per il comune o aggregazione di comuni considerato, le variabili di quello specifico contesto potenzialmente incidenti sulle opzioni di mobilità alternative al modello incentrato sull’automobile (Step 1);
 - descrivere le condizioni attuali della mobilità urbana (scenario 0) (Step 2);
 - definire lo scenario-obiettivo (al 2050) congruente con le caratteristiche peculiari dell’area e misurare lo scarto fra scenario 0 e scenario-obiettivo (Step 3);
 - precisare lo scenario-obiettivo attraverso la valutazione delle azioni alternative per conseguirlo (Step 4);
 - valutare, in via indicativa, la fattibilità degli interventi, anche al fine di definire obiettivi e scenari intermedi e reperire risorse tra quelle messe a disposizione a livello nazionale ed europeo (Step 5).

Criteri generali

Principio del “Travel time budget”

- Nei contesti urbani e metropolitani sono considerati nella norma, qualunque sia la modalità o combinazione multimodale utilizzata, spostamenti giornalieri per ragioni di studio o lavoro, o per l’accesso a servizi essenziali non reperibili a livello locale, della durata massima indicativa di 30 minuti (un’ora A/R). Assumendo il modello Avoid-Shift-Improve come quadro di riferimento, grazie alla combinazione di misure push & pull l’uso dell’automobile dovrebbe essere scoraggiato per tutti quegli spostamenti che, all’interno di tale durata, possono essere coperti con modi alternativi.

Gerarchia degli utenti della strada

- L’esplicitazione di un criterio gerarchico nella considerazione delle esigenze dei diversi utenti della strada (hierarchy of road users) permette di individuare in modo coerente e argomentabile le priorità a cui informare sia la pianificazione e gestione della mobilità (anche in relazione alle scelte localizzative della pianificazione urbanistico-territoriale), che la progettazione delle relative infrastrutture (inclusa l’organizzazione degli spazi per la sosta e degli attraversamenti presso gli incroci), aiutando a sciogliere o prevenire le situazioni di

Linee guida a supporto delle decisioni

conflitto. Essa inoltre può facilitare l'accesso a finanziamenti e programmi regionali, nazionali e comunitari su determinati asset e l'appropriata allocazione di risorse provenienti da diversi capitoli di bilancio. Coerentemente al principio Avoid-Shift-Improve, quale cornice di riferimento per la transizione verso una mobilità urbana sostenibile (v. definizione), le scelte di piano e infrastrutturali devono riflettere la seguente gerarchia di utenti della strada/modi di trasporto:

Utenti della strada/modi di trasporto	Note
<i>Pedoni</i>	Gli spazi pedonali devono essere senza barriere: progettati o riadattati secondo i principi dell'Universal design;
<i>Persone con disabilità che necessitano di muoversi utilizzando mezzi a motore</i>	Deve essere garantita un'accessibilità carrabile (inclusa sosta) dedicata anche in zone interdette alla circolazione veicolare
<i>Ciclisti + Micromobilità (incl. sharing)</i>	Oltre alla continuità dei percorsi deve essere assicurata un'adeguata disponibilità di posteggi.
<i>Utenti dei mezzi pubblici (urbani ed extraurbani) di linea</i>	La priorità al TPL sui mezzi privati si riflette, oltre che nelle prestazioni dei servizi, nell'accessibilità pedonale e comfort delle fermate.
<i>Utenti dei servizi pubblici urbani non di linea (taxi, NCC, ecc.), car sharing elettrico e veicoli a motore a due ruote</i>	Uso corsie TPL per taxi. La priorità sugli altri mezzi privati si riflette nella gestione della sosta
<i>Autoveicoli – residenti</i>	La priorità sui non residenti si riflette, ad esempio, nella istituzione di ZTL o Zone a sosta controllata
<i>Autoveicoli – elettrici/basso impatto</i>	Per promuovere la transizione verso l'elettrico, è possibile applicare deroghe alle ZTL(CS) o altre limitazioni (es. relative alla sosta) per tali veicoli. Nella prospettiva di una flotta 100% elettrica, tuttavia, le deroghe dovranno essere progressivamente rimosse.
<i>Autoveicoli - con motori termici</i>	Si assume che nello scenario obiettivo tutti i mezzi privati saranno riconvertiti.

La collocazione nella gerarchia dei mezzi di logistica urbana, pullmann e altri mezzi turistici non può essere fissata in maniera standardizzata, in quanto l'impatto di tali mezzi sul traffico locale è estremamente variabile caso per caso. Vale in generale il principio che maggiore è l'impatto, più basso è il posto nella gerarchia.

Naturalmente l'applicazione della gerarchia va intesa come criterio generale applicato all'intero sistema. Al fine di soddisfare - in ogni caso - le esigenze di mobilità della popolazione, le soluzioni adottate in caso di incompatibilità fra le esigenze di utenti della strada diversi potranno prevedere percorsi/itinerari diversificati (dal punto di vista spaziale o temporale (es. ore di punta), in cui vengono rispettivamente privilegiati i pedoni, le biciclette il TPL e i mezzi individuali.

I principali criteri per tradurre in pratica tale gerarchia – nel rispetto della logica A-S-I e utilizzando come leve sia misure pull che misure push – sono approfonditi di seguito.

Criteri di contenimento del traffico automobilistico

- **Zone a basse emissioni (ZTL estese)** - Le aree centrali dense (AUDc) di aree funzionali (FUA) e quelle dei comuni caratterizzati da flussi di passeggeri in entrata (pendolari o city user) significativamente superiori ($\geq 15\%$) ai flussi di residenti in uscita, devono essere assoggettate a ZTL(LEZ) e dotate sul perimetro di parcheggi scambiatori per impedire la penetrazione all'interno dei flussi veicolari attratti, mettendo a disposizione degli utenti opzioni modali alternative (trasporto pubblico, mezzi in sharing). Nei passaggi di avvicinamento dallo scenario 0 allo scenario-obiettivo, possono essere ammesse deroghe per le auto elettriche e per quelle utilizzate per il car-pooling (purché certificato).

Linee guida a supporto delle decisioni

- *ZTL centrali* - Le aree centrali locali (principalmente ma non esclusivamente centri storici) devono essere assoggettate a ZTL(CS) per impedire la penetrazione dei flussi veicolari di non residenti (incluse auto elettriche).
- *Tariffazione della sosta* - Nelle aree residenziali esterne alle ZTL(CS) i parcheggi per non residenti (lungo strada e in struttura) devono avere tariffe crescenti man mano che ci si avvicina alle zone più centrali e attrattive, prevedendo agevolazioni per car pooling e la gratuità per il car sharing.

Criteri a favore della soft mobility

- *Isole ambientali* - Tutte le strade classificate come locali devono essere assoggettate a Zona 30 (o assimilata);
- *Ciclabilità nelle isole ambientali* - Nelle ZTL e Zone 30 è sempre ammessa la circolazione di biciclette e LEV anche in assenza di piste ciclabili. Nelle Zone 30, la circolazione di biciclette e LEV deve essere incoraggiata anche con l’istituzione di doppi sensi ciclabili nelle strade a senso unico e l’inserimento di “case sicure” agli incroci.
- *Continuità, connettività e sicurezza dei percorsi* – Nel rispetto della “gerarchia degli utenti della strada” (v. sopra), le reti pedonali (capillari), e ciclabili/per la micromobilità (direttrici + isole ambientali) devono coprire tutte le parti di città senza presentare interruzioni né eccessivi disallineamenti lungo uno stesso arco stradale; la sicurezza va garantita, ovunque possibile, attraverso un’adeguata allocazione degli spazi stradali (v. sotto); dove lo spazio è limitato e/o dove i potenziali conflitti sono maggiori, attraverso dispositivi di protezione per gli utenti più vulnerabili.
- *Attraversamenti pedonali* - Nelle AUD, gli attraversamenti pedonali devono essere collocati su tutti i lati degli incroci e, lungo una stessa strada, a distanze non superiori a 200 m.
- *Posteggi bici/mezzi leggeri elettrici* - Il numero dei parcheggi lungo strada deve essere equamente distribuito fra automobili (con una quota per car pooling e car sharing), moto e posti bici/LEV. Al raggiungimento dello scenario-obiettivo e di quelli intermedi, il rapporto fra numero di posti bici/LEV e posti auto non dovrà essere inferiore alla proporzione tra la quota modale dei mezzi a motore privati e quella della soft mobility; tutte le sedi pubbliche e di servizi privati aperti al pubblico, incluse le aree commerciali, devono essere dotate di rastrelliere per biciclette.

Criteri a favore del TPL

- *Corsie dedicate* - Ovunque possibile, le linee di Street Transit (TPL-C) devono correre su corsie dedicate anche se ciò comporta la sottrazione di una corsia carrabile o di una fascia di parcheggi su strada. In presenza di strade strette dev’essere considerata l’opzione di corsie dedicate al TPL negli orari di punta e ad uso promiscuo negli orari di morbida.
- *Fermate* - Le fermate del TPL dovranno essere ovunque possibile coperte, dotate di sedute e collocate in prossimità degli incroci per essere facilmente accessibili da più direzioni.

Criteri per l’uso ottimale delle infrastrutture esistenti

- *Riuso vs nuove infrastrutture* - La riorganizzazione delle sedi stradali (v. sopra) o la rimodulazione/upgrade dei servizi di TPL su linee esistenti è da preferire alla costruzione di nuove infrastrutture. In presenza di infrastrutture dismesse, prima del loro smantellamento dovrà esserne valutata la possibilità di un loro riuso, in ordine di priorità, come infrastrutture per il TP o la mobilità soft.
- *Riallocazione degli spazi stradali* - Si devono riorganizzare le sedi stradali esistenti e realizzare le nuove opere stradali applicando i seguenti criteri: le larghezze delle corsie veicolari, di quelle dedicate al TPL, delle piste ciclabili e delle fasce dedicate alla sosta devono attenersi alle dimensioni standard o minime di legge, assegnando sempre gli eventuali spazi eccedenti ai pedoni, all’introduzione o ampliamento di airole o alberature,

Linee guida a supporto delle decisioni

nonché all'inserimento di posteggi bici, nel caso in cui le strade non presentino fasce laterali per la sosta in cui ospitarli; le dimensioni dei marciapiedi, ovunque possibile, non dovrebbero essere inferiori a 1,80 m.

- **Strade strette trafficate** - Nel caso di strade esistenti particolarmente strette non incluse in ZTL(CS) dovranno essere studiate soluzioni di circolazione che evitino di derogare dalle dimensioni minime di legge per i marciapiedi, considerandone l'eventuale chiusura o limitazione al traffico o applicando eventuali deroghe, con le conseguenti limitazioni di velocità, alla larghezza delle corsie carrabili.
- **Strade larghe non trafficate** - In presenza di strade molto larghe a scarsa intensità di traffico, è da prevedere in alternativa: la riorganizzazione della sede stradale (v. sopra); la trasformazione in strade-parcheggio, con aumento degli stalli per la sosta, a compensazione della loro riduzione strade vicine, conseguente l'applicazione di altri criteri sopra descritti

Criteri di mitigazione degli impatti climatici degli spazi della mobilità

- **Parcheggi alberati** - Tutte le aree a parcheggio devono essere alberate e pavimentate con materiali drenanti; anche nei parcheggi lungo strada, ove la distanza dai fronti edilizi lo consenta, deve essere considerata la realizzazione di filari di alberi (caducifoglie) con ampiezza della chioma congruente con lo spazio disponibile.
- **Aiole spartitraffico** - Gli spartitraffico di superficie ≥ 4 mq devono essere inerbiti e vegetati.

Le fasi del metodo

Il metodo UV2030-50 consiste in 3 fasi, articolate nei 5 Step citati sopra.

La **Fase 1** (fase analitica) comprende la raccolta dati per i set di indicatori selezionati, finalizzata ad assegnare alle variabili territoriali e demografiche (Step 1), trasportistiche e sociodemografiche (Step 2) valori quantitativi che ne consentano l'uso nelle successive fasi della procedura valutativa. Tra i dati raccolti vi sono anche quelli relativi alla ripartizione modale (Modal share attuale), indicatore che rappresenta, in modo sintetico, lo scenario 0, in quanto restituisce efficacemente le abitudini di mobilità di un'area urbana e quindi il suo “posizionamento” tra car dependency e sostenibilità.

La **Fase 2** (definizione dello scenario obiettivo e dello scarto tra lo scenario obiettivo e lo scenario 0) coincide con lo Step 3. Utilizzando gli indicatori territoriali, un indicatore demografico e un indicatore trasportistico, si arriva a definire il modal share ottimale (Optimal share), ovvero come potrebbero essere ripartiti gli spostamenti nell'area urbana considerata, applicando politiche coerenti agli obiettivi di sostenibilità, carbon neutrality e vision 0, ma tenendo conto, al contempo, anche delle sue peculiarità. Questo è espresso in quote percentuali di soft mobility, trasporto pubblico e mobilità individuale motorizzata residua, migliorata sotto il profilo delle prestazioni ambientali. L'Optimal share è assunto come scenario obiettivo al 2050, verso cui orientare la pianificazione strategica della mobilità urbana, con l'obiettivo di colmare lo scarto (Mobility gap) con il Modal share attuale (scenario 0).

La **Fase 3** (valutazione delle opzioni per il raggiungimento dello scenario obiettivo) comprende l'applicazione di due metodologie per valutare rispettivamente le alternative più appropriate tra i modi che rientrano nelle categorie di soft mobility, trasporto pubblico e mobilità individuale motorizzata “sostenibile” (Step 4) e gli interventi più convenienti o fattibili, in base alla disponibilità delle risorse, tra quelli che mettono a terra le opzioni modali prescelte (Step 5).

Gli input della valutazione

Il metodo prevede il calcolo di 24 indicatori, raggruppati in 12 set e appartenenti a tre ambiti tematici:

- **Variabili spaziali** – identificano le caratteristiche strutturali/morfologiche e funzionali dell'area urbana considerata in grado di favorire o sfavorire le diverse azioni di mobilità per attuare la transizione.

Linee guida a supporto delle decisioni

- Variabili socioeconomiche – relative alla composizione anagrafica (fasce d'età) e alle condizioni reddituali (capacità di spesa) della popolazione;
- Variabili trasportistiche – restituiscono la situazione attuale della mobilità urbana in termini di domanda e offerta (servizi e infrastrutture).

Gli indicatori, raccolti nella fase 1, svolgono ruoli diversi nelle due successive fasi di valutazione, distinguendosi in:

- indicatori di “propensione alla transizione” – comprendono indicatori spaziali, 1 indicatore socioeconomico (indicatore demografico) e 1 indicatore trasportistico di domanda (n. degli spostamenti/giorno per fasce di distanza). Coerentemente all'approccio A-S-I, attraverso tali indicatori sono analizzate le variabili potenzialmente in grado di favorire lo “Shift” verso i modi di trasporto più sostenibili, quantificando al contempo la quota incompressibile di mobilità automobilistica da indirizzare verso misure “Improve”; dagli indicatori spaziali si può anche ricavare il peso relativo delle misure “push” (restrittive della circolazione veicolare) rispetto alle misure “pull” (proattive dei modi sostenibili). Nell'insieme tali indicatori concorrono a definire lo scenario obiettivo, in termini di Modal share ottimale per il comune o aggregazione di comuni analizzati;
- indicatori di “contesto”, comprendenti 1 indicatore socioeconomico (capacità reddituale della popolazione) e la maggior parte degli indicatori trasportistici: definiscono lo scenario attuale, e alcune condizioni di vantaggio o svantaggio che spingono a favorire alcune opzioni modali su altre.

Indicatori di propensione

Set indicatori spaziali	
<i>Configurazione insediativa</i> riguarda le variabili strutturali a scala vasta	Tipologia insediamento ovvero se si tratta di una città compatta o diffusa, monocentrica o policentrica
	Densità delle aree urbanizzate distinzione fra aree urbane dense (AUD) e aree suburbane (ASU)
	Estensione delle aree urbane entro quali distanze dal suo baricentro si concentra la maggior parte dei residenti
	Acclività quanta parte della rete stradale è in piano o con diversi gradi di pendenza
<i>Caratteristiche dei tessuti</i> riguarda le variabili strutturali a scala locale	Tipologia dei tessuti quali parti della città sono state conformate dai mezzi di spostamenti dominanti nelle fasi storiche della sua crescita (piedi, trasporto pubblico e automobile) e sono quindi costituzionalmente predisposte al loro uso
	Tipologia della rete stradale relativa al livello di servizio (strada principale, secondaria, locale) di ciascun segmento viario
	Configurazione della rete stradale relativa alla capacità di connessione entro la rete di ciascun segmento viario
<i>Organizzazione funzionale</i> riguarda la distribuzione delle funzioni sul territorio, generatrici di diversi tipi di domanda di mobilità	Indice di prossimità quanta parte della città può offrire i servizi essenziali alla vita quotidiana entro 15 minuti a piedi (800 m) dai luoghi di residenza
	Poli specializzati in area urbana densa presenza di poli attrattori all'interno del tessuto urbano
	Poli specializzati in area suburbana presenza di poli attrattori in zone periferiche a bassa densità.
Set indicatori socioeconomici	
<i>Demografia</i>	Composizione demografica per fasce d'età quanta popolazione è potenzialmente in grado, in base all'età, di utilizzare ciascun modo di trasporto
Set indicatori trasportistici	

Linee guida a supporto delle decisioni

<i>Distanze degli spostamenti</i> quantifica le esigenze di spostamento della popolazione	N. spostamenti per fasce di distanza	ad ogni fascia di distanza corrispondono modi di trasporto congruenti (tra cui privilegiare quelli alternativi ai mezzi privati a motore)
--	---	---

Indicatori di contesto

Set indicatori trasportistici	Indicatori	
<i>Livello di car dependency</i> Indica la "resistenza" dei comportamenti attuali alla transizione	Tasso di motorizzazione privata	quante auto rispetto alla popolazione
	Ripartizione modale (modal share)	percentuali attuali di spostamenti quotidiani relativi a soft mobility, TPL, mezzi a motore privati. Esprime lo scenario 0 da cui partire.
<i>Volume della domanda</i> riguarda il numero degli spostamenti pendolari quotidiani e i km complessivi percorsi nell'unità di tempo	N. spostamenti giornalieri ($\approx$ N. passeggeri)	n. di passeggeri che si spostano in un giorno con tutti i modi
	Spostamenti*km ($\approx$ N. passeggeri*km)	il totale dei km percorsi con tutti i modi, le cui percentuali sono espresse nello Scenario 0 dalla ripartizione modale.
<i>Distanze degli spostamenti</i> quantifica le esigenze di spostamento della popolazione	Distanza media	restituisce in modo sintetico la "scala" degli spostamenti, in relazione alla dimensione complessiva dell'insediamento
<i>Servizi e dotazioni per il trasporto pubblico</i>	Produzione di servizio (base e unitaria)	la quantità di km percorsi dai mezzi pubblici, rapportato alla domanda di mobilità complessiva
	Accessibilità/copertura delle fermate TPL	percentuale di area urbana coperta dal servizio
<i>Servizi e dotazioni per la soft mobility</i>	Accessibilità/copertura della rete ciclabile	percentuale di area urbana raggiunta dalla rete ciclabile
	Servizi in sharing (soft mobility)	se disponibili o no; se sì, quanti mezzi
<i>Servizi e dotazioni per la mobilità individuale motorizzata sostenibile</i>	Servizi in sharing (auto)	se disponibili o no; se sì, quanti mezzi
	Punti di ricarica pubblici per veicoli elettrici	se disponibili o no; se sì, quanti punti
Set indicatori socioeconomici		
<i>Condizioni economiche</i>	Capacità di spesa della popolazione	sostenibilità economica della transizione all'auto elettrica

Gli output della valutazione

Peso relativo delle azioni push e azioni pull nelle strategie di mobilità urbana sostenibile (Step 1)

Dalla valutazione delle variabili spaziali di un'area urbana si ottengono punteggi per ciascuna azione di mobilità (push & pull). Attraverso operazioni di aggregazione e normalizzazione dei punteggi si può calcolare percentualmente il peso potenziale relativo delle misure "push" (restrittive della circolazione veicolare) sia rispetto al totale delle misure, sia rispetto all'insieme delle misure "pull" (proattive dei modi sostenibili). Un'indicazione utile del contributo che, sulla base dell'analisi delle caratteristiche spaziali dell'insediamento considerato, gli interventi di restrizione alla circolazione possono dare alla transizione verso un modello di mobilità più sostenibile

Confronto tra le propensioni verso i diversi modi di trasporto legate rispettivamente alle caratteristiche strutturali e all'organizzazione funzionale dell'insediamento (Step 1)

Dal calcolo degli indicatori spaziali, attraverso operazioni di aggregazione e normalizzazione dei valori assegnati alle diverse opzioni modali (misure pull), si possono ottenere ripartizioni modali “virtuali” (virtual share) tra soft mobility, TPL e mobilità individuale motorizzata che rispecchiano le propensioni del territorio derivanti dall’analisi delle sue caratteristiche strutturali e, dall’altro lato, della sua organizzazione funzionale. Confrontando (ad es. mediante diagrammi a radar) i due “virtual share” si può capire quanto le propensioni derivanti dall’organizzazione funzionale (che magari include poli attrattori al di fuori delle aree urbane più dense) si discostino da quelle strutturali, fornendo indicazioni sia alla pianificazione della mobilità (per esempio riguardo all’opportunità di istituire servizi di trasporto ad hoc per le aree industriali), che a quella territoriale (per esempio in merito all’inopportunità di localizzare ulteriori poli attrattori in zone periferiche, generando una domanda di trasporti difficilmente gestibile con modi sostenibili). La media dei virtual share strutturale e funzionale dà il virtual share territoriale.

Optimal share - ripartizione modale nello scenario obiettivo 2050 (Step 3)

Similmente al virtual share territoriale, dal calcolo degli indicatori relativi alla composizione demografica per fasce di età e al n. di spostamenti per fasce di distanze, attraverso operazioni di aggregazione e normalizzazione dei valori assegnati alle opzioni modali (misure pull) in base alla loro pertinenza alle diverse fasce, si possono ottenere ripartizioni modali “virtuali” (virtual share) tra soft mobility, TPL e mobilità individuale motorizzata che rispecchiano le propensioni dell’area urbana considerata sotto il profilo della stratificazione anagrafica (virtual share demografico) e delle esigenze di spostamento della popolazione interessata (virtual share chilometrico). Dalla media matematica tra virtual share territoriale, demografico e chilometrico si ricava la ripartizione modale ottimale (Optimal share) per l’area urbana analizzata, ovvero come potrebbero essere distribuiti percentualmente gli spostamenti, secondo un approccio A-S-I, tenendo conto delle peculiarità locali. L’Optimal share è assunto come indicatore sintetico dello scenario obiettivo da perseguire in quel territorio.

Mobility gap – scarto tra l’Optimal share e il Modal share attuale (Step 3)

La differenza tra Optimal share e Modal share, calcolata sia in termini assoluti che relativi per ciascuna categoria di mobilità – soft mobility, TPL, mobilità individuale meccanizzata - rende conto della distanza da colmare per raggiungere lo scenario-obiettivo

Priorità delle opzioni modali nel perseguimento dell’Optimal share (Step 4)

Attraverso un’analisi multicriteria effettuata sulla base di un “cruscotto” di indicatori, si può valutare la maggiore o minore convenienza, per ciascuna categoria di misure pull – soft mobility, TPL, mobilità individuale motorizzata – delle opzioni modali che la compongono: un’indicazione utile a orientare le politiche.

Stima degli impatti economici di interventi alternativi per ciascuna opzione modale in funzione del superamento del Mobility gap (Step 5)

Attraverso l’applicazione di un’analisi a soglie effettuata sulla base dei costi parametrici per gli interventi di potenziamento dei modi sostenibili precedentemente individuati, si può valutare la maggiore o minore convenienza degli interventi volti a raggiungere lo scenario obiettivo. Ciò è utile per comprendere come allocare in modo efficiente e adattivo le risorse economiche che si rendano disponibili, sia ai fini del loro reperimento, che della definizione di scenario intermedi fra quello attuale e quello obiettivo.

Quindi, cosa occorre ...?

- Avere uno spazio GIS per il calcolo degli indicatori spaziali
- Seguire le istruzioni riportate fase per fase nel sito di UV2030-50
[PRIN 2022 URGET VADEMECUM 2030-50 | UniFI](#)
- Reperire i dati dalle fonti disponibili o attraverso survey ad hoc

Linee guida a supporto delle decisioni

- Inserire i dati nei fogli di calcolo messi a disposizione nel sito UV2030-50
- Restituire i risultati nelle forme più utili alla discussione pubblica, alla partecipazione civica, alla pianificazione della mobilità, alla pianificazione urbanistico-territoriale, alla partecipazione a bandi per l’assegnazione di finanziamenti pubblici...
- *Credere che si può guarire dalla dipendenza dall’auto anche dove essa è più radicata e che la transizione è possibile.*

Questioni aperte, limiti e possibili linee di sviluppo della ricerca

Il progetto UV2030-50 ha sviluppato una procedura di valutazione calibrata sulle specificità dei luoghi e articolata in 5 step, validandola su aree urbane campione caratterizzate da differenti condizioni insediative.

Negli step iniziali della procedura sono stati definiti e applicati nuovi indicatori spaziali per colmare il deficit di conoscenza territoriale che solitamente caratterizza le analisi trasportistiche a fronte di un problema evidente nelle città italiane, rappresentato dallo scollamento fra condizioni insediative (tendenzialmente favorevoli ai modi sostenibili) e comportamenti di mobilità dominanti (nel segno, al contrario, della *car dependency*) (Colleoni, 2021).

Facendo interagire tali nuovi indicatori, sviluppati attraverso analisi GIS-based, con indicatori consolidati demografici e trasportistici è stata costruita una metodologia in grado di definire, per l'area urbana consolidata, uno scenario obiettivo di mobilità al 2050 coerente con gli obiettivi di carbon neutrality, qualità dell'aria e sicurezza stradale fissati a livello europeo, e al tempo stesso pertinente al contesto: ovvero alle sue specifiche “propensioni”, rispetto al ventaglio delle diverse opzioni di mobilità sostenibile, dipendenti dalle sue caratteristiche territoriali.

Tale scenario corrisponde alla quantificazione di un modal share ottimale (“Optimal share”), riferito ai tre principali macro-gruppi di opzioni modali – soft mobility, trasporto pubblico e mobilità individuale motorizzata – da cui è possibile ricavare, per differenza rispetto al Modal share attuale, il “mobility gap” da colmare per ciascuna macro-opzione.

Questo risultato della ricerca, di per sé un solido supporto al decision making e alla pianificazione integrata città/trasporti, costituisce il punto di partenza dei due successivi step della metodologia, anch'esse dal carattere fortemente sperimentale, in cui trovano applicazione approcci innovativi nel campo dell'Analisi Multicriteriale e della modellazione basata su soglie.

Attraverso il ricorso a una matrice di valutazione, sono assegnati ad ogni modo, entro range prestabiliti, i punteggi relativi ad ulteriori indicatori “di contesto” riferiti alla domanda e offerta di mobilità locale e alle condizioni reddituali della popolazione, in modo da poterne pesare il grado di priorità relativo.

L'ultimo step è infine dedicato a una valutazione di convenienza economica, nel tempo, dei diversi tipi di intervento (infrastrutturale o di potenziamento di servizi) con cui è possibile colmare i mobility gap per ciascuno dei modi individuati.

Ottimizzazione dei risultati della ricerca

Per ottimizzare la metodologia fin qui delineata, è necessario esplicitare i nuovi indirizzi volti a superare le sue vulnerabilità e definire sviluppi concreti per un ulteriore ampliamento della ricerca che incorpori aggiustamenti e feedback, oltre a possibili derivazioni e integrazioni.

Step 1-2

Per quanto riguarda gli step analitici (1 e 2, nella procedura fin qui seguita), nonostante i campioni urbani utilizzati come terreno di prova e ambiti di validazione degli indicatori spaziali restituiscano una gamma significativa di condizioni insediative ricorrenti in Italia, emerge l'opportunità di estendere l'analisi ad ulteriori casi studio. In particolare, l'applicazione a contesti con assetti insediativi dispersi permetterebbe di consolidare la generalizzabilità degli indicatori selezionati o, se necessario, di affinarne la taratura, ad esempio attraverso l'introduzione di coefficienti di pesatura dipendenti dalla configurazione dell'insediamento.

Ulteriori affinamenti, sulla base di una più ampia ricognizione nella letteratura scientifica o di survey sociologiche specificamente orientate, potrebbero riguardare l'abbinamento tra modalità di

spostamento e fasce di popolazione distinte per età – da cui dipende nella procedura proposta il cosiddetto “virtual share demografico”, che a sua volta contribuisce al calcolo dell’Optimal share.

Con riferimento in particolare agli indicatori trasportici (soprattutto per quanto concerne la quantificazione della domanda) un vincolo strutturale della ricerca, comune a molti studi nel settore, è dato dalla frammentarietà dei dataset sui trasporti a scala sia nazionale che locale, con fonti armonizzate che spesso risalgono al Censimento 2011, non più aggiornate da ISTAT. Pur trattandosi di un’evidente limitazione, considerate le profonde mutazioni socioeconomiche intercorse nel frattempo, anche a seguito della pandemia da Covid 19, e le innovazioni tecnologiche e organizzative avvenute in epoca successiva nel campo dei trasporti urbani (quali lo sviluppo dei servizi in sharing, dei mezzi elettrici e della micromobilità), essa non inficia la validità del modello proposto, la cui architettura metodologica è stata progettata per essere nativamente flessibile: il sistema è concepito infatti per poter incorporare i dati più aggiornati man mano che si rendano disponibili, garantendo l’applicabilità degli strumenti di analisi e valutazione nel lungo periodo.

Step 3-4

Un altro possibile sviluppo riguarda il cuore centrale della ricerca (Step 3), ovvero il calcolo dell’Optimal share. Un confronto fra i risultati ottenibili dall’applicazione della metodologia UV2030-50 in diversi contesti (inclusi contesti urbani non italiani) e dati di share provenienti da analisi di benchmarking, potrebbe fornire indicazioni utili per rafforzare il concetto innovativo di Optimal share e renderlo adattabile a diverse realtà regionali europee.

Per quanto riguarda lo step 4, la matrice MCA, come applicata, mostra una forte sensibilità alle scelte di pesi e alle regole di normalizzazione: differenti criteri di ponderazione o procedure di scala potrebbero riconfigurare le graduatorie delle opzioni e quindi le priorità d’intervento. Inoltre, l’uso di punteggi discreti e la disomogenea distribuzione dei criteri tra le azioni potrebbero generare distorsioni di scala, mentre gli aspetti qualitativi fondamentali nei centri storici — valore estetico, fruizione e percezione pubblica — non risultano ancora integrati. La matrice è inoltre vulnerabile a dati mancanti o datati e perde riproducibilità se compilata manualmente senza workflow automatizzati.

Un aspetto da approfondire, riguardante la prefigurazione degli scenari su cui improntare la transizione di cui agli Step 3-4 della procedura, anche in relazione al successivo Step 5 di pre-valutazione economica degli interventi coerenti con gli obiettivi di riequilibrio modale individuati, riguarda le operazioni di back-casting relative alla costruzione di scenari intermedi.

Step 5

Anche la fase di comparazione dei costi (Step 5) presenta alcune criticità: le stime dipendono molto da banche dati parametriche che non sempre sono aggiornate e l’approccio a soglie adottato tende a trascurare costi importanti lungo l’intero ciclo di vita, come manutenzione e sostituzione. I benefici non monetari — riduzione dell’isola di calore, maggiore resilienza idraulica, valore paesaggistico e culturale — non vengono considerati nelle comparazioni economiche, e la trattazione dell’incertezza finanziaria (variazioni di prezzo, disponibilità di fondi, effetti di scala) è ancora da integrare. Va tuttavia ricordato che i risultati fino allo Step 5 costituiscono una base utile per studi di fattibilità preliminari.

Per colmare queste lacune la metodologia deve evolvere verso un approccio più strutturato e iterativo. Occorre standardizzare il processo di scoring e normalizzazione con template chiari (range, punteggi massimi, regole per dati mancanti) e affiancare a questo una routine obbligatoria di analisi di sensibilità e simulazioni probabilistiche in modo da misurare l’incertezza e identificare gli indicatori critici. Gli aspetti qualitativi devono essere raccolti in modo sistematico tramite survey e workshop con stakeholder, convertiti in score ponderati secondo regole trasparenti e integrati nella matrice in modo che la tutela estetico-culturale e la percezione pubblica influenzino effettivamente le priorità. È inoltre fondamentale automatizzare la compilazione e l’aggregazione dei dati mediante script GIS

e workflow collegati a fogli di calcolo, con controlli di qualità, log delle modifiche e versioning per garantire replicabilità e tracciabilità.

Sul versante economico, le stime parametriche vanno supportate e sostituite, dove possibile, da modelli di Life-Cycle Costing e Total Cost of Ownership che includano investimenti, manutenzione, rinnovi e benefici evitati; parallelamente è necessario costruire banche dati locali dei costi aggiornabili e applicare simulazioni di rischio per quantificare intervalli di confidenza sui risultati. I benefici ambientali e sociali dovrebbero essere monetizzati quando è fattibile o integrati in un quadro multi-valore per evitare comparazioni parziali. Infine, gli output della MCA e quelli della valutazione economica devono essere collegati in un ciclo di feedback: le quote di priorità ricavate dalla MCA devono alimentare automaticamente il dimensionamento tecnico (km, veicoli, utenti) usato per la stima dei costi, mentre i risultati LCC e le simulazioni economiche devono rientrare nella matrice come vincoli o score aggiuntivi (fattibilità economica, rischio finanziario, tempi di ritorno), permettendo così la definizione di scenari intermedi e piani d'investimento adattativi.

Questa eventuale evoluzione metodologica — standardizzazione delle regole, analisi di sensibilità, integrazione dei qualitativi, automazione dei workflow, LCC e banche dati aggiornabili, e l'introduzione di cicli di monitoraggio e feedback — trasformerebbe il metodo di valutazione da statico a adattativo, migliorandone l'affidabilità.

Valorizzazione dei risultati della ricerca

Sulla base dell'impianto proposto, nei prossimi mesi i risultati saranno consolidati per favorirne il trasferimento tecnologico nei processi di pianificazione locale, con particolare riferimento ai Piani Urbani della Mobilità Sostenibile (PUMS). Le attività si concentreranno sulla facilitazione dell'adozione del modello attraverso il rilascio di:

- Strumenti operativi: workflow guidati e script riutilizzabili per il calcolo di indicatori spaziali in ambiente GIS e modelli per la matrice MCA (integrando, ove opportuno, soluzioni basate sull'intelligenza artificiale).
- Accessibilità digitale: riorganizzazione del portale web di progetto per migliorare l'esperienza d'uso dei professionisti e predisposizione di codici QR per l'accesso rapido a dataset e istruzioni.

Sul fronte della diffusione scientifica, è stato avviato un confronto con una casa editrice universitaria per la pubblicazione dei risultati, ipotizzando una struttura in due parti (stato dell'arte e metodologia), così da intercettare in modo mirato sia il pubblico accademico sia quello tecnico-operativo.

In parallelo, proseguiranno i monitoraggi del progetto pilota sull'etichettatura ambientale dei veicoli per il controllo degli accessi (ZTL/Low Emission Zones) a Torino con l'obiettivo di verificarne l'applicabilità pratica e le condizioni operative sul campo.

Nel quadro più ampio del programma MaaS4Italy, sarà altresì portata avanti la sperimentazione condotta nella stessa città, compresa la valutazione in tempo reale dei benefici attesi in termini di cambio comportamentale da parte degli utenti e di riduzione degli impatti locali e globali complessivi riconducibili alla mobilità urbana dell'area.

Analogamente, dall'analisi dei risultati ottenibili nel tempo dalle iniziative sperimentali di promozione della ciclabilità nel sistema urbano Orta di Atella-Succivo-Sant'Arpino, sarà possibile valutare l'effettivo grado di incidenza di tali misure “pull” sul contesto locale rispetto al raggiungimento agli obiettivi di neutralità climatica, qualità ambientale e sicurezza perseguiti a livello europeo, anche ai fini dell'esportazione del modello in altri contesti simili.