



RIDISEGNO DEGLI SPAZI URBANI

Indirizzi metodologici e proposte attuative

Aprile 2021

Coordinatori:

Prof. Ing. Giulio Maternini – Università degli Studi di Brescia

Prof.ssa Ing. Michela Tiboni – Università degli Studi di Brescia

Sommario

PREFAZIONE	4
INTRODUZIONE	6
1. Urbanistica e Mobilità per la città della prossimità	8
1.1. Come disegnare gli spazi urbani per la città della prossimità	11
1.2. Zone 30 e isole ambientali	12
2. Riqualificazione delle infrastrutture per la mobilità pedonale	18
2.1. Elementi di pianificazione degli itinerari per la mobilità pedonale	18
2.2. Elementi tecnici e progettuali delle infrastrutture per la mobilità pedonale.....	19
2.3. Proposta metodologica per l’analisi e la riqualificazione dei percorsi pedonali esistenti..	26
3. Riqualificazione delle infrastrutture per la mobilità ciclistica	29
3.1. Elementi di pianificazione	29
3.2. Elementi tecnici e progettuali delle infrastrutture	32
4. Elementi per ricercare una circolazione sicura di monopattini elettrici e dispositivi di micromobilità elettrica	36
4.1. Criteri per la pianificazione della rete dedicata	37
4.3. Cenni relativi alla dinamica ed alla sicurezza dei monopattini elettrici.....	39
4.4. Aspetti legati al comportamento di guida.....	40
5. Caratteristiche, strategie e spazi per il trasporto collettivo	42
5.1. Caratteristiche delle corsie preferenziali per il TC	45
5.2. Organizzazione degli spazi alla fermata	47
5.3. Autobus turistici	50
APPENDICE - Esempi applicativi e casi studio	52
A) Applicazione dell’indice di compatibilità pedonale nel comune di Acireale (CT).....	53
B) Global Street Design Guide: proposte progettuali per i percorsi pedonali	54
C) Elementi di pianificazione delle infrastrutture per la mobilità ciclistica	59
D) Elementi tecnici e progettuali delle infrastrutture	62
E) Riqualificazione della rete ciclabile – esperienza del Comune di Milano.....	63
F) Cenni relativi alla tecnologia di monopattini e dispositivi di micromobilità elettrica	64
G) Interazione della micromobilità con le infrastrutture esistenti.....	66
H) La ricostruzione della domanda di micromobilità attraverso l’uso di big data.....	68

ASSOCIAZIONE ITALIANA INGEGNERIA DEL TRAFFICO E DEI TRASPORTI
IL RIDISEGNO DEGLI SPAZI URBANI

I) Analisi di buone (e cattive) pratiche europee ed Internazionali nell'uso della micromobilità elettrica	69
L) Corsie ciclabili e corsie riservate per i bus - L'esperienza del Comune di Milano	74
M) Posizionamento delle fermate del trasporto collettivo su gomma	76
N) Alcuni aspetti particolari relativi alle tranvie	79
O) Riqualificazione delle strade urbane di scorrimento	86
P) I PUMS e le isole ambientali (IA): Proposta di normativa per la valorizzazione della mobilità debole (pedoni e ciclisti) nei PUMS, attraverso l'uso delle IA sulle strade locali – per quanto possibile – dell'intera città.	92
INDICE DELLE FIGURE	101
INDICE DELLE TABELLE.....	104

PREFAZIONE

In una recente intervista, il Segretario di Stato americano ai trasporti, nel commentare il fatto che, secondo alcune valutazioni, gli Stati Uniti sono più indietro di altri paesi nella protezione degli utenti deboli della strada, ha rimarcato, in un passaggio, che le decisioni e le scelte sulla pianificazione delle città, diversamente da quanto avveniva negli anni '50, dovrebbero svilupparsi non attorno alle auto, ma attorno all'essere umano.

La notizia non spicca certo per originalità e innovatività e non avrebbe rilevanza, se non per il fatto che, anche in contesti sociali come quello statunitense, le politiche governative sembrano – finalmente – aver compreso come l'incremento della qualità dell'ambiente urbano, debba passare attraverso strategie di riduzione del "dominio" delle automobili.

In un momento storico in cui al termine "sostenibilità" è quasi sempre associato il termine "transizione", è bene ricordare che già da molti anni AIIT ha tentato di attivare un ampio dibattito su come rendere concrete e attuabili le strategie per una transizione verso la sostenibilità, soprattutto in contesti molto complessi e articolati come quelli dei centri urbani del nostro Paese.

Se, d'altro canto, in Italia, l'esigenza di una "transizione" dovrebbe essere da tempo più chiara che in altri paesi del mondo, nei fatti, le città e i centri storici sono, oggi, solo in parte orientati verso una mobilità che assicuri un ruolo centrale ad ambiente, socialità e sicurezza.

In altre parole, alla domanda se e in che misura l'organizzazione urbana, la distribuzione dei servizi e la conformazione e articolazione degli spazi dei centri abitati siano in grado di offrire uniformi e valide performance per una mobilità diversa dal passato, corrisponde un quadro estremamente disorganico.

Ed è proprio lo "stress-test" causato dal lock-down per la recente pandemia, ad aver dimostrato come, negli anni passati, si sia operato in modo limitato e asistemico per agevolare un'evoluzione verso città più vivibili, sicure e "resilienti" rispetto alla domanda di libera mobilità.

In questo quadro, non hanno utilmente contribuito i più recenti interventi del legislatore che – attraverso modifiche random al Codice della Strada – hanno, più o meno consistentemente (e disordinatamente), influito su alcune regole di "disegno" degli spazi cittadini (quelli riservati, in particolare, ai ciclisti).

In altri termini, l'esigenza di forzare la diversione modale verso la mobilità attiva ha spinto verso modifiche del Codice puntuali, poco organiche e debolmente basate su elementi tecnici, a valle delle quali è ancora più indispensabile uno sforzo di regolamentazione, in passato spesso auspicato, ma sempre rimandato.

Il documento sviluppato da AIIT, nell'ambito di un apposito Tavolo tecnico coordinato dal prof. Giulio Maternini e dalla prof.ssa Michela Tiboni a partire da una felice intuizione del maggio 2020, vuole costituire, in questo panorama, un utile strumento di orientamento per i pianificatori e i progettisti che operano nelle realtà urbane italiane. Il documento – pur nella sua sinteticità - prende a riferimento esperienze di ricerca sviluppate in alcuni atenei, oltre a studi, regole tecniche e pratiche applicative sviluppate, da tempo, in altri Paesi.

Il lettore viene guidato agevolmente verso le indicazioni e i suggerimenti applicativi, a partire dagli aspetti legati alla pianificazione, attraverso i concetti di Livello di Servizio degli itinerari, per giungere ai dettagli realizzativi per i percorsi pedonali e ciclabili, ma anche per i percorsi per i più moderni “monopattini elettrici” che hanno improvvisamente popolato le nostre città, senza un’adeguata regolamentazione d’uso.

Negli scritti che compongono il documento, insomma, emerge in tutta la sua importanza la necessità di una corretta programmazione sistemica delle reti, quale strumento imprescindibile verso una configurazione delle città realmente a misura di coloro che ne condividono gli spazi, nella vita e nelle attività quotidiane.

Il Presidente di AIIT

Ing. Stefano Zampino

INTRODUZIONE

La correlazione tra struttura della città e qualità della vita dei cittadini costituisce un tema ricorrente nel dibattito pubblico e negli approfondimenti scientifici di settore.

Le strategie e le idee, che di volta in volta sono state avanzate come possibili opzioni migliorative, sono molteplici e variegate. Recentemente, come prospettiva di maggior interesse per il conseguimento di un miglior equilibrio tra funzioni urbane, mobilità e benessere delle persone, si va affermando il modello della città di prossimità, spesso proposto con l'indicazione di "città dei 15 minuti". Si tratta di una visione interessante e positiva, la cui reale perseguibilità deve essere però valutata alla luce di un certo numero di fattori che, specialmente nel contesto nazionale italiano, potrebbero risultare elementi ostativi.

In particolare, in alcuni casi l'impianto originario delle città, con le loro caratteristiche topografiche, morfologiche, fisiche, definite sulla base di diverse esigenze e finalità, non consente facilmente gli adattamenti necessari per una fruizione moderna e pienamente soddisfacente (talvolta, però, vale anche il viceversa). Più critico, ancora, appare il rapporto con le tendenze indotte da particolari spinte economiche e sociali, come per esempio la dislocazione in aree periferiche e sub-urbane di servizi e funzioni commerciali e la creazione di grandi strutture e agglomerati a ciò destinati.

Le effettive possibilità di evoluzione dei modelli urbanistici, pertanto, non possono che discendere da un difficile bilanciamento tra bisogni, funzioni, vincoli, incentivi, interessi. Le città, del resto, sono organismi vivi e dinamici, le cui potenzialità e prestazioni sono peraltro fortemente condizionate dalle infrastrutture presenti e dalle condizioni d'uso che le caratterizzano.

In generale, qualsiasi ipotesi di ripensamento e ristrutturazione dei sistemi urbani, sia riguardo alla loro definizione fisica sia rispetto alle abitudini di vita e di lavoro delle persone, deve considerare attentamente il problema della mobilità, in quanto essa costituisce una componente essenziale e caratterizza gran parte delle attività individuali e collettive.

È perciò necessario analizzarne ogni aspetto in maniera approfondita, il che può risultare abbastanza complesso, nel contesto urbano, poiché la mobilità si realizza mediante compresenza e integrazione di molteplici sistemi e modalità. Le componenti pedonale, ciclabile, automobilistica, il trasporto collettivo, la micromobilità elettrica, devono poter convivere e cooperare, insistendo nel medesimo ambiente e, in certa misura, contendendosi gli spazi pubblici disponibili.

Proprio per comprendere meglio tutte le caratteristiche e le implicazioni dei temi proposti e, di conseguenza, poter affrontare la grande sfida della ricerca di condizioni di equilibrio ottimali, il quaderno tecnico sviluppato dal gruppo di lavoro costituito dall'AIIT e coordinato dai Proff. Maternini e Tiboni, affronta analiticamente i temi dell'urbanistica e della mobilità, nella prospettiva di una auspicata quanto necessaria riqualificazione degli spazi urbani.

Il documento consentirà, a coloro che vorranno calarsi con metodo rigoroso in questa materia (soci AIIT, professionisti, amministratori pubblici), di seguire un approccio sistematico e completo, per poi ricercare una sintesi che, per forza di cose, non potrà assumere connotazioni generali ma dovrà

essere declinata caso per caso, in relazione alle particolari caratteristiche di ciascun contesto urbano e alle specifiche esigenze di mobilità.

Il contributo di conoscenza che, tradizionalmente, gli studiosi raccolti nell'AIIT offrono alla comunità tecnica, si arricchisce così di un nuovo tassello, che potrà risultare particolarmente utile e rilevante in una fase di profondo cambiamento e rigenerazione qual è quella che, con tutta probabilità, si andrà dispiegando nel prossimo futuro.

Il Direttore del Centro Studi AIIT

Prof. Ing. Giuseppe Cantisani

1. Urbanistica e Mobilità per la città della prossimità

Stefania Balestrieri, Martina Carra, Nicola D’Errico, Lucio Quaglia, Silvia Rossetti, Alessandro Ruperto, Michela Tiboni

La costruzione della città si è da sempre fondata sulla necessità di far fronte a due bisogni del vivere in forma aggregata: avere a disposizione superfici (coperte o scoperte) per le diverse funzioni (abitativa, produttiva, commerciale, tecnologica, a servizio, a verde, ...) e attrezzare lo spazio per muoversi e connettere tra di loro quelle stesse funzioni.

Con la pandemia che ha colpito il mondo intero nel corso del 2020 e il periodo di confinamento che ne è seguito, è emersa nelle politiche e nelle agende urbane una rinnovata attenzione al tema della **prossimità**, da perseguire tanto nella pianificazione urbanistica e territoriale e nella progettazione degli spazi urbani, quanto nella pianificazione delle infrastrutture per la mobilità, con specifica attenzione alle reti per la mobilità dolce. Il dibattito che ne è scaturito ha posto particolare accento su quanto proposto nel gennaio del 2020 da Anne Hidalgo, sindaco di Parigi, durante la campagna elettorale per la sua rielezione: l’idea di una Parigi improntata a “*Ville du quart d’heure*”, lanciata quasi come uno slogan, ha trovato poi ampia diffusione non solo da parte dei media, ma anche nella comunità tecnica e scientifica¹. Ci si è così cominciati ad interrogare sulla bontà di questa idea di trasformare una metropoli in una **città dei 15 minuti**, rendendola quindi un luogo dove ciascun residente possa trovare tutti i servizi e le attività di cui necessita entro un raggio di 15 minuti a piedi. Un concetto-faro che, nello specifico caso di Parigi, ha sicuramente pesato a favore della rielezione di Anne Hidalgo a sindaco e che, più in generale, ha ispirato le politiche e le strategie per affrontare l’emergenza che le città si sono trovate ad affrontare nei mesi successivi. Si pensi ad esempio al piano messo a punto dalla città di Milano nel documento “Milano 2020, strategia di adattamento” e nel relativo progetto “Strade Aperte”, in cui viene fatto specifico riferimento al quartiere “con tutto a 15 minuti”, la cui attuazione peraltro si basa su una rete di quartieri a vocazione pedonale che era già stata individuata dal recente strumento di governo del territorio² (PGT Milano 2030).

La città in 15 minuti è un progetto di mobilità sostenibile lanciato da Carlos Moreno³, urbanista franco-colombiano, professore dell’Università Paris-I, che parla della necessità di «rielaborare il concetto di prossimità, articolandolo sulle sei funzioni che dovrebbe garantire ciascun quartiere: vivere, lavorare, fornire, prendersi cura, apprendere e divertirsi». Una città improntata su tali principi, oltre ad aumentare la qualità del vivere quotidiano, svolgerebbe un importante ruolo per la salvaguardia dell’ambiente. Una politica urbana innovativa, incentrata sulla sostenibilità ambientale, di fatto va di pari passo con la transizione energetica.

Si tratta in realtà di temi e principi non nuovi, che appartengono ad alcuni riferimenti fondamentali della pianificazione urbanistica. Basti pensare, tra le altre, alle prime definizioni dell’unità di quartiere così come teorizzata da Clarence Perry o, in tempi più recenti, agli studi della Urban Task Force coordinata da Lord Rogers e al movimento del New Urbanism⁴. L’Italia non è da meno nell’aver affrontato da tempo questi temi: basti pensare agli studi sull’Organica Urbanistica di Vincenzo Columbo al Politecnico di Milano nei primi anni Sessanta, temi poi ripresi e approfonditi

¹ (Willsher, 2020).

² (Comune di Milano, 2020a), (Comune di Milano, 2020b), (Comune di Milano, 2021).

³ (Moreno, 2021).

⁴ Cfr. (Calthorpe, 1993), (Katz, 1994), (The Urban Task Force, 2015), (Ventura, 2018, pp. 193-194 e 255-256).

nell'Università degli Studi di Brescia dal CeSCAM, Centro Studi Città Amica per la sicurezza nella Mobilità, che con la conferenza internazionale Living and Walking in Cities (giunta nel 2021 alla venticinquesima edizione)⁵ coniuga i temi della mobilità urbana con quelli della pianificazione urbanistica e della qualità della vita nelle aree urbane, con specifica attenzione agli utenti della strada più vulnerabili.

Lo stesso Moreno ha indicato di aver tratto la sua ispirazione professionale sulle "città intelligenti" dalla critica e teorica della pianificazione urbana americano-canadese Jane Jacobs, autrice del classico *The Death and Life of Great American Cities* del 1961, che ha influenzato sicuramente le preposizioni teoriche successive. La Jacobs è stata accesa sostenitrice del recupero a misura d'uomo dei nuclei urbani, privilegiando il ruolo della strada, dell'isolato, della vicinanza, della densità e della eterogeneità degli edifici; nel suo saggio criticò fortemente la concezione della città come spazio costruito per essere attraversato dalle automobili. Principi che evidentemente oggi necessitano di essere ribaditi, per tornare al centro delle agende e delle politiche urbane.

In particolare, infatti, a partire dal secondo dopoguerra, in tutte le città la diffusione dell'autovettura ha significato un aumento delle distanze percorribili, dando inizio al fenomeno di diffusione degli insediamenti, apparentemente senza direzioni prestabilite e con la massima liberalizzazione delle localizzazioni (fenomeno noto come *sprawl*). E l'auto si rivelò la soluzione più economica (almeno per l'ente pubblico) e flessibile per supportare l'estensione urbana dove il trasporto pubblico è meno flessibile e richiede un'organizzazione onerosa e aree densamente abitate. Negli ultimi decenni il principio della prossimità delle attività è inoltre passato in secondo piano rispetto ai principi dell'azonamento e alle politiche di suddivisione per parti funzionali con cui sono state pianificate le espansioni delle nostre città. Possiamo parlare di una decomposizione della città in un arcipelago⁶ di porzioni urbane incapaci di relazionarsi sia al loro interno sia al loro esterno. Queste politiche hanno peraltro trovato nell'accentramento dei servizi e delle attività, e non nella loro diffusione capillare sul territorio, delle notevoli economie di scala: si pensi non solo ai grandi poli dei servizi o del terziario, ma anche agli ambiti commerciali e ai *retail parks* che hanno di fatto impoverito il ruolo delle attività e dei servizi di prossimità.

In parallelo, la crisi della mobilità urbana, oltre all'aver messo in discussione l'insostenibilità del principio di minimizzazione del rapporto spazio-temporale negli spostamenti individuali, ha messo in evidenza come rimedi genericamente ecologici o esclusivamente tecnologici, tra i quali rientrano i sistemi smart, non sono più sufficienti a sanare il problema.

Appare quindi evidente come, per tendere all'effettiva realizzazione di una città dei 15 minuti, **la pianificazione dei trasporti e delle reti della mobilità dolce debbano oggi procedere di pari passo ad una più coerente pianificazione urbanistica**⁷, che si basi su una attenta organizzazione funzionale delle attività urbane e della localizzazione dei servizi, nelle unità urbanistiche di vicinato e di quartiere.

Si tratta di scelte che comportano un ripensamento generale della città e della distribuzione dei servizi e delle attività, con scelte non sempre agevoli, in relazione a strutture urbanistiche fortemente cristallizzate nel tempo e caratterizzate da significativi vincoli storici e culturali.

L'integrazione tra la pianificazione dei trasporti e la pianificazione urbanistica potrebbe quindi attuarsi affiancando ai tradizionali modelli di pianificazione dei trasporti e della mobilità, dei modelli di *pianificazione dell'accessibilità*. Susan Handy (2002) definisce 'mobilità' il potenziale di

⁵ Rispettivamente: (Columbo, 1966a), (Columbo, 1966b), (Busi, 2012), (Tira et al., 2020).

⁶ (Indovina, 2009).

⁷ Cfr. (Bertolini, 2017).

movimento e cioè la capacità di spostarsi da un luogo a un altro, mentre definisce ‘accessibilità’ il potenziale di interazione tra le diverse attività umane, spazialmente distribuite. In quest’ottica, la pianificazione dell’accessibilità si focalizza sulla prossimità tra le origini e le destinazioni, sulla concentrazione e sulla centralità delle attività, sulla qualità del sistema della mobilità disponibile e, sulla percezione, gli interessi, le esigenze e le preferenze della comunità che vive e lavora nelle città⁸. Essa integra e relaziona un insieme eterogeneo di criteri che vanno dalla sicurezza, al benessere, all’inclusione, alla salute. Si può quindi affermare che la pianificazione dell’accessibilità urbana debba fondarsi su quattro pilastri:

1. **l’uso del suolo**, in termini di quantità, qualità e distribuzione delle attività umane, delle origini e delle destinazioni desiderate;
2. il **sistema dei trasporti**, che permette di coprire la distanza tra le origini e le destinazioni, comprendendo le più ampie possibilità di scelta modale, possibilmente sostenibili, e considerando sistemi di trasporto pubblico e collettivo, e soprattutto le reti per la mobilità pedonale e ciclabile;
3. gli **individui** e più in generale l’insieme delle necessità, degli interessi, dei comportamenti sociali e delle possibilità (anche con riferimento alle condizioni fisiche, di vulnerabilità, ai livelli di reddito, all’educazione e agli stili di vita) della comunità insediata;
4. la **variabile temporale** intesa sia in termini di tempi della città, cioè di disponibilità di attività e servizi nelle diverse fasce orarie, sia come tempo che gli individui sono disposti ad impiegare per raggiungere ed effettuare determinate attività.

In quest’ottica, la città dei 15 minuti potrebbe essere attuata attraverso la rigenerazione degli spazi urbani, riqualificando, progettando e costruendo spazi pubblici di qualità e favorendo la mobilità dolce e attiva. In tale processo il tema della mobilità assume dunque un ruolo centrale. In particolare, la mobilità dolce, pedonale e ciclabile, adeguatamente integrata al sistema di trasporto pubblico, dovrebbe essere al centro delle politiche per un ambiente urbano più sostenibile, essendo una risposta (anche se parziale) a problemi quali la dipendenza dal petrolio, l’inquinamento atmosferico, il degrado urbano, ma anche uno strumento di miglioramento delle condizioni di salute personale (aspetto questo che ne motiva la definizione di mobilità attiva). Per ottenere una maggiore quota di spostamento più sostenibile in ambiente urbano bisogna far sì che camminare sia un’alternativa “attraente” al trasporto motorizzato sulle brevi distanze e un modo di spostamento integrato con un sistema efficiente di trasporto pubblico in città. E ciò avviene se l’ambiente urbano è un ambiente sicuro, confortevole e piacevole. Di conseguenza, lo spazio pubblico non costruito viene ad assumere un ruolo determinate, poiché esso ha non solo una funzione di mettere in connessione tra di loro le varie funzioni presenti nella città, ma è esso stesso luogo di socialità, che deve poter essere scelto e fruito proprio per i suoi caratteri di sicurezza, comfort, piacevolezza. Uno spazio a misura di tutti, anche e soprattutto per quelle tipologie di utenti prevalentemente pedonali, ovvero bambini e anziani. Gli interventi di riqualificazione devono quindi essere tesi a connettere i luoghi che rivestono un ruolo di centralità⁹, a favorire la mobilità ciclopedonale e a disincentivare il traffico di attraversamento con interventi di *traffic calming*. L’orientamento a modalità di trasporto alternative meno consumatrici di spazio stradale, siano esse pedonali, ciclabili o relative al trasporto pubblico collettivo, introduce il tema della ri-progettazione

⁸ Cfr. (Handy, 2002), (Bertolini et al., 2005), (Hull et al., 2012), (Busi, 2013).

⁹ Alcuni attrattori prioritari esemplificativi riguardano: (1) le strutture scolastiche (primarie), da servire tramite adeguati percorsi casa-scuola, ovvero rivolti ai bambini; (2) i mercati rionali, gli uffici postali e i parcheggi da connettersi tramite opportuni percorsi pedonali e ciclabili (anche bici elettriche), privi di qualsiasi barriera architettonica, in grado di favorire principalmente utenti anziani; (3) le aree verdi, secondo percorsi in grado di favorire lo spostamento di bambini, anziani e ‘runner’ verso le attività ludico-sportive all’aria aperta.

dello spazio pubblico. Se correttamente gestita infatti, tale procedimento può restituire alla collettività ambienti di elevata qualità e fruibilità. Le tipologie sono differenti e possono includere anche interventi sperimentali quali l'urbanistica tattica attuata recentemente in alcune città italiane.

1.1. Come disegnare gli spazi urbani per la città della prossimità

Il tema del disegno dello spazio urbano per la città della prossimità pare quasi del tutto inscindibile da tematiche quali l'introduzione di opportuni sistemi di protezione degli insediamenti residenziali dal traffico. Già negli anni Venti, Clarence Perry introduce tra i principi dell'unità di vicinato l'organizzazione di un sistema viario organico, opportunamente dimensionato e distanziato, in grado di facilitare gli spostamenti interni e impedire il traffico di attraversamento. Tale riflessione si traduce nel tempo, tra modalità e innovazioni differenti, nei dispositivi di moderazione del traffico.

La locuzione "moderazione del traffico", che traduce in italiano *Traffic Calming*, viene utilizzata per indicare gli interventi finalizzati alla riduzione degli effetti negativi in ambito urbano del traffico veicolare motorizzato. Si tratta di interventi fisici sullo spazio pubblico, in particolare sulla strada, che hanno la funzione di indurre l'automobilista a ridurre la velocità all'interno di un ambiente da condividere con pedoni, ciclisti e mezzi pubblici.

Obiettivo immediato della moderazione del traffico è dunque quello di ridurre la velocità e il volume di traffico ad un livello accettabile ("accettabile" per la classe funzionale della strada e per la natura delle funzioni che trovano collocazione ai bordi della strada stessa). Tuttavia, la riduzione della velocità e del volume di traffico sono solo mezzi per raggiungere lo scopo di aumentare la sicurezza e la vivibilità dello spazio urbano. Riducendo il dominio dell'automobile sulle strade si recupera spazio per la socialità, diminuisce la gravità e il numero degli incidenti stradali nelle aree urbane, si configura un ambiente più sicuro per i pedoni e i bambini, si favoriscono le attività economiche locali e si ottiene un ambiente più attraente per tutti.

In generale l'utilizzo del traffic calming comporta un disegno di riqualificazione e recupero urbano e può avere un effetto anche in termini di incremento della sicurezza sociale e attrazione degli investimenti privati.

Non si deve tuttavia nascondere che a fronte del diffondersi di progetti per l'introduzione di misure di moderazione del traffico si hanno in genere posizioni a favore e posizioni contrarie. La necessità che la velocità dei veicoli sia ridotta, in particolare nelle aree urbane dove gli utenti "vulnerabili" sono la parte più consistente del traffico, non viene infatti accettata con facilità, né dagli automobilisti né dagli amministratori locali, influenzati dall'opinione pubblica. In Europa il traffic calming è diventato gradualmente una modalità di organizzare il traffico urbano, solo dopo una lunga evoluzione dell'opinione pubblica e delle abitudini sia degli automobilisti sia degli utenti vulnerabili della strada. Tale evoluzione è stata più rapida in alcuni stati e più lenta e progressiva in altri, ma seguendo ovunque un'evoluzione analoga.

Emblema delle tecniche di traffic calming è il *woonerf* olandese, ufficialmente approvato nel 1976, e che ha trovato poi diffusione in molti altri paesi, che modificarono le loro regolamentazioni per consentire l'introduzione di soluzioni analoghe, basate sul modello di "integrazione del traffico": ampie aree urbane vennero ridisegnate e organizzate per renderle più piacevoli, inserendo panchine, alberi, spazi per il gioco dei bambini, ma lasciando la possibilità alle auto di passare, muovendosi a velocità molto ridotta, attraverso l'introduzione di dispositivi fisici come restringimenti, dossi, chicane che fungevano da veri e propri ostacoli per gli automobilisti. L'effetto

fu quello di rendere lo spazio pubblico più vivibile e condiviso, al tempo stesso, una sorta di estensione nella strada dello spazio privato a disposizione dei residenti.

L'applicazione delle tecniche di traffic calming alle aree residenziali assunse in Danimarca il nome di "Section 40 areas" o "Aree condivise", di zone "Tempo 30" in Germania, "Zone a 20 mph" in Gran Bretagna e "Zone Trenta" in Francia. Come in Olanda il principio di base era quello di controllare la velocità principalmente attraverso dispositivi fisici.

L'implementazione del traffic calming non è solo una questione tecnica, ma un processo più ampio che coinvolge la comunità. I residenti possono avere un ruolo importante nella fase di identificazione dei problemi e nell'aiutare a trovare le possibili soluzioni. Inoltre, attraverso la partecipazione al processo decisionale, si costruisce quel consenso attorno al progetto necessario per la costruzione di una soluzione più sostenibile e socialmente accettabile al problema del traffico in ambiente urbano.



Figura 1 - L'esperienza dei woonerf olandesi dà l'avvio in Europa alla sperimentazione delle tecniche di moderazione del traffico.

1.2. Zone 30 e isole ambientali

Il tema del traffic calming nella città della prossimità può assumere dimensioni più consistenti qualora si costituiscano raggruppamenti di zone 30, assimilabili a delle "isole ambientali" dedicate prevalentemente alla mobilità dolce. L'impostazione dimensionale e funzionale, tipica di una prossimità connessa internamente da percorsi pedonali e ciclabili e caratterizzata da una successione di spazi pubblici di qualità, può assimilare questo "dispositivo" ad una sorta di unità di vicinato. Le **Isole Ambientali (IA)**, definite singolarmente come insieme di strade locali interne ad una maglia di viabilità principale, sono state introdotte già dalle Direttive Ministeriali del 1995 sui Piani Urbani del Traffico (PUT) come strumenti essenziali per l'organizzazione del traffico cittadino, al fine di opporsi all'aggressione sempre crescente della motorizzazione individuale nelle città. La rispettiva efficacia è stata successivamente riconfermata nel D.M. del 2017 sui Piani Urbani della

Mobilità Sostenibile (PUMS) che, in aggiunta alle direttive dei PUT, pone particolare importanza allo sviluppo della mobilità dolce, proprio per raggiungere l'obiettivo di "sostenibilità" degli interventi dei piani medesimi.

L'introduzione delle Isole Ambientali (in particolare del tipo ZTPCP cioè Zone a Traffico Privilegiato per Ciclisti e Pedoni) comporta due effetti positivi correlati. Da un lato, ai necessari interventi di riordino della viabilità locale consegue la delocalizzazione, all'esterno (ossia sulla viabilità principale di contorno per l'IA), del traffico veicolare di attraversamento e, all'interno, la limitazione delle velocità. Dunque, la viabilità interna all'**isola** viene destinata dalla Classifica Funzionale della Viabilità alla mobilità dolce che ha la precedenza in tutta la sua estensione. Dall'altro lato, un secondo effetto positivo riguarda il recupero della viabilità urbana precedentemente utilizzata dal traffico veicolare che, al di là dell'indispensabile potenziamento del servizio di trasporto pubblico collettivo, può essere destinata a nuovi spazi collettivi di elevata qualità e fruibilità **ambientale** (si ipotizza nelle città più grandi anche fino all'85% della superficie veicolare esistente). Ne consegue l'opportunità di una rigenerazione urbana complessiva dello spazio pubblico che va dall'arredo urbano al sistema delle infrastrutture verdi e blu, ecc. All'interno di queste aree, il ri-disegno dello spazio pubblico della strada assume un'importanza fondamentale in rapporto alle comunità che le vivono e alle loro esigenze, tra le altre, di identità, accessibilità e sicurezza.

Ancor più oggi con la pandemia da COVID-19, ma anche per il futuro, lo strumento delle Isole Ambientali diviene indispensabile per garantire nella mobilità urbana le regole del distanziamento fisico tra le persone, senza seguitare ad "azzuffarsi" per contendersi il possesso del pochissimo spazio disponibile sulla viabilità principale tra mobilità motorizzata e non, evitando al contempo pure l'attuale proliferare di organizzazioni del traffico molto pericolose per la circolazione stradale. Tra quest'ultime, si configura come particolarmente insicura quella delle corsie riservate ai ciclisti, ottenuta sulle principali strade urbane non residenziali tramite lo spostamento della fila di sosta veicolare verso il centro della carreggiata. In tale organizzazione i generalmente pochi veicoli in sosta nelle ore notturne vengono a rappresentare veri e propri ostacoli isolati ed inattesi in mezzo alla carreggiata, pericolosissimi per gli utenti motorizzati, specie in situazione di scarsa illuminazione stradale e con condizioni atmosferiche avverse.

Ciò premesso, occorre chiedersi per quali motivi dette Isole Ambientali tardino ad essere realizzate. A tale scopo è necessario, almeno brevemente, addentrarsi sui principali aspetti tecnici delle rispettive discipline di traffico.

I requisiti principali delle Isole Ambientali sono le riduzioni sia delle velocità veicolari sia della quantità di traffico veicolare in movimento all'interno delle isole. L'obiettivo generale è quello di rendere percorribile alla velocità massima di 30 km/h tutta la viabilità locale, per dedicarla quasi esclusivamente alla mobilità dolce, attraverso il passaggio - ove possibile - da Zone 30 (Z30) a Isole Ambientali e con eventuale intermedio passaggio a Zone 30 Ambientali (Z30A), ossia a Z30 con integrati alcuni interventi di traffic calming. La moderazione della velocità viene ottenuta, oltre che per effetto della segnaletica stradale, con il disegno urbano e adeguate strutture fisiche. La riduzione del traffico motorizzato, invece, viene ottenuta con l'abbattimento del relativo traffico di attraversamento, tramite sensi unici contrapposti e/o interruzioni delle continuità stradali interne (strade a fondo cieco per i veicoli motorizzati), mentre rimane completamente libera la continuità dei percorsi lungo gli itinerari della mobilità dolce, sia internamente che esternamente alle isole. La continuità tra più isole tra loro contigue, ma separate da una strada principale, viene risolta attraverso l'inserimento di attraversamenti dedicati alla mobilità dolce, ulteriormente integrati a interventi di moderazione della circolazione veicolare (attraversamenti pedonali rialzati, ampliamenti dei marciapiedi, anche a forma di "molo" e di "orecchio", ecc.).

In particolare, nella logica di minimizzazione dei percorsi veicolari motorizzati all'interno delle IA, diviene essenziale che vi sia anche la massima accessibilità possibile (nel limite dei vincoli imposti dai sensi unici) al traffico in arrivo nelle IA medesime, in modo tale che si possa accedere il più vicino possibile a ciascuna destinazione finale degli spostamenti e viceversa per il traffico in partenza, con la più immediata possibilità di uscita verso la viabilità principale di contorno delle stesse IA; ossia, in sostanza, tutto ciò nella logica di minimizzazione dei percorsi interni alle IA pure per il loro traffico di scambio con il resto del territorio.

Ad uno sguardo più ampio sull'intero tessuto viario urbano, l'introduzione di più Isole Ambientali interconnesse compone una rete diffusa di itinerari sicuri e fluidi per la mobilità dolce, alternativi a quelli "rari" sulla viabilità principale. Di conseguenza la sicurezza viene garantita sia al loro interno dalle specifiche discipline descritte, sia al loro esterno tramite attraversamenti semaforici delle strade principali e, eventualmente, coesistenza di "moli" per aumentarne la visibilità in presenza di file di veicoli in sosta.

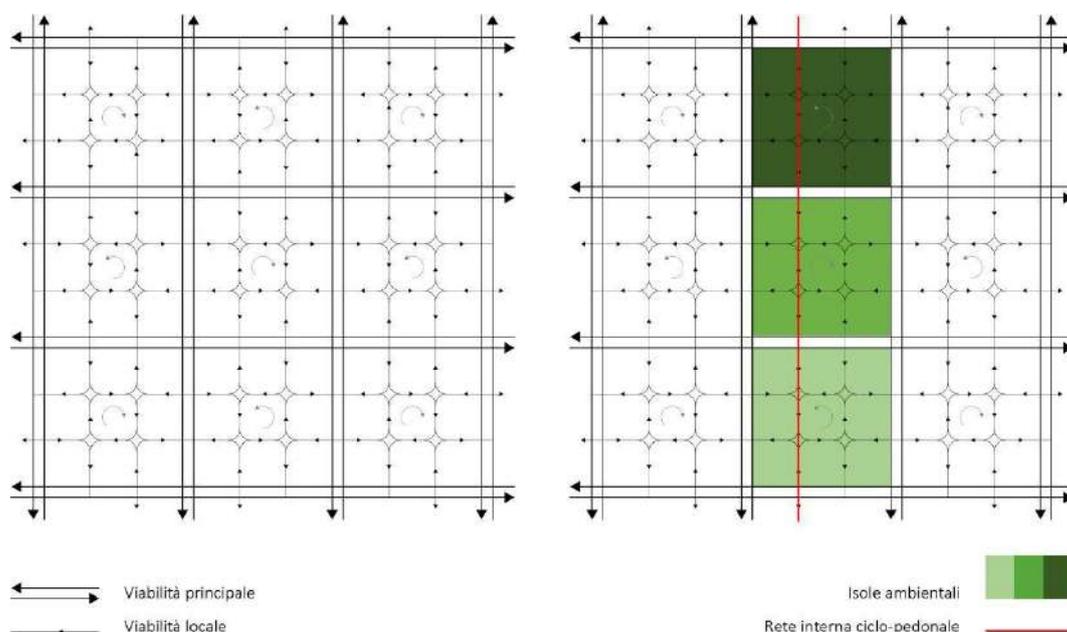


Figura 2 - Schema di circolazione ottimale per la moderazione del traffico (a sinistra) e schema di giustapposizione di più Isole Ambientali con creazione di una rete diffusa di itinerari ciclo-pedonali (a destra).

Al fine di raggiungere l'obiettivo di riduzione delle velocità, le Isole Ambientali vengono progettate per porzioni territoriali relativamente modeste, di massimo 20 ettari circa (ad esempio 400 m x 500 m), e comunque previste con delimitazione completa da parte di un circuito di strade principali (in genere a doppio senso di marcia), sul cui circuito viene deviato l'eventuale traffico di attraversamento dell'isola, compreso normalmente anche quello dei mezzi del trasporto pubblico di superficie. La maglia (o circuito, o perimetro) di strade principali deve essere completa e chiusa, sia per deviarvi tutto il traffico motorizzato traversante in qualsiasi direzione, sia per raggiungere l'ingresso più opportuno per il traffico in arrivo, o raggiungere qualsiasi destinazione desiderata dal traffico in partenza, uscito dall'isola tramite un eventuale unica porta di uscita. Nel caso in cui la maglia di viabilità principale non sia completa si può intervenire o solo con il limite di velocità (Z30), oppure insieme ad altri interventi di moderazione del traffico (Z30A). Quest'ultimo tipo di interventi

è utile specialmente nel caso di piccoli centri abitati, o di aree periferiche delle città più grandi, caratterizzati da strade locali con struttura “ad albero” gravante su una sola strada principale (eventualmente organizzata con mini-rotatorie e spartitraffico sormontabili).

Al fine di adeguarsi alle dimensioni proprie delle Isole Ambientali, in molte zone occorrono interventi di riclassificazione stradale, dato anche conto del prevedibile decremento della viabilità principale per l’area più interna (ove ciò sia possibile per lo smaltimento dei flussi veicolari) e dell’incremento di viabilità principale per l’area più periferica. Su quest’ultima transiterà anche il trasporto pubblico di superficie, con percorsi pedonali per gli utenti dell’Isola Ambientale pari, al massimo, a circa 300 metri. Il recupero dello spazio stradale da destinarsi a spazi pubblici fruibili per residenti e non, sarà maggiore in presenza di strade a doppia carreggiata. Il ridotto carico veicolare motorizzato rimanente all’interno dell’Isola Ambientale, infatti, può in genere essere smaltito mediante strade a senso unico con una sola corsia di marcia, ottenendo un recupero di circa il 90% della superficie stradale nel passaggio da incroci tra strade a doppia carreggiata ad incroci tra strade ad una sola corsia a senso unico. Indipendentemente dal numero di carreggiate su ciascuna strada, ne consegue anche un incremento consistente della sicurezza stradale degli incroci in presenza di sensi unici contrapposti, con i quali vengono ad evitarsi tutti i punti di intersecazione tra manovre veicolari motorizzate. Maggiori dettagli organizzativi delle Isole Ambientali vengono forniti nell’ultima Appendice P).

Stante quanto sopra, il ritardo nell’avvio dell’organizzazione del traffico cittadino tramite le Isole Ambientali è addebitabile alla notevole mole di attività progettuale e realizzativa necessaria, in quanto coinvolgente l’intera città, soprattutto in quei contesti in cui la stratificazione urbana determinatasi nel tempo, imporrebbe una riorganizzazione della viabilità, coerente con la gerarchia infrastrutturale che costituisce il presupposto indispensabile per il ridisegno della città e la redistribuzione dei servizi e delle attività.

Per tali motivi, operativamente, si propone di intervenire con Ordinanze Sindacali circa la riduzione del limite di velocità a 30 km/h su tutta la viabilità locale tramite Zone 30, anche in considerazione della maggiore fattibilità economica dovuta alla minore quantità di cartelli stradali da installare sul solo perimetro esterno delle zone e non su ogni tronco stradale. Successivamente, il passaggio da Zona 30 ad Isola Ambientale risulterebbe abbastanza semplice, anche se comprenderebbe la delicata attività di ottenere il consenso alle nuove discipline di circolazione motorizzata da parte dei rispettivi sistematici fruitori locali (residenti ed addetti). Infatti, al momento non si intravedono altri modelli generali di organizzazione della circolazione stradale urbana, effettivamente sostenibili per un accettabile futuro delle nostre città, se non quello di suddividere la rete stradale cittadina in due tipi: quella della mobilità dolce, ossia diffuse strade locali destinate prevalentemente ai pedoni ed ai ciclisti, e quella della mobilità motorizzata, ossia rarefatte strade principali destinate prevalentemente ai veicoli degli utenti motorizzati, sulle quali la mobilità dolce deve essere particolarmente protetta.

Per concludere, le Isole Ambientali possono rappresentare un valido e sostenibile dispositivo per vivere nella Città dei 15 minuti, in grado di mutare il consueto spostamento motorizzato “da porta a porta” a quello prevalentemente pedonale e ciclabile “da isola a isola”. Al contempo, allo spostamento sono garantiti elevati standard di qualità dei percorsi e dello spazio pubblico percepito e vissuto, una maggiore accessibilità alle funzioni urbane e alle fermate del trasporto pubblico da parte di tutti gli utenti, secondo una maggiore sicurezza e fruibilità anche degli utenti deboli.

Ed infine, osservando che dimensionalmente la Città dei 15 minuti equivale a 4 Isole Ambientali contigue, si può immaginare che la valida funzionalità dell’intero organismo urbano la si raggiunga

quando al centro di dette 4 isole (centro corrispondente con l'incrocio delle 2 strade principali separanti le isole medesime) sussista una o due stazioni sovrapposte di linea/e metropolitana/e (con ottimale distanziamento di 900 m tra le fermate), oppure -per le città di medie dimensioni- sussista la fermata/e di linee di trasporto pubblico di superficie ad alta capacità.

Riferimenti bibliografici

- Bertolini, L. (2017). *Planning the Mobile Metropolis. Transport for People, Places and the Planet*. London: Red Globe Press.
- Bertolini, L., Le Clercq, F. & Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, 12, pp. 207–220.
- Busi, R. (2012). Le tante e complesse accezioni di significato di “città amica”. In Pezzagno, M. & Docchio, S. (a cura di). *Living and walking in cities. Sustainable mobility and road safety, XVIIIth International Conference (Brescia, 16 e 17 giugno 2000)*. Forlì: Egaf, pp. 11-20.
- Busi, R. (2013). L'accessibilità come valore etico e sociale. In Pezzagno, M. (a cura di). *Living and Walking in Cities. Cultures and Techniques for Accessibility*. Forlì: Egaf.
- Calthorpe, P. (1993). *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*. Princeton: Princeton Architectural Press.
- Columbo, V. (1966a). *La ricerca urbanistica. Indagini urbanistiche*. Milano: Giuffrè.
- Columbo, V. (1966b). *La ricerca urbanistica. Organica urbanistica*. Milano: Giuffrè.
- Comune di Milano. (2020a). *Milano 2020. Strategia di adattamento*. Tratto da <https://www.comune.milano.it/documents/20126/95930101/Milano+2020.++Strategia+di+adattamento.pdf/c96c1297-f8ad-5482-859c-90de1d2b76cb?t=1587723749501>.
- Comune di Milano. (2020b). *Strade Aperte*. Tratto da <https://www.comune.milano.it/documents/20126/992518/Strade+Aperte+IT+200430+rev.pdf/a100d04c-6b55-ae74-e0f8-b52563e07822?t=1589460655416>.
- Comune di Milano. (2021). *PGT Milano 2030*. Tratto da <https://www.pgt.comune.milano.it/>.
- Handy, S. (2002). *Accessibility vs Mobility. Enhancing Strategies for Addressing Automobile Dependence in the U.S.* UC Davies: Institute for Transportation Studies.
- Hull, A., Silva, C. & Bertolini, L. (2012). *Accessibility Instruments for Planning Practice in Europe*. Portugal: Clássica Artes Gráficas SA.
- Indovina, F. (2009). *Dalla città diffusa all'arcipelago metropolitano*. Milano: Franco Angeli.
- Jacobs, J. (1961). *The death and life of great American cities*. New York: Random House.
- Katz, P. (1994). *The New Urbanism. Toward an architecture of community*. New York: McGraw-Hill.
- Moreno, C. (2021). Rêvons nos villes. Une proximité heureuse pour une urbanité vivante. *La Revue*, 3.
- The Urban Task Force. (2015). *Towards an Urban Renaissance*. London: Routledge.

Tira, M., Pezzagno, M. & Richiedei, A. (a cura di, 2020). *Pedestrians, Urban Spaces and Health. Proceedings of the XXIV International Conference on Living and Walking in Cities (LWC, September 12-13, 2019, Brescia, Italy)*. London: CRC Press.

Ventura, P. (2018). *La città nuova. Elementi di progettazione urbanistica*. Milano: McGraw Hill.

Willsher, K. (2020, febbraio 7). Paris mayor unveils '15-minute city' plan in re-election campaign. *The Guardian*.

2. Riqualificazione delle infrastrutture per la mobilità pedonale

Michela Bonera, Elena Cocuzza, Nadia Giuffrida, Matteo Ignaccolo, Giuseppe Inturri, Michela Le Pira, Giulio Maternini, Silvia Rossetti, Michela Tiboni, Vincenza Torrisi

2.1. Elementi di pianificazione degli itinerari per la mobilità pedonale

Nonostante il movimento pedonale sia in genere considerato il più elementare tra gli spostamenti, esso ha una natura complessa e difficile da gestire, tanto che si rende necessario un approccio pianificatorio dedicato, così come avviene per le altre modalità di spostamento. Tale approccio deve necessariamente combinare gli strumenti della tecnica del traffico con quelli della tecnica urbanistica, mirando alla realizzazione di una rete continua di percorsi pedonali e ponendo un'attenzione particolare agli attraversamenti stradali in ambito urbano. A seconda dello scopo, dell'entità e delle necessità degli spostamenti, è auspicabile distinguere la rete per la mobilità quotidiana di chi si reca al lavoro, a scuola o verso i servizi e le attività commerciali (ovvero la mobilità sistematica), che deve essere caratterizzata da collegamenti brevi, diretti e sicuri e la rete con funzione turistico-ricreativa, caratterizzata da tratti tranquilli, sicuri e attrattivi, che includono sia i collegamenti tra le strutture del tempo libero sia i percorsi a fini ricreativi nell'area periurbana, andando parzialmente a sovrapporsi alla rete per la mobilità sistematica.

La pianificazione della rete per la mobilità dolce non può dunque prescindere dalla pianificazione urbanistica, dall'organizzazione della città in quartieri e vicinati. Il quartiere, costituito da uno o più vicinati, è qualificato da funzioni di carattere sociale superiori rispetto a quelle del vicinato. In particolare, generalmente, è caratterizzato da un asse principale (eventualmente integrato da una piazza), che correttamente si chiama "asse di vita", dove si svolgono le funzioni sociali di convegno del quartiere. La maggior parte delle città, soprattutto quelle con impianti più recenti, non ha differenziazione nelle proprie funzioni ed attrezzature nei vari assi stradali. Si tratta spesso di maglie ortogonali, indifferenziate, con strade una omologa all'altra. Al contrario una buona progettazione degli spazi per la mobilità dovrebbe tener conto delle specificità del contesto urbano e delle funzioni presenti. È necessario anche ricordare che i pedoni vogliono arrivare a destinazione in modo diretto e in sicurezza, avvalendosi di reti invitanti, comunicanti e dense. La Tabella 1 riporta schematicamente i principali criteri di qualità da considerare nella pianificazione degli itinerari pedonali.

Tabella 1 - Criteri di qualità: attrattività, sicurezza, compattezza, densità e accessibilità della rete della mobilità pedonale. Fonte: USTRA (2015).

Collegamenti diretti	<p>I pedoni desiderano raggiungere la meta in modo diretto. Per questo i percorsi devono essere lineari, caratterizzati da tempi di spostamento ridotti (e ridotte deviazioni) e il più possibile rispettosi delle linee di desiderio degli utenti. La scelta di un percorso diretto è influenzata principalmente dai seguenti fattori:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ distanza e tempo di percorrenza;▪ dislivelli non dovuti a caratteristiche topografiche ma a sottopassaggi e cavalcavia;▪ tempi di attesa, per esempio ai semafori.
Comfort elevato	<p>Larghezza</p> <p>Le interazioni tra i pedoni in movimento hanno un impatto diretto sul comfort. Un percorso comodo offre una libertà di movimento tale da consentire a due persone di camminare affiancate e di incrociarne altre senza interferire con la loro traiettoria. Nei luoghi ad alta concentrazione è pertanto opportuno prevedere percorsi particolarmente larghi, atti a garantire comfort e sicurezza.</p>

	<p>Pavimentazione Le zone pedonali sono confortevoli se utilizzabili senza problemi da tutti i gruppi di utenti e dotate di una pavimentazione di buona qualità e dalla superficie omogena.</p> <p>Percorsi privi di ostacoli Le reti pedonali devono essere concepite in modo da consentire un percorso senza ostacoli. Ciò significa:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ridurre al minimo i punti in cui i pedoni devono obbligatoriamente fermarsi; ▪ negli attraversamenti, precedenza ai pedoni (strisce pedonali, marciapiedi continui, zone d’incontro); ▪ assenza di ostacoli nello spazio riservato alla mobilità pedonale (paracarri, paletti, pali segnaletici, parchimetri e altri elementi infrastrutturali).
Qualità dell’ambiente circostante	<p>La qualità di un’infrastruttura pedonale è influenzata in modo determinante da quella dell’ambiente circostante, vale a dire dalla configurazione della strada e dall’estetica di edifici limitrofi e spazi antistanti e dal rispettivo utilizzo.</p> <p>Di fatto, i percorsi che offrono una certa varietà attirano e vengono percepiti come brevi e piacevoli. Le infrastrutture realizzate principalmente in funzione del traffico motorizzato sono invece considerate monotone, sembrano lunghe e i pedoni finiscono per evitarle.</p> <p>Il rapporto tra gli spazi laterali e la carreggiata deve essere equilibrato. La proporzione di 3:4:3 viene percepita come gradevole (spazio laterale - carreggiata - spazio laterale).</p>
Sicurezza	<p>Solitamente gli aspetti legati alla sicurezza vengono affrontati soltanto quando si denota una carenza. A livello di sicurezza si opera una distinzione tra due categorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ la sicurezza intesa come “safety”, ovvero la sicurezza percepita rispetto a possibili incidenti stradali o altri danni legati all’ambiente fisico urbano e/o dell’infrastruttura; ▪ la sicurezza intesa come “security”, ovvero la sicurezza percepita rispetto a possibili aggressioni o atti vandalici. <p>Per quel che riguarda la “safety”, è importante che:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ sulle strade a circolazione mista, la sicurezza sia garantita mantenendo bassa l’intensità del traffico e limitando la velocità (zone 30 km/h, isole ambientali, zone residenziali); ▪ gli attraversamenti siano disposti lungo le traiettorie auspiccate dai pedoni, altrimenti rischiano di non essere utilizzati; ▪ l’attenzione dei conducenti sia incrementata con appositi elementi di arredo stradale e la velocità ridotta con interventi strutturali e con l’imposizione di limiti massimi.
Compattezza e densità	<p>La rete pedonale deve essere densa e compatta e avere un tracciato nel quale sia facile orientarsi. La sua concentrazione dipende dalla struttura urbana e dalla topografia. Reticolati con angoli retti non rispecchiano le traiettorie auspiccate dai pedoni. Elementi come collegamenti mediante cortili interni e traiettorie diagonali contribuiscono invece alla densificazione e accorciano le distanze.</p>
Accessibilità	<p>Nello spazio pubblico, l’assenza di ostacoli deve essere prevista per tutte le nuove pianificazioni e trasformazioni con l’obiettivo di sviluppare i progetti secondo il principio del “<i>design for all</i>”, che mira a integrare gli interventi a favore dei disabili in modo armonioso negli impianti pedonali.</p>

Nei paragrafi seguenti, vengono fornite alcune indicazioni di carattere tecnico per mettere in pratica tali principi di pianificazione per gli itinerari pedonali. È da notare che tali criteri di pianificazioni, ovviamente, valgono anche per gli itinerari ciclabili con cui, spesso, i pedoni si trovano a condividere lo spazio.

2.2. Elementi tecnici e progettuali delle infrastrutture per la mobilità pedonale

La circolazione dei pedoni è al primo posto nella “scala dei valori delle componenti fondamentali del traffico” indicata dalle “*Direttive Ministeriali per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico*” (1995). In particolare, il miglioramento della mobilità pedonale è obiettivo principale in ognuno dei livelli di progettazione del Piano Urbano del Traffico (PUT).

Nel Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU), relativo all’intero centro abitato, oltre alla qualificazione funzionale dei singoli elementi della viabilità principale e degli elementi della viabilità

esclusivamente destinati ai pedoni, viene indicato il piano di miglioramento della mobilità pedonale, con definizione delle piazze, strade, itinerari o aree pedonali (AP) e delle zone a traffico limitato (ZTL) o, comunque, a traffico pedonale privilegiato. Tra i criteri principali di progettazione, viene indicato quello della continuità della rete pedonale, che richiede una serie di interventi finalizzati alla fluidificazione e alla sicurezza della rete dedicata.

Nei Piani Particolareggiati del Traffico Urbano (PPTU), relativi ad ambiti più ristretti come quartieri o singole zone urbane, è invece possibile individuare il dimensionamento di massima degli interventi previsti e, in particolare, i progetti per le strutture pedonali (e.g. marciapiedi, passaggi ed attraversamenti pedonali e relative protezioni, localizzazione e tipologia, ecc.), attribuendo a ciascuna la relativa classe funzionale. A favore della mobilità pedonale, le direttive suggeriscono i seguenti tipi di intervento:

- protezione dei marciapiedi, delle fermate dei mezzi pubblici ed altri apprestamenti di sicurezza (specialmente lungo le strade urbane di scorrimento);
- realizzazione di isole salvagente per gli attraversamenti pedonali (specialmente lungo le strade urbane di quartiere);
- continuità della quota dei marciapiedi, che non dovrebbe variare in prossimità dei passi carrai (salvo questi ultimi non riguardino aree di parcheggio di vaste dimensioni);
- protezione degli studenti in entrata e in uscita dalle scuole (con accessi ubicati sulle strade urbane locali e non in strade urbane di quartiere);
- ampliamento dei marciapiedi in corrispondenza degli attraversamenti pedonali;
- idonei apprestamenti atti a garantire l'accessibilità, nel rispetto delle disposizioni di settore.

Nonostante le Direttive Ministeriali sopra indicate attribuiscono un'elevata importanza al movimento pedonale e alla necessità di promuoverlo, migliorandone la sicurezza, esse non forniscono indicazioni adeguate a una corretta classificazione funzionale degli itinerari pedonali. Pertanto, sarebbe significativo predisporre una classificazione funzionale delle infrastrutture anche per le classi di utenza non motorizzata e, quindi, anche per i pedoni.

Tabella 2 - Proposta di classificazione funzionale degli itinerari per la mobilità pedonale.

Classe funzionale	Livello	Tipo di collegamento	Intersezioni
<i>Itinerario primario</i>	Sovracomunale	Collegamento a lunga percorrenza, tra centri urbani o nell'area metropolitana	Sfalsate
<i>Itinerario principale</i>	Comunale (inter-quartiere)	Collegamenti di media-lunga percorrenza, tra i servizi della città e i quartieri	Sfalsate. A raso solo se adeguatamente attrezzate
<i>Itinerario secondario</i>	Quartiere	Collegamento a media percorrenza, tra i servizi di quartiere e le unità di vicinato	A raso e adeguatamente attrezzate
<i>Itinerario locale</i>	Vicinato	Collegamento di breve percorrenza, tra i servizi di vicinato e le aree residenziali nelle unità di vicinato	A raso
<i>Itinerario dedicato (percorso tematico)</i>	-	Da un punto ad un altro, lungo un itinerario specializzato	Differenziate a seconda del tipo di itinerario (percorso salute, <i>greenway</i> , etc.)

Nella progettazione delle infrastrutture per la mobilità pedonale occorre tenere conto di diversi fattori: spazi necessari, velocità di spostamento, fruibilità delle aree marginali, flusso pedonale e utilizzo delle aree di sosta. Come indicazione generale, due pedoni dovrebbero poter camminare fianco a fianco, parlando tranquillamente, come farebbero se seduti in auto o in autobus. Si considera come valore minimo per la zona di influenza di ciascun pedone un'area di 0,75 m² e la velocità media in condizioni di flusso libero è di circa 1-1,5 m/s.

Il DM n. 5 novembre 2001 «*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*» stabilisce che la **larghezza del marciapiede va considerata al netto sia di strisce erbose o di alberature che di dispositivi di ritenuta**. Tale larghezza **non può essere inferiore a 1,50 m** e in presenza di occupazioni di suolo pubblico localizzate e impegnative (edicole di giornali, cabine telefoniche, cassonetti ecc.) la larghezza minima del passaggio pedonale dovrà comunque essere non inferiore a 2,00 m.

La larghezza dei percorsi pedonali dipende dall'afflusso pedonale e dai requisiti della sagoma di spazio libero e, nel punto più stretto, deve essere pari almeno alla larghezza utile. A seconda dell'utilizzo previsto, va aggiunto uno spazio supplementare.

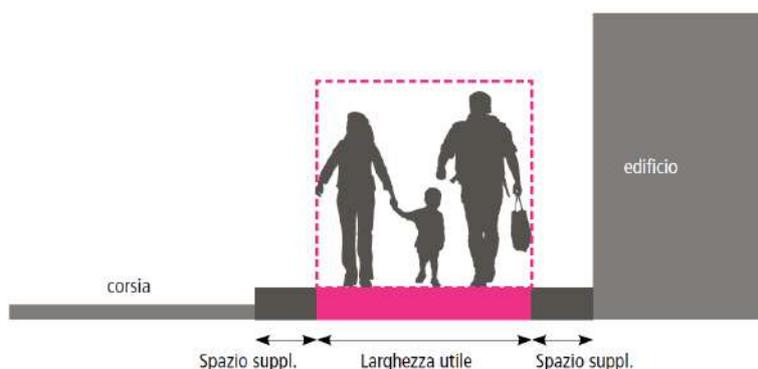


Figura 3 - Larghezza utile e spazio supplementare. Fonte: USTRA (2015).

Larghezza	Comfort	Uso
> 1.50 m - < 2.00 m	<ul style="list-style-type: none"> - stretta in caso di incroci con altri pedoni - insufficiente per superare altri pedoni o camminare fianco a fianco 	<ul style="list-style-type: none"> - limitato, in luoghi stretti - non su lunghi tratti
2.00 m	<ul style="list-style-type: none"> - sufficiente in caso di incroci con altri pedoni o per permettere a due persone con sagoma standard di camminare fianco a fianco - ristretta per due persone con sagoma larga 	<ul style="list-style-type: none"> - standard per percorsi o marciapiedi con afflusso pedonale contenuto - se l'afflusso di pedoni con sagoma larga non è eccessivo
2.50 m	<ul style="list-style-type: none"> - confortevole per due persone con sagoma standard - sufficiente per due persone con sagoma larga 	<ul style="list-style-type: none"> - standard in tratti con afflusso medio, intervallato da momenti di afflusso elevato
3.00 m	<ul style="list-style-type: none"> - confortevole per due persone con sagoma larga - sufficiente per tre persone con sagoma standard 	<ul style="list-style-type: none"> - su tratti con afflusso medio - in presenza di un numero elevato di pedoni con sagoma larga
3.50 m	<ul style="list-style-type: none"> - confortevole per tre persone con sagoma standard - sufficiente per due persone con sagoma larga e una persona con sagoma standard 	<ul style="list-style-type: none"> - su tratti con elevato afflusso pedonale e numerosi gruppi di utenti diversi
> 4.00 m	<ul style="list-style-type: none"> - percorsi più larghi permettono, tra l'altro, di passeggiare, circolare e sostare liberamente. 	

Figura 4 - Larghezza della superficie pedonale e indicazioni d'uso. Fonte: USTRA (2015).

ASSOCIAZIONE ITALIANA INGEGNERIA DEL TRAFFICO E DEI TRASPORTI
IL RIDISEGNO DEGLI SPAZI URBANI

Elementi urbani	Osservazioni	Spazio supplementare
Parete di un'abitazione, muro portante, recinto, siepe, parapetto, altre delimitazioni fisse; delimitazione attraversabile della carreggiata	Soltanto su tratti > 5,0 m	≥ 0.20 m
Strada destinata al traffico con limite di velocità Vaut ≥ 50 km/h	Eccetto che per piste ciclabili	0.20...0.50 m
Parcheggio perpendicolare e inclinato	Eccetto che per posteggi singoli	≥ 0.50 m
Parcheggio longitudinale	Eccetto che per posteggi singoli	≥ 0.2 m
Posteggi per biciclette	Soltanto per posteggi > 5,0 m	≥ 0.20 m
Vetrina, bancarella		≥ 1.20 m
Bar all'aperto		≥ 0.50 m
Cartelloni pubblicitari, pannelli informativi, parchimetri	Collocati sulla superficie pedonale; spazio supplementare necessario su ogni lato	≥ 0.20 m
Fermate dei mezzi pubblici, panchine, vegetazione per delimitare la carreggiata	In questo caso lo spazio supplementare non funge da cuscinetto rispetto all'ambiente circostante, ma da elemento costitutivo; fanno eccezione le fermate dei mezzi pubblici poco utilizzate	≥ 1.50 m

Figura 5 - Larghezza dello spazio supplementare in funzione dell'ambiente urbano. Fonte: USTRA (2015).

Un ulteriore riferimento utile per la progettazione degli itinerari pedonali è l'Highway Capacity Manual (HCM)¹⁰. In particolare, tale manuale propone una metodologia per il calcolo del Livello di Servizio (LoS) dei percorsi pedonali, distinguendoli in base alla tipologia di itinerario:

- per i percorsi ad uso esclusivo pedonale, l'indicatore del LoS è lo spazio pedonale, misurato in piedi quadrati per pedone;
- per i percorsi condivisi da pedoni e velocipedi, l'indicatore del LoS è il numero incontri con biciclette e passaggi di biciclette all'ora.

Di seguito si riportano alcune tabelle relative ai criteri per la determinazione del LoS rispetto a percorsi esclusivamente pedonali e in condivisione con velocipedi.

Tabella 3 - Criteri per il calcolo del LoS per i percorsi ad esclusivo uso pedonale. Fonte: HCM (2016).

LoS	Spazio medio (m ² /p)	Valori correlati			Descrizione
		Flusso per unità di larghezza (p/min/m) ^a	Velocità media (m/s)	Rapporto v/c ^b	
A	> 5,60	≤ 16	> 1,40	≤ 0,21	Possibilità di muoversi lungo il percorso desiderato senza deviare la traiettoria
B	> 3,70 – 5,60	> 16 - 23	> 1,30 – 1,40	> 0,21 – 0,31	Occasionale necessità di deviare la traiettoria per evitare conflitti
C	> 2,20 – 3,70	> -23 - 32	> 1,20 – 1,30	> 0,31 – 0,44	Frequente necessità di deviare la traiettoria per evitare conflitti
D	> 1,40 – 2,20	> -32 - 48	> 1,10 – 1,20	> 0,44 – 0,65	Ridotta velocità e ridotta possibilità di superare i pedoni più lenti
E	> -0,70 – 1,40 c	> 48 - 74	> 0,70 – 1,10	> 0,65 - 1	Ridotta velocità e possibilità molto limitata di superare i pedoni più lenti
F	≤ 0,70	variabile	≤ 0,70	variabile	Velocità molto ridotta e frequente contatto con altri pedoni

¹⁰ (Transportation Research Board, 2016).

Note:	Questo schema non si applica a marciapiedi a pendenza elevata (> 5%).
a	Pedoni al minuto per unità di larghezza del marciapiede
b	Rapporto v/c = flusso/23. Il LOS valuta lo spazio disponibile per ciascun pedone.
c	In caso di flussi bidirezionali, le soglie E ed F sono prese pari a 1,20 m ² /p

Tabella 4 - Criteri per il calcolo del LoS per percorsi ad uso promiscuo tra pedoni e ciclisti. Fonte: HCM (2016).

LoS	Numero di eventi/h	Flusso ciclabile per direzione [biciclette/h]	Descrizione
A	≤ 38	≤ 28	Condizioni ottimali, i conflitti con le biciclette sono rari
B	> 38 - 60	> 28 - 44	Buone condizioni, pochi conflitti con biciclette
C	> 60 - 103	> 44 - 75	Difficoltà a camminare affiancati
D	> 103 - 144	> 75 - 105	Frequenti conflitti con biciclette
E	> 144 - 180	> 105 - 131	Conflitti con i ciclisti sono frequenti e ostacolano il flusso pedonale
F	> 180	> 131	Il conflitto fra utenti è significativo e la fruibilità è ridotta

Un evento è un incontro con una bicicletta o il sorpasso da parte di un ciclista.

Attraversamenti pedonali

Nella progettazione dei percorsi pedonali, oltre alla loro adeguata localizzazione, è fondamentale garantire sufficienti livelli di sicurezza per gli utenti e, in particolare, porre particolare attenzione alla progettazione degli attraversamenti rispetto ai seguenti elementi:

- localizzazione, accessibilità e sicurezza per i pedoni;
- percepiibilità e visibilità dell'attraversamento;
- riduzione della velocità veicolare.

La localizzazione di un attraversamento pedonale non rispondente alle linee di desiderio del pedone, nella maggior parte dei casi, determina il suo non utilizzo. Il pedone, infatti, abitualmente evita allungamenti di percorso esponendosi, talvolta, a rischi inutili. Pertanto, la localizzazione di un attraversamento deve tenere in considerazione sia il contesto in cui l'attraversamento deve essere collocato, ma anche il giusto equilibrio tra le necessità dei pedoni e quelle del traffico veicolare. Infatti, se gli attraversamenti pedonali risultano troppo lontani tra loro, i pedoni attraverseranno liberamente nei punti a loro più comodi; se gli attraversamenti sono troppo ravvicinati, il traffico veicolare tenderà a non rispettarli. La Tabella 5 raccoglie alcune indicazioni sul distanziamento e tipologia preferibile per l'attraversamento in funzione della classe stradale.

Tabella 5 - Tipologie di attraversamento, distanza minima e massima rispetto alla classe della strada. Fonte: ACI (2011).

Classe della strada	Tipo di attraversamento	Ubicazione preferibile	Distanza massima [m]	Distanza minima [m]	Larghezza minima [m]
Primaria	Sfalsato	-	400	-	3,00
Di scorrimento	Sfalsato o semaforizzato	All'intersezione	200	150	3,00
Di quartiere	Semaforizzato o zebrato	All'intersezione	200	100	4,00
Locale	Zebrato	All'intersezione	200	100	3,00

Nel caso in cui l'attraversamento risulti posizionato lontano dalla linea di desiderio del pedone è opportuno installare efficaci barriere para-pedonali (o, in alternativa, barriere verdi di opportuna altezza), al fine di obbligare l'uso del punto di attraversamento segnalato.

Altro elemento fondamentale per la progettazione degli attraversamenti è la necessità di garantire adeguate distanze di visibilità, ossia delle fasce della parte di strada che l'utente (sia conducente che pedone) riesce a vedere davanti a sé e che deve essere tale da consentire all'utente di percepire un eventuale ostacolo o pericolo e, quindi, arrestarsi (Figura 6). Questa distanza dipende dalla velocità dell'utente e dalla sua capacità di reazione (Tabella 6).

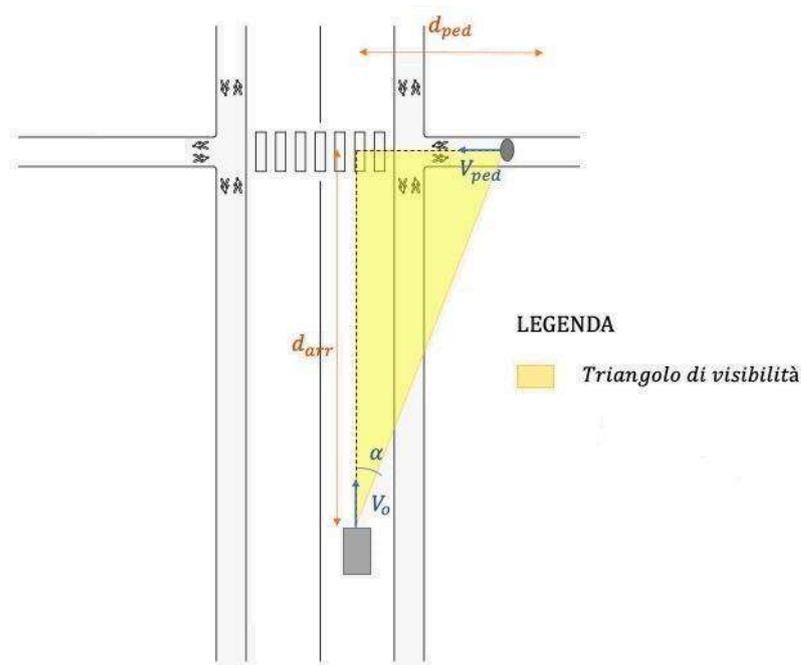


Figura 6 - Triangolo di visibilità in corrispondenza di un attraversamento pedonale.

Tabella 6 - Distanze di visibilità tra pedone e veicolo motorizzato in corrispondenza di un'intersezione.

Velocità veicolo (V_0)	Distanza di arresto veicolo d_{arr} [m]	Distanza percorsa dal pedone d_{ped} [m]	Angolo di visibilità [deg]
50	55	6	6,38
40	40	6	7,65
30	30	5	9,64
20	20	4	13,42
10	5	2	25,24

Distanza percorsa dal pedone, supposto si muova con velocità 4 km/h, è quella percorsa durante il tempo di arresto del veicolo.

Calcolo delle deviazioni dei percorsi proposto dalla Normativa Svizzera

I pedoni sono particolarmente sensibili alle deviazioni, pertanto una corretta pianificazione deve tendere a minimizzare le distanze di percorrenza per tali utenti. Non sempre è possibile creare percorsi diretti (specialmente nell'ambito degli incroci attrezzati con rotonde), ma è bene

considerare questo fattore nella pianificazione e progettazione dei percorsi, in modo tale da incentivare la mobilità pedonale. Per quantificare l'impatto delle deviazioni su un percorso, si può adottare, per distanze comprese in genere tra i 300 e i 1.500 metri, un fattore di riferimento. Tale fattore risulta dal rapporto tra la distanza effettiva e quella in linea d'aria tra il punto di origine e quello di destinazione e viene calcolato sulla base delle seguenti variabili:

- distanza percorsa a piedi;
- dislivelli causati da sottopassaggi e cavalcavia (ossia non dalla topografia del luogo);
- tempi d'attesa ai segnali luminosi.

In particolare, i dislivelli e i tempi d'attesa sono convertibili in distanze e vengono aggiunti alla distanza a piedi (distanza effettiva).

I dislivelli non causati dalla topografia del luogo (ma, in generale, da sottopassaggi o cavalcavia) sono convertiti in distanze a piedi. Un metro di dislivello corrisponde a circa 4 metri percorsi a piedi.

	Sottopassaggio	Cavalcavia
Dislivello	3.5 - 4.0 m	6 m
Distanza di percorrenza supplementare	15 m	25 m

*Figura 7 - Distanze di percorrenza supplementari in presenza di sottopassaggi/cavalcavia (scale/rampe nella traiettoria auspicata).
 Fonte: USTRA (2015).*

Un secondo di attesa agli impianti semaforici corrisponde a un metro percorso a piedi. In linea di massima, l'attesa non dovrebbe superare i 40 secondi: per ogni 40 secondi la distanza percorsa a piedi si allunga di 40 metri. Inoltre, il fattore di deviazione dipende sia dallo scopo dello spostamento sia dal gruppo di utenti. In generale, in caso di spostamenti quotidiani, non dovrebbe superare il valore di 1,2.

Scopo dello spostamento/Gruppo di utenti		Distanza tollerata (m)		Fattore di deviazione
		ideale	accettabile	accettabile
Pendolarismo	- tram, autobus	300	600	1.2
	- treno	1 000	1 500	1.1
	- luogo di lavoro	1 000	1 500	1.1
Tragitto casa-scuola	- scuola materna	300	600	1.3
	- scolari fino a 11 anni	500	1 200	1.2
	- ragazzi	1 000	1 500	1.1
Acquisti	- spesa quotidiana	300	600	1.2
	- spesa settimanale	500	1 200	1.1
Tempo libero	- parco giochi per bambini fino agli 11 anni	100	300	1.4
	- aree di sosta/svago	200	400	1.4
	- parco/aree ricreative	300	600	1.3
	- sport	1 000	1 500	1.2
Persone anziane/disabili		400	800	1.2

Figura 8 - Distanze di percorrenza accettabili e fattori di deviazione. Fonte: USTRA (2015).

2.3. **Proposta metodologica per l'analisi e la riqualificazione dei percorsi pedonali esistenti**

Al fine di migliorare la vivibilità del centro urbano e del territorio, è stata proposta una metodologia¹¹ per l'analisi e la riqualificazione dei percorsi pedonali esistenti. L'obiettivo della metodologia è quello di ricostruire lo stato di fatto dei percorsi, valutarne le criticità e identificare le priorità di intervento. La metodologia si basa su quattro fasi, ovvero:

1. definizione dell'area oggetto di studio;
2. rilievi puntuali (*review*) delle condizioni di pedonalità o *walkability* degli archi;
3. analisi spaziale degli elementi rilevati sugli archi per ricostruire lo stato di fatto;
4. calcolo di un indice di compatibilità pedonale per la determinazione degli interventi.

L'analisi degli archi stradali è condotta con riferimento a precedenti studi di settore. In particolare, si fa riferimento alla metodologia prevista dal PERS (*Pedestrian Environment Review System*)¹², strumento sviluppato dal TRL (Transport Research Laboratory) per valutare il livello di servizio e la qualità di diversi ambienti pedonali, valutando diverse caratteristiche di archi, percorsi, attraversamenti pedonali, aree di attesa del trasporto pubblico, aree di interscambio modale, spazi pubblici. Prendendo spunto dal PERS, è stata definita la procedura di valutazione della rete precedentemente individuata, focalizzando l'attenzione su tre aspetti:

- analisi dell'arco;
- analisi degli attraversamenti pedonali;
- analisi dei nodi del trasporto pubblico.

La seguente tabella riassume i parametri utilizzati per la valutazione della compatibilità pedonale.

Tabella 7 - Parametri utilizzati per la valutazione dell'indice di compatibilità pedonale ICP.

Review	Caratteristica	Criterio di valutazione	Note
Tratto stradale	Tipologia strada	Pedonale/carrabile	Se Pedonale = (2) Se carrabile = (1)
	Presenza di marciapiede	Sui due lati/no/solo a destra/solo a sinistra	Se presente = (3)
	Larghezza effettiva (≥1.50)	Sui due lati /no/solo a destra/solo a sinistra	Abbr: <i>largh</i>
	Pendenza	Elevata (salita/discesa) /accettabile-nulla	Abbr: <i>pend</i>
	Presenza ostacoli	sì/no	Abbr: <i>ostac</i>
	Illuminazione	sì/no	Abbr: <i>illum</i>
	Pavimentazione per ipovedenti	sì/no	Abbr: <i>pav_ipov</i>
	Qualità/Manutenzione della superficie	Insufficiente/accettabile	Abbr: <i>qual</i>
	Continuità del marciapiede (inclusa presenza di rampe di accesso veicoli)	sì/no	Abbr: <i>cont</i>

¹¹ (Ignaccolo et al., 2020a).

¹² (TRL, 2020).

	Separazione del marciapiede dalla strada carrabile attraverso stalli per sosta	si 2 lati/no/solo a destra/solo a sinistra	Abbr: <i>park</i>
Attraversamento	Presenza attraversamenti pedonali	si/no	Se si = (4)
	Presenza rampe per disabili	si/no	Abbr: <i>rampe</i>
	Manutenzione	Insufficiente/accettabile	Abbr: <i>manut</i>
	Eccessiva lunghezza attraversamento	si/no	Abbr: <i>lungh</i>
	Ostruzione visiva	si/no	Abbr: <i>ostruz_vis</i>

In particolare, l'indicatore di compatibilità pedonale (ICP) proposto tiene conto delle caratteristiche degli archi attraverso cui determinare interventi prioritari per migliorare la *walkability*. L'indice è riportato di seguito, con una formulazione differente per archi carrabili e pedonali. Per l'arco carrabile l'indice è calcolato come:

$$ICP_c = marc * \left(1 + \frac{caratt_{marc}}{8}\right) + attr_ped * \left(1 + \frac{caratt_{attr_ped}}{4}\right)$$

Per l'arco pedonale, l'indice è calcolato come:

$$ICP_p = pend + ostac + illum + pav_ipov + qual$$

dove

$$caratt_{marc} = largh + pend + ostac + illum + pav_ipov + qual + cont$$

$$caratt_{attr_ped} = rampe + manut + lungh + ostruz_vis$$

Gli indici sono stati normalizzati per ogni arco *i*-carrabile e *j*-pedonale nel seguente modo:

$$ICP_c^{i,norm} = \frac{|ICP_i - ICP_{min}|}{|ICP_{max} - ICP_{min}|}$$

$$ICP_p^{j,norm} = \frac{|ICP_j - ICP_{min}|}{|ICP_{max} - ICP_{min}|}$$

dove i valori minimi e massimi si riferiscono a quelli effettivamente registrati nella rete oggetto di rilievo. In seguito alla classificazione degli archi secondo i valori dell'ICP è possibile definire le priorità per la realizzazione una serie di interventi, di breve e lungo periodo, finalizzati al miglioramento della qualità del percorso¹³.

A titolo esemplificativo, si propongono, in appendice, alcuni schemi tipo per l'organizzazione della sezione stradale in presenza di infrastrutture per la mobilità pedonale ed un esempio applicativo della metodologia proposta.

¹³ Alcuni esempi sono disponibili in (Ignaccolo et al., 2020b, p.30).

Riferimenti bibliografici

- Automobile Club d'Italia ACI. (2011). *Linee guida per la progettazione degli attraversamenti pedonali*. ACI.
- AA.VV. (con il coordinamento di F. Giuliani & G. Maternini) (2017). *Percorsi pedonali*. Forlì: Egaf.
- Capasso Da Silva, D., King, D.A. & Lemar, S. (2020). Accessibility in Practice: 20-Minute City as a Sustainability Planning Goal. *Sustainability*, 12, 129.
- Decreto Ministeriale (5 novembre 2001, n. 6792). *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*.
- Handy, S. (2002). *Accessibility vs Mobility. Enhancing Strategies for Addressing Automobile Dependence in the US*. Institute for Transportation Studies, UC Davies.
- Ignaccolo, M., Inturri, G., Giuffrida, N., Le Pira, M., Torrisi, V. & Calabrò, G. (2020a). A step towards walkable environments: spatial analysis of pedestrian compatibility in an urban context. *European Transport*, 76(6), pp. 1-12.
- Ignaccolo, M., Inturri, G., Calabrò, G., Torrisi, V., Giuffrida, N. & Le Pira, M. (2020b). Auditing streets' pedestrian compatibility: A study of school sites' requalification. In Tira, M., Pezzagno, M. & Richiedei, A. (a cura di). *Pedestrians, Urban Spaces and Health: Proceedings of the XXIV International Conference on Living and Walking in Cities (LWC, September 12-13, 2019, Brescia, Italy)*, (p. 30). London: CRC Press.
- Maternini, G., Tiboni, M. & Bonera, M. (2019). *Sicurezza delle utenze deboli della strada non motorizzate*. In AA.VV. (con il coordinamento di G. Malavasi), *Sicurezza dei trasporti*, Forlì: Egaf.
- Ministero dei Lavori Pubblici. (1995). *Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico (art.36 del decreto legislativo 30-4-1992, n.285. Nuovo codice della strada)*.
- Rossetti, S. (2020). *Planning for Accessibility and Safety*. Sant'Arcangelo di Romagna: Maggioli.
- Tiboni, M. (2017). Itinerari e attraversamenti pedonali nella tecnica urbanistica. In AA.VV. (con il coordinamento di F. Giuliani & G. Maternini) (2017). *Percorsi pedonali*. Forlì: Egaf.
- Tiboni, M. (2004). Pianificazione urbanistica e sicurezza stradale. *Quaderno CeSCAM*, 5. Cosenza: Editoriale Bios.
- Transportation Research Board. (2016). *Highway Safety Manual*. Washington: TRB.
- Tira, M. (2011). Mobilità pedonale in ambiente urbano. In Maternini, G. & Foini, S. (a cura di), *Attraversamenti pedonali. Progettazione e tecniche*, Forlì: EGAF.
- The Urban Task Force. (2015). *Towards an Urban Renaissance*. London: Routledge.
- TRL. (2020). *Streetaudit – PERS*. Tratto da <https://trlsoftware.com/products/road-safety/street-auditing/streetaudit-pers/>.
- USTRA Ufficio federale delle Strade. (2015). *Rete pedonale. Manuale di pianificazione*. Berna: USTRA.

3. Riqualificazione delle infrastrutture per la mobilità ciclistica

Federico Autelitano, Michela Bonera, Chiara Bresciani, Felice Giuliani, Giulio Maternini, Roberto Ventura

3.1. Elementi di pianificazione

La classe funzionale che si attribuisce ad una infrastruttura viaria determina le caratteristiche geometriche, le categorie di traffico ammesse, e le caratteristiche relative alla regolamentazione della circolazione dei veicoli e della sosta (ovvero le caratteristiche geometriche e di traffico). Il Codice della Strada, però, per quanto riguarda gli itinerari per la mobilità non motorizzata, riconosce solamente la categoria *"F bis- itinerari ciclopedonali"* ed *"E bis – strada urbana ciclabile"*. Al contrario, l'individuazione di una classificazione funzionale delle infrastrutture maggiormente dettagliata per la mobilità ciclistica porterebbe, senz'altro, a molteplici benefici, in termini di sviluppo ed attrattività di tale modalità di spostamento, nonché maggiori standard di sicurezza per gli utenti.

In Italia i primi provvedimenti normativi riguardanti la mobilità ciclistica risalgono ai primi anni '90. La Legge 19 ottobre 1998, n. 366, *"Norme per il finanziamento della mobilità ciclistica"* stabiliva che *"sulle strade di nuova costruzione classificate ai sensi delle lettere C, D, E ed F, nonché in caso di manutenzione straordinaria della sede stradale di strade esistenti, venisse realizzata una pista ciclabile adiacente per l'intero sviluppo"*. Il DM del 30 novembre 1999, n. 557 *"Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili"*, definiva le caratteristiche e le tipologie infrastrutturali per la disposizione degli itinerari ciclabili: piste ciclabili in sede propria; piste ciclabili su corsia loro riservata; percorsi promiscui pedonali e ciclabili; percorsi promiscui ciclabili e veicolari.

La Legge del 11 gennaio 2018, n. 2 *"Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica"* ha introdotto nuove definizioni per gli itinerari e percorsi ciclabili, in riferimento ai parametri di traffico e di sicurezza (ad esempio *ciclovia, rete cicloviaria, strade senza traffico, strada a basso traffico*, etc.). Inoltre, la stessa legge introduce tre livelli di pianificazione: un livello nazionale, costituito dalla rete ciclabile nazionale *"Bicitalia"*, un livello regionale, attuato attraverso i piani regionali della mobilità ciclistica, ed un livello comunale, attuato attraverso i piani urbani della mobilità ciclistica, denominati *"Biciplan"*. In aggiunta, con l'introduzione dei *"Biciplan"*, si sono individuati tre livelli relativi alla rete degli itinerari ciclabili: prioritari, secondari e le vie verdi ciclabili. Da ultimo, la recente Legge del 11 settembre 2020, n. 120 *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 16 luglio 2020, n. 76, recante misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale"* ha introdotto ulteriori modifiche al Codice della Strada.

In particolare, ha introdotto la categoria funzionale “*E-bis strada urbana ciclabile*”¹⁴ e le definizioni di “*Corsia ciclabile*”¹⁵ e “*Corsia ciclabile per doppio senso ciclabile*”¹⁶.

Sulla base della classificazione tecnica e funzionale delle strade vigente in Italia, delle recenti definizioni sulle ciclovie fornite dalla Legge del 11 gennaio 2018, n. 2 e delle modifiche al Codice della Strada introdotte dalla Legge del 11 settembre 2020, n.120, si propone una classificazione della rete ciclabile, in ambiente urbano, suddivisa in tre livelli in relazione alla funzione principale svolta:

- **itinerari ciclabili prioritari**, costituiti da ciclovie che svolgono funzione di collegamento tra diverse aree e quartieri della città, a servizio prevalentemente di un traffico sistematico che include spostamenti casa - lavoro, casa- studio, con itinerari di media - lunga percorrenza > 8 km;
- **itinerari ciclabili secondari**, costituiti da ciclovie che svolgono funzione di accesso e collegamento ai quartieri dalla rete principale, inoltre garantiscono il collegamento tra i principali servizi di quartiere e le aree residenziali, con itinerari di media percorrenza: 4-8 km;
- **itinerari ciclabili locali**, che collegano le zone a priorità ciclabile, isole ambientali, le strade 30, le aree pedonali, le zone residenziali, le zone a traffico limitato quindi con movimenti terminali di accesso, con itinerari brevi: 1-2 km.

Si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva che riporta i dati tecnici suggeriti in relazione alla proposta di classificazione tecnica e funzionale della rete ciclabile, successivamente da coordinare con quelle della mobilità pedonale e della mobilità motorizzata.

Tabella 8 - Proposta di classificazione tecnica e funzionale della rete ciclabile in ambito urbano.

	Itinerario ciclabile prioritario	Itinerario ciclabile secondario	Itinerario ciclabile locale
Velocità di progetto	25 km/h	20 km/h	15 km/h
Lunghezza media dello spostamento	> 8 km	4-8 km	1 - 4 km
Flusso ciclistico	> 1.000 ciclisti/giorno	500 - 1.000 ciclisti/giorno	< 500 ciclisti/giorno
Categorie di utenza ciclistica prevalente	<ul style="list-style-type: none"> ● Traffico sistematico per movimenti casa - lavoro, casa - studio ● Adulti e giovani 	<ul style="list-style-type: none"> ● Traffico occasionale per movimenti casa- servizi di quartiere- scuola- shopping 	<ul style="list-style-type: none"> ● Traffico occasionale per movimenti casa - parco, servizi vicini;

¹⁴ Strada urbana ad unica carreggiata, con banchine pavimentate e marciapiedi, con limite di velocità non superiore a 30 km/h, definita da apposita segnaletica verticale ed orizzontale, con priorità per i velocipedisti.

¹⁵ Parte longitudinale della carreggiata, posta di norma a destra, delimitata mediante una striscia bianca, continua o discontinua, destinata alla circolazione sulle strade dei velocipedisti nello stesso senso di marcia degli altri veicoli e contraddistinta dal simbolo del velocipedista. La corsia ciclabile può essere impegnata, per brevi tratti, da altri veicoli se le dimensioni della carreggiata non ne consentono l'uso esclusivo ai velocipedisti; in tal caso essa è parte della corsia veicolare e deve essere delimitata da strisce bianche discontinue. La corsia ciclabile può essere impegnata da altri veicoli anche quando sono presenti fermate del trasporto pubblico collettivo e risulta sovrapposta alle strisce di delimitazione di fermata di cui all'articolo 151 del regolamento di cui al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495. La corsia ciclabile si intende valicabile, limitatamente allo spazio necessario per consentire ai veicoli, diversi dai velocipedisti, di effettuare la sosta o la fermata nei casi in cui vi sia fascia di sosta veicolare laterale, con qualsiasi giacitura.

¹⁶ Parte longitudinale della carreggiata urbana a senso unico di marcia, posta a sinistra rispetto al senso di marcia, delimitata mediante una striscia bianca discontinua, valicabile e ad uso promiscuo, idonea a permettere la circolazione sulle strade urbane dei velocipedisti in senso contrario a quello di marcia degli altri veicoli e contraddistinta dal simbolo del velocipedista. La corsia ciclabile è parte della carreggiata destinata alla circolazione dei velocipedisti in senso opposto a quello degli altri veicoli.

ASSOCIAZIONE ITALIANA INGEGNERIA DEL TRAFFICO E DEI TRASPORTI
IL RIDISEGNO DEGLI SPAZI URBANI

			<ul style="list-style-type: none"> • Adulti, giovani e anziani 	<ul style="list-style-type: none"> • Famiglie con bambini, anziani
Sezione	Tipo	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclovie in sede propria 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclovie in sede propria o in strada senza traffico (art. 2, c. 2, lettera e, legge 2/2018) o corsie ciclabili (Legge 120/2020) 	<ul style="list-style-type: none"> • Percorsi in promiscuità con il traffico veicolare: Zone 30, strade a "basso traffico (art. 2, c. 2, lettera f), legge 2/2018) • Strade di classe E-bis (Legge 120/2020)
	In deroga	<ul style="list-style-type: none"> • Percorsi in promiscuità con i veicoli (deve essere ben evidente e sicura la presenza dei ciclisti con segnaletica verticale, orizzontale ed elementi di separazione o cordoli) 	<ul style="list-style-type: none"> • Percorsi in sede propria ricavati dal marciapiede o in promiscuità con i pedoni • Strade di classe E-bis (Legge 120/2020) 	-
Dimensioni piste ciclabili Mono-direzionali	Normativa (DM n. 557/1999)	Dimensione minima pari a 1,5 m	Dimensione minima pari a 1,5 m	Dimensione minima pari a 1,5 m
		Deroga: riducibile a 1,00 m per una limitata lunghezza dell'itinerario	Deroga: riducibile a 1,00 m per una limitata lunghezza dell'itinerario	Deroga: riducibile a 1,00 m per una limitata lunghezza dell'itinerario
	Consigliata	> 4,00 m per permettere a due ciclisti di pedalare affiancati e al più il sorpasso	> 2,00 m per permettere a due ciclisti di pedalare affiancati	> 1,50 m
		Deroga: riducibile a 2,00 m per una limitata lunghezza dell'itinerario	Deroga: riducibile a 1,50 m per una limitata lunghezza dell'itinerario	Deroga: riducibile a 1,00 m per una limitata lunghezza dell'itinerario
Raggi di curvatura minimo	15 m	10 m	5 m	
Promiscuità	Con veicoli motorizzati (*)	Rara (TGM < 50 veic/g)	Possibile (TGM < 50 veic/g)	Frequente con TGM < 500 veic/g e traffico all'ora di punta <50 veic/h
	Con pedoni	Da evitare	Rara	Frequente
Intersezioni		<ul style="list-style-type: none"> • Ammesse intersezioni con il traffico veicolare a raso e in situazioni particolarmente critiche a più livelli • Sono necessari sempre attraversamenti ciclabili con la precedenza rispetto alle strade laterali o lanterne semaforiche per biciclette 	<ul style="list-style-type: none"> • Intersezioni a raso con attraversamenti ciclabili sempre presenti o lanterne semaforiche per biciclette • Precedenza segue il comportamento della strada adiacente alla pista o corsia 	<ul style="list-style-type: none"> • Intersezioni a raso • Precedenza segue il comportamento della strada adiacente alla corsia
(*) Ammessa solo su strade di classe E-bis o in zone con limite di velocità veicolare 30 km/h.				

Si tratta, naturalmente, di indicazioni che, se valide sotto un profilo generale, devono di volta in volta essere rapportate al sistema infrastrutturale su cui si interviene, superando logiche riferibili ad interventi puntuali e riconducendo le scelte a valutazioni complessive della *performance* di itinerario.

A titolo esemplificativo, in attesa dell'aggiornamento del Regolamento di Attuazione del Codice della Strada, si propongono, in appendice, alcuni schemi tipo per l'organizzazione della sezione stradale in presenza di infrastrutture per la mobilità ciclistica.

3.2. *Elementi tecnici e progettuali delle infrastrutture*

La pista ciclabile, così come specificato nel Nuovo Codice della Strada (D. Lgs n. 285/1992) all'art. 3, rappresenta la parte longitudinale della strada, opportunamente delineata, riservata alla circolazione dei velocipedi. Il *“Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili”* (DM n. 557/1999), che costituisce l'attuale riferimento tecnico-normativo nazionale in materia, individua i percorsi stradali utilizzabili dai ciclisti, sia in sede riservata (pista ciclabile in sede propria o su corsia riservata), sia in sede ad uso promiscuo con pedoni (percorso pedonale e ciclabile) o con veicoli a motore (su carreggiata stradale).

La **pista ciclabile in sede propria**, ad unico o doppio senso di marcia, risulta essere fisicamente separata dallo spazio destinato ai veicoli a motore ed ai pedoni, attraverso idonei spartitraffico longitudinali fisicamente invalicabili.

La **pista ciclabile su corsia riservata** è invece ricavata dalla carreggiata stradale e l'elemento di separazione è costituito essenzialmente da una striscia di delimitazione longitudinale o da delimitatori di corsia.

Si parla di pista ciclabile su corsia riservata ricavata dal marciapiede, ad unico o doppio senso di marcia, qualora l'ampiezza ne consenta la realizzazione senza pregiudizio per la circolazione dei pedoni e sia ubicata sul lato adiacente alla carreggiata stradale.

Larghezza delle corsie

La larghezza della corsia di una pista ciclabile scaturisce dallo studio degli ingombri del sistema velocipede/ciclista, dalla complessità geometrica del percorso (raggi delle curve planimetriche), dagli spazi utili a garantire il mantenimento dell'equilibrio alle velocità localmente attese. Anche se la larghezza genericamente necessaria al sistema velocipede/ciclista in assetto di marcia è mediamente pari a circa 120 cm, è utile valutare l'aumento della larghezza della fascia di ingombro nei tratti in curva sulla base anche della conformazione del veicolo (piste ove sia ammessa la circolazione di velocipedi a tre o più ruote). Ai sensi del DM del 30 novembre 1999, n. 557, la larghezza minima della corsia ciclabile, misurata comprendendo gli assi delle strisce di margine, è pari a 1,50 m; tale larghezza è riducibile a 1,25 m nel caso in cui si tratti di due corsie contigue, dello stesso od opposto senso di marcia, per una larghezza complessiva minima della pista pari a 2,50 m. Per le piste ciclabili in sede propria e per quelle su corsie riservate la larghezza della corsia ciclabile può essere eccezionalmente ridotta fino a 1,00 m, sempre ché questo valore venga protratto per una limitata lunghezza dell'itinerario ciclabile e che tale circostanza sia opportunamente segnalata. La larghezza dello spartitraffico fisicamente invalicabile che separa la pista ciclabile in sede propria dalla carreggiata destinata ai veicoli a motore, non deve essere inferiore a 0,50 m.

Per quanto concerne la *“Corsia ciclabile”* così recentemente introdotta dalla Legge del 11 settembre 2020, n. 120, non essendo ancora stato emanato alcun atto regolamentare correlato con le modifiche al Codice della Strada, attualmente non esistono prescrizioni relative alla sua larghezza. Sarebbe buona prassi progettuale adottare, in ogni caso, valori compresi fra 1,0 m e 1,5 m.

Andamento plano-altimetrico

L'andamento plano-altimetrico consegue a precise scelte progettuali, non dissimili da quelle valide per il traffico veicolare. In particolare, la velocità di progetto di ciascun itinerario ciclabile deve essere definita per ciascun tronco, cui correlare in particolare le distanze di arresto e quindi le lunghezze di visuale libera. La normativa italiana indirizza il progettista a considerare un intervallo di velocità del ciclista in pianura pari a 20÷25 km/h, con punte possibili di velocità per percorsi in discesa anche superiori a 40 km/h. Nella valutazione delle distanze di arresto, il tempo psicotecnico di percezione

e reazione del ciclista è compreso fra un minimo di 1,0 secondi (ambito urbano di circolazione) fino ad un massimo di 2,5 secondi (ambito extraurbano di circolazione); il coefficiente di aderenza longitudinale equivalente massimo non è superiore a 0,35 su superficie asciutta anche in considerazione della verosimile maggiore esposizione della pista ciclabile al fogliame e terriccio sulla pavimentazione prossima ad aree tenute a verde.

Nel caso di realizzazione di piste ciclabili in sede propria, indipendenti dalle sedi viarie destinate ad altri tipi di utenza stradale, la pendenza longitudinale delle singole livellette non può generalmente superare il 5,0%, fatta eccezione per le rampe degli attraversamenti ciclabili a livelli sfalsati, per i quali può adottarsi una pendenza massima fino al 10%. I raggi di curvatura orizzontale lungo il tracciato delle piste ciclabili devono essere commisurati alla velocità di progetto prevista e, in genere, devono risultare superiori a 5,00 m (misurati dal ciglio interno della pista); eccezionalmente, in aree di intersezione ed in punti particolarmente vincolati, detti raggi di curvatura possono essere ridotti a 3,00 m, purché venga rispettata la distanza di visuale libera e la curva venga opportunamente segnalata, specialmente nel caso e nel senso di marcia rispetto al quale essa risulti preceduta da una livelletta in discesa.

Segnaletica

Le piste ciclabili devono essere provviste di appositi simboli e scritte orizzontali che ne distinguano l'uso specialistico, anche qualora la pavimentazione fosse differenziata nel colore dalle attigue parti di sede stradale destinate ai veicoli a motore e/o ai pedoni. Deve essere infine segnalato, con apposite frecce direzionali sulla pavimentazione, ogni cambio di direzione della pista. Il simbolo della bicicletta, in bianco, sarà ripetuto periodicamente lungo lo sviluppo della pista. Lo stesso Regolamento, all'art. 122, c. 9, nell'ambito dei segnali verticali di obbligo generico, individua il segnale di circolazione riservata a determinate categorie di utenti. In particolare, il segnale verticale di pista ciclabile deve essere posto all'inizio di una pista, di una corsia o di un itinerario riservato alla circolazione dei velocipedi. Tale segnale deve essere ripetuto dopo ogni significativa interruzione o dopo le intersezioni. Il segnale verticale di pista ciclabile contigua al marciapiede deve essere apposto all'inizio o al proseguimento di una pista o corsia riservata ai velocipedi contigua e parallela ad un marciapiede o comunque ad un percorso riservato ai pedoni. I simboli devono essere eventualmente invertiti per indicare la reale disposizione della pista e del marciapiede.

Il segnale verticale di percorso pedonale e ciclabile deve essere apposto all'inizio o sul proseguimento di un percorso riservato promiscuamente ai pedoni e alla circolazione dei velocipedi e deve essere ripetuto dopo ogni significativa interruzione o dopo le intersezioni. La fine dei segnali di obbligo deve essere indicata con l'analogo segnale barrato obliquamente da una fascia rossa.

Pavimentazione

La pavimentazione di una pista ciclabile è l'elemento che in assoluto caratterizza il tracciato, attraverso la sua discreta riconoscibilità, il comfort e l'inserimento ambientale. In generale, una pavimentazione stradale deve soddisfare precisi requisiti strutturali e funzionali; nel caso dei percorsi ciclabili o ciclopedonali una maggiore attenzione deve essere posta nei confronti dei requisiti funzionali, poiché i requisiti strutturali sono in genere implicitamente assicurati grazie al ridotto peso dei velocipedi.

La regolarità deve essere curata al massimo per garantire l'agevole transito dei ciclisti; sulla pavimentazione sono pertanto da evitare ondulazioni, avvallamenti e buche. In ambito urbano questa problematica assume particolare importanza in quanto la presenza diffusa di sottoservizi comporta frequenti interventi di ripristino della superficie stradale. Inoltre, non è consentita la

presenza di griglie di raccolta delle acque con elementi principali disposti parallelamente all'asse delle piste stesse, né con elementi trasversali tali da determinare difficoltà di transito ai ciclisti.

L'aderenza, ovvero la resistenza allo scivolamento o antisdrucciolevolezza, è un ulteriore importante requisito che deve possedere la pavimentazione di un percorso ciclabile o ciclopedonale. L'uniformità lungo il percorso delle caratteristiche di aderenza del piano di rotolamento dello pneumatico, soprattutto nelle zone a pendenze variabili ed in corrispondenza degli attraversamenti, risulta essere un requisito imprescindibile.

La riconoscibilità del percorso ciclabile è un concetto che ha assunto un aspetto progettuale non trascurabile ed è generalmente attuata facendo uso del colore o di specifici pittogrammi alfanumerici. La colorazione delle pavimentazioni, ottenibile oggi con numerose soluzioni tecniche, permette, oltre a fornire sia una più netta riconoscibilità delle diverse aree e dei percorsi ciclopedonali, di creare manti e pavimentazioni in una vasta gamma di colori in grado di realizzare piacevoli effetti ambientali. La II direttiva del Ministero dei trasporti (24.4.2006 prot. n. 777) afferma che sotto l'aspetto squisitamente strutturale, nulla vieta la realizzazione di un manto stradale di colore diverso per particolari tratti di strada o evidenziare una specifica destinazione della stessa o di corsie riservate (ad es. intersezioni, aree pedonali, piste ciclabili, ecc.), nel caso in cui la colorazione sia eseguita in pasta nel conglomerato, ed è dimostrato che gli eventuali additivi non ne alterino le caratteristiche fisiche e meccaniche, ovvero si ottengano prestazioni comunque paragonabili e durature nel tempo anche in relazione al colore. La colorazione in pasta garantisce il mantenimento delle imprescindibili caratteristiche di aderenza fra pneumatico e pavimentazione, cosa che può venir meno allorché le colorazioni delle superfici stradali siano realizzate con vernici o pitture inadeguate su manti bituminosi tradizionali. Diverso è l'approccio se la colorazione del fondo della pista è realizzata in corrispondenza dell'attraversamento ciclabile facendo uso di vernici. In tal caso si rientra a tutti gli effetti nel campo della segnaletica stradale orizzontale e di conseguenza tale pratica è vietata.



Figura 9 - Percorsi ciclopedonali colorati. Fonte: Mobilità ciclistica. A.A.V.V (2018).

Riferimenti bibliografici

AA.VV. (con il coordinamento di F. Giuliani & G. Maternini) (2018). *Mobilità ciclistica*. Forlì: Egaf.

Decreto Ministeriale (30 novembre 1999, n. 557). *Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili*.

Legge (19 ottobre 1998, n. 366). *Norme per il finanziamento della mobilità ciclistica*.

Legge (11 gennaio 2018, n. 2). *Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica*.

Legge (11 settembre 2020, n. 120). *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 16 luglio 2020, n. 76, recante misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale*.

4. Elementi per ricercare una circolazione sicura di monopattini elettrici e dispositivi di micromobilità elettrica

Alberto Andreoni, Federico Autelitano, Tiziana Campisi, Elena Cocuzza, Nadia Giuffrida, Felice Giuliani, Matteo Ignaccolo, Giuseppe Inturri, Michela Le Pira, Giulio Maternini, Roberto Ventura, Vincenza Torrisi

La rapidità di diffusione del fenomeno della micromobilità, ed in particolare dei monopattini elettrici (spesso chiamati anche e-scooter), ha fatto sì che i pianificatori territoriali e dei trasporti si siano trovati fare i conti con la presenza di un gran numero di nuovi veicoli che per dimensioni e tecnologie¹⁷ si differenziano da quelli tradizionalmente presenti nelle aree urbane.

I monopattini elettrici permettono di effettuare spostamenti rapidi per brevi distanze e per questo possono essere considerati un valido modo di trasporto per i collegamenti di primo/ultimo miglio (con riferimento alla possibilità di trasportarli nei portabagagli delle autovetture). Il successo di questa modalità di trasporto innovativa non può prescindere dall'ambito in cui l'utente finale si troverà a poterne usufruire. In questo contesto, a causa delle peculiarità del veicolo, l'infrastruttura gioca un ruolo chiave nella diffusione del suo utilizzo. In Italia, dall'1 gennaio 2020, secondo la Legge 27 dicembre 2019, n. 160 "*Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2020 e bilancio pluriennale per il triennio 2020-2022*", i monopattini sono equiparati alle biciclette e, dunque, attualmente, possono circolare sulle strade con le stesse regole che valgono per i velocipedi da Codice della Strada, Art. 1, comma 75: "I monopattini che rientrano nei limiti di potenza e velocità definiti dal decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 4 giugno 2019, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 162 del 12 luglio 2019, sono equiparati ai velocipedi di cui al codice della strada, di cui al decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285".

L'assenza di una pianificazione dedicata comporta particolari problematiche sulla sicurezza degli utenti, costretti ad attraversare delle aree di collegamento fra gli ambiti permessi in cui la circolazione in sicurezza di questi particolari veicoli non può essere assicurata. Garantire la presenza di una rete di infrastrutture (anche in condivisione con altri modi di trasporto) che permetta l'accessibilità ai principali punti di interesse e che ne favorisca l'integrazione nella rete di trasporto pubblico è fondamentale per assicurare uno sviluppo sostenibile di questa modalità. Parallelamente un'attenzione specifica deve essere dedicata alla sicurezza nell'utilizzo di questi nuovi veicoli, sicurezza intesa sia come safety, in relazione al rischio di incidentalità, sia come security, con riferimento al rischio di furto del veicolo.

Sulla base di queste considerazioni nel presente documento viene proposto un set di criteri per la pianificazione di una rete di infrastrutture per la circolazione monopattini elettrici, allo scopo di fornire una guida per permettere alle Amministrazioni di ricercare spostamenti sicuri e sostenibili con questa nuova modalità.

¹⁷ Gli aspetti tecnologici di dispositivi quali Monowheel, Hoverboard, Seagway e Monopattino elettrico (e-scooter), sono assai differenti per peso, velocità, modalità di funzionamento. Per maggiori approfondimenti si faccia riferimento al testo Micromobilità elettrica (A.A.V.V., con il coordinamento di Maternini G.). Attualmente non esiste un preciso standard tecnico-prestazionale che è in fase di elaborazione presso il CEN.

4.1. **Criteri per la pianificazione della rete dedicata**

Vista la recente legislativa di monopattini elettrici e velocipedi, la base di partenza per stabilire un insieme di criteri di pianificazione di una rete per la micromobilità è costituita dai principi per la pianificazione della rete ciclabile stabiliti dall'Unione Europea, rivisti nell'ottica di questa modalità di trasporto innovativa. Ci sono una serie di principi di base che dovrebbero essere rispettati durante la progettazione e la realizzazione di una rete dedicata alla circolazione dei velocipedi che possono considerarsi validi anche nel caso dei monopattini e più in generale di tutti i veicoli appartenenti al settore della micromobilità. Questi requisiti dovrebbero essere considerati come obiettivi dalle varie città e possono anche essere utilizzati per valutare la qualità della rete e delle infrastrutture già esistenti. Infatti, se esse soddisfano questi criteri, è più probabile che vengono utilizzate da questa tipologia di mezzi e che si incentivi la loro diffusione. Proprio quest'ultimo concetto è quello più critico quando si tratta di monopattini. Mentre universalmente sono riconosciuti i benefici legati all'uso delle biciclette in termini di sostenibilità ambientale e di effetti sul benessere fisico, i monopattini sono stati in passato demonizzati dall'opinione pubblica perché considerati insicuri e poco salutari, sia perché richiedono sforzo fisico minimo, sia per il loro frequente utilizzo su distanze pedonali. Una corretta pianificazione della rete dovrebbe essere d'aiuto nello sfavorire questi comportamenti di viaggio. Un ulteriore impatto negativo spesso attribuito allo sharing dei monopattini è legato al parcheggio dei veicoli in zone non autorizzate, spesso su marciapiede, con conseguente ostruzione della mobilità pedonale.

Sulla base di queste premesse, vengono di seguito proposti alcuni principi di pianificazione della rete, adattati alle forme innovative di micromobilità: coerenza ed accessibilità; linearità; sicurezza; attrattività; intermodalità; comfort. Sulla base di questi principi, nella tabella seguente sono riportati una serie di criteri e possibili suggerimenti per la progettazione della rete dedicata.

Tabella 9 - Criteri di pianificazione della rete dedicata alla micromobilità.

Principio	Criteri	Suggerimenti per la progettazione
Coerenza e accessibilità	<ul style="list-style-type: none"> ● Continuità del percorso ● Qualità costante dei percorsi e delle infrastrutture ● Connettività del percorso ● Libertà di scelta dei percorsi 	<ul style="list-style-type: none"> ● Limitare le interruzioni e minimizzare i cambiamenti della sezione stradale lungo il percorso ● Segnalare e fornire chiare indicazioni lungo il percorso, mediante opportuna segnaletica ● Considerare la presenza di almeno due alternative di percorso ● Garantire la presenza di spazi di sosta adeguati e regolati da apposita segnaletica ● Garantire l'accessibilità ai principali punti di interesse
Linearità	<ul style="list-style-type: none"> ● Velocità operative adeguate (max 25 km/h) ● Tempo di ritardo ● Rapporto tra distanza diretta e distanza effettivamente percorsa (<i>detour factor</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Progettare gli elementi geometrici della rete al fine di permettere una velocità operativa pressoché costante e coerente con il livello della strada considerato, senza comunque superare i 25 km/h ● Considerare un <i>detour factor</i> decrescente all'aumentare del livello di linearità della strada ● Ridurre al minimo il tempo di percorrenza complessivo considerando fattori quali deviazioni, numero di fermate agli incroci, semafori e pendenze ● Fornire priorità al traffico non motorizzato rispetto al traffico motorizzato

Sicurezza e riconoscibilità	<ul style="list-style-type: none"> ● Ridurre il rischio di incidenti lungo il percorso ● Ridurre il rischio di conflitti lungo il percorso 	<ul style="list-style-type: none"> ● Monitorare l'uso delle infrastrutture e individuare eventuali collegamenti tra gli incidenti e la progettazione stradale ● Separare i mezzi di micromobilità dal traffico veicolare con elevata velocità ● Ridurre le velocità e i volumi di traffico veicolare nelle aree con traffico misto ● Garantire una buona visibilità (specialmente in corrispondenza delle intersezioni) ● Includere la nuova modalità nei percorsi di apprendimento della sicurezza stradale, specificandone le peculiarità
Attrattività	<ul style="list-style-type: none"> ● Attrattività del contesto ● Percezione di sicurezza "sociale" 	<ul style="list-style-type: none"> ● Garantire una buona illuminazione e visibilità ● Limitare eventuali atti vandalici (ad es. furti) garantendo parcheggi sicuri in corrispondenza dei principali punti di interesse
Intermodalità	<ul style="list-style-type: none"> ● Opzioni di collegamento con diverse modalità di trasporto 	<ul style="list-style-type: none"> ● Realizzare percorsi di collegamento fra la rete principale e i parcheggi scambiatori ● Fornire, in corrispondenza dei principali modi di trasporto, un'area di parcheggio per i veicoli ben posizionata e sicuro ● Nei mezzi pubblici in cui sia permesso portare i veicoli a bordo, definire idonei spazi di stazionamento dei veicoli a riposo
Comfort	<ul style="list-style-type: none"> ● Fluidità del tragitto ● Pendenza ridotta ● Ridotto numero di fermate (numero di fermate medio per km) ● Protezione da condizioni climatiche avverse ● Basse vibrazioni 	<ul style="list-style-type: none"> ● Garantire una costante manutenzione della pavimentazione ● Ridurre gli elementi di discontinuità (scalini o eventuali dislivelli non direttamente collegati) ● Ridurre la sosta illegale in corrispondenza del percorso ● Inserire alberi e garantire la presenza di vegetazione per creare zone di ombreggiatura e riparo dal vento

4.2. *La sicurezza dei monopattini elettrici negli attraversamenti*

Ai sensi della legge n. 160/2019, gli utenti dei monopattini elettrici, essendo equiparati ai ciclisti, sono autorizzati a circolare lungo i percorsi ciclabili. Per questo motivo ci riferiremo, nel seguito, agli attraversamenti dei percorsi ciclabili. Affinché sia garantito un sicuro funzionamento dell'attraversamento, è indispensabile che i conducenti e gli utenti dell'attraversamento possano reciprocamente vedersi, in modo da adeguare la loro condotta nel rispetto della modalità di funzionamento dell'attraversamento stesso. In particolare, nel caso in cui l'attraversamento non sia semaforizzato (sempre consigliato nel caso di attraversamento di strade principali e con impianti semaforici attuati dal traffico, anche per l'utenza debole), gli automobilisti devono essere in grado di avvistare coloro che si accingono ad attraversare in tempo utile ad assicurare, in condizioni di sicurezza, il completo arresto del veicolo.

Generalmente, gli attraversamenti esistenti non presentano le caratteristiche indispensabili per la sicurezza, poiché spesso le condizioni al contorno non consentono di assicurare la visuale libera richiesta. In tali situazioni, al fine di garantire la sicurezza, è dunque necessario ridurre la velocità dell'utente che si appresta all'attraversamento. Si riportano, in appendice, alcune soluzioni progettuali da adottare in queste circostanze.

4.3. Cenni relativi alla dinamica ed alla sicurezza dei monopattini elettrici

La stabilità dei veicoli a due ruote, quali biciclette e motocicli, costituisce un importante tema di ricerca nel campo della dinamica dei veicoli. I risultati teorici relativi alle biciclette potrebbero essere utilizzati, in prima analisi, anche per i monopattini elettrici. In realtà, i parametri fisici che caratterizzano i monopattini elettrici sono molto diversi da quelli delle biciclette. Infatti, mentre i ciclisti sono seduti sul loro veicolo, gli utenti degli scooter elettrici viaggiano in piedi, al di sopra del pianale. Inoltre, mentre le biciclette hanno ruote e pneumatici di grandi dimensioni, capaci di generare un importante effetto giroscopico stabilizzante, i monopattini sono generalmente dotati di ruote di piccolo diametro, spesso realizzate in materiale rigido, non in grado di indurre un significativo effetto giroscopico.

La scelta di adottare ruote di dimensioni ridotte, volta a garantire trasportabilità e leggerezza ai monopattini, potrebbe influire negativamente sulla loro stabilità. Infatti, la risposta dei veicoli alle irregolarità presenti sulla via di corsa sembra peggiorare al diminuire del diametro delle ruote. Per questo motivo sono state recentemente intraprese delle sperimentazioni volte ad indagare la differente risposta vibrazionale dei monopattini elettrici e delle biciclette al variare dell'irregolarità della via di corsa e della velocità di marcia.

Nell'ottica di una possibile integrazione dei monopattini anche all'interno del sistema urbano di trasporto collettivo, l'esigenza della trasportabilità verrebbe meno, poiché l'utente potrebbe prelevare il monopattino nella postazione di sharing più vicina al punto di partenza e depositarlo nella postazione collocata al punto di destinazione. Di conseguenza, l'adozione di monopattini con ruote di maggior diametro, essenziali per garantire una più elevata sicurezza dell'utenza, dovrebbe essere tenuta in debita considerazione.

In ogni caso, al fine di tutelare la sicurezza degli utenti delle biciclette e dei monopattini, le pubbliche amministrazioni dovrebbero adottare appositi sistemi di manutenzione e monitoraggio della regolarità delle pavimentazioni, poiché, per questa categoria di utenti, anche modeste anomalie della via di corsa possono essere causa di rovinose cadute (che negli utenti senza casco potrebbero anche causare la morte o grave invalidità permanente).

Le città italiane stanno lentamente attuando alcune strategie per accogliere le nuove opzioni di micromobilità, soprattutto apportando modifiche infrastrutturali sia per il miglioramento del decoro urbano che per la sicurezza dei pedoni e di chi di guida. Il miglioramento dell'infrastruttura è inoltre uno degli strumenti che le città hanno a disposizione per regolamentare e garantire un buon servizio di micromobilità, in particolare quella condivisa. Alcune tra le strategie per l'adeguamento del sistema infrastrutturale urbano riguardano la riduzione del traffico in aree specifiche, la definizione di percorsi e parcheggi riservati.

In particolare, con l'individuazione di aree nelle quali abbassare il limite di velocità (da 50 km/h a 30 o 20 km/h) e il flusso di traffico automobilistico, si consente agli utenti di biciclette e scooter elettrici di guidare in sicurezza negli stessi spazi delle automobili. Tali azioni potrebbero apportare un miglioramento in alcune aree di intersezione o in quelle soggette al "through-traffic" (attraversate solo per raggiungere un'altra parte della città). Generalmente questo tipo di traffico è più veloce e meno attento e perciò da ridurre.

A regolamentare l'uso dei monopattini elettrici, oltre al Codice della Strada che li equipara alle biciclette elettriche esistono, per le diverse città, specifiche ordinanze della Polizia Municipale che indicano cosa si può e cosa non si può fare sulle strade. La circolazione è ammessa esclusivamente

su piste ciclabili, percorsi ciclo-pedonali, all'interno delle ZTL, sulle strade urbane sulle quali vige il limite di velocità di 50 km/h esistenti.

E' invece vietata sui marciapiedi o sugli spazi riservati ad altri veicoli o ai pedoni. È vietato inoltre il trasporto di altre persone, borsoni o oggetti che ostacolano l'utilizzo sicuro del mezzo, l'utilizzo del telefono cellulare, salvo che quest'ultimo sia fissato correttamente al manubrio, o qualsiasi riproduttore musicale portatile. Infine, è vietato utilizzare il monopattino elettrico sotto l'effetto di droghe, alcolici e farmaci, che possano compromettere la guida sicura o utilizzare il mezzo per gare, escursioni in strade sterrate o per l'esecuzione di acrobazie di qualsiasi tipo.

Una delle criticità attuali della norma è connessa all'equiparazione dei monopattini elettrici alle biciclette. Questa equiparazione, combinata alla fisiologica carenza, in molte città italiane, di piste ciclabili, aree pedonali e/o ciclopodali, frequentemente comporta la presenza di biciclette e monopattini in carreggiata e quindi potenziali situazioni di pericolo.

4.4. *Aspetti legati al comportamento di guida*

La recente diffusione dei monopattini elettrici ha comportato una serie di problemi connessi alla sicurezza stradale, da imputarsi soprattutto ad una non corretta educazione stradale degli utilizzatori. Ad oggi, molti utenti ignorano le zone dove risulta possibile circolare e dove risulta possibile parcheggiare, lasciando questi mezzi sparsi sui marciapiedi. Tale problematica si aggrava ancor più nel caso della micromobilità a noleggio o in condivisione dal momento che, in molte città, non esistono ancora sistemi e aree dedicate (dockless) al raccoglimento ed alla ricarica. Alcuni casi studio hanno evidenziato una carenza di rispetto nei confronti dei pedoni in quanto alcuni circolano sui marciapiedi, pratica negata in quasi tutto il mondo.

L'esistenza di problematiche collegate alla micromobilità elettrica è stata confermata da un recente sondaggio condotto in Germania, il quale ha rivelato che quasi un automobilista su due è stressato dai monopattini elettrici.

Per quanto concerne il comportamento da mantenere durante la guida, il monopattino elettrico è studiato e considerato come mezzo individuale. È dunque vietato trasportare passeggeri, sia per la pericolosità che ne potrebbe derivare, sia per il carico veicolare, che altrimenti supererebbe il valore massimo dichiarato dalla casa costruttrice. Tuttavia, non sempre questa prescrizione viene rispettata e questo comporta situazioni di potenziale pericolo.

Inoltre, al pari dei ciclisti, anche chi viaggia col monopattino elettrico dovrebbe utilizzare le braccia per segnalare la svolta, mantenendo durante il tragitto un'andatura regolare senza manovre brusche. L'uso del casco anche se non obbligatorio, è vivamente consigliato, indipendentemente dall'età, quando si è a bordo del monopattino.

Riferimenti bibliografici

AA.VV. (con il coordinamento di G. Maternini) (2020). *Micromobilità elettrica: veicoli (monopattini) e dispositivi (monowheel, hoverboard, segway): disciplina nazionale e analisi fenomeno UE e extra UE*. Forlì: Egaf.

Decreto Legislativo (30 aprile 1992, n. 285). *Nuovo codice della strada*.

Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti (12 luglio 2019, n. 162). *Sperimentazione della circolazione su strada di dispositivi per la micromobilità elettrica*.

Cano-Moreno, J.D., Marcos, M.I., Haro, F.B., D'amato, R., Juanes, J.A. & Heras, E.S. (2019). Methodology for the study of the influence of e-scooter vibrations on human health and comfort. *ACM International Conference Proceeding Ser.*, pp. 445-451.

Legge (27 dicembre 2019, n. 160). *Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2020 e bilancio pluriennale per il triennio 2020-2022*.

5. Caratteristiche, strategie e spazi per il trasporto collettivo

Benedetto Barabino, Michela Bonera, Francesco Filippi, Giovanni Mantovani, Giulio Maternini

Il Trasporto Collettivo (TC) è una delle componenti di traffico principali in area urbana. Inoltre, il miglioramento dell'attrattività e della fruibilità del TC è tra gli obiettivi principali dei Piani Urbani per la Mobilità Sostenibile (PUMS). Incrementare l'utilizzo del TC, infatti, contribuisce fortemente alla diminuzione dei consumi energetici, dell'inquinamento e gli incidenti stradali. In particolare, il TC è ancora più importante nel ridurre questi impatti per un effetto di amplificazione: la ricerca ha mostrato che un utente-km in più sul TC sostituisce fino a 4 veicoli-km in auto. Una corretta pianificazione ed una efficiente integrazione del TC nel sistema generale della mobilità urbana risulta essere fondamentale per favorire il suo utilizzo rispetto al trasporto individuale motorizzato, e garantire una mobilità più sicura e sostenibile. Di seguito vengono riportate alcune indicazioni riguardo il TC su gomma, essendo il sistema di trasporto collettivo presente nella maggior parte delle città. In appendice, vengono altresì riportate alcune indicazioni per quanto riguarda il trasporto tramviario.

Facendo riferimento ad un sistema di TC su gomma (ovvero autobus), il miglioramento della fruibilità degli spazi urbani può essere raggiunto attraverso due strategie di priorità:

- temporale, ovvero quella che riguarda la gestione e l'ottimizzazione dei tempi;
- spaziale, ovvero quella che riguarda la gestione e l'ottimizzazione degli spazi e dei percorsi.

La prima strategia richiede modesti interventi sulla sede stradale, mentre la seconda interviene sulla segnaletica orizzontale e verticale, ma può spingersi fino a interventi "hard" con nuove infrastrutture. La Figura 10 illustra schematicamente i possibili strumenti per l'attuazione della priorità temporale.

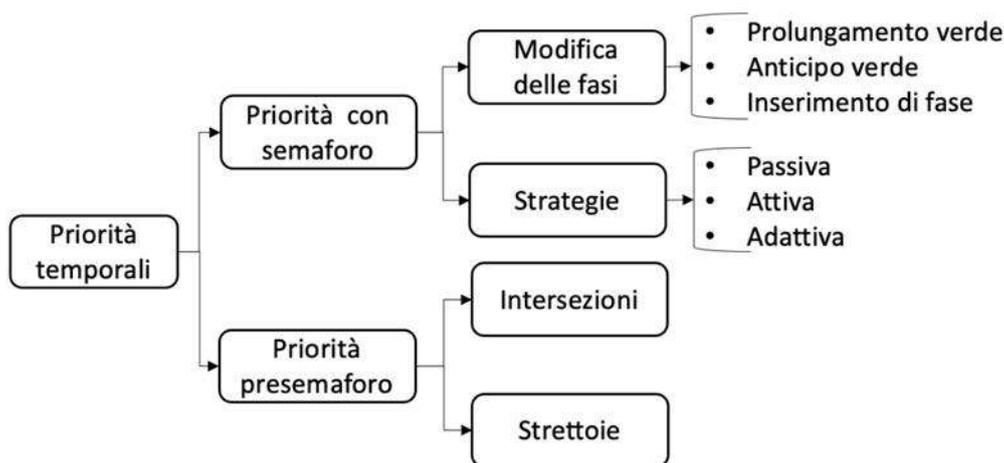


Figura 10 - Strategie di priorità temporali per il TC.

La priorità con semaforo è concessa al TC, preferibilmente su corsia riservata, modificando i tempi delle fasi semaforiche in due modi: prolungando il verde o anticipando il verde quanto basta per consentire al TC l'attraversamento dell'intersezione senza arrestarsi. Lo stesso può avvenire per

manovre di svolta a sinistra con fasi ritardate. Una terza possibilità è l'inserimento di una fase dedicata alla manovra esclusiva del TC. La priorità con semaforo può essere concessa con tre diverse strategie. La priorità passiva regola i piani semaforici, manualmente o con un simulatore, ma offline. Questo metodo dà buoni risultati dove la frequenza del TC è elevata e i tempi di attesa sono prevedibili. La priorità attiva rileva la localizzazione dell'autobus e modifica le fasi semaforiche in tempo reale. Quando la priorità riguarda tutti i sensi di marcia la strategia adattiva regola le fasi in tempo reale per favorire il TC con degli opportuni trade off per tener conto anche del traffico non prioritario dell'intersezione.

Il presemaforo è installato prima di un'intersezione, con o senza semaforo, o di una strettoia, per dare il verde alla corsia riservata, o il rosso alle altre, e creare avanti un'area dinamicamente riservata al TC. Questa area consente al TC di evitare le code derivanti dall'intersezione o dalla strettoia a valle. Alcuni esempi sono riportati nelle successive figure.

In Figura 11 vengono riportate le strategie di priorità basate sulle caratteristiche spaziali.

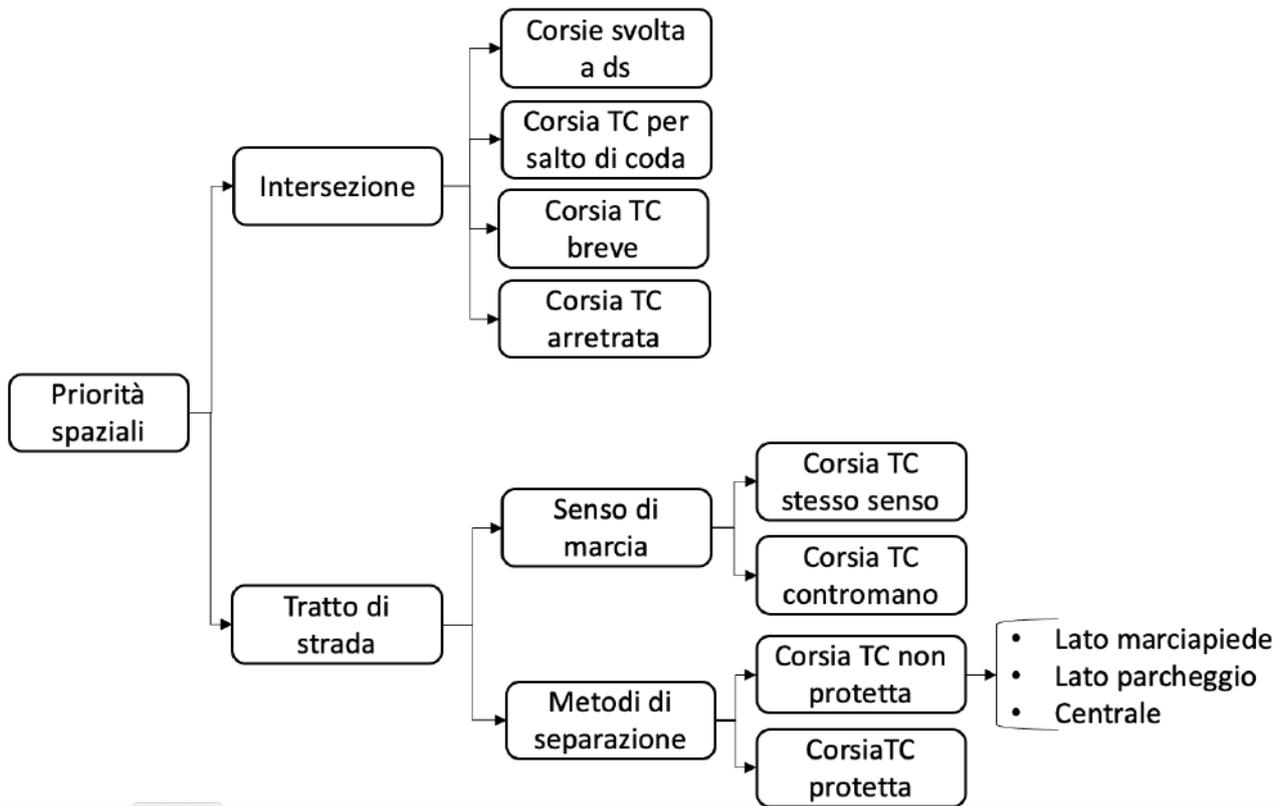


Figura 11 - Strategie di priorità spaziale del TC.

Per la priorità alle intersezioni sono riportati quattro tipi di strategia. La prima riguarda il conflitto per la svolta a destra all'intersezione, tra la corsia veicolare a sinistra della corsia riservata posta sul lato marciapiede o accanto al parcheggio parallelo. Per risolvere tale conflitto, sono possibili due soluzioni: la svolta a destra è proibita durante l'arrivo di un TC, con apposito segnale semaforico oppure la corsia riservata è interrotta in prossimità dell'intersezione. La seconda strategia consente al TC, non in corsia riservata, di usare la breve corsia di svolta a destra per attraversare l'intersezione, agevolato anche dal semaforo che blocca l'altro traffico.

La terza tipologia, possibile quando ci sono almeno due corsie, realizza di fronte all'intersezione una breve corsia riservata.

L'ultima strategia, che favorisce il traffico, arretra la corsia riservata di fronte all'intersezione.

La priorità sul tratto di strada propone diversi tipi chiaramente definiti. Meritano particolare attenzione la corsia protetta e non protetta. La prima ha una barriera fisica più o meno rilevante, ma insormontabile. La non protetta è realizzata con segnaletica orizzontale, con cordoli (h. 10 cm.) o con elementi circolari in rilievo.

Inoltre, è bene ricordare che l'applicazione delle strategie per la priorità spaziale in un itinerario del TC è imprescindibile dalle caratteristiche dell'area attraversata, dalla densità, dalla presenza di attività e servizi. Pertanto, la progettazione deve essere molto precisa e attenta a tali problematiche. Sono possibili due differenti casi:

- Un itinerario leggero realizzato in aree urbane dense con un approccio tattico (Tactical Transit Lane, TTL) senza grandi investimenti, realizzabile in tempi brevi, a carattere temporaneo o permanente, con priorità discontinue, presenti soprattutto in alcune intersezioni più congestionate.

- Un sistema BRT (Bus Rapid Transit) con un approccio strategico, grandi investimenti e tempi di realizzazione anche di alcuni anni, con corsie riservate continue, minime interferenze con il traffico, intersezioni con priorità, anche sfalsate e tratti di strada su corsie sopraelevate o in galleria.

I TTL sono appropriati in aree dense e congestionate quando e dove le velocità e la regolarità sono un problema. In contesti particolarmente congestionati, brevi TTL di pochi isolati possono aumentare in modo significativo l'affidabilità e l'attrattiva del servizio di trasporto pubblico. I BRT sono sistemi di trasporto ad alte capacità e portate, possono risolvere problemi di trasporto in competizione con i sistemi ferroviari, ma con costi e tempi relativamente bassi.

Tabella 10 - Principali caratteristiche del TTL e BRT.

Caratteristiche	TTL	BRT
Localizzazione	urbana, densa, traffico elevato	urbana poco densa o suburbana
Lunghezza corsie riservate	1-2 km	> 3 km
Linee servite	> 1	1 nuova con nome e logo
Corsia riservata	non protetta	protetta
Riduzione fermate	raramente	sempre
Costo al km	100.000 euro	> 1 milione euro

5.1. Caratteristiche delle corsie preferenziali per il TC

Come previsto dalle Direttive Ministeriali dei Piani Urbani del Traffico (PUT), il Regolamento Viario determina le caratteristiche geometriche e di traffico e la disciplina d'uso di ogni tipo di strada, anche rispetto al sistema di trasporto collettivo. Da uno studio recentemente pubblicato¹⁸, è emerso che, tuttavia, nei Regolamenti Viari vigenti non sono generalmente indicati tutti gli elementi necessari per una completa e corretta organizzazione e fruizione del TC. D'altra parte, poiché il trasporto collettivo deve integrarsi con le funzioni urbanistiche presenti sul territorio, il Regolamento Viario dovrebbe contenere il maggior numero possibile di specifiche tecniche che regolamentino le caratteristiche infrastrutturali e funzionali del trasporto collettivo.

Le strade su cui transita il servizio per il trasporto collettivo devono rientrare nella classificazione della viabilità principale e particolare attenzione va posta verso la localizzazione ed attrezzatura delle corsie e/o sedi riservate. In particolare, i bus sono autorizzati a circolare su tutte le strade, tranne in quelle F urbane locali, dove comunque può essere autorizzato il transito per effettuare inversioni di marcia e ricircoli di quartiere. In Tabella 11 viene riportata, per ciascuna classe funzionale, la relativa possibilità di circolazione della componente TC su tale strada.

Tabella 11 - Categorie di traffico ammesse e spazi da assegnare ai mezzi trasporto collettivo in ambito urbano.

Classe funzionale	Denominazione	Bus	Spazi per bus
A – Autostrada Urbana	Strada principale	x	Corsia ordinaria
	Strada di servizio (eventuale)	x	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale

¹⁸ (Barabino et al., 2020).

ASSOCIAZIONE ITALIANA INGEGNERIA DEL TRAFFICO E DEI TRASPORTI
IL RIDISEGNO DEGLI SPAZI URBANI

D - Urbana di scorrimento	Strada principale	x	Corsia ordinaria
	Strada di servizio (eventuale)	x	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale
E - Urbana di quartiere	-	x	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale
F- Locale	-	xx	Corsia ordinaria, Corsia preferenziale
<i>x Categoria ammessa; xx su strade locali classificate come pedonali e/o parcheggio non è ammessa la circolazione.</i>			

Come prescritto dal DM 6792/2001, la larghezza minima di una corsia su cui transiti un mezzo del trasporto collettivo è pari a 3,50 m, perché la larghezza massima del veicolo (specchietti compresi) è di circa 3,20 m.

La circolazione dei bus è ammessa sia in corsia ordinaria che in sede riservata, così come previsto dall'art. 7, comma 1, del Nuovo Codice della Strada, in cui si esplicita la facoltà di riservare delle strade alla circolazione dei veicoli del trasporto collettivo al fine di favorire la mobilità urbana. A tal proposito, viene suggerito l'uso di corsie preferenziali e/o sedi stradali riservate quando sulla strada in questione transitano circa 25÷30 bus/h per senso di marcia, tali da garantire una capacità di trasporto compresa fra 2000÷4000 pass/h, decisamente superiore a quella dei soli mezzi individuali. Il ricorso a corsie preferenziali si rende necessario anche per migliorare la sicurezza in corrispondenza della fermata. In generale, la creazione di corsie preferenziali può avvenire mediante segnaletica orizzontale sulla pavimentazione stradale o barriere fisiche in modo da realizzare delle corsie dedicate¹⁹.

Le corsie preferenziali possono essere classificate in funzione del livello di protezione crescente in riservata, protetta o propria²⁰; o del senso di percorrenza, ovvero possono essere distinte in concordi o contromano. In particolare:

- la corsia riservata e/o protetta del tipo **concorde** andrebbe inserita, possibilmente sempre in destra per favorire l'accessibilità dell'utenza direttamente sui marciapiedi, lungo le strade maggiormente soggette a congestione e soprattutto nei pressi delle intersezioni, per non ritardare ulteriormente il mezzo di trasporto collettivo.
- la corsia riservata e/o protetta del tipo **contromano** potrebbe essere prescritta per diminuire la lunghezza dell'itinerario del bus, oltre che fornire un accesso privilegiato ai poli attrattori di traffico. Inoltre, tale corsia andrebbe prescritta per garantire maggiori condizioni di sicurezza e moderare la velocità del traffico veicolare in ingresso, soprattutto in corrispondenza delle intersezioni.

¹⁹ La separazione tra TC e trasporto individuale può avvenire realizzando bus vie. Esse sono degli spazi dedicati, costituiti da almeno due corsie, ad uso esclusivo dei bus. All'interno di essi, i bus possono transitare liberamente o possono essere guidati mediante sistemi a guida meccanica, magnetica ed ottica. La presenza delle bus vie in Italia è praticamente assente, in Europa è molto limitata (e.g., Essen in Germania, Leeds nel Regno Unito), mentre è più diffusa in alcuni paesi d'oltremare, specialmente nel Sud America, perché l'adozione di sistemi a guida vincolata risulterebbe troppo costosa per questi paesi con economia in via di sviluppo.

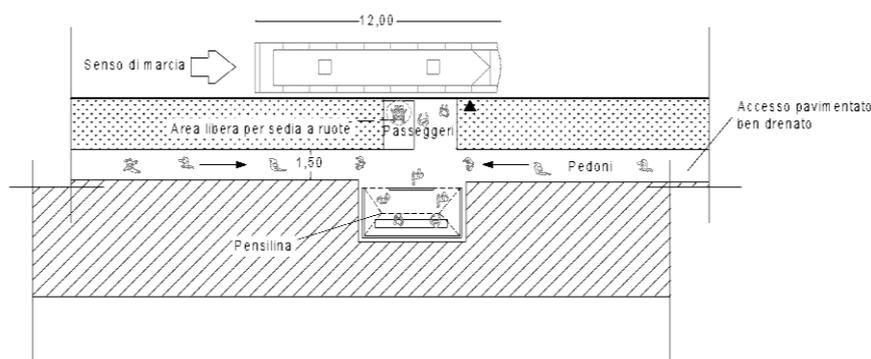
²⁰ Secondo l'art.3, comma 1 del DL 285/1992, si definisce corsia riservata "una corsia di marcia destinata alla circolazione esclusiva di una o solo alcune categorie di veicoli". In questa nota, fatta salva la definizione del DL 285/1992, la corsia riservata ammette il transito di alcune categorie di veicoli, ma non è fisicamente separata dal resto della corrente veicolare. La corsia protetta consente di avere un buon grado di separazione fra il trasporto individuale e quello collettivo mediante la realizzazione di elementi fisici quali cordoli da realizzarsi in accordo agli art. 140, e/o 154 e/o 178 del DPR 495/1992. La sede propria rappresenta l'infrastruttura dedicata alla marcia del veicolo di TC (e.g., la sede ferroviaria con di sistemi di regolazione della marcia proprietari).

Inoltre, va posta particolare attenzione all'adozione dei sensi unici di marcia per evitare di allungare eccessivamente la fascia di influenza delle linee del trasporto collettivo. Una distanza non superiore ai 100 m fra sensi unici è fortemente raccomandata e particolare cautela è richiesta per l'uso del contromano.

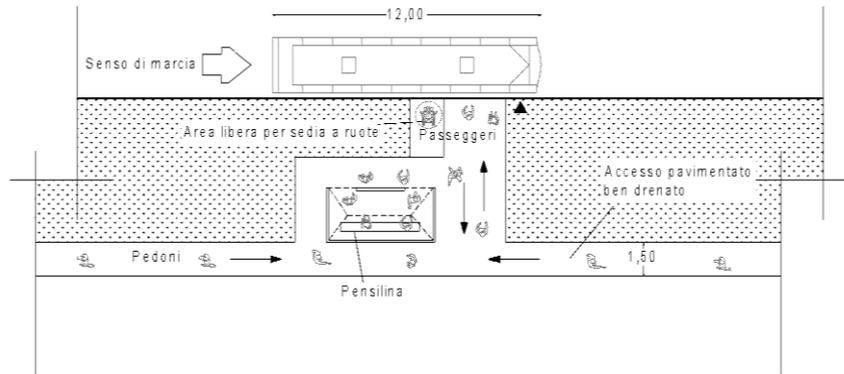
Come visto, la larghezza della corsia per la circolazione dei mezzi del TC dovrebbe essere non inferiore ai 3,50 m. Inoltre, come previsto dalla recente Legge 120/2020 che modifica il Nuovo Codice della Strada, la circolazione dei velocipedi sulle corsie preferenziali per il TC è ammessa, purché non siano presenti binari tramviari a raso ed a condizione che, salvo situazioni puntuali, il modulo delle strade non sia inferiore a 4,30 m. Inoltre, in accordo con le linee guida svizzere, è bene prescrivere che la parte più a destra della corsia preferenziale dovrebbe essere libera da qualunque disturbo al transito delle biciclette (*ad esempio* chiusini, caditoie).

5.2. Organizzazione degli spazi alla fermata

Il posizionamento e l'organizzazione della fermata sono fattori fondamentali per garantire un buon livello di servizio e una certa attrattività del sistema di trasporto collettivo. Con tale convinzione l'AIIT ha già nel passato dedicato molta attenzione a questo argomento, di cui in particolare alla pubblicazione del Quaderno AIIT n° 5 – Fermate del trasporto pubblico urbano (ed. EGAF, ottobre 2005), visionabile sul sito AIIT. Inoltre, garantire un buon livello di accessibilità alla fermata, favorisce l'intermodalità, soprattutto per quanto riguarda gli spostamenti dell'ultimo miglio. In particolare, la presenza di percorsi curvilinei, discontinui, con un elevato numero di intersezioni con il traffico veicolare e con una geometria (larghezza, pendenza) e pavimentazione non idonee, non solo possono aumentare il tempo di accesso alla fermata, ma anche diminuire il livello di sicurezza e di qualità del percorso. Nelle figure seguenti si propongono schemi tipo di organizzazione dell'area di attesa alla fermata.



A



B

Figura 12 - Schema concettuale di accessibilità pedonale alla fermata. Accesso da un'area di attesa in fermata al ciglio del marciapiede (A) e (B).

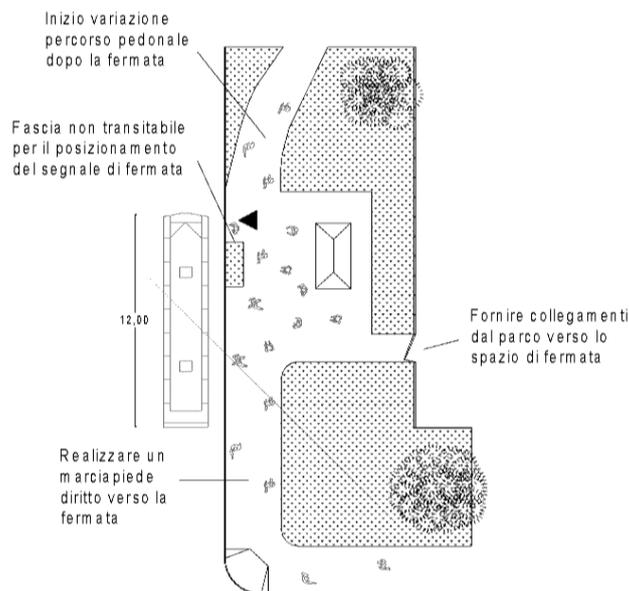


Figura 13 - Schema concettuale di accessibilità pedonale alla fermata favorevole.

Fa parte dell'organizzazione delle fermate del TC anche l'attraversamento pedonale o ciclo-pedonale più prossimo, in quanto ciascuna di esse è sempre a servizio dei due fronti stradali. In particolare, per quanto riguarda l'attraversamento pedonale o ciclo-pedonale, esso dovrebbe essere sempre garantito in coda al bus, con relativo attraversamento -nelle strade a doppio senso di marcia- sufficientemente arretrato per la visibilità dei pedoni in rapporto ai veicoli dell'opposto senso di marcia, salvo che l'attraversamento medesimo non sia semaforizzato. L'attraversamento deve essere accessibile a tutti (e.g., sedia a ruote, passeggeri, deambulatori), ben visibile e poter garantire continuità ai percorsi ciclo-pedonali per accedere alla fermata. Pertanto, è possibile specificare attraversamenti rialzati, anche con un'isola per l'attraversamento in due tempi, per garantire maggiore sicurezza ai pedoni ed impedire il sorpasso del bus da parte di altri veicoli. È necessario, però, che la sopraelevazione non interferisca con la manovra di avvicinamento del bus al marciapiede. Pertanto, l'intero impianto della fermata deve essere distante almeno 6 m dalla

piattaforma rialzata (di 15 cm, per essere allo stesso livello del marciapiede) e la rampa dell'attraversamento rialzato avere una pendenza non superiore al 4% ed una lunghezza minima di 3,75 m. La larghezza dell'attraversamento pedonale, escludendo le due rampe, dovrà essere maggiore del passo del veicolo più lungo atteso in fermata e non inferiore a 6,00 m, in modo che per qualche istante l'asse anteriore e quello posteriore siano alla stessa quota.

Nel dimensionamento dell'area di attesa è necessario tenere in opportuna considerazione anche il livello di servizio (LdS) offerto dalla stessa. L'Highway Capacity Manual (v. anche il precedente paragrafo 2.2) propone una metodologia per il calcolo del LdS. Il parametro di riferimento è lo spazio pedonale definito come il rapporto tra l'area di attesa e il numero di persone che contemporaneamente la occupano. Generalmente si assume un'area di 0,75 m² come valore minimo per la zona di influenza di ciascun pedone. La Tabella 12 riporta i diversi livelli di servizio previsti per le aree di attesa pedonali, che variano da quello A (il migliore) a quello F (il peggiore).

Tabella 12 - Livelli di servizio per le aree di attesa pedonali.

LdS	Tipologia di flusso	Spazio pedonale [m ² /p]	Distanza tra i pedoni [m]	Caratteristiche del flusso pedonale	Schema
A	Libero	≥ 1,20	≥ 1,20	Nell'area di attesa si può stazionare e circolare liberamente, senza disturbare gli altri pedoni in coda.	
B	Libero, ma con minor spazio	0,90 – 1,20	1,10 – 1,20	Lo stazionamento e la circolazione, più limitata che nel caso "A", sono ancora possibili senza che si disturbino altre persone.	
C	Stabile	0,60 – 0,90	0,90 – 1,10	La circolazione è ancora possibile, disturbando però gli altri pedoni; i valori della densità rientrano comunque nel campo del comfort personale.	
D	Condizionato	0,30 – 0,60	0,60 – 0,90	Lo stazionamento può anche non implicare il contatto con gli altri; la circolazione però è molto difficoltosa e l'avanzamento è possibile solo in gruppo. A questa densità l'attesa per un lungo intervallo di tempo crea un senso di disagio.	
E	Forzato (capacità massima)	0,20 – 0,30	≤ 0,60	Il contatto con gli altri è inevitabile ed è impossibile circolare. Tali condizioni di densità sono sopportabili solo per un breve intervallo di tempo, oltre il quale si manifesta un evidente disagio.	
F	Congestionato	≤ 0,20	Stretto contatto	Le persone in coda sono in contatto fisico le une con le altre. La densità è tale da generare estremo disagio, impedire qualsiasi movimento e provocare, nel caso di grandi folle, il panico.	

Oltre a garantire adeguate aree per la sosta degli utenti, anche l'arredo funzionale risulta essere un fattore importante per la qualità dell'area di attesa (nome della fermata, percorso dell'intera linea, possibili trasbordi con altre linee, orari e frequenze dei passaggi dei mezzi, eventuale planimetria dell'intera rete del TC e distributori automatici dei biglietti, ecc.). Inoltre, per favorire l'intermodalità, è opportuno che almeno nelle fermate principali del trasporto collettivo siano presenti punti per la sosta delle biciclette o postazioni del bike-sharing. Nel caso dei capolinea, oltre a tali elementi, se la rilevanza del sistema di trasporto lo richiede, si possono prevedere parcheggi scambiatori.

Per favorire poi il corretto utilizzo delle fermate del TC da parte di tutta l'utenza veicolare motorizzata e pedonale, sulle strade dove è consentita la sosta veicolare a lato del marciapiede è opportuno che quest'ultima venga fisicamente interrotta tramite l'ampliamento del marciapiede medesimo (ossia con creazione di uno specifico molo), utile anche per il rispetto degli standard dei LdS riportati precedentemente.

Da ultimo, al fine di favorire lo sviluppo della mobilità ciclistica, è bene contestualmente anche ricordare che la pista ciclabile non sia interrotta da elementi invalicabili in corrispondenza della corsia e/o fermata del trasporto collettivo. Per garantire questa continuità, si prospettino due possibili soluzioni che, tuttavia, necessitano di accurate valutazioni preventive, anche in relazione ai flussi di traffico:

- corsia (e/o fermata) affiancata alla pista ciclabile, per cui i pedoni attraversano la pista ciclabile per salire/scendere dal bus ed hanno la precedenza rispetto ai ciclisti;
- corsia (e/o fermata) separata dalla pista mediante un'isola pedonale (soluzione molto diffusa all'estero, ad esempio Copenaghen), per cui i passeggeri attraversano la pista ciclabile (che è dietro alla fermata) per raggiungere l'isola ed attendere l'arrivo del bus.

5.3. *Autobus turistici*

Un sistema di autobus non opera solamente per fornire un servizio di TC, ma anche i servizi di linea di gran turismo e gli autobus turistici (AT), che trasportano a prezzi competitivi, ma con profitto, 40-60 passeggeri con minimi impatti sulla congestione veicolare. Generalmente, però, tali servizi non vengono promossi o considerati come una potenziale risorsa, visto che portano turisti in modo efficiente e integrano il TPL senza costi.

Al contrario, come succede in alcune città e metropoli europee, alcune strategie di pianificazione come la *Congestion Charge Zone* (CCZ) dovrebbero essere implementate per favorire ed incentivare l'utilizzo e la diffusione di tali servizi di trasporto collettivo. Tali sistemi, infatti, premiano la capacità e l'efficienza del sistema di trasporto. Per esempio, l'AT a Londra è esentato con 9 o più posti, mentre a Stoccolma ciò avviene se maggiore di 14,5 t. In Italia dove non esiste la CCZ per le autovetture, c'è invece per gli AT, per esempio a Roma e Firenze. Per non pagare tale tassa, bisognerebbe trasferire i passeggeri degli AT in alcuni nodi periferici sulle linee del TC con incremento dei costi e disagi maggiori per tutti.

Per utilizzare intelligentemente la capacità di trasporto degli AT bisogna organizzare la sosta e i percorsi, connettere i veicoli a sistemi ITS e guidarli con il routing e apposita segnaletica. L'obiettivo è indicare i percorsi più favorevoli dal punto di vista del tempo e della distanza, al fine di evitare ricerche inutili dei posti per la sosta, manovre complicate di svolta o passaggi in zone sensibili (residenziali) della città.

Bisogna predisporre adeguate aree di parcheggio e di attesa con funzioni diversificate, poste in vicinanza delle destinazioni turistiche e dimensionate in base alla durata consentita della permanenza. Per favorire la circolazione degli AT le corsie riservate del TC devono essere accessibili, come a Londra per gli autobus con 9 o più posti se non diversamente indicato con apposito segnale. La rete dei percorsi e delle aree di sosta è integrata da centri di servizio per gli AT, per offrire assistenza tecnica ai conducenti in caso di guasto o altra difficoltà.

Riferimenti bibliografici

- Barabino, B., Bonera, M., Ventura, R. & Maternini, G. (2020). Collective road transport infrastructural characteristics and spaces in the urban road regulation. *Ingegneria Ferroviaria*, 75(10), pp. 727-767.
- Braess, D., Nagurney, A.A. & Wakolbinger, T. (2005). *On a Paradox of Traffic Planning*. *Transportation Science*, 39(4), pp. 446-450.
- Cairns, S., Atkins, S. & Goodwin, P. (2002). Disappearing traffic? The story so far. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Municipal Engineer*, 151(1), pp. 13-22.
- Dadashzadeh, N. & Ergun, M. (2018). Spatial bus priority schemes, implementation challenges and needs: an overview and directions for future studies. *Public Transport*, 10, pp. 545-570.
- Downs, A. (1962). The law of peak-hour expressway congestion. *Traffic Quarterly*, 16.
- European Cooperation in Science and Technology. (2011). *Buses with High Level of Service: Fundamental Characteristics and Recommendations for Decision-making and Research*. Brussels: European Cooperation in Science and Technology.
- Frey, H., Leth, U., Mayerthaler, A. & Brezina, T. (2011). Predicted congestions never occur. On the gap between transport modelling and human behaviour. *Transport Problems*, 6(1), pp. 73-86.
- Goodwin, P. (1998). *Some Problems in the Transformation of Transport Policy*. ESRC Transport Studies Unit Working Paper. London: University College London.
- Kenworthy, J.R. (2018). Reducing Passenger Transport Energy Use in Cities: A Comparative Perspective on Private and Public Transport Energy Use in American, Canadian, Australian, European and Asian Cities, in *Urban Energy Transition*, pp. 169-204.
- Ministero dei Lavori Pubblici. (1995). *Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico (art.36 del decreto legislativo 30-4-1992, n.285. Nuovo codice della strada)*.
- Mogridge, M. (1997). The Self-Defeating Nature of Urban Road Capacity Policy: A Review of Theories, Disputes and Available Evidence. *Transport Policy*, 4(1), pp. 5-23.
- Speck, J. (2018). *Walkable City Rules*, Washington D.C.: Island Press.
- Thomson, J.M. (1977). *Great Cities and their Traffic*. London: Gollancz.
- UCLA Institute of Transportation Studies. (2019). *Best practices in implementing Tactical Transit Lanes*. UCLA ITS, SB1.

APPENDICE - Esempi applicativi e casi studio

A) Applicazione dell'indice di compatibilità pedonale nel comune di Acireale (CT)

Elena Cocuzza, Nadia Giuffrida, Matteo Ignaccolo, Giuseppe Inturri, Michela Le Pira, Vincenza Torrisi

La metodologia proposta per il calcolo dell'indice di compatibilità pedonale (ICP) è stata applicata a un caso studio, Acireale, un comune di circa 50.000 abitanti tra i più importanti centri urbani dell'Area Metropolitana di Catania, adagiato in parte su una terrazza di lava, "la Timpa", a strapiombo sul Mar Ionio. Nel Centro storico, che è un'area ricca di numerose attività commerciali, turistiche e di servizi, la mobilità pedonale ha un ruolo essenziale; tuttavia, il suo sviluppo risente fortemente sia dell'uso predominante del mezzo privato anche per brevi distanze, sia della presenza di marciapiedi inadeguati o della loro assenza. Risulta, dunque, evidente la necessità di interventi di riqualificazione delle infrastrutture per la mobilità pedonale (e ciclabile). Pertanto, per accertare le condizioni di pedonalità delle strade, è stato calcolato il ICP sia per i collegamenti carrabili che per quelli pedonali; i valori normalizzati di ICP sono stati associati a una scala di colori composta da quattro diversi colori dal verde scuro al rosso (situazione più critica), al fine di ottenere una valutazione globale immediata di ogni collegamento rispetto alle criticità emergenti e conseguentemente ad una scala di priorità. I dati sono stati raccolti e organizzati in un database spaziale e sono state realizzate diverse mappe tematiche, concentrandosi sulla compatibilità pedonale e sulle caratteristiche illustrate nella Tabella 2.

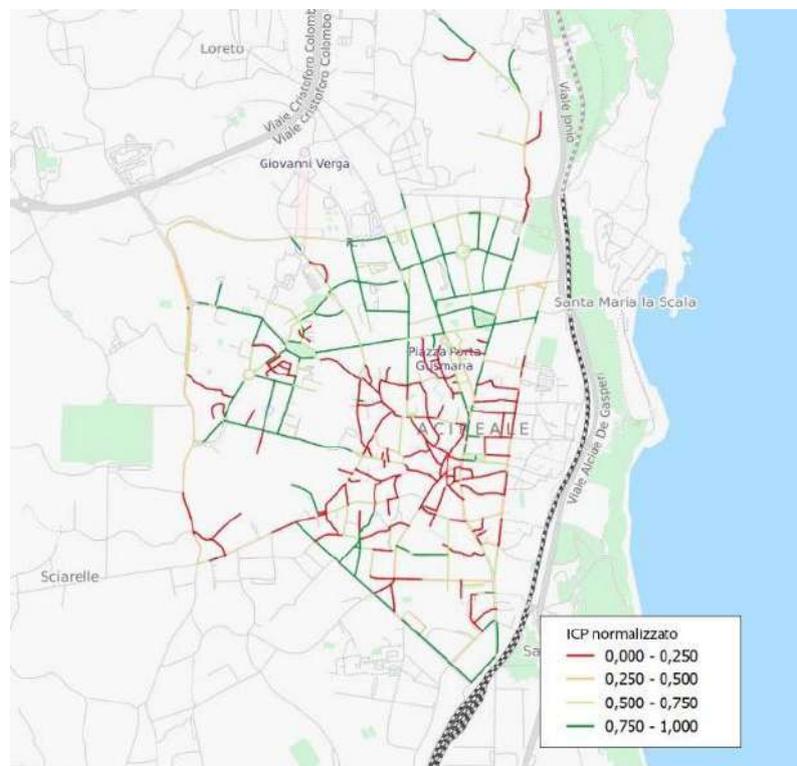


Figura 14 - Indice di Compatibilità Pedonale – ICP per l'area urbana della città di Acireale.

Dall'analisi dei risultati, sono emerse differenti criticità, tra cui i percorsi pedonali che collegano le principali strutture (scuole e ospedali) situate al di fuori del centro storico a discapito degli utenti

vulnerabili. Pertanto, è stata proposta la riqualificazione dei percorsi pedonali attorno a una scuola, scelta tra i siti risultati critici e prioritari secondo il valore medio del PCI delle vie di accesso alle scuole²¹. In Figura 14 è riportato un esempio di mappatura dell'ICP, incluso nel Piano Generale del Traffico Urbano della città di Acireale, classificato in 5 livelli a seconda del valore numerico normalizzato dell'indice (0 = minima walkability, 1 = massima walkability).

B) Global Street Design Guide: proposte progettuali per i percorsi pedonali

Stefania Balestrieri, Michela Bonera

In tutto il mondo gli investimenti si stanno spostando dalla costruzione incontrollata di città e di strade più grandi, alla costruzione di strade che supportino luoghi di qualità. Nello specifico, le città stanno riscoprendo i vantaggi di progettare strade come spazi pubblici "vivibili" dove si integrano le diverse funzioni urbane. Il nuovo approccio dello Street design, basato sulle persone e sui luoghi, dimostra la possibile trasformazione delle strade esistenti in grandi spazi urbani multidimensionali.

Il **Global Street Design Guide**²² è un manuale che ha l'obiettivo di delineare delle linee guida globali per la progettazione di strade e spazi pubblici, ridefinendo il ruolo delle strade in un mondo in rapida urbanizzazione. La guida adotta un approccio interdisciplinare, che valuta la qualità delle strade e degli spazi pubblici urbani includendo criteri quali l'accessibilità, la sicurezza e la mobilità per tutti gli utenti, la qualità ambientale, il beneficio economico, la salute pubblica e la qualità della vita. Particolare attenzione viene posta alla mobilità pedonale, ciclabile e ai sistemi della mobilità sostenibile. La guida, oltre a proporre diversi contenuti di carattere teorico e pratico, presenta diversi casi applicativi reali, in cui lo spazio stradale è stato ripensato e ridisegnato. Di seguito si riportano alcuni esempi proposti riferiti alla progettazione dei percorsi pedonali.

Marciapiedi

Nelle Global Street Design Guide vengono individuate quattro zone principali in cui può essere ripartita la piattaforma del marciapiede (Figura 15):

1. **Zona frontale**, che definisce la sezione del marciapiede che funge da prolungamento dell'edificio, è costituita dalla facciata dell'edificio che si affaccia sulla strada e dallo spazio immediatamente adiacente all'edificio (comprendente tavolini e sedie di bar, ecc.);
2. **Percorso libero**, che definisce il percorso primario, dedicato e accessibile, che corre parallelo alla strada. Il percorso libero assicura che i pedoni abbiano un posto sicuro e adatto per camminare. Si tratta dello spazio utile ai fini del calcolo del livello di servizio del percorso pedonale che dovrebbe essere largo 1,8 - 2,4 m in ambiti residenziali e 2,4 - 4,5 m nelle zone centrali e nelle vie commerciali con consistenti volumi di traffico pedonale
3. **Area di arredo urbano**, ovvero la sezione del marciapiede fra il cordolo e il percorso libero, in cui trovano collocazione elementi di arredo urbano e accessori (illuminazione, panchine, edicole, fermate del trasporto pubblico, pali, piante e posteggi per le biciclette).

²¹ Per maggiori dettagli si rimanda allo studio condotto da (Ignaccolo et al., 2020a).

²² (National Association of City Transportation Officials, 2016). Il manuale completo, in inglese, è scaricabile liberamente dal sito <https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/>.

4. **Zona cuscinetto**, è definita come lo spazio immediatamente accanto al marciapiede e può consistere in una varietà di elementi diversi (spazio verde, parcheggi, stalli per le biciclette) oppure essere adibito a piste ciclabili.

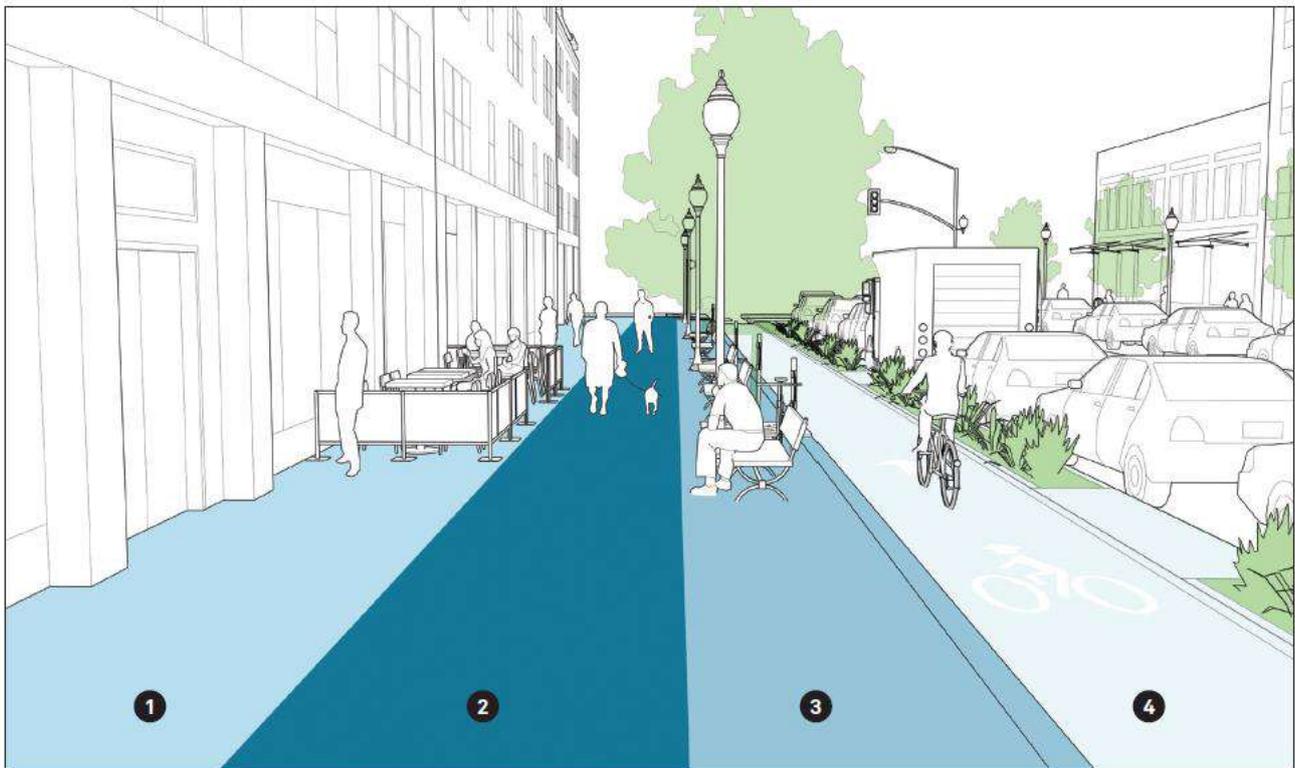
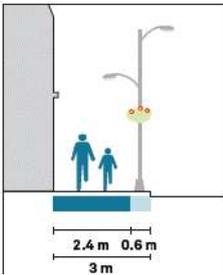
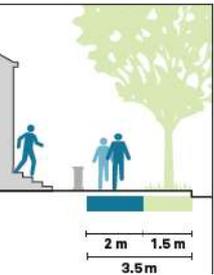


Figura 15 - Esempio di suddivisione della piattaforma del marciapiede. Fonte: NACTO (2016).

Tabella 13 - Alcuni schemi per l'organizzazione del marciapiede.

Marciapiede stretto	Marciapiede a nastro
 <p>Strade poco trafficate in contesti a bassa densità possono avere marciapiedi stretti. È necessario prevedere una larghezza dello spazio libero per camminare di 2,4 m, con un valore minimo assoluto di 1,8 m. Quando le strade sono troppo strette per gli alberi, altre alternative paesaggistiche possono essere esplorate. Se non possono essere realizzati su entrambi i lati di una strada marciapiedi adeguati, è preferibile adottare la soluzione dello spazio condiviso (<i>shared spaces</i>). Le utenze vanno localizzate contro il marciapiede.</p>	 <p>In strade a bassa densità, dove il marciapiede si trova tra una striscia piantumata e un edificio arretrato, assicurare una larghezza minima di 2 m. Lo spazio per la piantumazione non deve essere inferiore a 1,5 m. I pali delle utenze vanno localizzati nella striscia piantumata, con attenzione all'antinomia esistente tra alberature ed illuminazione stradale, la cui utilità può rimanere vanificata dall'ombra determinata dalla vegetazione arborea.</p>

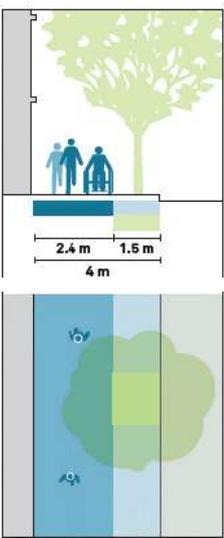
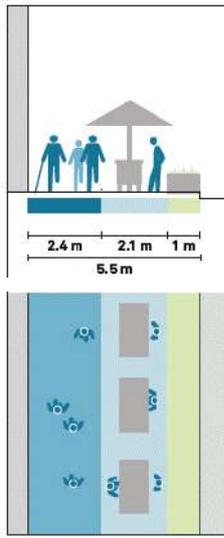
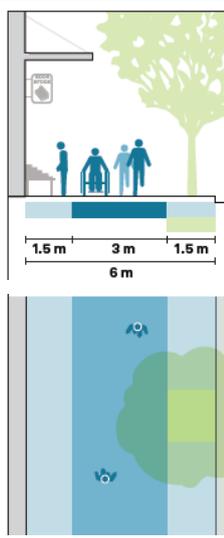
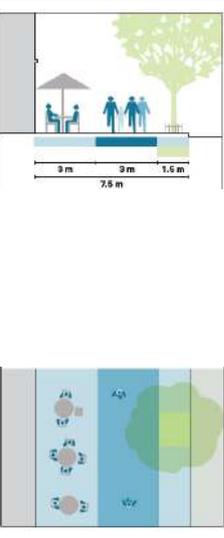
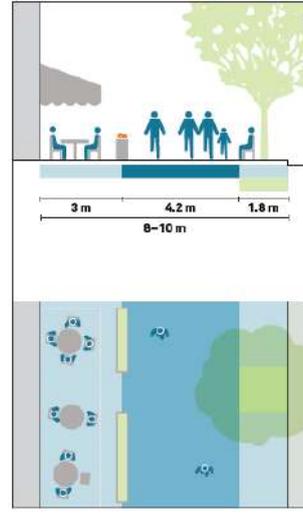
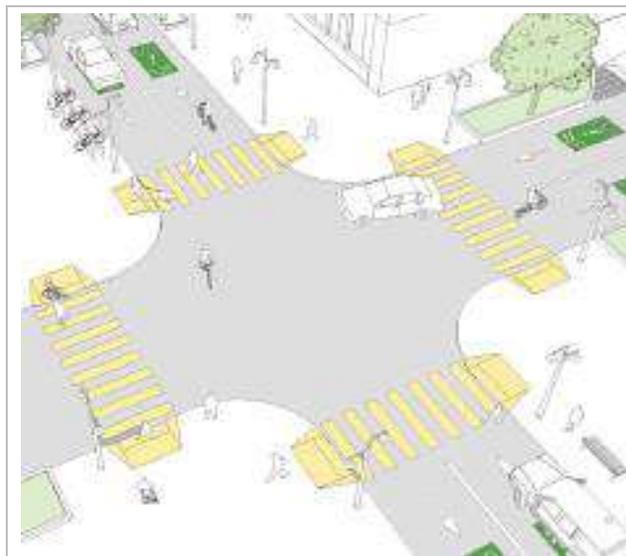
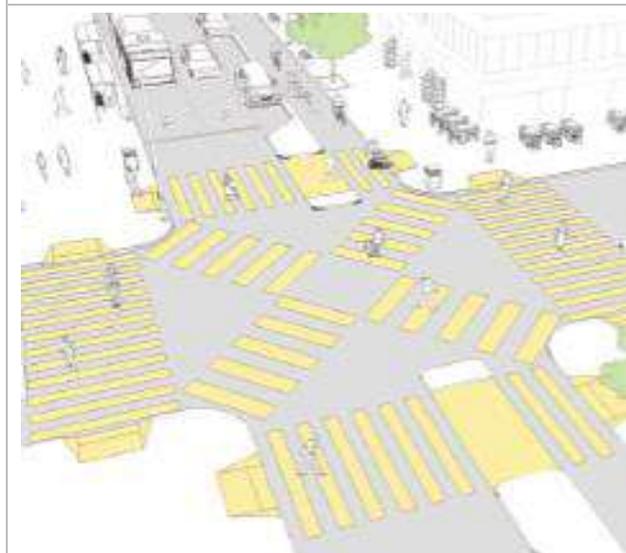
<p>Marciapiede stretto con alberatura</p>  <p>Le strade residenziali a densità media dovrebbero mantenere un percorso libero pedonale di 2,4 m o più. Quando lo spazio lo permette, gli alberi devono essere piantati tra il percorso libero e la carreggiata o il parcheggio.</p> <p>La larghezza dello spazio per la messa a dimora degli alberi dovrebbe essere di almeno 1,5 m.</p>	<p>Strada principale del vicinato (1)</p>  <p>Sulle strade di vendita al dettaglio, con un traffico pedonale basso ma persistente, i marciapiedi dovrebbero fornire uno spazio minimo di 2,4 m in aggiunta allo spazio per le attività commerciali. Quando non c'è abbastanza larghezza per piantare gli alberi, realizzare strisce di verde o fioriere e ad uso anche della sosta degli acquirenti.</p>
<p>Strada principale del vicinato (2)</p>  <p>Le strade principali del vicinato devono fornire un percorso chiaro di 2,4 m per consentire a moderati volumi di persone di camminare comodamente in affiancamento. Lo spazio per l'estensione delle attività commerciali dovrebbe essere assegnato sul lato dell'edificio, compresi anche gli spazi necessari per la sosta dei pedoni davanti alle vetrine dei negozi. Gli alberi e la disposizione dei posti a sedere dovrebbero fornire una "barriera" tra pedoni, cicli o i veicoli in transito.</p>	<p>Marciapiede commerciale medio</p>  <p>I marciapiedi su strade commerciali dovrebbero fornire un percorso libero di 3 m o più per consentire un flusso continuo e permettere alle persone di camminare comodamente affiancate. Le attività commerciali del pianterreno possono essere incoraggiate ad "occupare" il marciapiede fornendo uno spazio flessibile e dedicato sul marciapiede adiacente al percorso libero.</p>
<p>Marciapiede commerciale ampio</p>	
 <p>I corridoi commerciali con elevati flussi e attività dovrebbero essere progettati, quando possibile, con una larghezza di 8-10 m, prevedendo attività commerciali, arredo urbano, fermate del trasporto pubblico, pensiline, spazi di attesa, infrastrutture verdi e paesaggistiche.</p>	

Tabella 14 - Alcuni schemi per l'organizzazione degli attraversamenti pedonali.



Attraversamento convenzionale

Volume del traffico pedonale: da scarso ad elevato
Semaforizzato: sì (sempre con specifica fase semaforica per i pedoni)
Alle intersezioni: sì
Tra isolati: no
Velocità dei veicoli: qualunque velocità
Volume del traffico veicolare: da scarso ad elevato



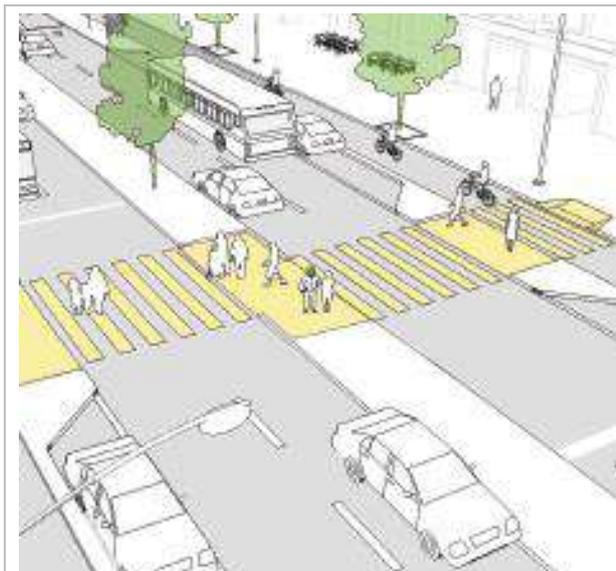
Attraversamento diagonale

Volume del traffico pedonale: elevato
Semaforizzato: sì
Alle intersezioni: sì
Tra isolati: no
Velocità dei veicoli: qualunque velocità
Volume del traffico veicolare: da medio ad elevato



Attraversamento con traffic calming

Volume del traffico pedonale: da scarso ad elevato
Semaforizzato: no/attivato
Alle intersezioni: no (preferire attraversamento rialzato)
Tra isolati: sì
Velocità dei veicoli: superiore a 30 km/h
Volume del traffico veicolare: medio



Attraversamento disassato

Volume del traffico pedonale: da scarso ad elevato
Semaforizzato: attivato
Alle intersezioni: no
Tra isolati: si
Velocità dei veicoli: superiore a 30 km/h
Volume del traffico veicolare: medio



Attraversamento con avanzamento del marciapiede (molo)

Volume del traffico pedonale: scarso
Semaforizzato: no
Alle intersezioni: no
Tra isolati: si
Velocità dei veicoli: inferiore a 30 km/h
Volume del traffico veicolare: scarso



Isole salvagente

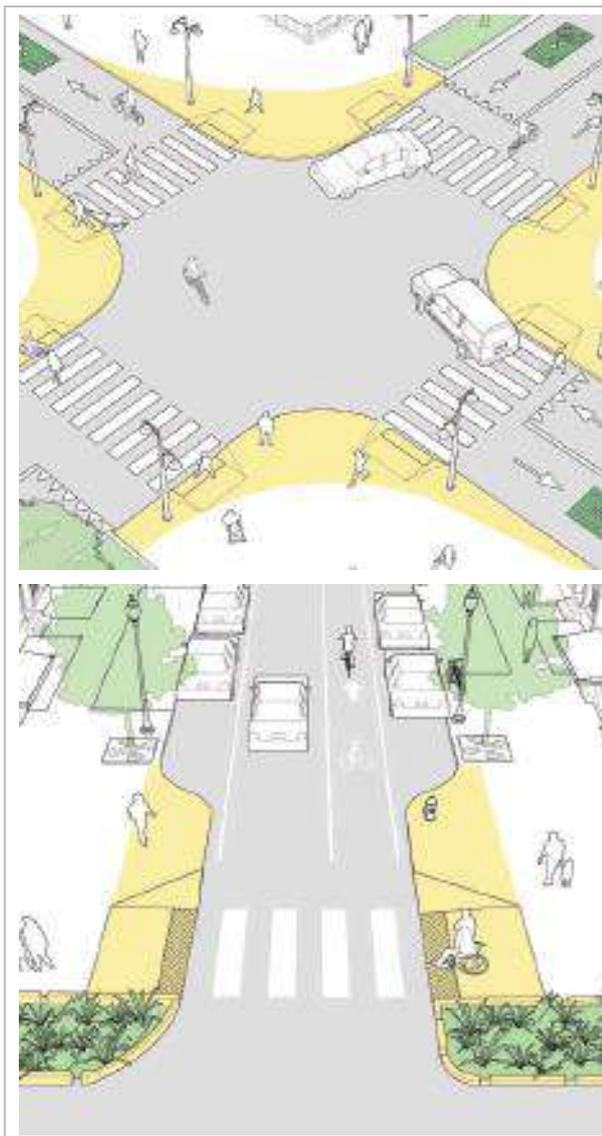
Permette un attraversamento in due tempi della carreggiata (con o senza semaforo).

In tutte le strade dove si devono attraversare tre o più corsie di marcia o in strade più strette dove le velocità e i volumi veicolari rendono non sicuri gli attraversamenti diretti.

Le isole salvagente devono avere una larghezza minima di **1,8 m**, preferibili di **2,4 m**.

La larghezza del varco nell'isola salvagente deve essere uguale alla larghezza dell'attraversamento pedonale o essere almeno larga come il percorso libero.

Quando tale larghezza è più larga di 3 m, è necessario installare paletti per impedire ai veicoli di parcheggiare o fare manovra nel salvagente pedonale.



Avanzamento del marciapiede

Prevedere un avanzamento del marciapiede riduce le distanze di attraversamento e aumenta lo spazio pedonale.

Le estensioni del marciapiede restringono la strada fisicamente e visivamente e aumentano lo spazio disponibile per l'attesa dei pedoni. Da utilizzare sempre che il volume del traffico veicolare non abbia a congestionarsi per la eventuale riduzione di corsie di canalizzazione.

C) Elementi di pianificazione delle infrastrutture per la mobilità ciclistica

Michela Bonera, Giulio Maternini, Roberto Ventura

A titolo esemplificativo, in attesa dell'aggiornamento di specifiche disposizioni regolamentari e attuative delle recenti modifiche al Codice della Strada, si propongono alcuni schemi tipo per l'organizzazione della sezione stradale in presenza di infrastrutture per la mobilità ciclistica.

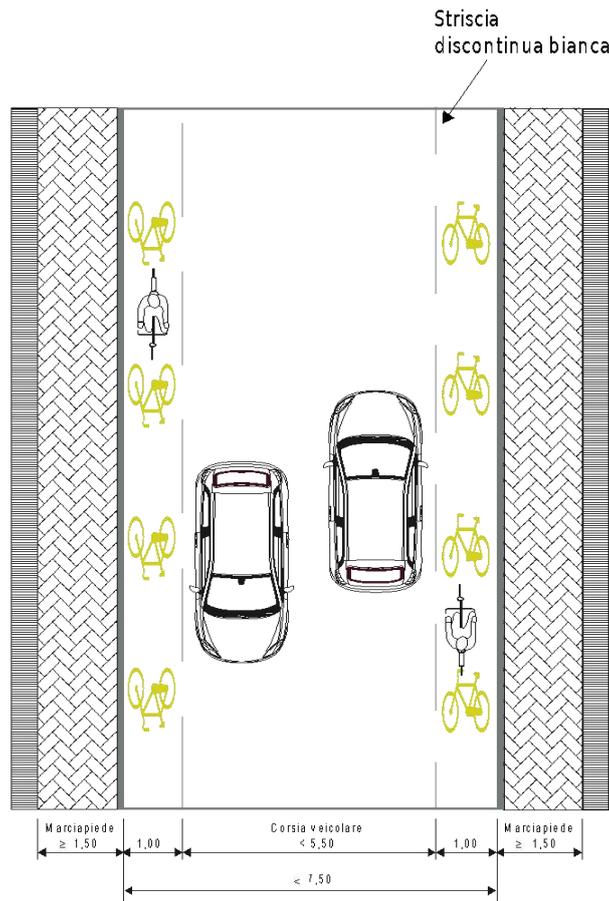


Figura 16 - Carreggiata con delimitazione della corsia ciclabile valicabile in strada urbana di classe E o F. L'insufficiente larghezza della carreggiata, che si presenta nella maggior parte delle strade dei centri storici, non consente l'inserimento della riga di mezzzeria.

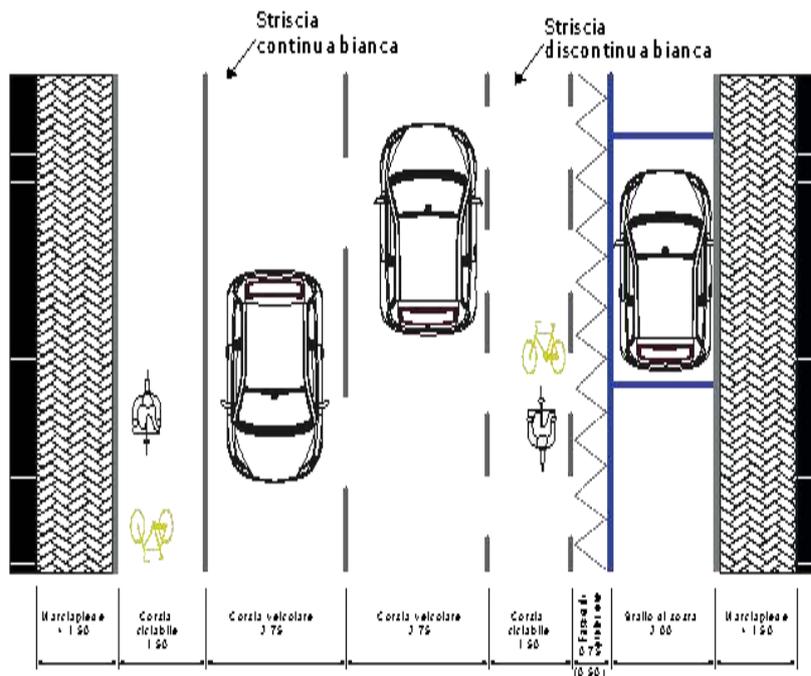


Figura 17 - Schema di strada urbana di classe F con fascia di protezione tra la corsia ciclabile e gli stalli di sosta longitudinali.

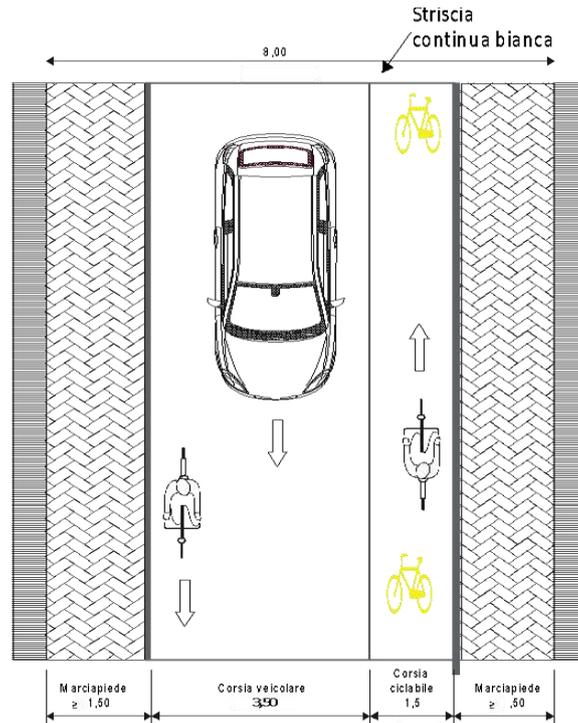


Figura 18 - Strada urbana di classe E o F a senso unico con velocità inferiore a 30 km/h, ridotti flussi di traffico e con corsia ciclabile per velocipedi che circolano in direzione opposta a quella dei veicoli motorizzati. Se vi fosse lo spazio adeguato, sarebbe più opportuno sostituire la striscia continua bianca con un cordolo spartitraffico.

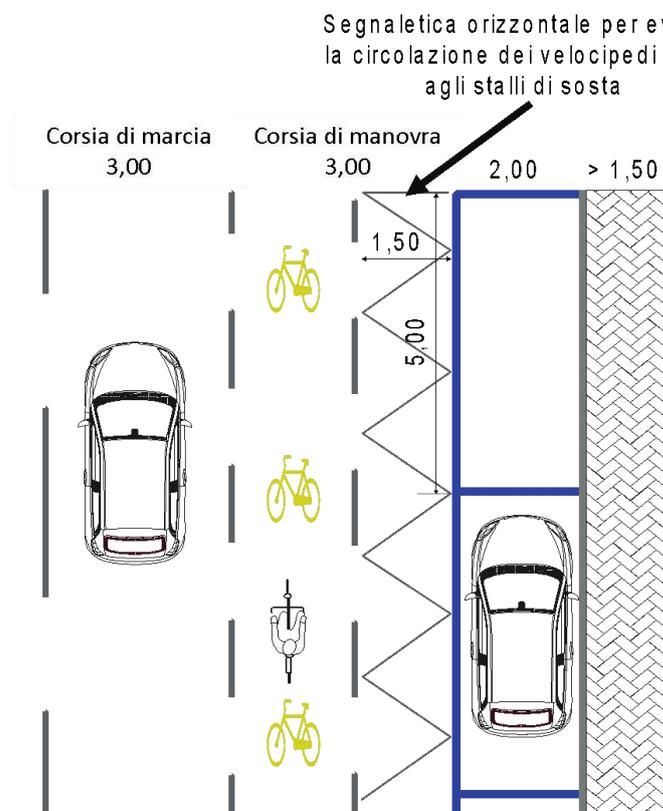


Figura 19 - Schema di strada di classe E con corsia di manovra utilizzata come itinerario ciclabile.

D) Elementi tecnici e progettuali delle infrastrutture

Federico Autelitano, Felice Giuliani

La normativa italiana prevede essenzialmente due tipologie di pista ciclabile: in sede propria o in carreggiata su apposita corsia. Si forniscono, di seguito, due esempi di organizzazione della sezione trasversale, il primo relativo ad una pista ciclabile in sede propria, il secondo relativo ad una pista ciclabile su corsia riservata in carreggiata, già discussi nel relativo paragrafo.

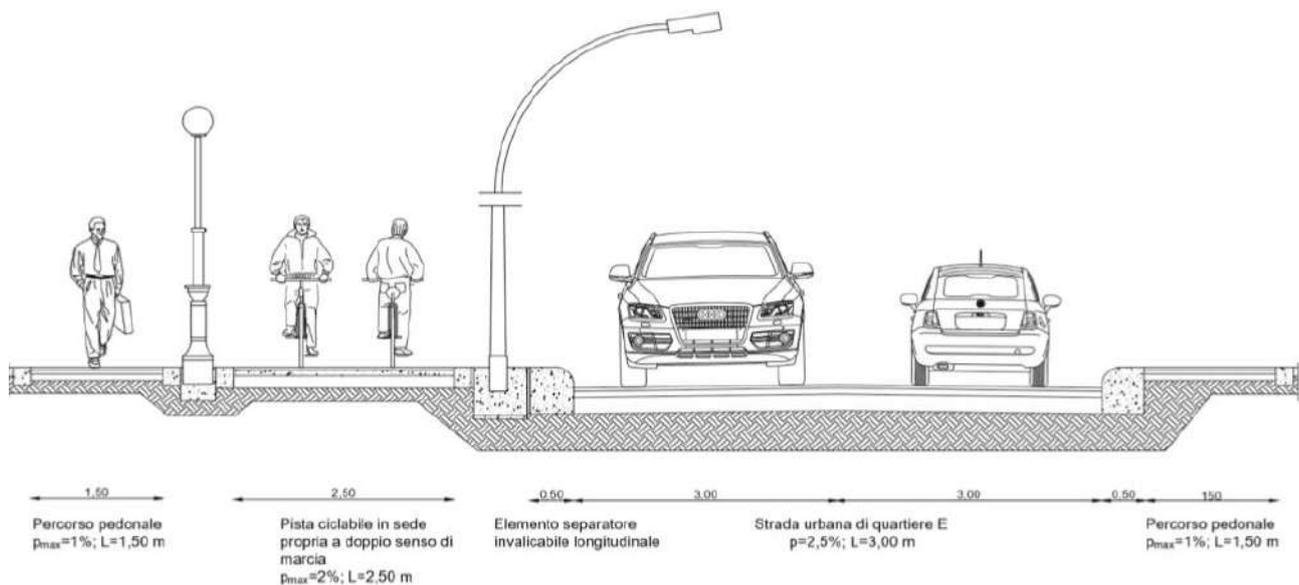


Figura 20 - Pista ciclabile in sede propria a doppio senso di marcia (sezione).

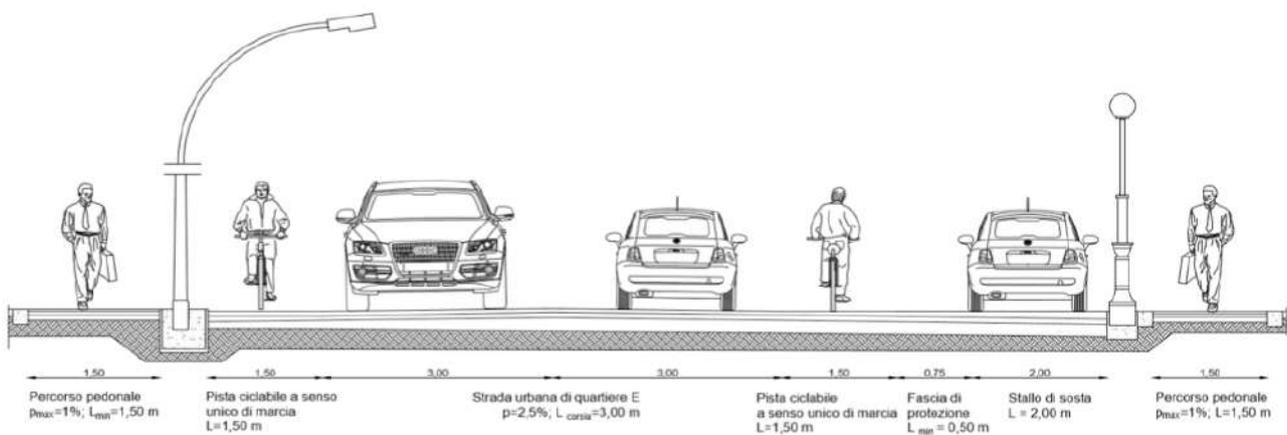


Figura 21 - Piste ciclabili su corsia riservata in carreggiata stradale (sezione).

E) Riqualificazione della rete ciclabile – esperienza del Comune di Milano

Chiara Bresciani

Il Comune di Milano, nell'ambito del *Programma Strade Aperte*, si è dato come obiettivo strategico in reazione all'emergenza COVID-19, "Milano ciclabile subito". A partire dalla strategia definita dal PUMS, si è attuata un'accelerazione nella creazione di itinerari ciclabili in segnaletica per offrire modalità di spostamento alternative in reazione all'emergenza.

Visti i crescenti livelli di utilizzo degli itinerari ciclabili anche da parte di cargo-bike, monopattini, rider e velotaxi a Milano, l'Amministrazione comunale si è data dei criteri rispetto alle dimensioni delle piste ciclabili, che devono essere di larghezza minima di 2 m per le monodirezionali e di 3 m per le bidirezionali, quindi superiori agli standard minimi stabiliti dal DM 557 del 30/11/1999.

Per quanto riguarda la tutela dei ciclisti nelle intersezioni semaforizzate, si è fatto largo uso della casa avanzata, introdotta nell'ultimo aggiornamento del Nuovo Codice della Strada e della linea di stop avanzata, grazie all'autorizzazione concessa al Comune di Milano alla sperimentazione della linea di arresto avanzata per le biciclette da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Sistra Registro Ufficiale 000302 del 21/04/2020).

Per garantire la sicurezza reciproca di pedoni e ciclisti, nel caso di pista ciclabile separata dalla sosta, si è previsto un camminamento tra la sosta e la ciclabile di larghezza minima 0,90 m misura minima prevista dalla normativa (DM 236 del 14/06/1989), sia per garantire la sicurezza del ciclista a fronte dell'apertura delle portiere e la possibilità per il pedone di raggiungere il più vicino attraversamento pedonale della pista ciclabile.



Figura 22 - Corsia ciclabile in via Numidia a Milano. Fonte: Comune di Milano (2020).



Figura 23 - Corsia ciclabile in piazzale Loreto a Milano. Fonte: Comune di Milano (2020).



Figura 24 - Pista ciclabile separata da sosta in Corso Buenos Aires a Milano. Fonte: Comune di Milano (2020).

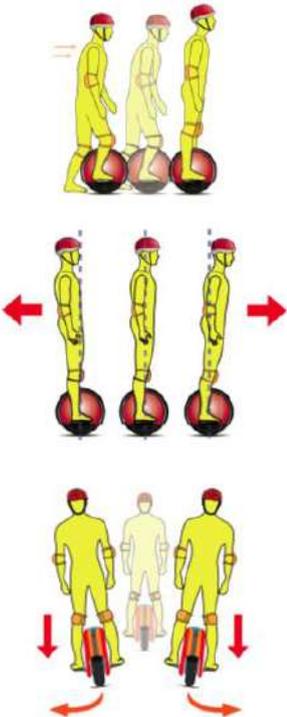
F) Cenni relativi alla tecnologia di monopattini e dispositivi di micromobilità elettrica

Roberto Ventura

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche e di funzionamento che generalmente contraddistinguono i singoli dispositivi, fermo restando che possono sussistere specifiche peculiarità

del singolo prodotto, in assenza di un preciso standard tecnico-prestazionale che è in fase di elaborazione presso il Comitato Europeo di Normazione (CEN).

Tabella 15 - Caratteristiche tecniche e di funzionamento dei dispositivi di micromobilità.

Dispositivo	Descrizione	Schema
<p>Monowheel</p>	<p>Dal punto di vista costruttivo, il monowheel si compone esternamente di:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● una ruota, ai cui lati sono posizione due pedane per i piedi; ● una maniglia (generalmente tipo trolley); ● una luce di forma circolare sul copri ruota/copri batteria per conferire visibilità notturna; ● luce anteriore e posteriore; ● porta per la ricarica della batteria; ● pulsante di accensione/spengimento; ● cuscinetti laterali sui lati del copri ruota. <p>Il peso del dispositivo varia tra 10 e 25 kg a secondo dei modelli, dimensioni (43 x 48 x 13 cm, 45 x 42 x 19 cm), ma modelli più prestazionali presentano dimensioni maggiori (46 x 53 x 18 cm). Un sistema rigenerativo restituisce energia alla batteria nel corso della frenata o in percorsi in discesa. La velocità massima varia in funzione dei modelli tra 15 e 45 km/h; quando ci si avvicina alla velocità massima costruttiva, il dispositivo tende ad inclinarsi all'indietro o comunque a non piegare ulteriormente in avanti.</p>	
<p>Hoverboard</p>	<p>L'hoverboard (o self balancing scooter), è un dispositivo elettrico i cui componenti principali sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2 motori (uno per lato); ● giroscopio ed accelerometro; ● sensori di pressione in grado di rilevare velocità e inclinazione; ● scheda logica di controllo, batteria (al litio). <p>La regolazione del movimento avviene unicamente coi piedi, variando la pressione in avanti (sulle punte) o indietro (sui talloni) e sul piede sinistro o destro per ruotare in senso antiorario o orario. In relazione alle prestazioni, mediamente l'hoverboard ha una velocità massima che varia tra 12 -15 km/h, un peso di circa 10 kg con maniglie laterali per la presa finalizzata al trasporto, ruote di 6,5 pollici, potenza per ciascun motore di 180-250 W, ma alcuni modelli arrivano fino a 350 W, carico massimo trasportabile 100 kg (a volte è indicato il peso minimo del conducente di 20 kg). La batteria ha un tempo di ricarica di 2-3 ore. Le dimensioni si aggirano intorno a 600 x 200 x 180 mm. In relazione all'utilizzo, all'avvio, una volta accesso, il dispositivo tende subito ad auto bilanciarsi, quindi è possibile posizionare il piede sulla pedana ed in rapida successione l'altro, cercando primariamente l'equilibrio di modo che l'hoverboard si mantenga in posizione stazionaria. Una volta trovato l'equilibrio, sarà possibile spostare il peso in avanti o indietro per muoversi nella direzione desiderata.</p>	

Segway	<p>La componentistica principale di un segway, equiparabile a quella di un hoverboard, è la seguente:</p> <ul style="list-style-type: none">● 2 motori (uno per lato);● giroscopio ed accelerometro;● sensori di pressione in grado di rilevare velocità e inclinazione;● scheda logica di controllo;● batteria al litio;● manubrio. <p>Similmente all'hoverboard, il segway non si mette in moto se la pedana è in posizione orizzontale, ma se sussiste una inclinazione, il processore riceve dai giroscopi l'informazione sulla entità dell'angolo di beccheggio e reagisce dando impulso ai motori affinché venga applicata una forza finalizzata a riequilibrare il beccheggio stesso, determinando il moto; si tratta di una stabilizzazione dinamica che viene messa in atto per mantenersi in equilibrio, avanzare o indietreggiare.</p>	
Monopattino elettrico	<p>Il monopattino elettrico è un veicolo a due ruote, costituito essenzialmente da:</p> <ul style="list-style-type: none">● una pedana● un manubrio imperniato sulla pedana, (generalmente richiudibile);● motore elettrico (in Italia, deve offrire una potenza massima di 500 W e sviluppare una velocità massima di 25 km/h);● batteria al litio;● display per l'indicazione della velocità, del livello della batteria e del programma di moto;● sistema frenante (meccanico o elettronico);● sistema di illuminazione;● segnalatore acustico. <p>Il peso del monopattino varia tra 13 e 24 kg ed è un parametro che, unitamente a quello del conducente, che varia tra un minimo (25 kg) ad un massimo (100-150 kg), allo stile di guida ed alle caratteristiche plano-altimetriche del percorso, influisce sulla durata della batteria e sulla velocità.</p>	

G) Interazione della micromobilità con le infrastrutture esistenti

Giulio Maternini, Roberto Ventura

Generalmente, gli attraversamenti esistenti non presentano le caratteristiche indispensabili per la sicurezza, poiché spesso le condizioni al contorno non consentono di assicurare la visuale libera richiesta. In tali situazioni, al fine di garantire la sicurezza, è dunque necessario ridurre la velocità dell'utente che si appresta all'attraversamento. Questo può essere ottenuto inserendo, lungo il percorso di avvicinamento, una chicane formata da una successione di curve di raggio opportuno.

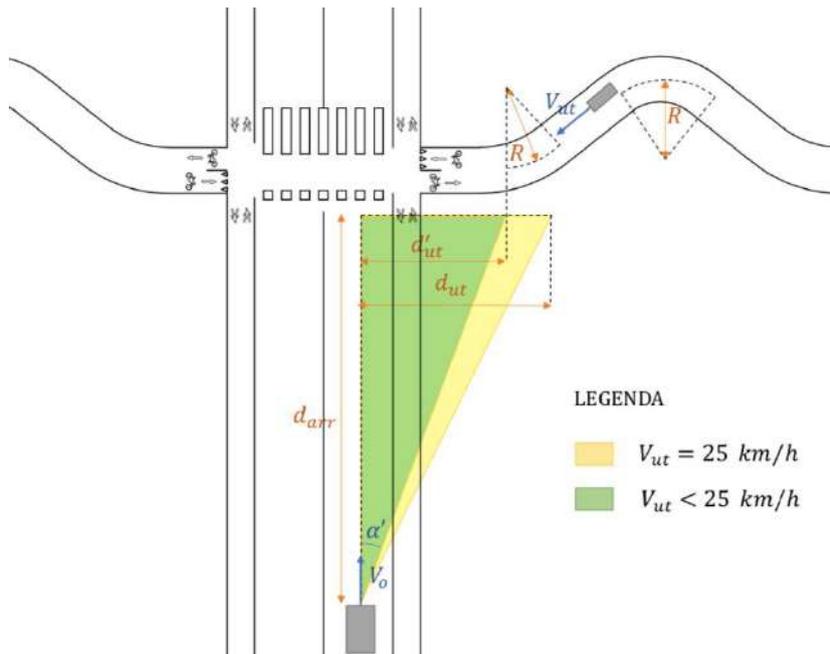


Figura 25 - Moderazione della velocità dell'utente mediante l'inserimento di una chicane lungo il percorso di avvicinamento.

Inoltre, configurazione particolarmente critica è il caso di percorso ciclabile parallelo alla strada, poiché l'utente potrebbe decidere, in pochi istanti, di impegnare l'attraversamento anziché proseguire lungo il percorso, non assicurando al conducente del veicolo, il tempo necessario ad arrestare in sicurezza il veicolo stesso. Al fine di garantire la sicurezza dell'elemento è dunque necessario prevedere particolari accorgimenti come, ad esempio, la presenza di barriere che impongano all'utente del monopattino una riduzione della propria velocità ed una perdita di tempo prima di impegnare l'attraversamento.

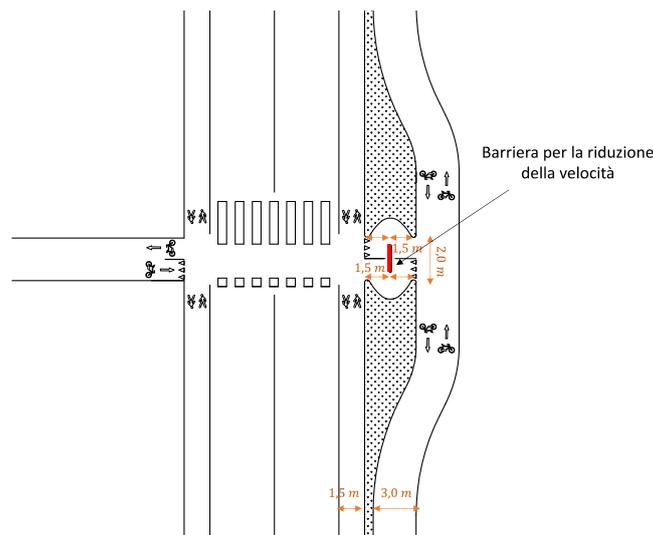


Figura 26 - Soluzione progettuale che prevede la presenza di barriere in grado di imporre una riduzione della velocità dell'utente ed una perdita di tempo prima di impegnare l'attraversamento. Lo spazio necessario al posizionamento delle barriere è ricavato attraverso una deviazione del percorso.

Problematico è, inoltre, il caso in cui il percorso ciclabile intersechi una strada laterale. In tale configurazione, è necessario arretrare gli attraversamenti di almeno 5 m, in modo da garantire la distanza di visibilità per l'arresto del veicolo, calcolata nell'ipotesi che la manovra di svolta avvenga ad una velocità V_0 pari a 10 km/h.

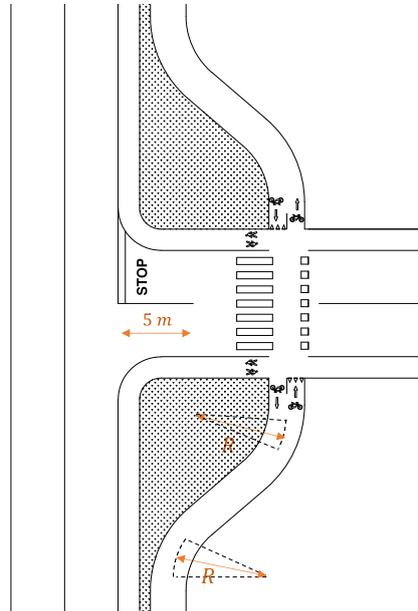


Figura 27 - Intersezione con una strada laterale. Arretramento dell'attraversamento necessario a garantire la distanza di visibilità per l'arresto del veicolo, calcolata nell'ipotesi che la manovra di svolta avvenga ad una velocità pari a 10 km/h.

H) La ricostruzione della domanda di micromobilità attraverso l'uso di big data

Elena Cocuzza, Nadia Giuffrida, Matteo Ignaccolo, Giuseppe Inturri, Michela Le Pira, Vincenza Torrisi

I servizi dockless di monopattini condivisi hanno rapidamente guadagnato popolarità negli ultimi anni. Sebbene questi servizi rappresentino nuove sfide per le città, l'utilizzo delle tecnologie ad essi associati produce una grande quantità di dati e informazioni che possono essere di grande supporto per i decisori politici e per i tecnici nell'affrontare tali sfide. I dati sulla micromobilità, generati in tempo reale attraverso i sistemi GPS ad essi associati consentono una migliore comprensione dei comportamenti di viaggio degli utenti, delle destinazioni e dei pattern spazio-temporali. L'analisi dei big data di informazioni raccolte può servire a gestire e integrare ulteriormente i servizi di micromobilità condivisa in un sistema di trasporto multimodale sostenibile, nell'ottica delle smart cities²³. Conoscere i principali percorsi battuti dagli utenti e quindi ricostruire la domanda legata all'uso di tali servizi può essere un valido aiuto per le amministrazioni locali nello sviluppo delle politiche di mobilità e nella pianificazione di infrastrutture adeguate. Rispetto alle tecniche tradizionali che prevedono sondaggi sui comportamenti di viaggio che spesso possono risultare onerosi, l'acquisizione di dati in tempo reale grazie alle nuove tecnologie permette di ottenere un notevole risparmio in termini economici. Spesso, infatti, le aziende che offrono il servizio di monopattini in condivisione forniscono i dati dei propri utenti in forma anonima ai governi locali ed al pubblico, quindi questo utilizzo dei dati può essere facilmente diffuso in tutte le città in cui uno o

²³ (Shaheen et al., 2019).

più servizi sono disponibili. L'uso delle tecnologie di georeferenziazione permette anche di evitare la circolazione o la sosta dei veicoli in zone in cui queste attività sono vietate, per garantire maggiore sicurezza. I dati possono anche servire a localizzare meglio le stazioni di ricarica per i veicoli e ad integrare con maggior efficienza il servizio di micromobilità nel sistema di trasporto pubblico. I dati permettono di conoscere anche le velocità adottate e possono dialogare con i fornitori di scooter elettrici per regolare in modo intelligente i limiti di velocità dei veicoli e vincolare il loro utilizzo anche in base all'ora e alla posizione. Si può condurre anche un'analisi più raffinata dell'uso degli e-scooter. Ad esempio, si può distinguere tra spostamenti la cui lunghezza e percorso entra in competizione con il trasporto pubblico o con gli spostamenti a piedi, in diverse zone o in momenti diversi della giornata. Inoltre, la componente spaziale di visualizzazione dei dati può essere integrata in un sistema di supporto alla pianificazione per la gestione della domanda di traffico o l'installazione di nuove infrastrutture stradali²⁴. In quest'ultimo caso le informazioni aggiuntive provenienti dal mondo degli utenti in tempo reale possono anche aiutare a identificare anomalie nel set di dati originale (ad es. percorsi non presenti nel modello tradizionale).

1) Analisi di buone (e cattive) pratiche europee ed Internazionali nell'uso della micromobilità elettrica

Elena Cocuzza, Nadia Giuffrida, Matteo Ignaccolo, Giuseppe Inturri, Michela Le Pira, Vincenza Torrisi

Stati Uniti

Il problema del ridisegno degli spazi urbani a favore della micromobilità è fondamentale e necessita di approfondimenti per capire quali infrastrutture siano effettivamente idonee. Per farlo ci si può riferire a esperienze di altri Paesi dove queste tipologie di mezzi sono presenti da più tempo, ad esempio gli Stati Uniti d'America (USA) che sono stati tra i primi ad introdurli.

Nel seguito della trattazione si riportano alcuni esempi di pratiche adottate negli USA tratte dal "2020 Shared Micromobility Playbook" redatto dall'associazione di interesse ("advocacy") "Transportation for America"²⁵. Il termine "micromobility" ingloba biciclette e monopattini e nel Playbook si fa riferimento alla modalità condivisa ("shared micromobility"). Fatta questa premessa, si cercherà di particularizzare la descrizione al caso dei monopattini e a estenderla alle forme di uso privato e condiviso.

Per quanto riguarda il ridisegno degli spazi urbani, si fa particolare riferimento alla sosta dei veicoli. Questa rappresenta uno dei maggiori problemi di decoro urbano a cui stiamo assistendo oggi anche in Italia. Si identificano diverse strategie per regolamentare la sosta, di seguito indicate, ovvero:

Apposite aree dove la sosta è consentita (Figura 28). Gli aspetti positivi consistono nella creazione di regole chiare per il parcheggio, in grado di ridurre la probabilità che i veicoli intralcino i marciapiedi e di favorire gli utenti che non devono perdere tempo a cercare un parcheggio idoneo. Inoltre, possono essere sfruttati i dispositivi per il blocco sicuro dei veicoli (come le rastrelliere per le biciclette). Tuttavia, potrebbero non risolvere il problema dei veicoli al di fuori dell'area riservata e l'intralcio del marciapiede. Si dovrebbero creare (e mantenere) infrastrutture apposite e, riducendo un poco la flessibilità che rende i sistemi dockless attraenti per la loro possibilità di

²⁴ (Geertman e Stillwell, 2004, 2009; Guerreiro e Rodrigues da Silva, 2013).

²⁵ (Transportation for America, 2020).

spostamenti “door-to-door”. Di conseguenza, la scelta di idonee aree di parcheggio è un processo lungo.

Apposite aree dove la sosta è proibita. Questa strategia impedisce (positivamente) ai veicoli di bloccare il marciapiede o la carreggiata. Tuttavia, non aiuta a creare aree sicure e facilmente identificabili per consentire agli utenti di parcheggiare i veicoli, rendendo il parcheggio più impegnativo per gli utenti e più difficile da gestire per la pubblica amministrazione.

Parcheaggio senza restrizioni. Risulta la strategia più flessibile e scalabile di un sistema con aree di parcheggio delimitate. Gli utenti non devono perdere tempo a cercare un parcheggio (Figura 28a) e non necessita di nuove infrastrutture. Tuttavia, è più probabile che i veicoli blocchino i marciapiedi e creino condizioni non sicure (Figura 28b). È inoltre una soluzione che rende più difficile per la città gestire il parcheggio dei veicoli rispetto alle aree designate. Infine, i veicoli possono essere rovesciati o cadere accidentalmente.



Figura 28 - (a) Area demarcata per la sosta dei monopattini in corrispondenza di un incrocio stradale. Fonte: M. Le Pira (2020); (b) Area demarcata per la sosta dei monopattini sul marciapiede. Fonte: Transportation for America (2020).

Per quanto riguarda lo spazio in cui possono transitare i monopattini, si analizzano i seguenti casi:

Marciapiede (Figura 29). Tra gli aspetti positivi si evidenzia come non è richiesta la realizzazione di una nuova infrastruttura e non c'è il rischio di conflitto con i veicoli motorizzati. Tuttavia, i veicoli invadono lo spazio pedonale, mettendo potenzialmente in pericolo i pedoni a causa della differenza di velocità e, al contempo, gli utenti dei monopattini se il marciapiede non è in buone condizioni o sufficientemente largo.

Strada. Non richiede la realizzazione di una nuova infrastruttura e gli utenti non occupano spazio sui marciapiedi, mentre hanno spazio aggiuntivo per muoversi sulla strada. Alcuni aspetti negativi però riguardano i rischi legati alla promiscuità con il traffico motorizzato, soprattutto in incroci pericolosi o trafficati, e l'assenza di spazi sicuri e protetti.

Senza restrizioni. In questa soluzione gli utenti possono circolare ovunque e possono evitare strade trafficate o pericolose o marciapiedi quando necessario. Tuttavia, i rischi legati alla promiscuità con il traffico motorizzato, soprattutto in incroci pericolosi o trafficati e l'assenza di spazi sicuri e protetti permane. In aggiunta, può mettere in pericolo i pedoni a causa della differenza di velocità, è più difficile gestire le precedenza per garantire un deflusso in sicurezza sicuro. Infine, questa soluzione rappresenta un ostacolo alla creazione di una cultura al corretto utilizzo e funzionamento dei monopattini.



Figura 29 - (a) Sosta “ordinata” dei monopattini in corrispondenza di una fermata del trasporto pubblico; (b) Monopattino “abbandonato” sul marciapiede; (c) Monopattino “abbandonato” in corrispondenza di una fermata del trasporto pubblico. Fonte: M. Le Pira (2020).

Corsie per la micromobilità e la mobilità attiva. Questa tipologia crea uno spazio sicuro ed efficiente per questi veicoli con una buona gestione del diritto di precedenza. Tuttavia, permangono aspetti negativi quali i costi connessi alla costruzione delle infrastrutture e reti e la conseguente volontà politica e il sostegno economico.



Figura 30 - Monopattini che viaggiano sul marciapiede insieme ai pedoni. Fonte: M. Le Pira (2020).

Europa

Nell'ultimo biennio si è assistito a un rapido incremento dell'uso degli *e-scooter*, utilizzati principalmente in ambito urbano come alternativa agli spostamenti a piedi e in bicicletta o ai mezzi pubblici. In generale, a livello europeo, sono equiparati alle biciclette sebbene in alcuni paesi abbiano maggiori limitazioni. Tuttavia, la rapida crescita del loro utilizzo pone nuove sfide per le città, sia di tipo infrastrutturale, rendendo necessaria la pianificazione di infrastrutture adeguate alla micromobilità, che di ripartizione modale, poiché sarebbe auspicabile che tale scelta modale fosse a discapito del mezzo privato. A partire dal 2018, in Europa molti Paesi hanno iniziato a cercare di regolamentare l'uso degli *e-scooter* ma il loro aspetto innovativo, insieme ai differenti quadri normativi e legislativi nazionali e ai diversi livelli di autonomia decisionale negli Stati Membri (anche a livello locale), ha portato all'implementazione di diversi approcci normativi.

Una *best practice* è rappresentata dalla Francia che ha adottato la *Loi d'orientation des mobilités*, nel dicembre 2019, con l'obiettivo di rendere il trasporto quotidiano più facile, meno costoso e più pulito, incoraggiando l'implementazione di nuove soluzioni, tra le quali gli *e-scooter* e la "micromobilità condivisa". Nell'ottica di una regolamentazione flessibile, la legge sulla mobilità conferisce alle autorità locali²⁶ il potere di limitare il numero di veicoli e di operatori autorizzati a offrire i propri servizi, di stabilire una serie di criteri per la scelta degli operatori e di imporre requisiti aggiuntivi su manutenzione, rumore e inquinamento.



Figura 31 - Parigi, area delimitata per il parcheggio dei monopattini. Fonte: Le Figarò (2020). E stazione di ricarica, installata dalla società Charge. Fonte: Le Parisien (2020).

Parigi è stata tra le prime città europee a prevedere spazi dedicati alla micromobilità condivisa, realizzando circa 2.500 hub di parcheggi esclusivi. Il comune parigino ha lanciato un bando, al quale hanno risposto 16 operatori, a seguito del quale sono state selezionate tre società, ciascuna per la gestione di una flotta di 5.000 "*Trottinettes électriques*" (monopattini elettrici) per il trasporto personale (15000 in totale) per un periodo di due anni da schierare esclusivamente nelle 2500 "*Zone partagée de remisage*" (ZPR), riservate agli *e-scooter*, oltre 64 stazioni dislocate sui distretti.

La seguente tabella riassume le principali misure adottate da alcuni paesi europei.

²⁶ A Lione un operatore di *e-scooter* condiviso ha introdotto un limitatore di velocità basato su sistema di posizionamento globale (GPS) in cui, all'interno della zona pedonale della città, i veicoli sono limitati a 8 km/ora.

ASSOCIAZIONE ITALIANA INGEGNERIA DEL TRAFFICO E DEI TRASPORTI
IL RIDISEGNO DEGLI SPAZI URBANI

Tabella 16 - Norme per l'utilizzo degli e-scooter in alcuni Paesi europei.

Paesi	Età Minima Per Circolare	Possesso Di Licenza	Limiti di Velocità	Obbligo Casco	Obbligo Assicurazione	Divieto di Circolazione su Marciapiedi e nelle Zone Pedonali	Utilizzo Corsie Stradali	Limite Alcol Consentito Per Guidare
Austria	12 anni (10 anni con licenza per condurre bici e accompagnatore > 16 anni)	NO	20 km/h	SI fuori degli agglomerati e delle zone urbane		SI eccetto che con specifica autorizzazione ufficiale	SI	0,8 g/l
Francia	8 anni 12 anni	NO	20 km/h	SI su strade extraurbane limitate fino a 80 km/h < 12 anni	SI	SI eccetto che con specifica autorizzazione ufficiale	SI	0,5 g/l
Germania	14 anni	NO	20 km/h	-	SI	SI eccetto che con specifica autorizzazione ufficiale	SI ²⁷	< 21 anni no alcol, > 21 anni 0,5 g/l
Spagna	14 anni	NO	Dipende ²⁸ dalle norme comunali MAX 25 km/h	SI < 16 anni	SI	Dipende dalle norme comunali ²⁹	SI	
Svezia			20 km/h	SI < 15 anni			SI ³⁰	
Svizzera	14 anni con patente per ciclomotore; > 16 anni senza		20 km/h				SI	

Nel Regno Unito l'uso di *e-scooter* è legale solo su terreni privati, per cui attualmente non sono previsti programmi di micromobilità, sebbene il Governo preveda di rivedere la regolamentazione.

Indubbiamente è fondamentale la sinergia tra autorità locali e operatori di servizi di micromobilità. In alcune città, come Parigi e Anversa, i fornitori di tali servizi hanno implementato approcci collaborativi elaborando carte di buone pratiche e regole di utilizzo. Ad esempio, molte aziende di differenti città hanno stabilito un'età minima per gli utenti (18 anni), definito il numero massimo di utenti e stabilito l'uso obbligatorio del casco.

²⁷ Per l'utilizzo su strade pubbliche è obbligatoria la presenza di freni e di un dispositivo di allarme acustico.

²⁸ A livello nazionale è previsto un limite di velocità di 25 km/h.

²⁹ A Barcellona è possibile utilizzarli solo sulle piste ciclabili; a Madrid i monopattini elettrici sono autorizzati anche nelle zone 30 km/h e sui marciapiedi (a condizione di non superare i 5 km/h).

³⁰ Per l'utilizzo su strade pubbliche è obbligatoria la presenza di freni e di un dispositivo di allarme acustico.

Tuttavia, il Consiglio europeo per la sicurezza dei trasporti sottolinea la necessità di raccogliere dati e regolamenti per la micromobilità per valutarne l'impatto sulla sicurezza stradale in ambito urbano al fine di adottare adeguate norme.

L) Corsie ciclabili e corsie riservate per i bus - L'esperienza del Comune di Milano

Chiara Bresciani

Il nuovo Codice della Strada ha previsto, nell'art. 7, al comma 1, l'inserimento della lettera i-ter) che consente la circolazione dei velocipedi sulle strade di cui alla lettera i) - ovvero le corsie riservate alla circolazione dei veicoli adibiti al trasporto pubblico - purché non siano presenti binari tramviari a raso ed a condizione che, salvo situazioni puntuali, il modulo delle strade non sia inferiore a 4,30 m. Al fine di garantire continuità alla rete ciclabile, pertanto, la progettazione dei nuovi itinerari nel Comune di Milano ha tenuto conto di tale modifica della normativa, fermo restando che nella città di Milano esistevano ed esistono già corsie riservate al TPL all'interno della quali è prevista la circolazione di velocipedi, regolamentata da idonea segnaletica verticale. È stato quindi creato un itinerario lungo la Cerchia dei Navigli, dove è presente una corsia riservata al trasporto pubblico in contromano rispetto alla corsia veicolare, nella quale è stata ricavata una corsia ciclabile.



Figura 32 - Itinerario ciclabile lungo la Cerchia dei Navigli. Fonte: Amat - Comune di Milan (2020).

In taluni casi l'utilizzo delle corsie riservate ai mezzi pubblici per far circolare i ciclisti può essere un'utile alternativa, ma la dimensione della corsia deve consentire una convivenza sicura tra le due tipologie di utenti. In particolare, deve essere garantito lo spazio sufficiente per il bus a superare il ciclista in modo che il ciclista non rallenti la corsa del bus e il ciclista stesso abbia uno spazio sufficiente per circolare in sicurezza. Di seguito vengono riportati i criteri dimensionali utilizzati per la realizzazione di tali elementi.

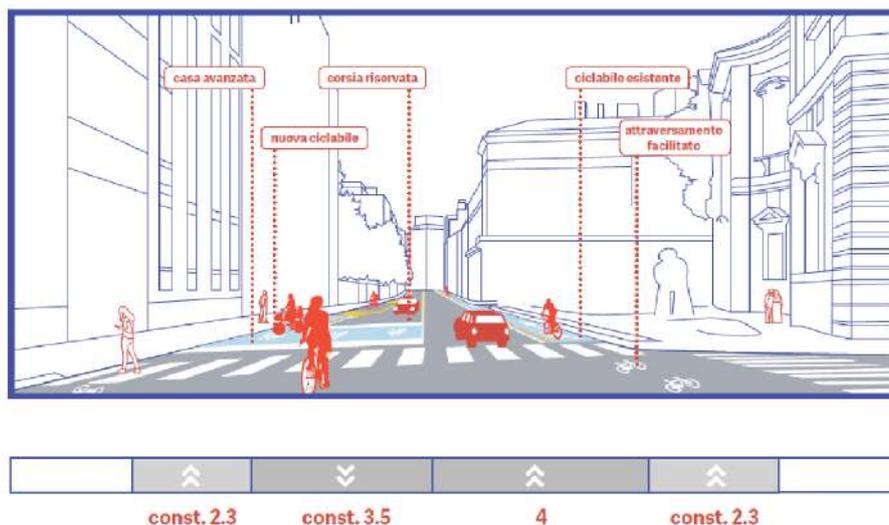


Figura 33 - Sezione tipo lungo la Cerchia dei Navigli. Fonte: Amat - Comune di Milan (2020).

Come previsto dal Nuovo Codice della Strada se la dimensione minima del modulo di corsia per la circolazione dei velocipedi nelle corsie riservate alla circolazione dei veicoli adibiti al trasporto pubblico è 4,30 m. Facendo riferimento alle dimensioni delle piste ciclabili definite dal DM n. 557 del 30/11/1999:

- se la corsia riservata ha dimensione inferiore ai 5,00 m è possibile realizzare una corsia ciclabile tra 1,00 e 1,50 m.
- Sopra i 5,00 m è possibile inserire una ciclabile di dimensione minima pari a 1,50 m nella corsia dei mezzi pubblici.

Nei casi di riqualificazione di emergenza di corsie esistenti è possibile interrompere la corsia riservata ai mezzi pubblici circa 10,00 m prima dei semafori per evitare di modificare i semafori esistenti.

Particolare cura progettuale deve essere posta in corrispondenza di punti singolari, come attraversamenti pedonali e fermate. In ogni caso, infatti, resta nelle attribuzioni specifiche del progettista valutare accuratamente ogni forma di interferenza tra le correnti di traffico, per evitare il rischio di conflitti non segnalati, o non regolati e adottare le correlate misure di prevenzione e protezione.

Tabella 17 - Dimensione corsia riservata TPL e corsia ciclabile.

Dimensione corsia riservata	Corsia o pista ciclabile
< 4,30 m	NO
< 5,00 m	1,00 – 1,50 m
> 5,00 m	min. 1,50 m



Figura 34 - Alcune immagini della corsia ciclabile in via Francesco Sforza. Fonte: Comune di Milano (2020).

M) Posizionamento delle fermate del trasporto collettivo su gomma

Francesco Filippi

Al fine di garantire fluidità nelle manovre di fermata e di sicurezza per la salita/discesa dei passeggeri dal mezzo collettivo, si possono adottare diversi schemi di organizzazione della fermata, anche in base al tipo e classe di strada su cui essa insiste. Di seguito vengono riportati alcuni esempi di sistemazione e posizionamento delle fermate del trasporto collettivo rispetto alla corsia veicolare.

Corsia riservata lato parcheggio con fermata rientrante o sporgente

Le due strade hanno la corsia riservata lato parcheggio, ma presentano due soluzioni diverse per la fermata. La strada A ha la fermata in una rientranza con il vantaggio di consentire il superamento dell'autobus fermo (offset o floating transit lane). La strada B facilita la fermata dell'autobus ed è conveniente quando il problema del superamento è trascurabile.

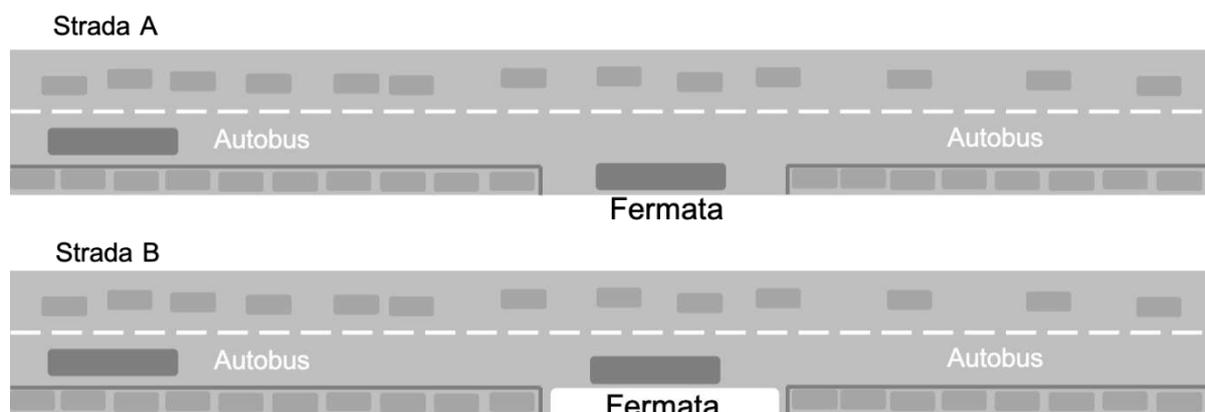


Figura 35 - Corsia riservata lato parcheggio e fermata rientrante o sporgente.

Corsia riservata centrale

La corsia riservata è centrale, per realizzare la fermata si eliminano alcuni posti auto e la corsia per il traffico non prioritario ha una specie di gimcana che favorisce la riduzione di velocità e l'attraversamento in sicurezza dei passeggeri. Ulteriori misure per la sicurezza sono il rialzamento della strada a livello dei marciapiedi e un segnale di limitazione della velocità. Al posto della corsia veicolare, potrebbe essere il caso di una pista ciclabile. È da rilevare comunque che, laddove possibile, è sempre meglio lasciare l'utenza sui marciapiedi, anche tenuto conto che -in genere- la metà di essa è interessata al marciapiede frontista.

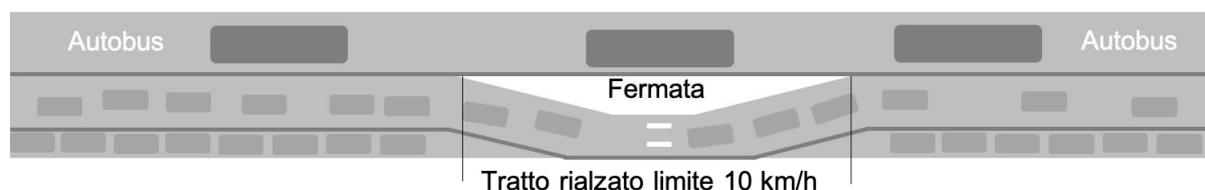


Figura 36 - Corsia riservata centrale e sistemazione fermata in presenza di corsia per la corrente di traffico non prioritaria.

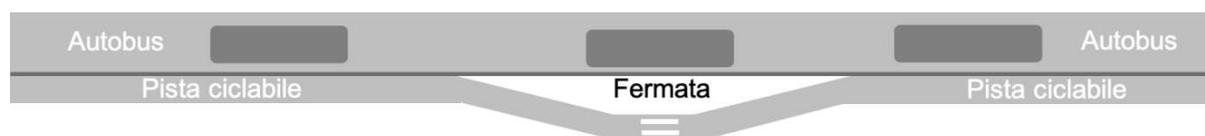


Figura 37 - Corsia riservata centrale e sistemazione fermata in presenza di pista ciclabile.

Organizzazione della fermata a ridosso di impianto semaforico

La strada A ha una sola corsia per il traffico generale e un parcheggio. Il semaforo prolunga il verde della strada A o riduce il verde della strada B per consentire all'autobus di arrivare alla fermata. Effettuate le operazioni di carico e scarico dei passeggeri, il semaforo diventa verde all'autobus e il rosso alla corsia accanto del traffico non prioritario per facilitare l'attraversamento dell'incrocio. (sviluppo dei semafori di corsia, finora praticamente inutilizzati in Italia).

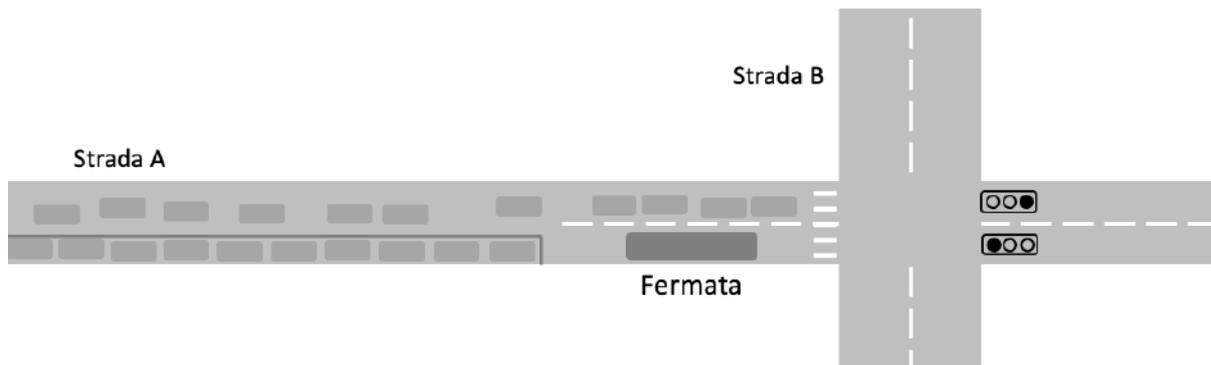


Figura 38 - Fermata prima dell'incrocio e priorità nell'attraversamento.

La strada a due corsie, di cui la centrale riservata agli autobus è su una strettoia. Per facilitare la marcia degli autobus un semaforo controlla il traffico non prioritario. L'autobus segnala in anticipo al semaforo la sua presenza, questo predispone il rosso per il traffico non prioritario, l'autobus attraversa la strettoia (Fase 1). Una volta che l'autobus ha superato la strettoia il semaforo diventa verde (Fase 2).

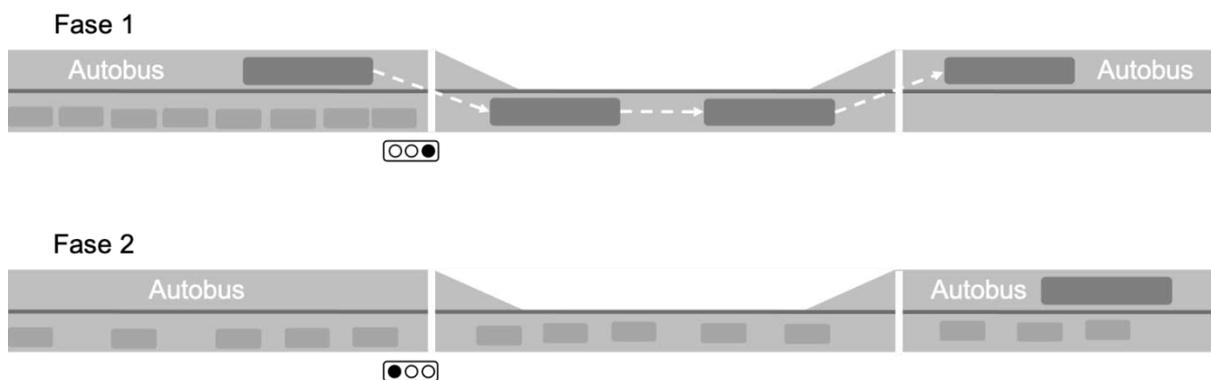


Figura 39 - Tratto di corsia riservata virtuale per effetto di strettoia.

La strada ha la corsia riservata centrale e una corsia per il traffico non prioritario. L'autobus deve poter svoltare a destra senza subire i ritardi dell'attraversamento del traffico non prioritario sulla corsia di destra. Un pre-semaforo controlla (può fermare) la corrente di traffico non prioritaria. L'autobus segnala in anticipo al pre-semaforo la sua presenza, questo predispone il rosso per il traffico non prioritario, l'autobus si porta sulla corsia di destra nella cosiddetta area avanzata (Fase 1). Il pre-semaforo diventa verde, i veicoli non prioritari occupano l'area avanzata e il semaforo dell'intersezione diventa verde (Fase 2).

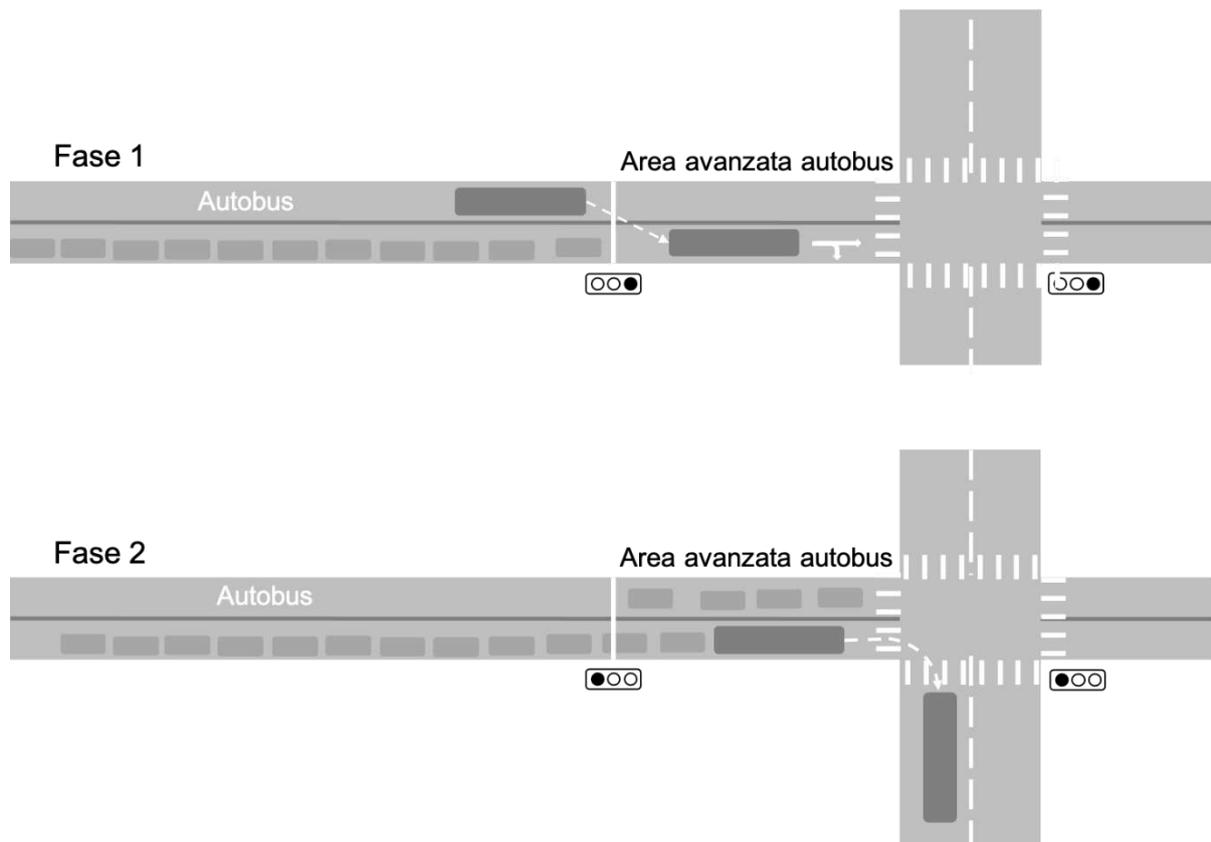


Figura 40 - Corsia riservata centrale e svolta a destra con pre-semaforo.

N) Alcuni aspetti particolari relativi alle tranvie

Giovanni Mantovani

La realizzazione di nuove tranvie, cui si riferisce questa appendice, si giustifica in genere quando la domanda di trasporto generi sulla linea carichi di punta superiori a quelli che possono essere serviti con autobus (o filobus) esercitati con frequenze non troppo elevate (tali da assicurare regolarità di esercizio). La soglia di giustificazione viene per lo più fissata attorno ai 2500 passeggeri/h. Le moderne tranvie si qualificano quindi come sistemi intermedi tra le autolinee e le metropolitane.

Per offrire capacità oltre i 2500 pass/h, evitando frequenze molto elevate (che penalizzano la priorità semaforica, la regolarità di esercizio e la permeabilità trasversale delle strade), i veicoli tranviari devono essere lunghi. L'attuale lunghezza tipica in Europa è tra i 30 e i 40 metri. Il veicolo lungo ha inoltre il vantaggio di ridurre il costo di esercizio specifico, per posto offerto (€/km*posto).

Per ottenere prestazioni adeguate al ruolo di sistema intermedio e contenere i costi di esercizio, alle tranvie va assicurata una via sempre libera. Possono anche configurarsi come tranvie veloci o metrotranvie, secondo la norma UNI 8379; tale norma prevede però anche realizzazioni miste, cioè con tratte veloci e tratte ordinarie, statuendo così la flessibilità realizzativa delle tranvie.



Figura 41 - Incarrozzamento a raso.

I moderni veicoli tranviari presentano il pavimento basso, con le soglie delle porte ad un'altezza di 30-35 cm sul piano del ferro (cioè rispetto alla quota della pavimentazione stradale), e quindi permettono l'incarrozzamento a raso, senza sussidio di pedane mobili, da banchine di altezza uguale o di poco inferiore. Tale prestazione è specifica dei tram, perché la guida vincolata (materiale) consente gap orizzontali banchina-veicolo molto piccoli, fino a pochi centimetri (anche grazie all'adozione di profili di sacrificio sulla banchina) e il gradino verticale si può ridurre del tutto, o quasi, grazie all'autolivellamento delle sospensioni. Ciò non solo consente l'imbarco autonomo di persone in sedia a ruote, con vantaggio per l'interessato e per l'esercizio, ma dà sicurezza e rapidità a tutti, estendendo così il vantaggio.

Va infine ricordato che è oggi buona prassi delle realizzazioni tranviarie, promossa in particolare in Francia, associarle a interventi di riqualificazione urbana nell'ambito stradale in cui si sviluppa il tracciato, anche da fronte a fronte, mediante miglioramento delle pavimentazioni, riconfigurazione degli spazi per favorire la fruizione pedonale, collocazione di arredi, ecc.

Larghezza della sede tranviaria

Con tram di larghezza non superiore a 2,40 m (la massima attualmente in uso in Italia), la sezione trasversale necessaria per la sede di un doppio binario è di circa 5,40 m, in assenza di pali nell'interbinario e considerando possibili sporgenze di specchi (peraltro progressivamente sostituiti da telecamere) e al netto dei franchi sui due lati. È quindi ridotta rispetto a quella richiesta dagli autobus, ma ovviamente non è possibile fruire della riduzione quando si intenda far circolare autobus promiscuamente ai tram.

Posizione dei binari

In ambito urbano si possono considerare tre modi di inserire i binari nella strada:

a) Separati, ai due lati della strada, lungo i marciapiedi. È una collocazione che a prima vista appare comoda per imbarco e sbarco, ma presenta alcune controindicazioni.

1. Per attuare l'incarrozzamento a raso si rende necessario alzare il marciapiede e ciò può risultare impossibile o inopportuno, a meno che il marciapiede sia tanto largo da poter

accogliere la banchina rialzata lasciando tra essa e i fabbricati spazio sufficiente per la circolazione pedonale.

2. Lungo il marciapiede si rende impossibile il parcheggio ma anche la sosta e la fermata di veicoli ordinari.

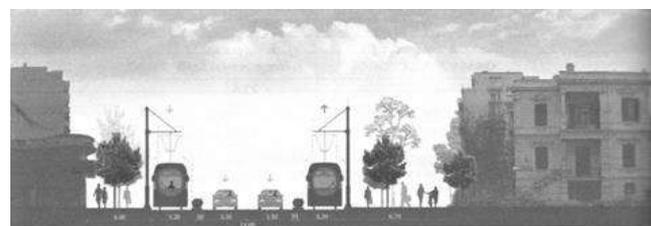
3. Inoltre, si genera un rischio per i pedoni, nel caso di discesa disattenta o forzata dal marciapiede, rischio tanto maggiore quanto più il marciapiede è stretto o comunque affollato.

- b) Affiancati, in centro strada, tra due semicarreggiate destinate al traffico ordinario. È la soluzione migliore ai fini della fluidità della circolazione tranviaria e del contenimento della penalizzazione di altre circolazioni.

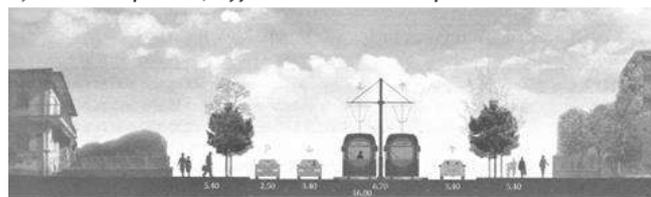
Un problema è posto dalle fermate, le cui banchine, siano due laterali o una centrale, occupano uno spazio trasversale che si somma a quello necessario per la sede dei binari. Ciò comporta dedicare alla tranvia una sezione costante non inferiore a 8 metri o accettare restringimenti delle carreggiate destinate al traffico ordinario, in corrispondenza delle fermate.

Quando la sezione stradale abbia misura molto ampia, ad esempio in idonei viali periferici, tra i due binari può essere inserita una fascia pavimentata abbastanza larga, arredata e alberata, atta non solo a contenere le fermate ma anche ad essere una passeggiata.

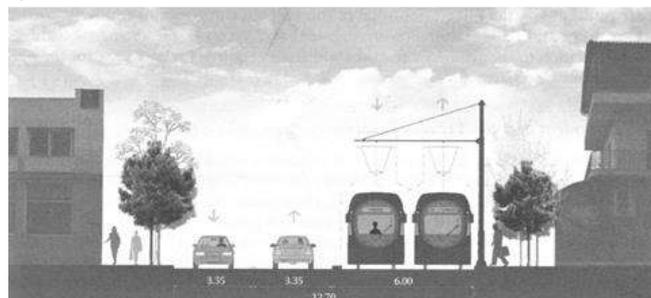
- c) Affiancati, su un lato della strada, quindi tra un marciapiede e la carreggiata destinata al traffico ordinario. Questa soluzione, di qualche interesse quando il traffico ordinario sia a senso unico, pone su un lato i problemi della contiguità al marciapiede, sull'altro quello dello spazio richiesto dalle banchine di fermata.



a) Binari separati, affiancati ai marciapiedi



b) Binari adiacenti, in centro strada



c) Binari adiacenti, affiancati a un marciapiede

Figura 42 - Posizioni dei binari. Fonte: C.N. Pyrgidis, Railway Transportation System.

Limitazioni di circolazione nella sede tranviaria

La norma UNI 8379 definisce diversi livelli di possibilità di circolazione di altri veicoli nella sede tranviaria:

- (A.1.1.1) Sede promiscua libera: senza limitazioni;
- (A.1.1.2) Sede promiscua riservata: solo veicoli espressamente autorizzati (delimitazione laterale mediante segnaletica o elementi di leggera separazione fisica);
- (A.1.1.3) Sede promiscua protetta: solo ed eccezionalmente, veicoli espressamente autorizzati (delimitazione laterale come nel caso precedente);
- (A.1.2.1) Sede propria riservata: del tutto esclusa (delimitazione laterale con gradini o cordoli quando vi sia sensibile rischio di interferenza con veicoli o pedoni);
- (A.1.2.2) Sede propria protetta: del tutto esclusa (delimitazione laterale mediante elementi di separazione fisica ragionevolmente invalicabili per veicoli e difficilmente valicabili per pedoni);
- (A.1.2.3) Sede propria isolata: del tutto esclusa (quando la sede non sia strutturalmente inaccessibile, delimitazione laterale mediante elementi di pesante separazione fisica ragionevolmente invalicabili per veicoli e pedoni).

La scelta della soluzione deve tenere conto della necessità di assicurare ai tram una circolazione sufficientemente libera da intralci e di vari fattori legati alla viabilità e all'ambiente. Per le tranvie veloci o metrotranvie la norma citata esclude i primi due livelli (va ricordato che in una stessa linea possono coesistere tratte veloci e tratte ordinarie).

Per linee o tratte ordinarie l'adozione dei primi due livelli deve comunque essere considerata con attenzione, al fine di evitare eccessivi ostacoli alla regolare circolazione tranviaria. Vanno tenuti presenti e quantificati i rischi di accodamento durante la marcia, in approccio a una fermata e in approccio a un semaforo. Deve quindi essere ben valutato il campo delle autorizzazioni da concedere; in relazione alle frequenze dei servizi e ad altre condizioni, può risultare inopportuna anche l'autorizzazione agli autobus in servizio pubblico.

Delimitazioni e protezioni della sede tranviaria

Le delimitazioni mediante sola segnaletica orizzontale sono in genere insufficienti. Vanno distinte le protezioni riguardo a immissioni nella sede da parte di pedoni o di veicoli estranei. Lato marciapiede, il fine è di evitare investimenti di persone scese deliberatamente o disattentamente sulla sede tranviaria; il tipo di protezione da adottare dipende dalle caratteristiche dimensionali e di uso del marciapiede, nonché in qualche misura anche dal comportamento dominante della popolazione. Un marciapiede stretto e affollato o soggetto a particolari frequentazioni, come sui fronti di scuole, richiede una barriera non facilmente valicabile, quale una ringhiera metallica continua alta circa 1 m (da installare a una distanza di almeno 80 cm dalla sagoma tranviaria, per motivi di sicurezza normati dalla UNI 7156); la barriera non è certamente bene accolta, per motivi estetici e per l'impossibilità di attraversare la strada in qualsiasi punto (sia pure in violazione dell'art. 190 del C.d.S.) ma appare necessaria; riguardo al secondo aspetto di sgradimento, può essere resa più accettabile predisponendo passaggi pedonali regolati a ragionevoli distanze l'uno dall'altro.



Figura 43 - Marciapiede stretto con ringhiera di protezione.

Nel caso di marciapiedi più larghi e con relativamente bassa densità di transito o sosta pedonale, può essere sufficiente evidenziare il limite della zona sicura con elementi discontinui, quali ad esempio paletti alti circa 1 m a distanze di 1 -2 m (per i quali la distanza minima dalla sagoma tranviaria si riduce a 50 cm), accompagnati preferibilmente da elementi di pavimentazione tattile a favore dei non vedenti. Paradossalmente, quando il marciapiede sia molto largo ed accolga *dehors* di pubblici esercizi, il problema della delimitazione assume maggiore importanza, in relazione al rischio che bambini, giocando, sfuggano alla dovuta attenzione e entrino nella sede tranviaria.



Figura 44 - Paletti di allertamento a bordo marciapiede.

Va notato che è possibile la circolazione di tram in zone pedonali, in sicurezza, purché con un severo limite di velocità (ad es. 10 km/h), che non penalizza significativamente il tempo della corsa, data la ridotta incidenza di una breve tratta. Varie esperienze mostrano che in tali casi la sede può essere a raso e si possono evitare le protezioni, ricorrendo semplicemente a un diverso aspetto della pavimentazione. Va però risolto il problema delle banchine di fermata.

Sono in ogni caso da evitare barriere continue basse, come ad esempio quelle costituite da una sequenza di elementi a "U" rovesciata alti 25-30 cm, facilmente valicabili, ma possibili cause di inciampo. Lato circolazione ordinaria il ricorso alla sola segnaletica orizzontale certamente non basta ad assicurare invasioni volontarie o involontarie di veicoli nella sede tranviaria e quindi è necessario ricorrere in ogni caso ad una separazione fisica, realizzabile con un cordolo o meglio con

una sopraelevazione dell'intera sede tranviaria ("marciatram"); l'altezza di quest'ultima può essere limitata a 7-8 cm, anche per consentire a mezzi di intervento d'urgenza di sormontare il gradino, mentre la visibilità del gradino può essere aumentata installando sul bordo bassi elementi discontinui quali calotte o altri piccoli elementi di arredo.



Figura 45 - Tipo di protezione da evitare.

In ambiti appropriati, per esempio viali periferici, i binari possono essere posizionati al centro e ai bordi della sede tranviaria possono essere poste siepi, in modo da costituire una protezione efficace ma accettabile dal punto di vista paesaggistico, specie se accompagnata dall'inerbimento della sede tranviaria.



Figura 46 - "Marciatram" di altezza ridotta.

Fermate

Riguardo alle caratteristiche geometriche delle banchine di fermata, si ha:

- altezza del calpestio sul p.d.f. (quindi sulla pavimentazione stradale): determinata dall'altezza della soglia delle porte del tram, in genere in circa 30 cm;
- forma del bordo lato binario: rettilinea (per consentire *gap* molto ridotti);
- lunghezza: proporzionata alla massima lunghezza dei tram che circoleranno sulla linea, anche in tempi successivi, tenendo conto dell'incertezza del punto di arresto;

- larghezza: proporzionata ai massimi flussi e presenze di passeggeri, con un minimo di 1,5 m nei casi di banchine laterali a servizio di un solo senso di marcia e un minimo di 2,5 m nel caso di banchine in posizione centrale, a servizio dei due sensi di marcia.

L'accesso alla banchina è in generale da una o ambedue le estremità, dotate di rampa con pendenza non superiore a 8% (meglio limitarla al 6%). È bene installare sul lato opposto al binario una ringhiera continua, per evitare il rischio di cadute (in particolare sulla carreggiata, nel caso di tranvia in centro strada). Gli arredi della banchina (eventuale pensilina, apparati di bigliettazione e informazione, apparati di servizio, sedili ecc.) devono avere dimensioni e posizioni tali da non ostacolare gli spostamenti delle persone.

La distanza tra le fermate si pone mediamente tra 300 e 500 metri (il campo più alto è proprio delle tranvie veloci o metrotranvie) ma i singoli valori dipendono da fattori locali, quali gli addensamenti della domanda di trasporto, le caratteristiche della viabilità interessata ecc.

Va considerato che, in assenza di ragioni contrarie, è opportuno posizionare le fermate in prossimità di intersezioni importanti, perché così si riducono i percorsi pedonali verso luoghi che non si trovano lungo il tracciato della tranvia.

Nei casi di fermate ubicate presso intersezioni, è preferibile configurarle in modo sfalsato, cioè, per ciascun senso di marcia, dopo l'intersezione; ciò al fine dell'ottimizzazione della priorità semaforica. Infatti, mentre il tempo di corsa tra due fermate è prevedibile con buona precisione, quello di fermata è aleatorio e quindi introduce un'incertezza nel processo di approntamento della via libera.

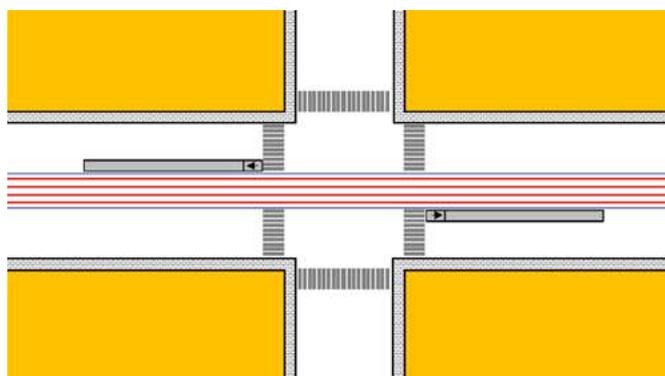


Figura 47 - Tranvia centrale con fermate laterali sfalsate.

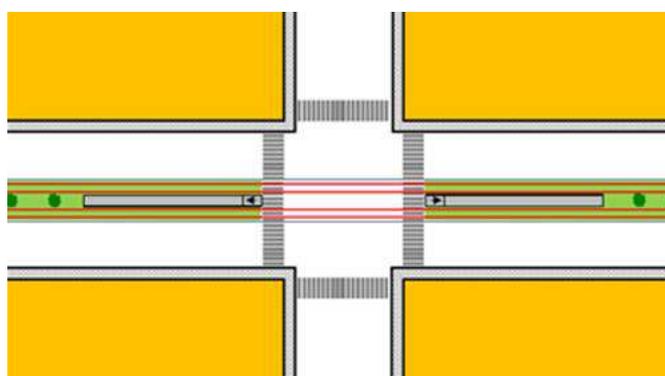


Figura 48 - Tranvia centrale con fermate centrali separate.

Se la tranvia è in centro strada, le banchine laterali causano una strozzatura delle semicarreggiate del traffico ordinario, il cui effetto negativo sul traffico non è significativo solo se il flusso entrante nell'intersezione è canalizzato e la corsia di sinistra è assegnata alla svolta. La strozzatura può essere eliminata allontanando i binari e adottando la banchina centrale; si ha allora su tutta la tratta una sede tranviaria più larga (un po' meno della somma della sede minima più due banchine laterali) e la fascia tra i due binari può essere inerbita e alberata con essenze adeguate.

Priorità semaforica

Va premesso che è bene regolare con impianti semaforici tutte le intersezioni stradali e tutti gli attraversamenti pedonali indipendenti presenti lungo il tracciato. La regolazione semaforica deve essere a priorità tranviaria.

È fortemente consigliabile l'utilizzazione di un sistema di priorità semaforica interconnesso col sistema di localizzazione dei tram, in modo da formulare con conveniente anticipo e aggiornare progressivamente la previsione del momento di arrivo del tram all'intersezione semaforizzata e quindi poter garantire una probabilità elevatissima di dare tempestivamente via libera al tram, con la minima perturbazione nella regolazione dei flussi di traffico in conflitto.

L'interconnessione tra i due sistemi consente anche di graduare la priorità in relazione alla puntualità del tram, riducendo la priorità se in anticipo o aumentandola, per quanto possibile, se in ritardo. Si può così ottenere un contributo automatico al mantenimento della regolarità.

Per gli attraversamenti pedonali indipendenti si può adottare la priorità tranviaria assoluta.

È da ricordare anche l'opportunità di usare un impianto semaforico, nella funzione di *gate control*, quando il tracciato passa da una tratta con sede promiscua riservata o protetta o con sede propria a una tratta con sede promiscua libera, per garantire il transito fluido del tram nella seconda tratta. L'impianto, situato alla confluenza della corsia riservata e di quella del traffico ordinario, dà correntemente via libera al traffico ordinario, ma all'avvicinarsi di un tram lo blocca con conveniente anticipo, in modo da assicurare un adeguato spazio libero nella tratta promiscua libera. Appena entrato il tram in questa tratta, viene ridata via libera al traffico ordinario. Si favorisce così anche la sicurezza nel punto di confluenza.

O) Riqualficazione delle strade urbane di scorrimento

Elena Cocuzza, Nadia Giuffrida, Matteo Ignaccolo, Giuseppe Inturri, Michela Le Pira, Vincenza Torrisi, Stefano Zampino

In ambito urbano, non è infrequente che strade classificate, o classificabili sotto il profilo geometrico e funzionale come strade di scorrimento (tipo D ai sensi dell'art. 2 del NCDS), siano caratterizzate da un'assenza di regolamentazione della sosta, dalla mancanza di requisiti di distanziamento minimo degli accessi delle attività - che dovrebbero essere contenuti nell'ambito del regolamento viario comunale (come raramente avviene, seguendo le indicazioni del Quaderno AIIT n° 7 – Piani di dettaglio del traffico urbano e piani di intervento per la sicurezza stradale urbana, Ediz. EGAF / ottobre 2010), oltre che da insufficiente regolamentazione delle manovre di svolta e di immissione, atteso che l'art. 45 del Regolamento del Codice della Strada non prevede specifiche indicazioni, segnatamente per quanto attiene alle limitazioni in termini di distanze di carattere insediativo/localizzativo, come invece accade per le strade extraurbane.

In realtà, con specifico riferimento al tema degli accessi delle attività a margine delle strade di cui si tratta, in assenza di specifiche prescrizioni, ma nella prospettiva di individuare possibili soluzioni applicative, un'indicazione generale sulla distanza tra gli accessi potrebbe dedursi *per relazione* con riferimento al co. 3 del suddetto articolo 45 del Regolamento del codice, per la parte espressamente riferita alle zone edificabili, o trasformabili urbanisticamente. Si tratta, comunque, di aspetti che, per quanto riguarda le strade interne ai centri abitati, rientrano certamente nelle espresse competenze pianificatori e regolamentari dei singoli comuni, competenti sia per quanto riguarda gli aspetti funzionali delle strade di cui trattasi, sia per gli aspetti legati alla sicurezza dell'utenza.

Questa carenza previsionale del NCDS e delle norme ad esso correlate ha spesso comportato e comporta l'insorgere di problemi legati proprio alla funzionalità e alla sicurezza stradale, laddove un gran numero di attività commerciali, artigianali, ecc. siano sorte, o sorgano in adiacenza ad infrastrutture viarie che, per definizione dovrebbero rappresentare i canali principali di interconnessione tra le varie zone di un centro abitato, offrendo agli utenti una capacità elevata in termini di traffico veicolare, derivante da una conformazione della sezione trasversale "a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico, ciascuna con almeno due corsie di marcia, ed una eventuale corsia riservata ai mezzi pubblici, banchina pavimentata a destra e marciapiedi, con le eventuali intersezioni a raso semaforizzate (art. 3 del NCDS)".

La richiamata descrizione del Codice non esclude, peraltro, la presenza di aree destinate alla sosta in "apposite aree o fasce laterali esterne alla carreggiata, entrambe con immissioni ed uscite concentrate".

In merito, il DM 6792 del 5/11/2001 a fronte della indicazione della sezione tipo che prevede per le strade tipo D corsie della larghezza di m 3,25 banchine da 1,00 m e marciapiedi da 1.25 m, contempera espressamente la presenza di (eventuali) strade di servizio di sezione non definita ed è in corrispondenza di tali strade che ammette la presenza di accessi.

La definizione codicistica e le indicazioni del DM portano, dunque, a ipotizzare, in una razionale pianificazione e programmazione urbanistica, che le attività commerciali siano localizzate in prossimità, o comunque in condizioni di agevole accessibilità rispetto agli spazi di sosta che siano raggiungibili attraverso percorsi "dedicati".

Si tratta di indicazioni e previsioni chiaramente riferite alla progettazione di nuovi tronchi viari, laddove, molto spesso, le configurazioni esistenti si sono sviluppate in periodi antecedenti al Decreto ministeriale del 2001, o, comunque, hanno privilegiato gli aspetti insediativi "postumi" senza valutare l'impatto sui flussi di traffico ad essi relativi come nel caso della presenza di aree commerciali con accessi diretti sulla strada.

Le situazioni non infrequenti di una mancata corretta applicazione di criteri pianificatori pone, dunque, molto spesso l'esigenza di riqualificare e adeguare gli assi viari principali esistenti, tenendo in considerazione il fatto che, ordinariamente, la presenza di attività a margine di tali infrastrutture, caratterizzate anche da significativi flussi veicolari di mezzi destinati al trasporto pubblico, determina la necessità di gestire la domanda di spazi di sosta e parcheggio di veicoli a motore, inclusi i mezzi destinati alla distribuzione di merci, senza escludere la inevitabile, correlata e contemporanea presenza di utenze deboli.

La presenza di edifici, sottoservizi e altre infrastrutture a margine delle arterie interessate, esclude, d'altro canto, la possibilità di adeguamenti tali da conseguire le geometrie prescritte per gli interventi di nuova progettazione e quindi tali da separare i flussi di traffico principali da quelli destinati alle attività presenti a margine.



Figura 49 - Presenza di un centro commerciale a margine di una strada con funzioni di "scorrimento". Fonte: NACTO (2013).

Nell'ottica dell'adeguamento e, in particolare dell'art. 4 del DM 22/04/2004, occorre pertanto ricercare situazioni, ancorché non soggette strettamente ai vincoli del 6692/2001, consentano di:

- ridurre la velocità dei mezzi in transito;
- evitare rallentamenti in corrispondenza delle aree destinate, in particolare, alle manovre di svolta a sinistra e a destra;
- consentire la sosta in condizioni di sicurezza e ottimizzare le manovre di diversione e immissione dagli spazi di sosta;
- proteggere gli utenti deboli, ovvero permettere gli spostamenti di tali classi di utenti, in sicurezza.

In presenza dei vincoli caratterizzanti l'urbanizzazione esistente e nell'ipotesi di voler intervenire con un ridisegno degli spazi della carreggiata disponibili, la prima analisi da svolgere riguarda, pertanto, la comprensione della distribuzione giornaliera e settimanale e della composizione dei flussi veicolari, ciclistici e pedonali che caratterizzano l'arteria di riferimento.

Questa analisi ha un particolare significato, in quanto a valle di essa, è possibile assumere alcune scelte progettuali che possono portare:

- alla creazione di apposite aree e golfi di fermata, a margine da destinare alla sosta e alle operazioni di carico e scarico merci;
- alla riorganizzazione del numero di corsie destinate al transito veicolare, in favore di corsie e spazi specializzati per tipologia di utenza;
- alla riorganizzazione e un ridisegno di sezioni particolarmente critiche (es. in corrispondenza di incroci con altre arterie significative);
- alla generale ri-conformazione della piattaforma stradale con interventi anche di ordine dimensionale, sulla sezione delle corsie esistenti.

Nell'immagine seguente, ad esempio, viene proposto uno schema di ridisegno degli spazi urbani estratto dalle linee guida americane del NACTO (National Agency of City Transportation Officers), in cui, in presenza di flussi veicolari più bassi rispetto alle caratteristiche di capacità offerte della strada, viene conseguita una riduzione delle corsie, con la creazione di spazi dedicati a margine.

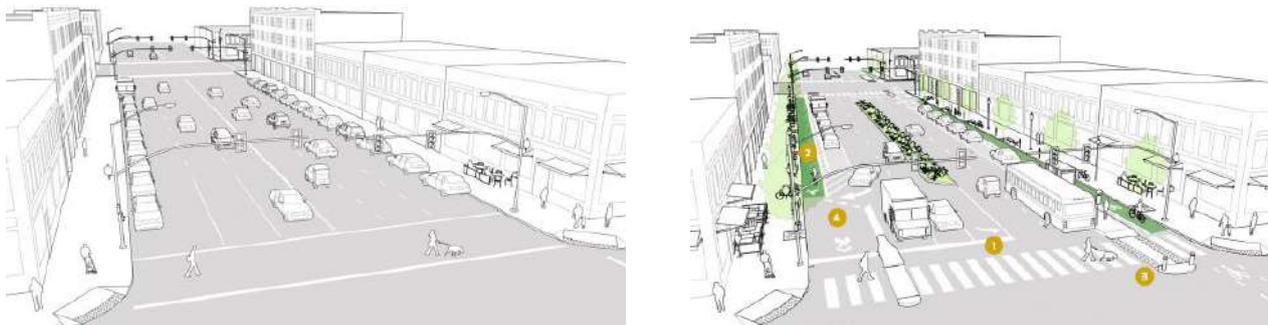


Figura 50 - Riorganizzazione di una piattaforma stradale a 6 corsie in ambito urbano. Fonte: National Association of City Transportation Officials (2013).

L'importanza della conoscenza dei flussi veicolari e della relativa composizione, e, in particolare, l'analisi dei dati dei flussi di mezzi pubblici e mezzi pesanti, oltre alla conoscenza dei dati relativi alla domanda di sosta, assumono una particolare significatività, laddove il dato di partenza sia costituito da una strada a quattro corsie (due per senso di marcia), che richiede un intervento più radicale, con scelte che possono determinare la necessità di eliminare una o due corsie per senso di marcia, agevolando, però la sosta, ovvero fluidificando il transito nelle aree di intersezione mediante la creazione di corsie dedicate alla manovre di svolta, come rappresentato nell'immagine seguente.

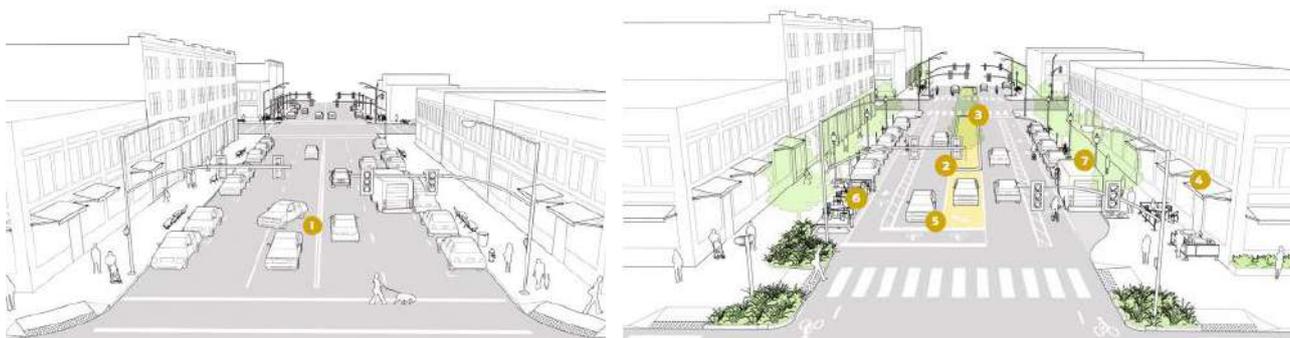


Figura 51 - Riorganizzazione di una piattaforma stradale a 4 corsie in ambito urbano. Fonte: National Association of City Transportation Officials (2013).

La parzialmente mutata funzione della strada, non più solo destinata allo scorrimento, ma anche svolgere una funzione a servizio di attività insediative (da strada di scorrimento a strada interquartiere, con eventuale 1 sola corsia di scorrimento/senso), può trovare forme di adeguamento – ove non siano più possibili azioni ri-localizzative degli insediamenti abitativi e commerciali – in una riconfigurazione della sezione che tenga però conto:

- della significatività delle aree destinate alle manovre di svolta;
- dei flussi di pedoni e ciclisti, la cui presenza, se non correttamente gestita, comporta limitazioni in termini di sicurezza offerta dall'arteria;
- della significatività del traffico di autobus e mezzi destinati alla distribuzione di merci che, necessitando di spazi adeguati alla sosta, possono avere effetti fortemente limitativi dei flussi, se non correttamente gestiti attraverso spazi e corsie riservate.

In particolare, in taluni casi, senza intervenire sulla riduzione del numero di corsie, in ragione di non infrequenti discontinuità del tessuto insediativo è possibile sfruttare alcuni degli spazi a margine per la realizzazione di corsie di accesso ad aree di sosta unidirezionali debitamente attrezzate per consentire manovre di diversione e immissione rispetto ad aree e stalli di sosta riservati a specifiche attività. Particolare attenzione va posta, in questi casi, alle manovre di immissione da regolare con apposita segnaletica (preferibilmente di stop, integrati da “specchi” ove necessario e possibile), accertandosi si conseguire una adeguata visibilità sia per i veicoli che transitano sull’asse viario principale, sia per i veicoli che su di esso si immettono (angolo di immissione per accessi diretti non inferiore a 70°). Si tratta di soluzioni di tipo “discontinuo” che possono impatti positivi in caso di tratti a deflusso critico in determinate fasce orarie (Figura 52).

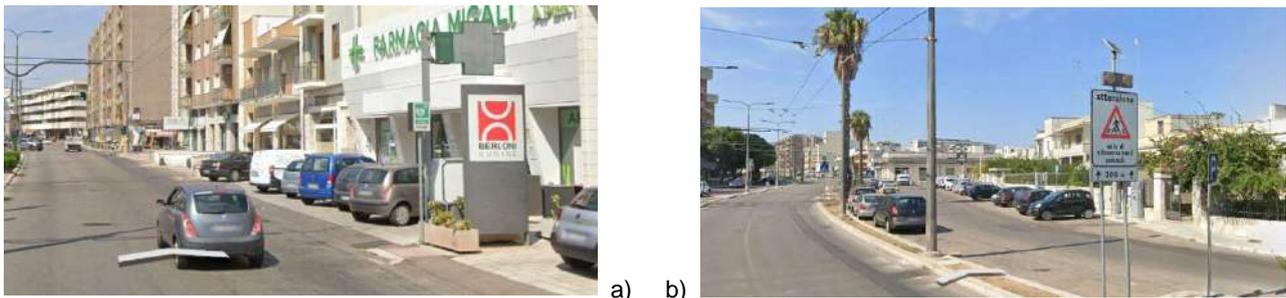


Figura 52 - Due esempi di gestione degli spazi a margine ubicati lungo una stessa strada a breve distanza (Non corretto (a), corretto (b)).

Nell’ipotesi di volere applicare soluzioni di tipo “continuo” (ad esempio finalizzate a creare spazi riservati alla mobilità di pedoni e ciclisti) una ancorché modesta revisione della larghezza delle corsie di marcia dei veicoli (spesso sovradimensionate) può essere idoneamente valutata dal progettista, considerando che, in sé, una riduzione fino a dimensioni trasversali dell’ordine di 2,75-3.00 m, utile per l’adeguamento di spazi laterali, ovvero per la realizzazione spazi centrali da destinare alla protezione degli attraversamenti pedonali, non pregiudica sensibilmente l’offerta in termini di capacità, ma comporta effetti di riduzione della velocità dei veicoli a motore, secondo quanto rappresentato nello schema seguente.

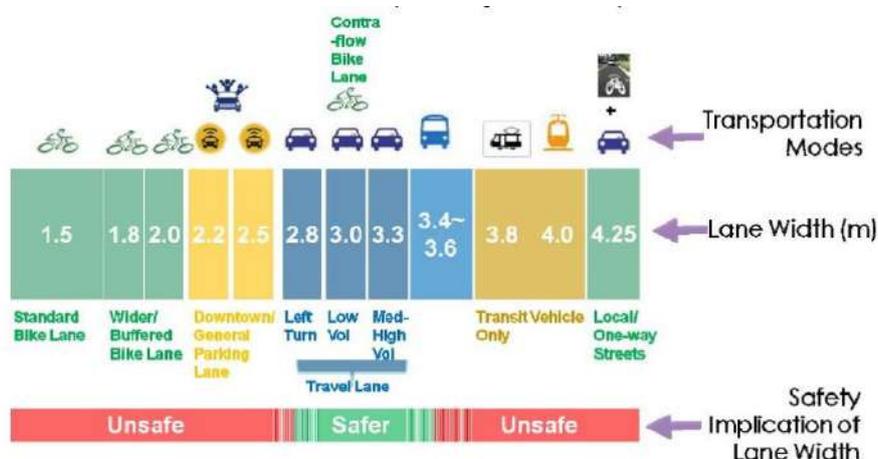


Figura 53 - Revisione della larghezza delle corsie di marcia in aree a forti vincoli. Fonte: D.M. Karim (2010).

Si tratta evidentemente di una modalità di intervento da analizzare approfonditamente e che, come detto, rientra negli spazi valutativi del tecnico progettista, laddove, nella riorganizzazione della piattaforma viaria, venga svolto un approfondimento tecnico atto a descrivere e valutare il conseguimento dell'obiettivo dell'“innalzamento del livello di sicurezza”, in relazione alla situazione esistente, come previsto proprio dall'art. 4 del DM 22/04/2004.

Riferimenti bibliografici

Chang, A.L., Miranda-Moreno, R. (2020). Demystifying scooter safety with surrogate safety. *International Conference “Transportation Research Board” (TRB) Annual Meeting 2020 (Washington D.C., 12-16 gennaio 2020)*.

Cano-Moreno, J.D., Marcos, M.I., Haro, F.B., D'Amato, R.A., Juanes, J. & Heras, E.S. (2019, October). Methodology for the study of the influence of e-scooter vibrations on human health and comfort. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 445-451).

EU. (2020). *Basic quality design principles for cycle infrastructure and networks*. Tratto da https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cycling/guidance-cycling-projects-eu/cycling-infrastructure-quality-design-principles/basic-quality-design-principles_en.

Geertman, S. & Stillwell, J. (2004). Planning support systems: An inventory of current practice. *Computers Environment and Urban Systems*, 28(4), pp. 291-310.

Geertman, S. & Stillwell, J. (a cura di, 2009). *Planning Support Systems Best Practice and New Methods*. Dordrecht: Springer.

Ignaccolo, M., Inturri, G., Giuffrida, N., Le Pira, M., Torrisi, V. & Calabrò, G. (2020a). A step towards walkable environments: spatial analysis of pedestrian compatibility in an urban context. *European Transport*, 76(6), pp. 1-12.

Karim, Dewan M., (2015, June). *Narrower Lanes, Safer Streets*, Conference Paper – Canadian Institute of transportation - <https://www.researchgate.net/publication/277590178>

National Association of City Transportation Officials. (2013). *Urban Street Design Guide*. Tratto da <https://nacto.org/urban-street-design-guide-2013/>.

National Association of City Transportation Officials. (2016). *Global Street Design Guide*. Tratto da <https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/>.

Shaheen, S., Cohen, A., Dowd, M. & Davis, R. (2019). *A Framework for Integrating Transportation into Smart Cities: State of the Practice in 20 US Cities*. San Jose: Mineta Transportation Institute. Transportation for America. (2020). *2020 Shared Micromobility Playbook*. Tratto da <https://playbook.t4america.org/parking-street-design/>.

P) I PUMS e le isole ambientali (IA): Proposta di normativa per la valorizzazione della mobilità debole (pedoni e ciclisti) nei PUMS, attraverso l'uso delle IA sulle strade locali – per quanto possibile – dell'intera città.

Enrico Pagliari, Lucio Quaglia

Una criticità delle aree urbane è rappresentata dall'alta incidentalità della mobilità dolce, ossia degli utenti "vulnerabili" pedoni e ciclisti. I motivi sono molteplici e vanno dalla eterogeneità del traffico urbano, con presenza sulla stessa sede di mezzi motorizzati di ogni dimensione, insieme a pedoni e ciclisti, esposizione al rischio delle utenze vulnerabili almeno 50 volte superiore rispetto ai mezzi motorizzati, norme tecniche delle strade concepite principalmente per i veicoli motorizzati. Il presente documento, partendo da una ri-organizzazione / ri-classificazione della viabilità urbana su due livelli, uno per la viabilità principale destinata ai mezzi motorizzati e l'altro per la viabilità locale riservata alle utenze vulnerabili, costituisce una possibile "brillante" soluzione al problema. La viabilità locale rappresenta le cosiddette Isole Ambientali (IA) in cui gli utenti vulnerabili hanno la precedenza, mentre i mezzi motorizzati sono quasi degli ospiti indesiderati. La viabilità principale viene invece utilizzata dai mezzi motorizzati per spostarsi da una parte all'altra della città. Sulla viabilità principale i pedoni ed i ciclisti viaggiano solo su sede protetta o riservata (compresi itinerari ciclo-pedonali). Si è valutato che a seconda della dimensione della città e della struttura della rete viaria, alla viabilità principale andrebbe destinato dal 15 % al 50 % della rete stradale urbana, mentre tutto il resto potrebbe essere organizzato come IA. La soluzione, ideata da alcuni soci della Sezione Lazio dell'AIIT, vuole essere anche una proposta di normativa nell'ambito della pianificazione della mobilità (inviata nella sua edizione integrale al Ministro delle Infrastrutture e Trasporti il 13 marzo 2019), da ricomprendere nell'ambito degli allegati tecnici dei Piani Urbani della Mobilità Sostenibile (PUMS). Tutto ciò nella convinzione che non possano essere solo alcune Isole Pedonali e Piste Ciclabili a migliorare sostanzialmente l'attuale tragica situazione del traffico urbano, ma che - per ottenere un sostanziale incremento della mobilità pedonale e ciclistica - occorra l'intervento sistematico delle Isole Ambientali sull'intera città. In definitiva si tratta una sorta di Piani Urbani della Mobilità definibili di terza generazione e facenti parte integrante dei PUMS.

Introduzione

I Piani Urbani della Mobilità Sostenibile (PUMS) rappresentano il più aggiornato tipo di pianificazione, con valenza europea, per risolvere i problemi della mobilità urbana. Infatti, i PUMS sono da considerare una evoluzione dei Piani Urbani della Mobilità (PUM), a cui la Commissione Europea ha aggiunto il concetto di "sostenibilità", da intendersi nella sua più ampia accezione tecnica, sociale, ambientale e, quindi, economica. I PUM, cita la normativa italiana, vanno intesi come progetti del sistema della mobilità comprendenti l'insieme organico degli interventi sulle infrastrutture di trasporto pubblico e stradali, sui parcheggi di interscambio, sulle tecnologie, sul parco veicoli, sul governo della domanda di trasporto attraverso la struttura dei mobility manager, i sistemi di controllo e di regolazione del traffico, l'informazione all'utenza, la logistica e le tecnologie destinate alla riorganizzazione della distribuzione delle merci delle città. Tutte queste tematiche sono ricomprese nei PUMS e, per quanto attiene le azioni e gli interventi a breve termine, non infrastrutturali, rientrano appieno anche nella pianificazione propria dei Piani Urbani del Traffico

(PUT), di precedente normalizzazione. Pertanto, si può affermare che i PUMS rappresentano la terza generazione dei PUT, mentre le IA rappresentano l'argomento "focale" e uno degli strumenti specifici per la loro redazione. L'ampio uso dei sistemi pedonale e ciclistico viene a rappresentare la novità dei PUT di terza generazione, che potrà farsi utilizzando su vasta scala, cioè su tutta la città, lo strumento delle IA, identificate come aree avulse dal traffico motorizzato di attraversamento e ad uso quasi esclusivo dei pedoni, dei ciclisti e della sosta veicolare. Le IA sono aree comprendenti solo strade locali. Lo strumento delle IA e la Classifica Funzionale delle Strade (CFS), ancorché già previsti dalle normative di pianificazione della mobilità, oltre ad essere poco utilizzati dai tecnici non sono mai entrati nella conoscenza generale dei cittadini-utenti che si spostano. Le IA e la CFS possono, invece, costituire dei potenti strumenti per ottenere significative variazioni nei comportamenti dei cittadini-utenti che si spostano, oltre ad avere una grande valenza urbanistica. Per comprendere l'ampiezza dell'utilità di una disciplina integrale e diffusa delle IA, ai fini della vivibilità dell'intera città, si può considerare il caso di Roma. In essa, sui circa 5.000 km di strade all'interno del Grande Raccordo Anulare (GRA), analisi e simulazioni di traffico hanno indicato che è sufficiente destinare soltanto il 15% della rete stradale alla viabilità principale. Per le esigenze proprie dei movimenti dei veicoli pubblici e privati sono sufficienti solo 750 km di strade, naturalmente ben organizzate. In altri termini, ciò significa che il netto miglioramento della mobilità pedonale e ciclistica a Roma si può attuare sul residuo 85% della viabilità, ossia su ben 4.250 km di strade. Tenuto conto che la percentuale anzidetta diminuisce con il diminuire delle dimensioni della città, più in generale si può affermare che, comunque, al di sopra dei 30.000 abitanti, le IA possono rappresentare oltre 50% della viabilità cittadina. Recuperare la vivibilità del 50% della città, tenuto conto della relativa facilità e del basso costo degli interventi necessari, solo opportuna segnaletica stradale, rappresenta un risultato tutt'altro che trascurabile. I vantaggi ambientali ottenibili derivano anche dalla riduzione delle percorrenze dei veicoli individuali motorizzati, trasferite alla mobilità ciclistica e pedonale. Questi ultimi vantaggi saranno da perfezionare anche con interventi di miglioramento della qualità urbana, in termini di arredo e verde urbano.

Le principali finalità di intervento

Le IA sono così chiamate per la loro particolare organizzazione del traffico su ambiti ben delimitati dalla viabilità principale (Isole) e finalizzate al recupero di vivibilità degli spazi stradali interni, tutti relativi a strade locali (Ambientali).

In realtà, quanto proposto va oltre le finalità anzidette, in quanto assume il significato dell'avvio di un vero e proprio recupero urbanistico dell'intera città, dal momento che ricomprende sia la rivalutazione delle periferie urbane, trattate alla stregua delle aree centrali, sia un consistente recupero di spazi pubblici, da destinare ai pedoni, o al verde, o alla sosta veicolare.

Le zone a traffico pedonale privilegiato

Le IA rappresentano l'insieme delle strade locali, destinate ai pedoni, ai ciclisti ed alla sosta veicolare, ricomprese all'interno delle maglie della viabilità principale, destinata ai movimenti dei veicoli pubblici e privati, e una delle sue più importanti forme organizzative del traffico riguarda le cosiddette Zone a Traffico Pedonale Privilegiato (ZTPP) già previste nelle Direttive del Ministero LLPP del 1995.

Quest'ultime zone rimangono caratterizzate dalle seguenti discipline di traffico:

- limite di velocità per i veicoli pari a 30 km/h (Zone 30);
- schema di circolazione veicolare tale da impedire l'attraversamento diametrico dell'isola da parte dei veicoli motorizzati, con percorsi prevalentemente a sensi unici contrapposti, oppure con sensi unici a forma di U, allargata o stretta (cfr. Fig. 54) od altro;
- precedenza generalizzata per i pedoni rispetto a tutti i veicoli, motorizzati e non, nell'attraversamento delle carreggiate stradali, fermo restando comunque l'obbligo per i pedoni di eseguire l'attraversamento in modo perpendicolare alle carreggiate medesime;
- tariffazione della sosta veicolare sugli spazi pubblici stradali, con agevolazioni tariffarie per i residenti, qualora ritenuto necessario (questa disciplina -comunque- non risulta direttamente influente ai fini dell'organizzazione delle IA).

Si osservi che la prima disciplina (limite di velocità a 30 km/h) rappresenta, di fatto, l'unico intervento atto a far comprendere all'utenza motorizzata la necessità di un comportamento diverso sulle varie strade, in attuazione della CFS. Peraltro, si spera che, con tale comprensione, si abbia un comportamento virtuoso dell'utenza riguardo alle soste illegali in doppia o tripla fila, da non effettuarsi specie sulla viabilità principale. Riguardo a detta classifica si rammenta inoltre che essa, insieme al Regolamento Viario (RV), rappresenta lo strumento di base per opporsi alla congestione veicolare, e quindi per migliorare la sicurezza stradale, dovuta alla promiscuità di funzioni attualmente svolte dalle strade, la quale è sanabile solo attraverso la "separazione" delle varie componenti del traffico urbano, ossia separazione dei movimenti veicolari dalle soste, dei movimenti dei veicoli collettivi di linea dai movimenti veicolari privati, dei movimenti veicolari veloci da quelli lenti, dei movimenti veicolari dai pedoni e dai ciclisti, ecc. Tale separazione, in alcuni contesti, può configurarsi anche di carattere non fisico, ma esclusivamente regolamentare.

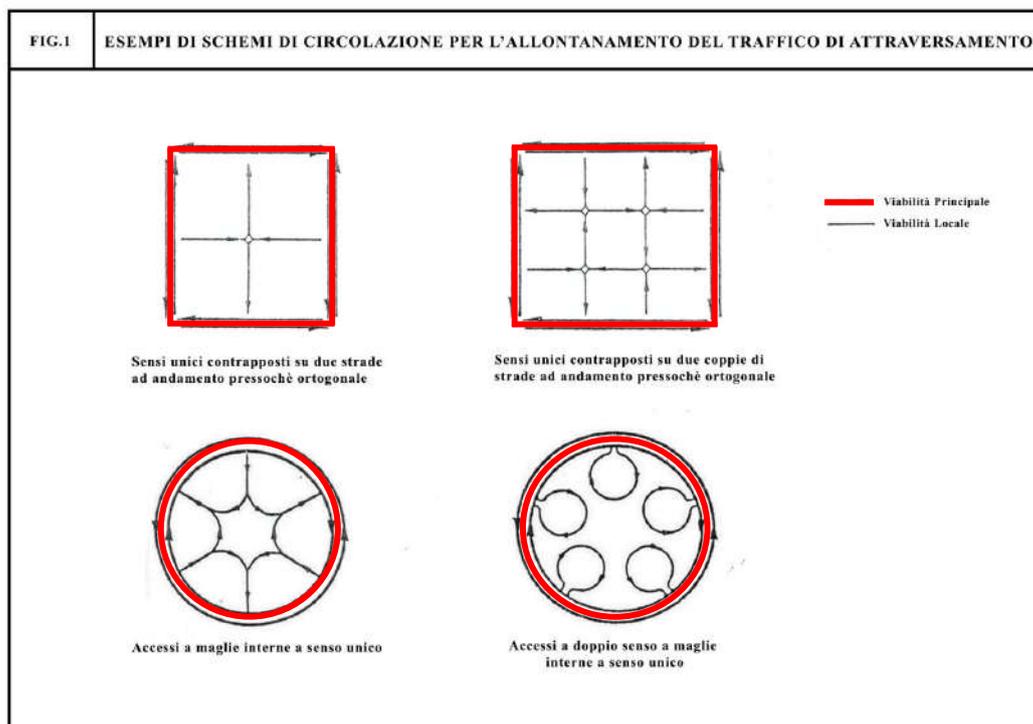


Figura 54 - Esempi di schemi di circolazione delle Isole Ambientali.

Riguardo alla seconda disciplina (sistemi anti-attraversamento) è opportuno rammentare che essi sono da attuare non solo con i citati sensi unici contrapposti o sensi unici ad U, ma possono usarsi anche chiusure finali delle carreggiate (rendendo le strade a fondo cieco) ed, ove possibile e conveniente, anche sbarramenti intermedi di tronchi stradali, totali o parziali (in quest'ultimo caso si tratta di introdurre l'eventuale disciplina dei sensi unici alternati). In questa sede, comunque, per l'omogeneità delle rappresentazioni grafiche si è preferito sempre utilizzare il sistema dei sensi unici contrapposti.

Ancor più importante è il rilevare che la terza disciplina di traffico elencata, precedenza per i pedoni, fondamentale per il recupero di vivibilità delle città, anche con speciale riferimento all'utenza pedonale anziana, in continuo aumento e non in grado di accettare gli allungamenti di percorso necessari per raggiungere gli attraversamenti pedonali zebrati, si può attuare solo nel rispetto di due condizioni essenziali per la sicurezza stradale, ossia solo in presenza di un traffico veicolare non veloce e di modesta entità. Il traffico non veloce rimane garantito dalla prima disciplina, relativa al limite di velocità pari a 30 km/h, ed il suo flusso veicolare modesto rimane garantito dalla seconda disciplina, relativa allo schema di circolazione veicolare "antiattraversamento dell'isola". Questo schema di circolazione, infatti, consente il movimento fluido ai soli veicoli motorizzati in arrivo e in partenza dall'isola, la quale, peraltro, essendo di modeste dimensioni, non determina nemmeno l'esistenza di mobilità veicolare interna all'IA. Naturalmente, ove necessario, il privilegio per la circolazione dei pedoni può raggiungere il suo livello massimo, all'interno dell'IA attraverso l'organizzazione di specifici tronchi stradali pedonalizzati ad Aree Pedonali (AP).

Le facilitazioni per il traffico ciclistico

Nella logica dei PUMS, alle anzidette agevolazioni per la mobilità pedonale in genere si aggiunge una quinta disciplina del traffico atta a facilitare la mobilità ciclistica e relativa alla esenzione per i ciclisti delle regole proprie della predetta seconda disciplina, ossia l'esenzione dai vincoli di percorso specifici dello schema di circolazione "anti-attraversamento dell'isola".

Questa quinta disciplina si concretizza, in genere, nell'esistenza anche sistematica di corsie ciclistiche controsenso rispetto ai sensi unici di marcia dei veicoli motorizzati, senza escludere, se opportuno, la presenza di piste ciclabili bidirezionali.

Così operando, trasformazione delle ZTPP in zone a Traffico Pedonale e Ciclistico Privilegiato (ZTPCP), per i ciclisti si potranno creare specifici itinerari preferenziali diametrali sull'intera città, protetti dalle regole anzidette, compreso il limite dei 30 km/h per i veicoli a motore, che è da rispettare anche da parte dei ciclisti. In particolare, per detti itinerari, nel passaggio da una IA a quella contigua, si deve provvedere solo all'adeguata protezione degli attraversamenti ciclo-pedonali sulla viabilità principale, in genere con impianti semaforici.

Gli altri tipi di Isole Ambientali

Per le IA, intese come insieme di strade locali ricomprese all'interno di una maglia di viabilità principale, è consono il loro utilizzo, oltre che con le 5 discipline di traffico precedentemente elencate, anche con le altre 2 discipline, in genere già in uso nelle aree urbane centrali, relative a:

- Zone a Traffico Limitato (ZTL), in quanto il loro accesso veicolare viene gestito tramite specifici permessi a determinate categorie di utenti e di veicoli in specifici orari;
- Aree Pedonali (AP), già in parte accennate, in quanto l'accesso è consentito esclusivamente ai pedoni ed ai veicoli di emergenza e di servizio.

Le discipline ZTL ed AP sono, comunque, di più difficile attuazione rispetto alle precedenti, in quanto vengono a “centrifugare”, rispettivamente, in parte e del tutto, le soste veicolari all'esterno delle aree su cui sono applicate e richiedono, quindi, l'attento studio di organizzazione del traffico veicolare anche per le aree circostanti (aree di influenza degli interventi). Di fatto, analoga osservazione potrebbe farsi riguardo alla seconda disciplina esposta, allontanamento del traffico di attraversamento dalle IA, da evitare mediante un opportuno uso dei modelli di assegnazione del traffico ed una ben studiata rete viaria principale.

Con le 7 discipline di traffico esposte si ottiene una notevolmente variegata possibilità di differenti organizzazioni circolatorie nelle IA. Infatti, già solo in termini di macro-discipline, ossia a prescindere dalle varianti delle diverse tariffe di sosta adottabili, oppure ai diversi orari in cui le discipline risultano in vigore, ecc., si hanno esattamente 127 combinazioni (senza ripetizioni) di assetti disciplinari possibili. Le diverse discipline possibili riescono a soddisfare le più diverse esigenze esistenti tra le varie città o tra le varie zone di una stessa città. Comunque, è indispensabile che a fattore comune esista sempre la prima disciplina, ossia il limite di velocità di 30 km/h.

Le dimensioni delle Isole Ambientali

La possibilità per l'utenza di “rispetto-condiviso” dell'anzidetto limite di velocità, pari a 30 km/h, richiede che il limite non venga protratto per una eccessiva lunghezza. Si ritiene che una lunghezza dell'ordine dei 300 m sia generalmente accettabile. Analogamente dicasi per l'accettabilità della lunghezza dei percorsi “a piedi”, sia in un verso che nel ritorno, dai luoghi di sosta dei veicoli (interni alle IA) o dalle fermate dei mezzi pubblici collettivi (sulla viabilità principale perimetrale all'IA) alle destinazioni finali.

Ne consegue che, nella situazione in cui la viabilità principale di contorno delle IA sia completa ed a doppio senso di marcia, al fine di poter accedere dal lato più opportuno per la vicinanza alla destinazione finale dello spostamento, l'ampiezza massima dell'IA, in ciascuna delle sue direzioni, non dovrebbe eccedere i 400 m. I percorsi “a piedi”, per raggiungere il centro dell'IA dalla viabilità principale, risulterebbero variabili dai 200 ai 400 m. Queste distanze scaturiscono da una ipotesi di blocchi insediativi di 8 x 8 isolati ciascuno di 50 m, comprese le larghezze stradali, di cui in Fig. 55.

Con tale organizzazione dell'IA, ossia con percorsi pedonali massimi mediamente dell'ordine dei 300 m, al netto della necessaria disponibilità di sosta, si dovrebbe poter passare dall'attuale logica dello spostamento motorizzato individuale eseguito “da porta a porta” alla logica dello spostamento eseguito “da isola a isola”. Il cambio di logica contribuirebbe notevolmente al ripensamento individuale sull'uso dell'autovettura in città.

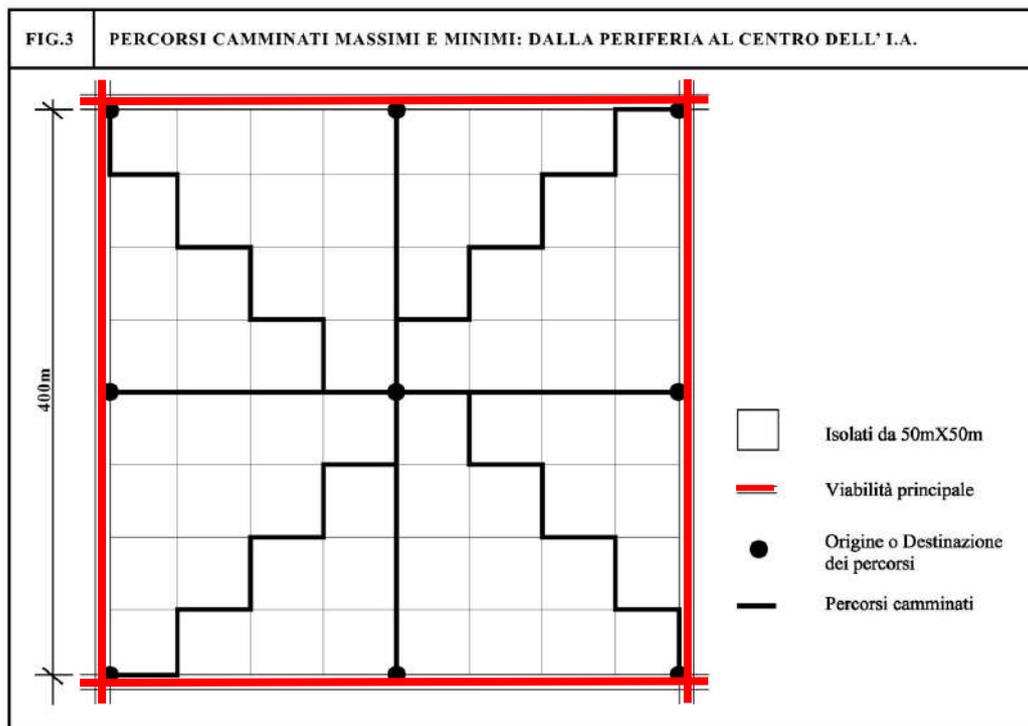


Figura 55 - Percorsi pedonali massimi e minimi.

Gli schemi di circolazione “antiattraversamento” per i veicoli motorizzati

Nelle situazioni più frequenti, all'interno delle IA si tratta di adottare il sistema dei sensi unici contrapposti (ossia, il senso di marcia inverte la propria direzione ad ogni isolato), già largamente in uso nelle aree centrali urbane italiane, e da estendere a tutta la città, comprese le zone periferiche.

In termini di schema di circolazione veicolare, nel caso di IA costituite da 3×3 isolati, ossia con due strade locali nord-sud ed altrettante est-ovest, si ha la formazione di un quadrilatero a senso unico intorno all'isolato centrale (cfr. Fig. 56). Si noti che ai vertici di detto quadrilatero si hanno 4 incroci tra strade locali, ciascuno senza alcun punto di intersecazione tra correnti veicolari motorizzate, esistono solo 2 punti di convergenza ed altrettanti di divergenza. Tale soluzione contribuisce ad aumentare la sicurezza stradale. Detta fondamentale caratteristica di “maggiore” sicurezza si mantiene anche per IA con più di 4 strade locali, sempre che il sistema dei sensi unici contrapposti venga usato integralmente.

Questo schema di circolazione scoraggia nettamente l'esecuzione di percorsi di attraversamento interni all'IA. L'attraversamento è possibile solo con allungamento del percorso. Dai 3 isolati del percorso diretto lineare, con i sensi unici contrapposti si passa ad almeno 5 isolati, con l'aggiunta di una estrema tortuosità del percorso e la necessità di ben 4 manovre di svolta.

A questi due primi grandi vantaggi di sicurezza stradale e di riduzione dei flussi veicolari interni all'IA, occorre aggiungere i vantaggi della maggiore facilità di ricerca del posto di sosta disponibile, del possibile recupero di spazi pubblici utilizzabili per i pedoni o per il verde, o per la sosta veicolare. Le singole strade organizzate a senso unico avranno necessità di una sola corsia di marcia, anche in ambito di incrocio tra strade locali.

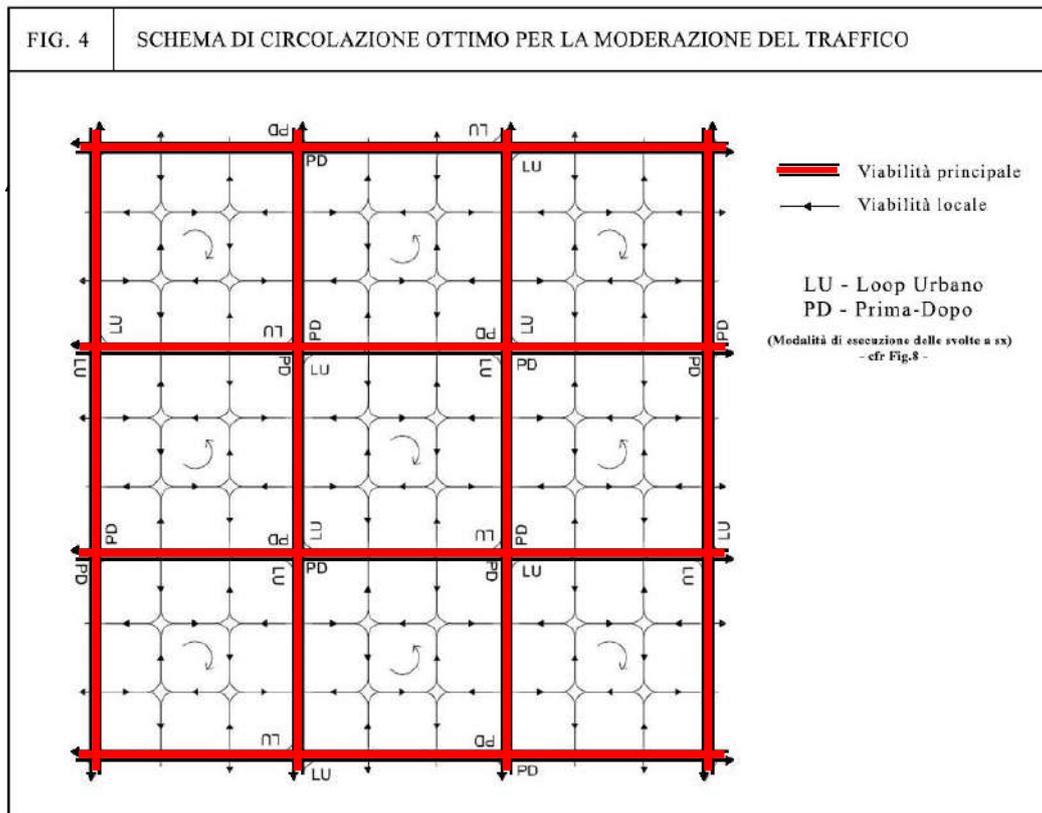


Figura 56 - Schema di circolazione ottimo per la moderazione del traffico.

Il sistema di circolazione esposto è estensibile anche nel caso di esistenza all'interno dell'IA di strade a doppia carreggiata, organizzando una delle due carreggiate come strada parcheggio, interclusa ai singoli incroci stradali, ma con accessi intermedi.

In questi casi è ancora maggiore il recupero di spazio in corrispondenza degli incroci di strade locali. Si passa dall'ordine delle centinaia di mq necessari per l'incrocio tra strade a doppia carreggiata, all'ordine delle decine di mq necessari per l'incrocio di quelle ad unica carreggiata con una sola corsia destinata alla marcia dei veicoli. È bene al riguardo rammentare che, date le modeste dimensioni delle IA (salvo ovviamente l'esistenza di grattacieli), la presenza di strade con una sola corsia di marcia dovrebbe essere sufficiente a servire la domanda di mobilità di scambio dell'isola medesima con il resto del territorio, a fronte anche di una domanda di spostamenti interni praticamente nulla per la componente motorizzata.

Per eliminare il traffico di attraversamento dell'IA, un ulteriore e fondamentale contributo consiste nel non consentire la manovra di attraversamento veicolare all'incrocio delle strade locali con la viabilità principale, in modo da non permettere la prosecuzione della marcia veicolare da un tronco di strada locale alla sua prosecuzione all'interno dell'IA contigua (cfr. Fig. 56). Ciò significa, in riferimento ad incroci con 4 rami stradali, due di viabilità locale e due di viabilità principale, che per le uscite e le entrate dall'IA saranno consentite solamente le manovre di svolta a destra ed a sinistra verso la viabilità principale.

Sui medesimi incroci tra viabilità principale e locale saranno invece consentiti e protetti gli attraversamenti della viabilità principale da parte dei pedoni e dei ciclisti, in modo che quest'ultimi

possano proseguire il loro percorso anche nell'IA adiacente, a formare itinerari non ostacolati su alcun incrocio. Per questi attraversamenti si potrà prevedere l'uso della regolazione semaforica, meglio se attuata dal traffico (ossia attraverso i cosiddetti semafori "a chiamata") con possibilità di prolungamento della fase di verde veicolare.

Altri aspetti progettuali delle IA

Nella organizzazione delle IA altri aspetti da progettare con particolare attenzione risultano: l'organizzazione della viabilità principale, le esigenze del TPL, dei veicoli merci e di soccorso, i casi particolari delle strade in aree a bassa densità viaria e delle strade locali con carreggiate larghe, il "masterplan" dei PUMS (ossia il relativo Piano Generale) e gli aspetti legati alla loro adozione.

Conclusioni

La città compatta, considerata come insieme di "tranquille" Isole Ambientali (IA) tra loro interconnesse tramite la rete viaria principale, rappresenta la comune "nuova" visione organizzativa del traffico urbano. Si sta facendo riferimento ai PUMS, o Piani Urbani del Traffico (PUT) di terza generazione, che con la loro logica di "Piano plurimodale della mobilità nell'intera città", cercano anche di superare i danni conseguenti all'usuale realizzazione di interventi episodici, occasionali ed a macchia di leopardo. Infatti, la logica delle IA prevede una disciplina sistematica del traffico per l'intera città, con il limite di velocità di 30 km/h su tutte le strade locali, siano esse ubicate in aree centrali o periferiche. Molto rilevanti sono anche i riflessi in termini urbanistici dei PUMS. La realizzazione delle IA periferiche rappresenta proprio l'inizio della riqualificazione delle periferie urbane. In definitiva le soluzioni qui proposte possono rappresentare un valido "nuovo modo, equilibrato e sostenibile, di vivere le città", non più con la logica degli "spostamenti da porta a porta" con veicoli privati motorizzati, ma "da isola a isola", garantendo elevati standard di qualità, sicurezza e accessibilità per tutti, attraverso una riprogettazione dello spazio pubblico, del verde, della segnaletica e della stessa toponomastica, identificativa delle isole ambientali e delle comunità ivi residenti. Il documento completo sulle Isole Ambientali e sui PUMS predisposto dall'AIIT Sezione Lazio è consultabile e scaricabile gratuitamente al seguente link: https://www.aiit.it/wp-content/uploads/2019/03/190302_PUMS-IA_finale.pdf.

Riferimenti bibliografici

Decreto Ministeriale del MIT n. 396 del 28/08/2019 "Modifiche delle linee guida per la redazione dei PUMS di cui al DM. n. 397 del 04/08/2017".

Decreto Ministeriale del MIT n. 397 del 04/08/2017 sulle "Linee guida dei PUMS".

D. Lgs. n. 257 del 16/12/16, art. 3, comma 7, lettera "e", "necessità di adozione di linee guida per la redazione dei PUMS".

Direttiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo del 22/10/14 sulla "Realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi".

Legge n. 340 del 24/11/2000, art. 22, relativa ai "Dispositivi per la delegificazione e semplificazione dei provvedimenti amministrativi" e successive modificazioni.

ASSOCIAZIONE ITALIANA INGEGNERIA DEL TRAFFICO E DEI TRASPORTI
IL RIDISEGNO DEGLI SPAZI URBANI

Direttiva del Min. LL. PP. del 12/04/1995, pubblicata sulla G. U. n° 146 del 24/06/1995.

D. Lgs. 30/04/1992 n. 285, art. 36 del nuovo Codice della Strada.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - L'esperienza dei woonerf olandesi dà l'avvio in Europa alla sperimentazione delle tecniche di moderazione del traffico.....	12
Figura 2 - Schema di circolazione ottimale per la moderazione del traffico (a sinistra) e schema di giustapposizione di più Isole Ambientali con creazione di una rete diffusa di itinerari ciclo-pedonali (a destra).....	14
Figura 3 - Larghezza utile e spazio supplementare. Fonte: USTRA (2015).	21
Figura 4 - Larghezza della superficie pedonale e indicazioni d'uso. Fonte: USTRA (2015).	21
Figura 5 - Larghezza dello spazio supplementare in funzione dell'ambiente urbano. Fonte: USTRA (2015).	22
Figura 6 - Triangolo di visibilità in corrispondenza di un attraversamento pedonale.....	24
Figura 7 - Distanze di percorrenza supplementari in presenza di sottopassaggi/cavalcavia (scale/rampe nella traiettoria auspicata). Fonte: USTRA (2015).....	25
Figura 8 - Distanze di percorrenza accettabili e fattori di deviazione. Fonte: USTRA (2015).....	25
Figura 9 - Percorsi ciclopedonali colorati. Fonte: Mobilità ciclistica. A.A.V.V (2018).....	34
Figura 10 - Strategie di priorità temporali per il TC.	42
Figura 11 - Strategie di priorità spaziale del TC.	44
Figura 12 - Schema concettuale di accessibilità pedonale alla fermata. Accesso da un'area di attesa in fermata al ciglio del marciapiede (A) e (B).....	48
Figura 13 - Schema concettuale di accessibilità pedonale alla fermata favorevole.....	48
Figura 14 - Indice di Compatibilità Pedonale – ICP per l'area urbana della città di Acireale.	53
Figura 15 - Esempio di suddivisione della piattaforma del marciapiede. Fonte: NACTO (2016).	55
Figura 16 - Carreggiata con delimitazione della corsia ciclabile valicabile in strada urbana di classe E o F. L'insufficiente larghezza della carreggiata, che si presenta nella maggior parte delle strade dei centri storici, non consente l'inserimento della riga di mezzzeria.....	60
Figura 17 - Schema di strada urbana di classe F con fascia di protezione tra la corsia ciclabile e gli stalli di sosta longitudinali.....	60
Figura 18 - Strada urbana di classe E o F a senso unico con velocità inferiore a 30 km/h, ridotti flussi di traffico e con corsia ciclabile per velocipedi che circolano in direzione opposta a quella dei veicoli motorizzati. Se vi fosse lo spazio adeguato, sarebbe più opportuno sostituire la striscia continua bianca con un cordolo spartitraffico.....	61
Figura 19 - Schema di strada di classe E con corsia di manovra utilizzata come itinerario ciclabile.	61
Figura 20 - Pista ciclabile in sede propria a doppio senso di marcia (sezione).....	62
Figura 21 - Piste ciclabili su corsia riservata in carreggiata stradale (sezione).	62
Figura 22 - Corsia ciclabile in via Numidia a Milano. Fonte: Comune di Milano (2020).....	63

Figura 23 - Corsia ciclabile in piazzale Loreto a Milano. Fonte: Comune di Milano (2020).....	64
Figura 24 - Pista ciclabile separata da sosta in Corso Buenos Aires a Milano. Fonte: Comune di Milano (2020).	64
Figura 25 - Moderazione della velocità dell'utente mediante l'inserimento di una chicane lungo il percorso di avvicinamento.....	67
Figura 26 - Soluzione progettuale che prevede la presenza di barriere in grado di imporre una riduzione della velocità dell'utente ed una perdita di tempo prima di impegnare l'attraversamento. Lo spazio necessario al posizionamento delle barriere è ricavato attraverso una deviazione del percorso.	67
Figura 27 - Intersezione con una strada laterale. Arretramento dell'attraversamento necessario a garantire la distanza di visibilità per l'arresto del veicolo, calcolata nell'ipotesi che la manovra di svolta avvenga ad una velocità pari a 10 km/h.....	68
Figura 28 - (a) Area demarcata per la sosta dei monopattini in corrispondenza di un incrocio stradale. Fonte: M. Le Pira (2020); (b) Area demarcata per la sosta dei monopattini sul marciapiede. Fonte: Transportation for America (2020).	70
Figura 29 - (a) Sosta "ordinata" dei monopattini in corrispondenza di una fermata del trasporto pubblico; (b) Monopattino "abbandonato" sul marciapiede; (c) Monopattino "abbandonato" in corrispondenza di una fermata del trasporto pubblico. Fonte: M. Le Pira (2020).	71
Figura 30 - Monopattini che viaggiano sul marciapiede insieme ai pedoni. Fonte: M. Le Pira (2020).	71
Figura 31 - Parigi, area delimitata per il parcheggio dei monopattini. Fonte: Le Figarò (2020). E stazione di ricarica, installata dalla società Charge. Fonte: Le Parisien (2020).	72
Figura 32 - Itinerario ciclabile lungo la Cerchia dei Navigli. Fonte: Amat - Comune di Milan (2020).	74
Figura 33 - Sezione tipo lungo la Cerchia dei Navigli. Fonte: Amat - Comune di Milan (2020).	75
Figura 34 - Alcune immagini della corsia ciclabile in via Francesco Sforza. Fonte: Comune di Milano (2020).	76
Figura 35 - Corsia riservata lato parcheggio e fermata rientrante o sporgente.....	77
Figura 36 - Corsia riservata centrale e sistemazione fermata in presenza di corsia per la corrente di traffico non prioritaria.	77
Figura 37 - Corsia riservata centrale e sistemazione fermata in presenza di pista ciclabile.	77
Figura 38 - Fermata prima dell'incrocio e priorità nell'attraversamento.....	78
Figura 39 - Tratto di corsia riservata virtuale per effetto di strettoia.	78
Figura 40 - Corsia riservata centrale e svolta a destra con pre-semaforo.....	79
Figura 41 - Incarozzamento a raso.	80
Figura 42 - Posizioni dei binari. Fonte: C.N. Pyrgidis, Railway Transportation System.	81

Figura 43 - Marciapiede stretto con ringhiera di protezione.	83
Figura 44 - Paletti di allertamento a bordo marciapiede.....	83
Figura 45 - Tipo di protezione da evitare.....	84
Figura 46 - "Marciatram" di altezza ridotta.	84
Figura 47 - Tranvia centrale con fermate laterali sfalsate.	85
Figura 48 - Tranvia centrale con fermate centrali separate.	85
Figura 49 - Presenza di un centro commerciale a margine di una strada con funzioni di "scorrimento". Fonte: NACTO (2013).	88
Figura 50 - Riorganizzazione di una piattaforma stradale a 6 corsie in ambito urbano. Fonte: National Association of City Transportation Officials (2013).	89
Figura 51 - Riorganizzazione di una piattaforma stradale a 4 corsie in ambito urbano. Fonte: National Association of City Transportation Officials (2013).	89
Figura 52 - Due esempi di gestione degli spazi a margine ubicati lungo una stessa strada a breve distanza (Non corretto (a), corretto (b)).	90
Figura 53 - Revisione della larghezza delle corsie di marcia in aree a forti vincoli. Fonte: D.M. Karim (2010).	90
Figura 54 - Esempi di schemi di circolazione delle Isole Ambientali.	94
Figura 55 - Percorsi pedonali massimi e minimi.	97
Figura 56 - Schema di circolazione ottimo per la moderazione del traffico.....	98

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Criteri di qualità: attrattività, sicurezza, compattezza, densità e accessibilità della rete della mobilità pedonale. Fonte: USTRA (2015).....	18
Tabella 2 - Proposta di classificazione funzionale degli itinerari per la mobilità pedonale.....	20
Tabella 3 - Criteri per il calcolo del LoS per i percorsi ad esclusivo uso pedonale. Fonte: HCM (2016).	22
Tabella 4 - Criteri per il calcolo del LoS per percorsi ad uso promiscuo tra pedoni e ciclisti. Fonte: HCM (2016).	23
Tabella 5 - Tipologie di attraversamento, distanza minima e massima rispetto alla classe della strada. Fonte: ACI (2011).	23
Tabella 6 - Distanze di visibilità tra pedone e veicolo motorizzato in corrispondenza di un'intersezione.....	24
Tabella 7 - Parametri utilizzati per la valutazione dell'indice di compatibilità pedonale ICP.....	26
Tabella 8 - Proposta di classificazione tecnica e funzionale della rete ciclabile in ambito urbano...	30
Tabella 9 - Criteri di pianificazione della rete dedicata alla micromobilità.	37
Tabella 10 - Principali caratteristiche del TTL e BRT.	45
Tabella 11 - Categorie di traffico ammesse e spazi da assegnare ai mezzi trasporto collettivo in ambito urbano.	45
Tabella 12 - Livelli di servizio per le aree di attesa pedonali.	49
Tabella 13 - Alcuni schemi per l'organizzazione del marciapiede.	55
Tabella 14 - Alcuni schemi per l'organizzazione degli attraversamenti pedonali.	57
Tabella 15 - Caratteristiche tecniche e di funzionamento dei dispositivi di micromobilità.	65
Tabella 16 - Norme per l'utilizzo degli e-scooter in alcuni Paesi europei.....	73
Tabella 17 - Dimensione corsia riservata TPL e corsia ciclabile.	75