

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

DICAM

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali

TESI DI LAUREA

in

Costruzione ferroviarie ed aeroportuali M

**CRITERI DI PROGETTO DEI PERCORSI
CICLABILI: IL CASO DEL TRATTO
CALDERARA - BOLOGNA DI EUROVELO7**

CANDIDATA:

Ilaria Bruni

RELATORE:

Dott. Ing. Valeria Vignali

CORRELATORI:

Dott. Ing. Silvia Bertoni

Dott. Ing. Claudio Lantieri

ANNO ACCADEMICO 2014/2015

SESSIONE III

*A mio nonno
Giordano*

Parole chiave:
mobilità ciclabile
piste ciclabili
EuroVelo 7
itinerari cicloturistici

INDICE

<i>INTRODUZIONE</i>	- 11 -
<i>CAP 1 LA MOBILITA' CICLISTICA</i>	- 15 -
1.1 ACCENNI DI MOBILITA' SOSTENIBILE	- 15 -
1.2 LA MOBILITA' CICLISTICA	- 20 -
1.2.1 CRITICITA' ED OSTACOLI ALLA DIFFUZIONE DELLA MOBILITA' CICLISTICA	- 22 -
1.3 LA MOBILITA' CICLISTICA IN EMILIA-ROMANGNA: PIANI E POLITICHE	- 24 -
1.3.1 LA MOBILITA' CICLISTICA NELL'AREA METROPOLITANA DI BOLOGNA: I NUMERI	- 27 -
<i>CAP 2 LA NORMATIVA</i>	- 29 -
2.1 LA MOBILITA' NON MOTORIZZATA	- 29 -
2.2.1 I CRITERI PER LA PIANIFICAZIONE DI INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITA' NON MOTORIZZATA	- 30 -
2.2 LE LINEE GUIDA	- 32 -
2.2.1 LE LINEE GUIDA EUROPEE	- 32 -
2.2.1 LE LINEE GUIDA ITALIANE	- 33 -
2.3 IL CONTESTO NORMATIVO ITALIANO	- 35 -
2.3.1 CRONOLOGIA LEGISLATIVA	- 35 -
2.3.2 D.M. n°557 DEL 30 NOVEMBRE 1999	- 36 -
2.3.3 IL CODICE DELLA STRADA	- 38 -
2.3.4 LE PISTE CICLABILI: DEFINIZIONI E TIPOLOGIE	- 40 -
<i>CAP 3 IL PROGETTO EUROVELO 7</i>	- 45 -
3.1 L'IMPORTANZA DEL CICLOTURISMO	- 45 -
3.2 I GRANDI ITINERARI EUROPEI: GLI STANDARD DI CERTIFICAZIONE EUROPEA	- 48 -
3.3 EUROVELO 7: THE SUN ROUTE	- 52 -
3.3.1 IL TRATTO A NORD DI BOLOGNA	- 55 -
3.3.2 IL TRATTO A SUD DI BOLOGNA	- 56 -
<i>CAP 4 L'INTERVENTO OGGETTO DI STUDIO</i>	- 59 -
4.1 INTRODUZIONE	- 59 -

4.2 ANALISI DELL'ALTERNATIVA A	- 63 -
4.3 ANALISI DELL'ALTERNATIVA B	- 67 -
4.4 ANALISI DEL TRATTO C	- 70 -
4.3 L'ALTERNATIVA DI PERCORSO SCELTA	- 88 -
CAP 5 LE SOLUZIONI PROGETTUALI PROPOSTE	- 91 -
5.1 INCROCIO VIA GRAMSCI - VIA STELLONI PONENTE	- 92 -
5.2 VIA STELLONI PONENTE	- 95 -
5.3 VIA VALTIERA	- 98 -
CAP 6 LE SOVRASTRUTTURE CICLABILI	- 101 -
6.1 LE DIVERSE TIPOLOGIE	- 101 -
6.2 LE PRESTAZIONI	- 107 -
6.3 I MATERIALI	- 109 -
6.3.1 MATERIALI TRADIZIONALI	- 110 -
6.3.1.1 MATERIALI PER STRATI SUPERFICIALI	- 110 -
6.3.1.2 TRATTAMENTI SUPERFICIALI	- 119 -
6.3.1.3 MATERIALI PER STRATI DI FONDAZIONE	- 123 -
6.3.1.4 MATERIALI PER STRATI DI SOTTOFONDO	- 127 -
6.3.2 MATERIALI INNOVATIVI	- 129 -
6.3.2.1 CONGLOMERATI BITUMINOSI COLORATI	- 129 -
6.3.2.2 CONGLOMERATI BITUMINOSI STAMPATI	- 134 -
6.3.2.3 CONGLOMERATI BITUMINOSI DRENANTI E FONOASSORBENTI	- 136 -
6.3.2.4 CONGLOMERATI BITUMINOSI SPLITT MASTIX ASPHALT ...	- 137 -
6.3.2.5 CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI O A BASSA ENERGIA	- 138 -
6.3.2.6 CONGLOMERATI BITUMINOSI CON FRAMMENTI DI SPECCHIO	- 151 -
6.3.2.7 PAVIMENTAZIONI FOTOVOLTAICHE	- 153 -
6.3.2.8 MASSELLI ANTITRAUMA	- 161 -
6.3.2.9 SUPERFICI VERDI RINFORZATE CON GEOSINTETICI	- 163 -
6.4 COME SI PROGETTA LA SOVRASTRUTTURA	- 165 -
6.5 SISTEMI DI DRENAGGIO	- 170 -

6.6	ELEMENTI MARGINALI DI ARREDO	- 172 -
6.7	IL PROGETTO DELLE PAVIMENTAZIONI CICLABILI OGGETTO DI STUDIO	- 174 -
6.7.1	PACCHETTO A – PAVIMENTAZIONE FLESSIBILE	- 175 -
6.7.2	PACCHETTO B – PAVIMENTAZIONE RIGIDA	- 181 -
CAP 7	COMPUTO METRICO DEGLI INTERVENTI	- 185 -
7.1	INTRODUZIONE	- 185 -
7.2	COMPUTO METRICO DI VIA STELLONI PONENTE	- 187 -
7.3	COMPUTO METRICO DI VIA VALTIERA	- 189 -
7.4	CONFRONTO TRA LE STIME	- 191 -
	<i>Ringraziamenti</i>	- 195 -
	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	- 197 -
	<i>SITOGRAFIA</i>	- 199 -

INTRODUZIONE

Questa tesi mira a sviluppare la pianificazione, la progettazione e la realizzazione di un percorso ciclabile che colleghi la stazione di Osteria Nuova con la rete ciclabile urbana di Bologna. Tale tratto di pista, insieme ad altri interventi nella valle del Reno, ha l'obiettivo di conferire valore alla città e alla provincia di Bologna nell'ottica di sviluppo della crescita della mobilità ciclabile. Le linee guida di questo progetto sono raccolte nel Piano della Mobilità Ciclistica che propone la realizzazione dell'itinerario europeo denominato Eurovelo7. I percorsi EuroVelo sono itinerari europei, a valenza cicloturistica, che negli ultimi anni stanno avendo un forte sviluppo poiché favoriscono il transito di turisti in tutta l'Europa e valorizzano localmente la via ciclabile come soluzione contro il traffico motorizzato.

L'itinerario EuroVelo7, in particolare, collegherà le città di Verona e Bologna passando sopra l'ex ferrovia dismessa Bo-Vr, per poi proseguire lungo la Valle del Reno fino alla Toscana. Nel territorio italiano, questo progetto assume il nome di Ciclopista del Sole e si propone di collegare tutto il Paese (isole comprese) con la valenza di una grande greenway nazionale. Esso entra in Italia al Brennero ed esce a Siracusa con il collegamento marittimo Italia - Malta. Si cerca così di valorizzare la mobilità sostenibile non solo negli spostamenti quotidiani di routine, ma anche per viaggi e vacanze.

L'ente che si occupa in Italia degli itinerari ciclabili è la FIAB (Federazione Italiana Amici della Bicicletta) che studia la rete ciclabile a carattere escursionistico attraverso il progetto BicItalia. Oltre ad essere coordinata sui progetti EuroVelo con l'Europa, sviluppa anche in Italia altri percorsi cicloturistici che interessano quasi tutte le regioni. In particolare ha definito 17 percorsi inter regionali che mettono in luce le bellezze del nostro paese.

Nell'ultimo periodo sono stati concentrati su questi progetti molti fondi poiché anche la politica ha compreso l'importanza dello sviluppo in questo settore. Con un emendamento della Legge di Stabilità 2016 sono stati stanziati circa 100 milioni di euro in tre anni come risorse per potenziare la rete ciclabile soprattutto nei tratti Verona-Firenze (Ciclopista del Sole), Venezia-Torino (VenTo), e Grab (Roma).

Introduzione

Altri indiscussi benefici che favoriscono la mobilità ciclabile sono il decongestionamento del traffico motorizzato, la diminuzione dell'inquinamento atmosferico e acustico, oltre che una maggiore sicurezza per gli utenti deboli che aumentano sempre di più.

Inserendosi, quindi, in questo contesto normativo e progettuale, la presente tesi si articola nel seguente modo:

Nel primo capitolo viene inquadrata la mobilità ciclistica. Si analizzano le criticità legate allo sviluppo di questa metodologia di trasporto e si confrontano i numeri dello sviluppo europeo con quello italiano e del territorio regionale.

Nel secondo capitolo si esamina la normativa vigente sulla mobilità non motorizzata, esponendo le linee guida delle associazioni italiane ed europee, con un focus sulla normativa italiana, incentrandosi sul D.M. 557 e sul Codice della strada. Verranno, infine, descritte le varie tipologie di pista ciclabile.

Nel terzo capitolo si analizzano il cicloturismo e gli itinerari europei EuroVelo, prestando attenzione a tutte le certificazioni richieste affinché un itinerario risulti idoneo a farne parte. Si inquadra, nello specifico, l'itinerario EuroVelo7 nel territorio regionale evidenziando i tratti ciclabili esistenti, quelli in fase di realizzazione e quelli ancora da progettare.

Nel quarto capitolo si entra nella parte progettuale della tesi, in cui si studia il percorso Calderara-Bologna. Vengono presentate due alternative per la prima parte di itinerario ed un tratto unico per la seconda parte. Dopo aver effettuato diversi sopralluoghi, che hanno permesso di rilevare criticità e punti di forza, si è potuta scegliere l'alternativa migliore in base ai parametri caratteristici approvati dagli Enti (Città Metropolitana e Comune di Calderara di Reno).

Una volta scelto il percorso, nel quinto capitolo, si studia la soluzione progettuale. Si risolvono le criticità di un incrocio dovute all'attraversamento ciclabile di una strada con un moderato volume di traffico. Si studiano poi le sezioni tipo delle altre due vie del percorso, cercando sempre soluzioni ai punti critici, come quello del traffico di mezzi pesanti.

Introduzione

Nel sesto capitolo, si espongono le diverse tipologie di sovrastrutture ciclabili, esaminando non solo quelle realizzate con materiali tradizionali, ma anche quelle realizzate con materiali innovativi, come conglomerati bituminosi colorati o stampati che migliorano, tra le altre cose, la sicurezza della pista. Si arriva quindi a definire due tipologie di pacchetti, uno flessibile e uno rigido, tra cui l'amministrazione comunale di Calderara potrà scegliere.

Nel settimo ed ultimo capitolo, infine, si svolge un computo metrico degli interventi proposti. Si stimano i costi al metro delle piste ciclabili in sede separata in via Stelloni Ponente e in via Valtiera, sia nel caso di adozione del pacchetto flessibile sia nel caso di scelta del pacchetto rigido.

CAP 1 LA MOBILITA' CICLISTICA

1.1 ACCENNI DI MOBILITA' SOSTENIBILE

La mobilità sostenibile è un sistema di mobilità urbana in grado di conciliare il diritto allo spostamento con l'esigenza di ridurre l'inquinamento e le esternalità negative, quali le emissioni di gas serra, lo smog, l'inquinamento acustico, la congestione del traffico urbano e l'incidentalità. Queste esternalità hanno un costo sociale che grava su tutti e possono essere rimosse soltanto con un'adeguata regolamentazione mediante intervento pubblico. I problemi relativi alla mobilità sono stati spesso demandati alle amministrazioni locali, senza un vero e proprio piano di intervento a livello nazionale e sovranazionale.

I trasporti pubblici non costituiscono la sola alternativa all'automobile. Nel Regno Unito l'Automobile Association è pienamente favorevole a convincere i suoi membri ad usare più spesso la bicicletta ed ha realizzato uno studio sugli automobilisti che sono anche ciclisti («Cycling motorists»). Combinando le misure a favore della bicicletta e dei trasporti pubblici, alcune città riescono a ridurre il tasso di uso dell'automobile privata. Si costata, dunque, che esistono automobilisti disposti, pur conservando l'automobile familiare, ad usare regolarmente la bicicletta o che persone che si facevano trasportare in automobile diventano autonome e usano la bicicletta. A Åhrus (Danimarca) l'operazione «Bikebusters» ha dimostrato, che anche in un paese dove le alternative all'automobile sono già ben sviluppate, è possibile indurre un maggior numero di cittadini ad optare per modi di trasporto più rispettosi dell'ambiente. Uno studio recente sugli spostamenti su breve distanza, finanziato dall'Unione europea, evidenzia la grande percentuale di spostamenti quotidiani in automobile che potrebbero benissimo essere effettuati in un altro modo senza modificare in maniera significativa i tempi dello spostamento da porta a porta.

In Europa, il 30% dei tragitti effettuati in automobile copre distanze inferiori a 3 km e il 50% inferiori a 5 km. A questo livello la bicicletta può vantaggiosamente sostituire l'automobile per una parte importante della domanda e contribuire così direttamente a riassorbire gli ingorghi. I miglioramenti tecnici hanno reso le biciclette

moderne efficienti e comode. Non inquinante, silenziosa, economica, discreta, accessibile a tutti i membri della famiglia, la bicicletta è più rapida dell'automobile, soprattutto sui brevi tragitti urbani inferiori ai 5 km, poiché il grado di congestione del traffico è alto (figura 1.1).

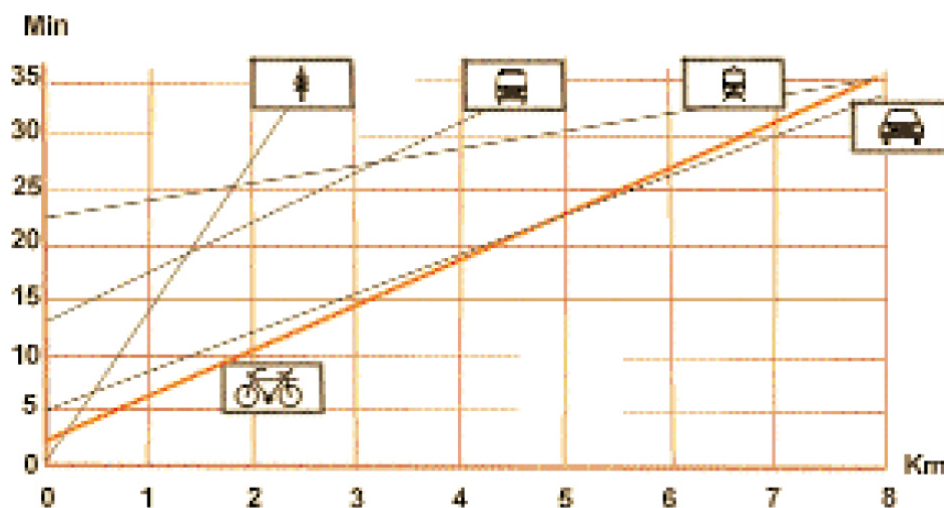


Fig. 1.1 – Paragone per uno spostamento di 5 km tra i differenti mezzi di trasporto urbano

Il potenziale della bicicletta non può essere trascurato né per gli spostamenti quotidiani per recarsi al lavoro o a scuola (40% di tutti gli spostamenti sono per questi due motivi), né per altri motivi (60% degli spostamenti concerne acquisti, servizi, attività di svago, attività sociali ecc.) Anche se la bicicletta non è l'unica risposta ai problemi ambientali e della congestione del traffico in città, essa rappresenta una soluzione che si inserisce perfettamente in una politica generale di rivalorizzazione dell'ambiente urbano e di miglioramento della qualità della città e richiede comparativamente pochi mezzi finanziari. [1]

Ma come è la situazione in l'Italia quando si parla di biciclette, piste ciclabili, trasporto pubblico e mobilità sostenibile? I dati diffusi, in serie storica 2008-2012 e relativi ai comuni capoluogo di provincia, derivano dall'indagine annuale Istat sui "Dati ambientali nelle città" e descrivono le caratteristiche della mobilità urbana in termini di domanda pubblica e privata e offerta del trasporto pubblico locale. Sono inoltre resi disponibili i dati concernenti gli strumenti di pianificazione settoriale approvati dalle amministrazioni e gli indicatori relativi alle infrastrutture disponibili a supporto della

mobilità sostenibile (parcheggi, ZTL, piste ciclabili e aree pedonali). Infine sono presentati per la prima volta dati sulla diffusione e le caratteristiche dei servizi di car e bike sharing attivati nei comuni e sulle iniziative smart di infomobility destinate all'utenza.

Dai dati relativi al 2012, diffusi nel maggio 2014, si accentua la contrazione della domanda trasporto pubblico urbano (-7,5% dei passeggeri trasportati per abitante rispetto all'anno precedente), e diminuisce anche la domanda di trasporto privato (-0,7% del tasso di motorizzazione e +0,1% sul numero di motocicli): per la prima volta stabile rispetto all'anno precedente dopo 12 anni di crescita consecutiva. Le autovetture meno inquinanti sono più della metà del parco circolante, in aumento di 3,2 punti percentuali rispetto all'anno precedente (le auto euro 5, in particolare, sono circa il 15% del totale). Continua la progressione delle autovetture ad alimentazione ibrida, benzina-gas liquido/metano (6,9% del parco circolante) e a gasolio (36,6%) rispetto a quelle alimentate a benzina che, rispetto al 2009, vedono ridurre il loro peso relativo di oltre 4 punti percentuali. Diminuisce nel complesso anche l'offerta del trasporto pubblico (-0,5% posti-km per abitante erogati dall'insieme dei mezzi). In particolare cala quella degli autobus (-3,3%) e dei filobus (-3,5%), ma cresce l'offerta dei posti-km delle metropolitane (+7,3%). A vantaggio della mobilità sostenibile aumentano le piste ciclabili: nel complesso dei capoluoghi si contano in media 17,4 km per 100 km² di superficie (+4,6% rispetto al 2011). Nel 2012 sono 19 le città che offrono un servizio di car sharing e 58 quelle di bike sharing; inoltre trovano crescente diffusione i servizi di infomobilità agli utenti. In 56 comuni si utilizzano display a messaggio variabile su strada e in 45 si sono installate paline elettroniche alle fermate del trasporto pubblico.

Numerose città europee (Amsterdam, Barcellona, Brema, Copenaghen, Edimburgo, Ferrara, Graz, Strasburgo ecc.) ci danno la dimostrazione ogni giorno che la riduzione nell'uso individuale della macchina è un obiettivo non solo auspicabile, ma anche ragionevole. In queste città sono applicate alcune misure a favore dei trasporti pubblici e dell'uso condiviso tra macchine e biciclette, ma anche misure che cercano di limitare l'uso individuale della macchina all'interno del centro-città. Queste iniziative non portano pregiudizio alla crescita economica delle città o all'accessibilità dei loro centri commerciali, perché si è compreso che l'uso sfrenato dell'automobile per gli spostamenti individuali non riesce più a garantire la mobilità della collettività. Il loro

approccio s'inserisce perfettamente nel quadro d'accordi internazionali dell'Unione europea nel campo della riduzione delle emissioni di gas con effetto serra e della legislazione europea sulla qualità dell'aria. Riguardo a quest'ultima, piani locali di gestione e di miglioramento della qualità dell'aria urbana devono essere attuati e i cittadini devono essere informati in caso d'inquinamento rilevante, come già succede da diversi anni per quello da ozono. Il modo in cui le città (e di conseguenza le grandi aziende) organizzano il loro sistema di trasporti sarà al centro delle preoccupazioni negli anni a venire, soprattutto in considerazione del fatto che la Commissione dovrà pubblicare ogni anno la lista delle zone e agglomerati dove l'aria non raggiunge parametri qualitativi accettabili.

La 'Multimodalità' sembra essere la strada verso una mobilità più sostenibile. Ovvero si deve migliorare l'integrazione dei vari sistemi di trasporto, interconnessi tramite la rete e l'infomobilità. Sarà così sempre più semplice scegliere tra un mezzo o l'altro in tutta semplicità, dimenticandoci, forse, dell'auto privata. Promuovere l'utilizzo della bicicletta, del trasporto pubblico e di qualsiasi altro mezzo a basso impatto ambientale, per decongestionare il traffico e diminuire l'inquinamento era l'obiettivo della Settimana Europea della Mobilità Sostenibile promossa dalla Commissione Europea, la cui edizione 2015 si è svolta tra il 16 e il 22 settembre. Lo slogan scelto era "Choose. Change. Combine." e anche la città di Bologna ha aderito all'iniziativa. L'idea di fondo è quella di incoraggiare i cittadini europei a un ripensamento della gamma di opzioni di trasporto disponibili, scegliendo il modo giusto per spostarsi e invitandoli a combinare tra loro i differenti mezzi di trasporto, adottando quindi soluzioni che comportino risparmi di tempo e di denaro negli spostamenti urbani ("Do the right mix").

Il problema generale della realizzazione completa di un approccio multimodale sembra consistere nella mancanza di coordinamento tra gli addetti alla pianificazione.

La situazione europea attuale vede gli Stati membri distinti in tre gruppi:

- a) Paesi con una pianificazione dei trasporti consolidata con relativo supporto normativo e/o linee guida;
- b) Paesi che hanno da poco avviato un approccio alla pianificazione della mobilità sostenibile;
- c) Paesi che ancora non hanno adottato una pianificazione della mobilità sostenibile.

L'Italia si trova nel primo gruppo, insieme a Francia, Germania, Norvegia, Paesi Bassi e Gran Bretagna.

Sempre secondo uno studio della Commissione Europea, altre barriere alla realizzazione dei piani urbani della mobilità sono identificabili nell'assetto culturale, orientato a favore delle infrastrutture dedicate alle auto, delle lobby, della scarsa integrazione intersettoriale, della carenza di competenze del personale, dell'inadeguato coordinamento nei diversi livelli di governo e nello scarso coinvolgimento pubblico, e infine della carenza di fondi. La Commissione Europea, per dare supporto ai decisori politici territoriali, ha elaborato degli specifici working paper che si riferiscono alla Logistica Urbana, alla Regolamentazione dell'accessibilità urbana dei veicoli "smart", agli ITS (Information Transportation System), alla sicurezza stradale urbana e ai Piani Urbani di Mobilità Sostenibile (PUMS) e riconosce il ruolo strategico che può essere ricoperto dalla pianificazione sostenibile della mobilità in ambito urbano.

La promozione dell'uso della bicicletta come alternativa ai veicoli a motore rappresenta uno dei più significativi impegni per uno sviluppo sostenibile, concorrendo alla riduzione di emissione di gas inquinanti nell'atmosfera e al decongestionamento del traffico urbano (figura 1.2). Per incoraggiare la riduzione dell'uso dell'auto è fondamentale creare una rete di collegamenti ciclabili continua, sicura e ben riconoscibile, nonché integrata con altre forme di mobilità.

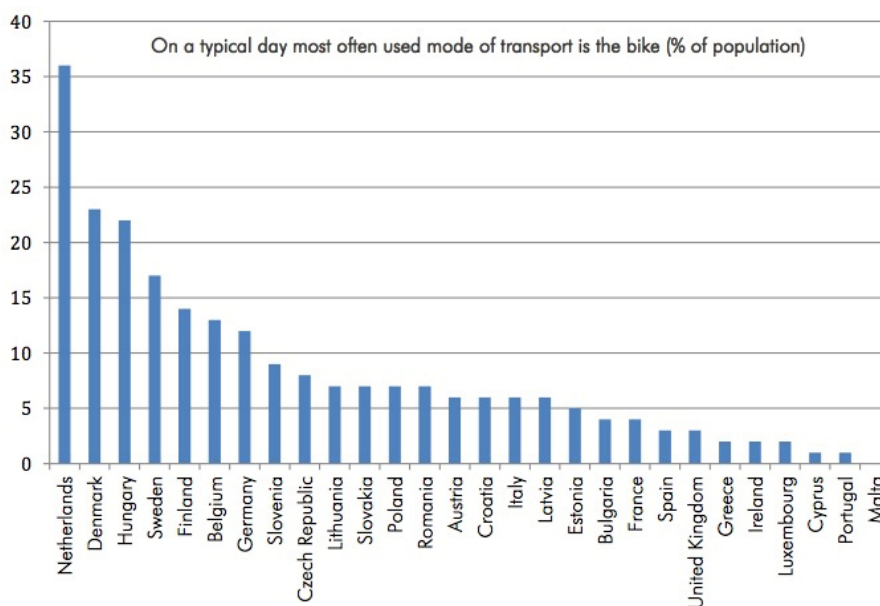


Fig. 1.2 – Percentuale di mobilità ciclistica come mezzo principale di trasporto in Europa - 2010

1.2 LA MOBILITA' CICLISTICA

Per maturare una scelta consapevole a favore della bicicletta, è fondamentale concentrare l'attenzione sugli innumerevoli vantaggi ed economie che questa porta a livello individuale e collettivo. I coordinatori delle politiche inerenti alla mobilità ciclistica sostengono che la bicicletta in ambito urbano sia il mezzo più efficiente in assoluto. In un raggio fra 0 e 6 km è statisticamente più veloce di qualsiasi altro mezzo, è generalmente più comoda in quanto non vincolata a problemi di parcheggio o di passaggio in aree chiuse al traffico, è più ecologica e decisamente più economica. Inoltre incide positivamente sulla vivibilità della città rendendola meno soffocante, più a misura d'uomo e più sicura in correlazione alla diminuzione oggettiva dei sinistri urbani che un mezzo come la bicicletta contribuisce ad ottenere. Investire sulla mobilità ciclistica significa promuovere un sistema di viabilità capace di ridurre sensibilmente l'impatto del traffico motorizzato, in termini di qualità dell'aria, visti i benefici delle emissioni zero: un risultato difficilmente ottenibile con altre e più dispendiose soluzioni d'intervento sulla mobilità.

Studi recenti hanno rivelato che la scelta di utilizzo della bicicletta come mezzo di trasporto dipende sia da fattori soggettivi quali immagine di marca, accettabilità sociale, riconoscimento della bicicletta come mezzo di trasporto per gli adulti, ecc. , sia da fattori oggettivi quali rapidità, topografia, clima, sicurezza, aspetti pratici. Fra i fattori oggettivi sfavorevoli all'uso della bicicletta ci sono la presenza di forti pendenze (oltre il 6-8 % su molte decine di metri), la persistenza di vento, pioggia o forte calore; le condizioni favorevoli invece si hanno soprattutto a livello stagionale (nei paesi dove d'inverno nevicava, si va in bicicletta soprattutto nella buona stagione) oltre che per evitare il traffico e per il basso impatto ambientale. Un tasso di uso della bicicletta relativamente basso (5-10 %) è certamente alla portata della maggior parte delle città europee. Quando le condizioni geografiche e climatiche sono favorevoli, e con l'ausilio di una politica di mobilità completa, un tasso di uso della bicicletta del 20-25 % è completamente possibile in città di 50.000-500.000 abitanti. Le città più attive raggiungono tassi di uso della bicicletta superiori al 30 %. [1]

Al vertice mondiale della mobilità ciclistica ci sono città di medie dimensioni: Groninga (Paesi Bassi) e Münster (Germania) con quote di spostamenti in bicicletta

vicini o superiori alla metà del totale. Fra le grandi metropoli troviamo al vertice Amsterdam e Copenhagen (quest'ultima con una ripartizione modale in bici di oltre il 26% del totale) (figura 1.3).

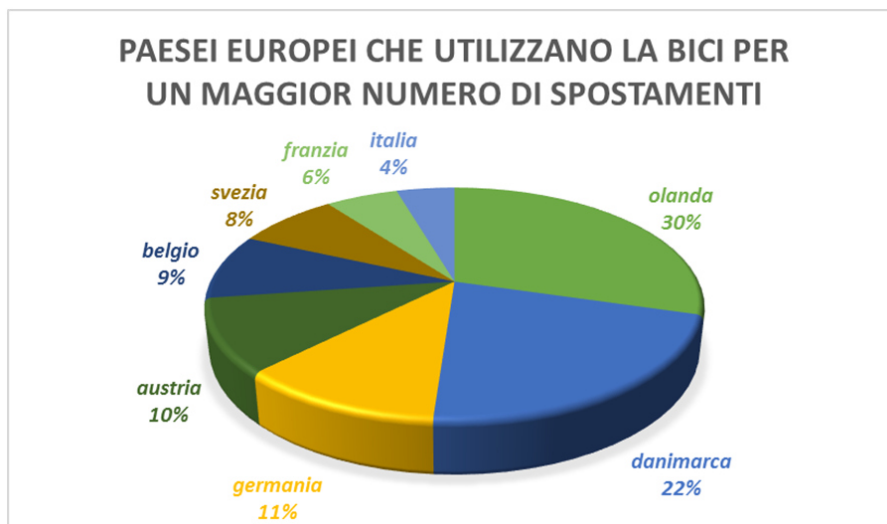


Fig. 1.3 – Paesi che utilizzano la bici per un numero maggiore di spostamenti - febbraio 2011

In linea di massima il livello di sviluppo della mobilità ciclistica viene valutato nella ripartizione modale (*modal split*) degli spostamenti in bicicletta rispetto a quelli da disincentivare (auto) e al trasporto pubblico (generalmente considerato sinergico alla mobilità ciclistica, in considerazione dell'intermodalità negli spostamenti urbani utilizzando ad esempio folding bikes, biciclette pieghevoli, o anche biciclette ordinarie facilmente trasportabili e caricabili su determinati mezzi pubblici). Gli effetti attesi dal miglioramento dell'interazione intermodale sono una crescente quota per bicicletta, pedonalità e trasporto pubblico e decrescente invece per i mezzi motorizzati privati. Lo sviluppo della mobilità ciclistica è generalizzato a tutto il mondo occidentale: dalle grandi metropoli (es. Berlino, Vienna o Londra) fino a centri di ogni dimensione. In Italia si riscontrano poche medie città che si avvicinano a standard europei, per es. Ferrara, Reggio Emilia, Bolzano. (1)

L'uso della bicicletta nelle piccole distanze ha i suoi principali vantaggi urbani, per tempistiche, risparmio sul carburante ed economizzazione delle risorse. Su distanze superiori, la bicicletta riesce ad essere competitiva con auto e motocicli attraverso il cosiddetto trasporto intermodale: la possibilità di carico della bicicletta su treni, metrò e tram e in alcuni casi anche con altri tipi di trasporto pubblico. L'intermodalità bici-

trasporto pubblico rafforza anche quest'ultimo, rendendolo "porta a porta", senza gli svantaggi e le ricadute negative degli spostamenti con mezzo motorizzato privato (congestione, parcheggio, inquinamento ecc.): si esce di casa in bici, la si carica sul mezzo di trasporto pubblico attrezzato e alla fermata opportuna si prosegue verso la destinazione voluta. L'utilizzo combinato di bicicletta ed altri mezzi può essere messa in atto anche in una seconda modalità che facilita lo scambio: la realizzazione di parcheggi bici agli snodi del trasporto pubblico e di ciclostazioni (coperte, custodite e dotate di alcuni servizi) per es. in adiacenza alle stazioni ferroviarie, capolinea ecc.

Tra gli altri vantaggi non sono da dimenticare: nessun rumore o inquinamento, preservazione dei monumenti e verde pubblico, minor occupazione e sfruttamento del suolo per parcheggi, minor deterioramento della rete stradale e riduzione del programma di nuove infrastrutture stradali, maggior attrattiva del centro città, riduzione degli ingorghi, circolazione automobilistica più fluida, maggior attrattiva dei trasporti pubblici, miglior accessibilità ai servizi urbani per tutta la popolazione, guadagno di tempo e denaro per i genitori che non accompagnano i figli in auto, minor spesa in carburante, scomparsa eventuale di una seconda auto per famiglia, esercizio fisico quotidiano gratuito, guadagno di tempo per i ciclisti sulle brevi e medie distanze, ecc.

1.2.1 CRITICITÀ' ED OSTACOLI ALLA DIFFUSIONE DELLA MOBILITÀ CICLISTICA

La mobilità ciclistica in Italia è ancora agli inizi, ma ha il vantaggio di potersi orientare a modelli e soluzioni già ampiamente sperimentate in tutta Europa. Questo avvicinamento è però spesso ostacolato da vari fattori per lo più riconducibili a criticità relative alla progettazione e realizzazione della rete e a problemi di tipo legislativo normativo. (1) Fra le criticità più evidenti:

- Frammentazione e mancanza di continuità possono essere osservati in gran parte delle piste ciclabili: si tratta spesso di spezzoni isolati, non facenti parte di una rete, che si interrompo nei punti critici come ad esempio gli incroci, con segnaletica contraddittoria o irregolare;

- Sola separazione del traffico ciclistico da quello motorizzato, ignorando la compresenza e condivisione su viabilità ordinaria e i relativi interventi di moderazione del traffico;
- Il codice della strada è spesso vago nel definire i comportamenti dei velocipedi, facilitando interpretazioni restrittive o vessatorie. Manca l'approccio generale che favorisca la bicicletta rispetto ai mezzi motorizzati, ed in generale sono carenti, vaghe ed inefficaci le tutele per tutta l'utenza debole;
- La normativa (DM 557 del 1999) in molti casi ha ristretto le possibilità date dal codice della strada ed escluso opzioni largamente praticate in tutto il mondo: per esempio le corsie ciclabili controsenso, o al centro della carreggiata per incanalamento agli incroci, misure e caratteristiche della separazione fisica, ecc.;
- I "pareri ministeriali" tendono poi a restringere ulteriormente le possibilità applicative: per esempio negando la legittimità dei sensi unici eccetto bici e relativa segnaletica, in contrasto con prassi europee basate su normative sostanzialmente identiche.

Altri ostacoli all'uso della bicicletta si possono riscontrare nella percezione dell'utente. Secondo un'indagine effettuata nel 2014 nella zona di Viareggio (figura 1.4), solo il 2% delle persone ritiene la bicicletta un mezzo sicuro e questo rimane in linea con la percentuale di popolazione italiana (4%) che usa realmente la bicicletta come mezzo di trasporto. Tra le disincentivazioni più diffuse ci sono l'inadeguatezza delle piste ciclabili, il traffico e la promiscuità con le auto, la mancanza di comfort dovuta alle condizioni del manto stradale e la paura dei furti. (2)

Qual è il maggiore ostacolo all'utilizzo della bicicletta?

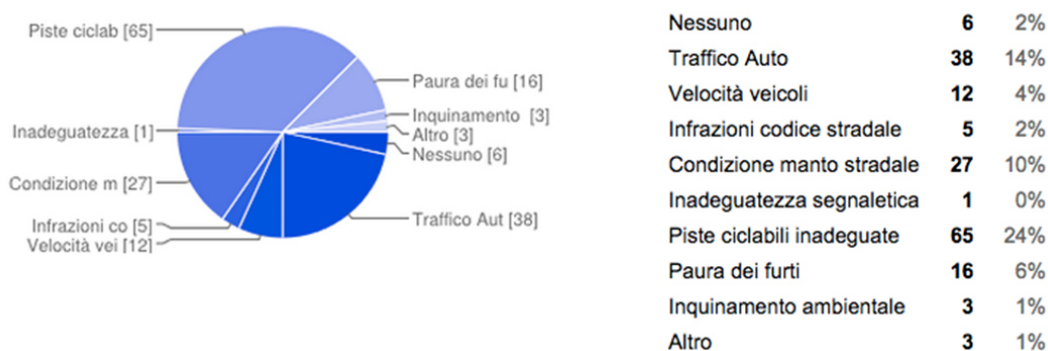


Fig. 1.4 – Sondaggio effettuato al fine di identificare le principali criticità nell'utilizzo della bici

1.3 LA MOBILITA' CICLISTICA IN EMILIA- ROMAGNA: PIANI E POLITICHE

Anche in Italia, nell'ultimo decennio, i crescenti problemi connessi agli effetti della congestione, dell'inquinamento e della crisi economica nazionale hanno generato un maggiore interesse verso la mobilità sostenibile, in particolare verso l'utilizzo della bicicletta, anche come mezzo alternativo o integrato all'uso dell'auto privata e al trasporto pubblico. La Regione Emilia-Romagna è molto impegnata in iniziative e progetti che migliorino la qualità dell'aria e che favoriscano buone pratiche in grado di contenere l'inquinamento atmosferico legato al traffico dei veicoli. In particolare, l'impegno regionale è indirizzato soprattutto a promuovere l'intermodalità, una migliore organizzazione qualitativa e quantitativa dell'offerta alternativa all'uso dell'auto privata, l'innovazione tecnologica nella mobilità, la ricerca per la diffusione di mezzi a elevata efficienza energetica e a ridotte emissioni inquinanti per il trasporto delle persone e delle merci. La Regione è impegnata nel raggiungere accordi con i principali operatori del settore e nella partecipazione a progetti europei a favore della mobilità sostenibile. Ha inoltre indetto un bando, rivolto ai Comuni che hanno aderito all'accordo per la qualità dell'aria 2012-2015 e che si sono impegnati ad attuare le misure in esso previste, come le limitazioni sul traffico e le domeniche ecologiche, in cui stanziava 5 milioni di euro per piste ciclabili e infrastrutture verdi, ma solo se a misura di cittadino. Il finanziamento sulle piste ciclabili rientra nel pacchetto di interventi strutturali previsti dall'ultimo Accordo per la qualità dell'aria che stanziava 35 milioni di euro per il triennio 2012-2015.

La Provincia di Bologna nel Piano della Mobilità Provinciale (PMP), approvato a Marzo 2009, riconosce tra le principali politiche da perseguire per migliorare e rendere sostenibile il sistema della mobilità provinciale, le azioni per favorire la mobilità non motorizzata ed in particolar modo la mobilità ciclistica. La promozione della mobilità ciclistica risponde infatti coerentemente agli obiettivi strategici fissati dal PMP, quali il perseguimento di una mobilità sostenibile e l'agevolazione dell'intermodalità. La mobilità ciclistica quindi sta riscuotendo molta attenzione come

forma di mobilità più economica e più intelligente, che concorre a raggiungere i più ampi obiettivi di sostenibilità in campo ambientale.

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, invece, rappresenta il principale strumento di governo e costituisce lo strumento di pianificazione che delinea gli obiettivi e gli elementi fondamentali dell'assetto del territorio, che oggi coincide con la area metropolitana, in coerenza con gli indirizzi per lo sviluppo socio-economico e con riguardo alle prevalenti vocazioni, alle sue caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, paesaggistiche e ambientali. Il suo scopo è orientare le scelte e mettere ordine nel territorio attraverso una proposta complessiva che riguarda specificamente la grande rete delle infrastrutture, che riconosce l'esistenza di un sistema ambientale con le sue articolazioni e individua un sistema insediativo, fissando gli indirizzi per lo sviluppo dei centri urbani e delle aree produttive. Il piano si rivolge ai Comuni, agli enti di governo del territorio e a tutti i cittadini e promuove l'identità e la coesione sociale attraverso un sistema di obiettivi strategici condivisi.

Per rispondere a questa sempre più crescente domanda di mobilità ciclistica, e per contribuire a far sì che tale domanda aumenti ancora, la Città metropolitana di Bologna si vuole dotare di un "Piano della Mobilità Ciclistica Provinciale" (PMC) con il quale definire un disegno che indirizzi e supporti nel futuro lo sviluppo di questo tema nel territorio bolognese. L'obiettivo è quello di cogliere le potenzialità già presenti prendendo spunto dalle realtà più avanzate, per fornire un supporto alla pianificazione e per definire le priorità di intervento. I documenti preliminari del PMC sono stati approvati dalla Giunta Provinciale il 4 Febbraio 2014, con delibera N.22 - I.P. 463/2014. Il Piano della Mobilità Ciclistica Provinciale si configura quindi come variante al PTCP in tema di mobilità ciclistica finalizzata, in via prioritaria, all'aumento dei ciclisti e quindi al miglioramento dell'accessibilità del territorio e delle sue funzioni, della sostenibilità ambientale ed economica. L'intento è quindi pianificare le direttrici principali e una maglia diffusa ma selezionata di itinerari e piste ciclabili, da sviluppare con le loro funzioni, per creare un sistema a rete di mobilità equilibrato e completo, dove la bicicletta possa essere una concreta alternativa sia per colui che quotidianamente si reca al lavoro (intermodalità) che per colui che si muove per vacanza o nel tempo libero.

Infine si ha la "Rete Previsionale delle Ciclovie Regionali" che ha la finalità di individuare, pianificare e promuovere una rete di percorsi ciclabili estesa e continua, riconoscibile e di ampia scala, con le relative infrastrutture e servizi, che risponda alle esigenze di fruizione delle principali risorse culturali, naturali e paesaggistiche, nel migliore rispetto delle caratteristiche ambientali del territorio e alle esigenze di collegamento tra i principali centri urbani, integrandosi e favorendo la mobilità ciclabile locale. Tale Rete costituisce un quadro previsionale di riferimento regionale per orientare la pianificazione e la progettualità della Regione e degli Enti territoriali e si pone con una validità previsionale di 10-15 anni.

L'obiettivo di questi piani si declina nella proposta di una rete di itinerari di tipo cicloturistico/ricreativo, per sviluppare nuove forme di turismo ambientale, in relazione alle opportunità offerte dal territorio, e una rete diffusa di piste ciclabili per la mobilità quotidiana, ovvero per quegli spostamenti di tipo sistematico (casa-lavoro, casa-scuola). Il cicloturismo e l'uso della bicicletta per spostamenti quotidiani sono due elementi fondamentali per il ciclista, che devono essere sviluppati in maniera distinta ma coordinata in modo da prefigurare una rete mirata a rispondere ad entrambe le esigenze, connessa, ben visibile ed integrata agli altri modi di trasporto. Allo stesso tempo definire alcuni criteri per individuare le priorità di intervento risulta necessario/strategico al fine di coordinare le risorse economiche esistenti, quelle ancora da destinare e gli sforzi progettuali, alcuni dei quali già in essere.

Per quanto riguarda il cicloturismo il PMP propone la realizzazione dell'itinerario Europeo denominato EuroVelo7 che da Crevalcore arrivi a Bologna lungo l'ex ferrovia dismessa Bologna-Verona per poi proseguire lungo la Valle del Reno fino alla Toscana; la realizzazione di 13 itinerari che a diverse scale, nazionale, regionale e metropolitana consentano ai visitatori di conoscere e attraversare il territorio tra cui gli importanti interventi sul Navile e sul Reno; definizione e/o riqualificazione di itinerari cicloturistici, soprattutto lungo i corsi dei fiumi, porterà a valorizzare le potenzialità del territorio, a creare nuove forme di marketing territoriale, a migliorare la salute pubblica promuovendo stili di vita con minor sedentarietà e ad avere ripercussioni positive sull'ambiente. Gli itinerari cicloturistici sono regolati anche nella "Rete Previsionale delle Ciclovie Regionali" che integra il sistema regionale della mobilità e costituisce un quadro di riferimento regionale per orientare la pianificazione e

la progettualità degli Enti territoriali, oltre che le risorse che sono o si renderanno disponibili. La Rete dovrà essere interconnessa con il sistema dell'intermodalità, in particolare treno-bici, e i relativi servizi (parcheggi scambiatori, noleggio bici, carta integrata della mobilità regionale "Mi muovo"), oltre che relazionarsi ai sistemi dei servizi territoriali.

Per quanto riguarda la mobilità quotidiana, invece, l'individuazione delle principali connessioni a scala metropolitana e locale favorirà una mobilità più sostenibile sia da un punto di vista ambientale che economico. La Proposta di Piano, oltre all'individuazione dei temi progettuali principali e degli interventi di scala metropolitana, prevede l'individuazione di politiche ed azioni da intraprendere per il miglioramento e la promozione delle attrezzature e i servizi connessi alla mobilità ciclistica, puntando a fungere da linea guida per gli Enti Locali. I servizi alla mobilità ciclistica assieme alle azioni educative e promozionali saranno lo stimolo ai cittadini, politici ed operatori economici per lavorare insieme per rendere la mobilità ciclistica sempre più sicura, funzionale, confortevole e piacevole. In particolare, il Piano propone un aumento delle piste/percorsi ciclabili di 350 km., pari a circa il 50% dell'esistente; la diffusione e omogeneizzazione delle "zone 30", la realizzazione degli assi principali di valenza metropolitana (via Bazzanese, via Galliera e via Emilia), il completamento e il rafforzamento degli assi di accesso della "Grande Bologna" per consentire un collegamento diretto e sicuro tra il centro di Bologna e i Comuni di prima cintura.

1.3.1 LA MOBILITÀ CICLISTICA NELL'AREA METROPOLITANA DI BOLOGNA: I NUMERI

Alcuni dati dedotti dal Quadro Conoscitivo possono efficacemente fornire un quadro di sintesi della situazione della mobilità ciclistica e della rete ciclabile.

Per quanto riguarda la domanda di spostamenti per studio e lavoro in Provincia di Bologna, i dati del censimento ISTAT 2001 rivelano che l'automobile privata è usata al 61.3%, altre modalità quali motocicli, biciclette, a piedi, ecc sono al 25% (di cui bicicletta 4,4%) e i mezzi pubblici per il 15.3%. Il confronto tra i dati ISTAT del 2001 e del 1991 evidenziava, in Provincia di Bologna, una generale diminuzione degli

utilizzatori dei mezzi pubblici per tutte le tipologie di servizio (treno -15.4%, autobus -37.5%) e anche degli utilizzatori della bicicletta (-21%). Tali diminuzioni sembravano andare a vantaggio di motociclette e scooter (+92.5%) e auto private (+5.6% per auto con conducente +26.5% per i passeggeri). La media provinciale di uso della bicicletta attestata al 4,4% mostrava, in realtà, all'interno del territorio provinciale un'estrema variabilità tra le diverse aree territoriali. L'analisi dei dati per Comuni evidenziava, infatti, una spinta propensione all'uso della bici in alcuni Comuni dell'area nord-ovest (Pieve di Centro 14,5%, San Giovanni in Persiceto 14%, sant'Agata Bolognese e Crevalcore 10%) a Imola (9%) e Molinella (8%) mentre Bologna si attestava attorno al 5%. In attesa dei dati ufficiali dell'ultimo censimento, alcune indagini/rilevazioni, seppure parziali, mostrano comunque un'inversione di tendenza ed un aumento degli utilizzatori della bicicletta; gli ultimi dati elaborati dal Comune di Bologna mostrano ad esempio uno split modale tra l'8 e il 9%.

Relativamente all'incidentalità, nel 2011, in Italia sono morte 284 persone in incidenti che hanno visto coinvolta la bicicletta (7,4% dei morti totali) e i feriti sono stati 16.730 (5,7%). In Provincia di Bologna sempre nel 2011 sono morte 14 persone coinvolte in incidenti in bicicletta (18%) e ne sono rimaste ferite 422 (7%). L'analisi dell'incidentalità mostra ovviamente una concentrazione degli eventi all'interno dell'ambito urbano e lungo i principali assi della viabilità. Va rilevato che negli ultimi 10 anni è aumentato il numero di incidenti che hanno coinvolto bici (+40% circa). Tale dato è in parte ascrivibile all'aumento dell'uso della bici ed in parte al fatto che gli interventi per migliorare la sicurezza stradale si sono concentrati soprattutto sulle autovetture.

Sempre dai dati del quadro conoscitivo del PMC, emerge che al 2013 la rete ciclabile sul territorio provinciale si estende per 680 km (di cui 535 in provincia e 145 nel comune di Bologna), mentre ne sono stati pianificati/progettati oltre 1.500 km. Dei percorsi già realizzati il 42% è collocato su strade comunali, il 24% lungo argini dei fiumi e il 12% su strade provinciali. Il 54% è costituito da percorsi pedonali/ciclabili promiscui, il 23% da piste ciclabili in sede propria a fini turistici, il 7% da piste ciclabili in corsia riservata.

CAP 2 LA NORMATIVA

2.1 LA MOBILITA' NON MOTORIZZATA

Come per i grandi temi della Pianificazione di trasporti, anche le metodologie pianificazione della mobilità non motorizzata non possono prescindere dall'approccio sistemistico che investe l'intero sistema dei trasporti. In particolare il sottosistema della mobilità non motorizzata si basa su tre componenti essenziali: utenti deboli, mezzi di trasporto specifici e infrastrutture adeguate. Nella fattispecie occorre far riferimento alla dizione di utenti deboli quali "pedoni, ciclisti e persone con limitate capacità motorie, sia per limitazioni fisiche permanenti o temporanee, sia per la loro età (bambini ed anziani)", così definiti dalle Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani urbani del traffico (GU n. 146 del 24.6.1995). In sintesi tra gli utenti della mobilità non motorizzata possono rientrare: pedoni, ciclisti, particolari categorie di età (bambini e anziani), disabili permanenti (portatori di handicap) e disabili "occasionalmente" (portatori di specificità/criticità motorie). I mezzi di trasporto comprendono: piedi, cicli, trazione animale, mezzi acquatici e altri (pattini, sci, ...).

Infine per le infrastrutture della mobilità non motorizzata si fa riferimento ad una varietà di soluzioni già attuate in vari ambiti territoriali:

- percorsi verdi (Greenways);
- Itinerari e piste ciclabili;
- quiet roads;
- zone 30 / zone 20;
- percorsi pedonali;
- percorsi a cavallo;
- percorsi acquatici.

In particolare, le "greenways" sono "vie di comunicazione dedicate al traffico non motorizzato", definite anche "vias verdes, voies vertes, voies lentes, voies douces, green axes, green corridors, percorsi verdi".

Per “quiet roads” si intendono strade secondarie, caratterizzate da un'elevata qualità ambientale, ove il traffico veicolare è indotto (naturalmente o con l'uso di tecniche di traffic calming) a moderare la velocità.

Gli itinerari ciclabili sono definiti nella circolare PCM 31.3.1993 n. 432: "Gli itinerari ciclabili si identificano con i percorsi stradali utilizzabili dai ciclisti, sia in sede riservata (pista ciclabile), sia in sede ad uso promiscuo con veicoli a motore o pedoni".

2.1.1 I CRITERI PER LA PIANIFICAZIONE DI INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ NON MOTORIZZATA

L'analisi dei principali criteri attuativi della pianificazione di una rete di mobilità non motorizzata che vanno ad integrarsi con le particolari caratterizzazioni dei territori interessati non può prescindere dalle seguenti finalità:

- approccio sistemistico delle metodologie pianificatorie delle infrastrutture;
- ottimizzazione delle interazioni tra le specificità infrastrutturali ed ambientali e le esigenze di mobilità e di vivibilità delle popolazioni interessate;
- nuovi sistemi di mobilità complementare riservati agli utenti più deboli;
- migliore fruizione dell'ambiente abitato;
- miglioramento della qualità della vita, spesso assai degradata specie nei territori estremi delle città.

Gli strumenti e i criteri per l'attuazione delle suddette finalità non possono non avere come fulcro di analisi un criterio di “valenza multifunzionale” che può dispiegarsi nelle seguenti componenti, tutte interconnesse tra loro:

- valenza trasportistica di "mobilità lenta": le infrastrutture per la mobilità non motorizzata, che attraversano o lambiscono aree urbane, collegano fra loro abitazioni, luoghi di lavoro, scuole, parchi, aree commerciali, servizi sociali, incentivando un tipo di mobilità non inquinante, con spostamenti fatti a piedi o con mezzi non a motore;

- valenza pianificatoria del territorio: assume rilevanza ove si considera che queste infrastrutture possono essere ritenute un valido strumento pianificatorio per opporsi allo sviluppo disordinato ed invasivo delle aree urbanizzate e per frenare la crescita incontrollata delle città;
- valenza ambientale: laddove è meno presente l'inquinamento acustico ed atmosferico del traffico motorizzato rispetto alle zone più centrali delle città, si può contribuire alla conservazione di aree ecologicamente fragili e significative, poste a ridosso di aree densamente edificate e sottoposte a forti pressioni di urbanizzazione;
- valenza paesaggistica: riguardante il recupero ed il riuso d'infrastrutture esistenti e dismesse o degradate, quali sentieri, strade consortili, viottoli, ricomprese in percorsi verdi continui fuori dalle cortine edificate, anche con l'inserimento di tratti nuovi d'interconnessione;
- valenza ecologica: quando attraversano elementi naturali come boschi, macchie di arbusti, prati, rive, litorali e zone d'acqua, questo tipo di infrastrutture rappresenta uno "strumento" di tutela ambientale, conservando gli habitat naturali, garantendone la connessione. tutelando le aree ripariali, ecc.;
- valenza educativa: proponendo itinerari che attraversano il territorio e collegano le risorse naturali, storiche e culturali, viene svolta un'importante funzione educativa, grazie alle caratteristiche di mobilità lenta che offrono, attraverso le campagne, nuove visuali dell'ambiente circostante;
- valenza turistico-ludico-ricreativa: la rete dei percorsi può collegare aree, dove si svolgono attività ricreative e i percorsi stessi, attraversando luoghi contraddistinti da paesaggi di alto pregio estetico, possono configurare un'attività piacevole da svolgere nel tempo libero, da parte di persone di tutte le età e di varie attitudini, in un contesto territoriale di spazi protetti, anche prossimi alle residenze. Tale attività viene percepita dalla popolazione come un beneficio immediato e tangibile, producendo così un ulteriore plusvalore di ordine sociale connesso alla funzione ricreativa.

2.2 LE LINEE GUIDA

2.2.1 LE LINEE GUIDA EUROPEE

Molte sono le associazioni e le istituzioni internazionali che hanno focalizzato l'attenzione sulle problematiche e sulle prospettive della mobilità non motorizzata. Esse partono dalla "questione ambientale" (inquinamento di aria, acque e suolo) sia nelle città sia nelle campagne, e si pongono come obiettivo un generale crescente interesse per la qualità della vita, sempre più giudicata anche in funzione della reale accessibilità e fruibilità del verde nonché dell'offerta di opportunità ricreative, fino all'intensificarsi dell'attrattiva verso forme di turismo all'insegna di qualità ambientale, contatto con la natura, riscoperta delle tradizioni, attività fisica. Le più importanti sono:

- EGWA (*European Greenway Association*) 1998, che promuove iniziative per l'implementazione delle *greenways* incoraggiando l'uso di mezzi non motorizzati in area urbana ed extraurbana;
- ECF (*European Cyclist Federation*) 1997, che ha elaborato una proposta di quattordici ciclo-itinerari su tutto il territorio europeo, denominata Eurovelo, tra i quali il quinto, il settimo interessano tutta la penisola e l'ottavo attraversa trasversalmente il nord Italia.

I principali compiti di ECF sono:

- assicurare che tutte le nazioni europee siano attraversate da almeno un itinerario ciclabile di qualità, fissando un principio di continuità territoriale basato sul mezzo di trasporto più rispettoso dell'ambiente;
- favorire la cooperazione internazionale e l'armonizzazione degli standard nelle infrastrutture ciclistiche;
- promuovere l'attenzione ai problemi dei ciclisti portando la bicicletta e le sue esigenze in luoghi dove è poco conosciuta o penalizzata dall'uso massiccio e predominante dell'automobile;
- favorire l'avvicinamento alla bicicletta in un ambiente sicuro e ecologicamente di pregio da parte di non ciclisti (frenati dal timore d'incidenti), per i quali la

presenza di un itinerario protetto può costituire elemento determinante per introdursi alla pratica del turismo in bicicletta;

- catalizzare la realizzazione di ciclo itinerari locali beneficamente influenzati dall'itinerario europeo, elemento trainante per fare crescere reti locali d'itinerari per ciclisti;
- promuovere la bicicletta come migliore pratica di turismo sostenibile, in termini d'impatto, contrapponendosi al mezzo di trasporto motorizzato e ai suoi effetti dannosi sui territori attraversati e di destinazione;
- portare benefici economici alle comunità locali; in quanto il ciclista attraversa il territorio lentamente e senza proprie risorse, attingendo altresì ai commerci, ai ristoranti e agli alberghi dei piccoli centri, che sono quelli elettivamente scelti dal turista in bicicletta.

2.2.2 LE LINEE GUIDA ITALIANE

Tra le diverse associazioni italiane che rivolgono l'attenzione alla mobilità non motorizzata, si ricordano:

- AIG Associazione Italiana Greenways, 1998, nel cui statuto si legge che il termine Greenways può essere interpretato come un sistema di territori lineari tra loro connessi che sono protetti, gestiti e sviluppati in modo da ottenere benefici di tipo ricreativo, ecologico e storico-culturale;
- FIAB onlus (Federazione Italiana Amici della Bicicletta 1998), che ha messo a punto il progetto BicItalia: network di dimensione sovra regionale o di collegamento con i paesi confinanti, sul modello delle diverse reti realizzate in diversi paesi dell'Europa, con forti motivazioni tecniche e territoriali. La rete è costituita da una serie di lunghi itinerari nord-sud attraversati da vie est-ovest che formano una “ragnatela” in grado di coprire tutto il Paese, con funzione ambientale, trasportistica, turistica, tra cui spicca la cosiddetta Ciclopista del Sole; FIAB si occupa del tracciato italiano dei progetti EuroVelo 5, EuroVelo 7 ed EuroVelo 8.

I punti qualificanti del progetto BicItalia sono:

- una rete nazionale di mobilità lenta, quale aspetto più spettacolare e immaginifico, per la diffusione dell'uso della bicicletta come mezzo di trasporto pulito e sostenibile;
- una serie di corridoi liberi dal traffico motorizzato;
- una piena dignità nella pianificazione trasportistica come garanzia di approcci umani al problema degli spostamenti;
- intermodalità di trasporto per gli spostamenti a media-lunga distanza con la formula treno + bici;
- intermodalità di trasporto per gli spostamenti a media-breve distanza con la formula autobus + bici e barca + bici;
- la conservazione del territorio con il recupero della viabilità minore;
- lo sviluppo di economie su piccola scala nei territori attraversati dalle ciclovie: ospitalità, ristoro, guide, turismo.

2.3 IL CONTESTO NORMATIVO ITALIANO

2.3.1 CRONOLOGIA LEGISLATIVA

I riferimenti normativi e di indirizzo per la pianificazione e la progettazione di percorsi ciclabili sono:

- *Legge n°208 del 28 giugno 1991*, "Interventi per la realizzazione d'itinerari ciclabili e pedonali nelle aree urbane";
- *Decreto legislativo n°285 del 30 aprile 1992*, "Nuovo Codice della Strada" e suo regolamento di esecuzione ed attuazione DPR 16 dicembre 1992;
- *Decreto interministeriale n°467 del 6 Luglio 1992*, "Regolamento concernente l'ammissione al contributo statale e la determinazione della relativa misura degli interventi per la realizzazione d'itinerari ciclabili e pedonali nelle aree urbane in attuazione dell'art. 3, comma 2, della legge del 28 giugno 1991 n. 208";
- *Circolare Min. Aree Urbane n°432 del 31 marzo 1993*, "Principali criteri e standard progettuali delle piste ciclabili";
- *Legge n°366 19 ottobre 1998*, "Norme per il finanziamento della mobilità ciclistica" e suo regolamento *Decreto Ministeriale n°557 del 30 novembre 1999*, "Regolamento recante le norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili".

Il corpus normativo non è molto esteso, ma nella sua interpretazione nascono spesso visioni differenti, più restrittive o più estensive che giustificano soluzioni puntuali differenti più o meno convenienti per il ciclista. Altre norme o indirizzi con i quali bisogna interfacciarsi sono principalmente:

- le norme per la realizzazione dei Piani Urbani del Traffico (Direttive per la redazione, l'adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico – suppl. ordinario alla G.U. serie generale del 24.06.95, n. 146) e tutti gli elaborati da questi prodotti nei vari comuni;
- le indicazioni del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale;

- altre norme come ad esempio il DM 5 aprile 2001 “norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.
- altre norme riguardanti le barriere architettoniche come ad esempio, per quel che riguarda le indicazioni tecniche che devono essere rispettate per la progettazione dei marciapiedi, il D.M. 236/89.

Complessivamente, per quanto riguarda l’uso della bicicletta e l’applicazione delle tecniche di Moderazione del Traffico, il compendio normativo italiano è da un lato abbastanza incompleto e poco evoluto rispetto ad altri stati europei, dall’altro non si è ancora codificata una casistica estesa e completa di buone soluzioni coerenti su tutto il territorio nazionale. Quanto sopra fa sì che ci siano ancora alcuni punti di grande dibattito come ad esempio, le modalità per realizzare corsie ciclabili in controsenso su strade a senso unico per gli autoveicoli.

2.3.2 D.M. n°577 DEL 30 NOVEMBRE 1999

Con riferimento, in particolare, agli ultimi documenti normativi nazionali, il DM 557/99, ricordiamo brevemente alcuni passaggi e definizioni importanti:

Legge 366/98 - Norme per il finanziamento della mobilità ciclistica

“Articolo 1

1. La presente legge detta norme finalizzate alla valorizzazione ed allo sviluppo della mobilità

ciclistica”;

DECRETO MINISTERIALE 30 novembre 1999, n. 557 Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili

“Art. 1 Premessa

1. Nella presente sezione sono individuati le linee guida per la progettazione degli itinerari ciclabili e gli elementi di qualità delle diverse parti degli itinerari medesimi. Gli itinerari ciclabili si identificano con 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). Dette linee guida sono finalizzate al raggiungimento degli obiettivi fondamentali di sicurezza e di sostenibilità ambientale della mobilità: obiettivi che devono essere perseguiti in maniera organica, valutando di volta in volta le strategie e le proposte che meglio rispondono agli stessi.”

“Art. 2. Finalità e criteri di progettazione

1. Le finalità ed i criteri da considerare a livello generale di pianificazione e dettagliato di progettazione, nella definizione di un itinerario ciclabile sono:

a) favorire e promuovere un elevato grado di mobilità ciclistica e pedonale, alternativa all'uso dei veicoli a motore nelle aree urbane e nei collegamenti con il territorio contermini, che si ritiene possa raggiungersi delle località interessate, con preminente riferimento alla mobilità lavorativa, scolastica e turistica;

b) puntare all'attrattività, alla continuità ed alla riconoscibilità dell'itinerario ciclabile, privilegiando i percorsi più brevi, diretti e sicuri secondo i risultati di indagini sull'origine e la destinazione dell'utenza ciclistica;

c) valutare la redditività dell'investimento con riferimento all'utenza reale e potenziale ed in relazione all'obiettivo di ridurre il rischio d'incidentalità ed i livelli di inquinamento atmosferico ed acustico;

d) verificare l'oggettiva fattibilità ed il reale utilizzo degli itinerari ciclabili da parte dell'utenza, secondo le diverse fasce d'età e le diverse esigenze, per le quali è necessario siano verificate ed ottenute favorevoli condizioni anche plano-altimetriche dei percorsi.”

“Art. 4 Ulteriori elementi per la progettazione

1. Gli itinerari ciclabili, posti all'interno del centro abitato o di collegamento con i centri abitati limitrofi, possono comprendere le seguenti tipologie riportate in ordine decrescente rispetto alla sicurezza che le stesse offrono per l'utenza ciclistica:

a) piste ciclabili in sede propria;

b) piste ciclabili su corsia riservata;

c) percorsi promiscui pedonali e ciclabili;

d) percorsi promiscui ciclabili e veicolari.”

La soluzione A viene proposta in affiancamento/parallelismo/alternativa a strade di viabilità principale caratterizzate da elevate velocità e traffico, come ad esempio in affiancamento alle strade statali. La soluzione B viene proposta in affiancamento a strade di viabilità minore urbana o extraurbana caratterizzate da basse velocità o da ampie banchine come ad esempio in affiancamento alle strade provinciali. La soluzione C viene proposta per strade campestri già oggi riservate al traffico dei soli frontisti. La soluzione D viene proposta per le strade minori percorse a basse velocità e da bassi livelli di traffico.

“Art. 6. Definizioni, tipologia e localizzazione

1. Pista ciclabile: parte longitudinale della strada, opportunamente delimitata, riservata alla circolazione dei velocipedi.

2. La pista ciclabile può essere realizzata:

a) in sede propria, ad unico o doppio senso di marcia, qualora la sua sede sia fisicamente separata da quella relativa ai veicoli a motore ed ai pedoni, attraverso idonei spartitraffico longitudinali fisicamente invalicabili;

b) su corsia riservata, ricavata dalla carreggiata stradale, ad unico senso di marcia, concorde a quello della contigua corsia destinata ai veicoli a motore ed ubicata di norma in destra rispetto a quest'ultima corsia, qualora l'elemento di separazione sia costituito essenzialmente da striscia di delimitazione longitudinale o da delimitatori di corsia;

c) 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.”

2.3.3 IL CODICE DELLA STRADA

Anche per i ciclisti, valgono le regole di buona educazione, di convivenza civile e (prima di ogni altra regola) giuridica. Buona parte di queste norme di comportamento, sono indicate nell'*art. 182 del "Codice della strada"* e nell'*art. 377 del relativo regolamento di esecuzione*.

Gli obblighi nel dettaglio che riguardano i conducenti dei velocipedi sono:

- l'obbligo di procedere su di un'unica fila, quando transitano fuori dai centri abitati ovvero quando le condizioni del traffico lo richiedono e, in ogni caso, mai affiancati in numero superiore a due;
- sempre fuori dai centri abitati, è ammessa la circolazione per file parallele, nel limite predetto, quando uno dei due conducenti sia minore degli anni dieci e proceda alla destra dell'altro;
- la conduzione del velocipede deve avvenire in assoluta sicurezza, con il libero uso delle braccia e in modo tale da afferrare il manubrio, con almeno una mano;
- è vietato trainare, come farsi trainare da altri veicoli o condurre animali, quando ci si trova alla guida dei velocipedi;
- il trasporto di passeggeri è di norma vietato. Possono essere trasportate altre persone, oltre al conducente, quando il velocipede è attrezzato allo scopo ovvero, quando è dotato di specifica attrezzatura, per il trasporto di minore degli anni otto;
- dove esistono piste ciclabili segnalate, i ciclisti sono obbligati a farne uso e, nel farne uso, si devono osservare le norme di comportamento relative alla circolazione dei veicoli;
- i ciclisti in marcia ordinaria, su sede promiscua, debbono mantenere una direzione uniforme, evitando di zig-zagare e, nel caso di attraversamento di carreggiate a traffico particolarmente intenso, o dove le circostanze lo richiedono, devono attraversare tenendo il veicolo a mano;
- le manovre di svolta a destra e sinistra, devono essere preventivamente segnalate con le braccia.

È inoltre utile sapere che, l'inosservanza delle predette norme di comportamento, può provocare l'applicazione di una sanzione amministrativa pecuniaria da euro 19,95 ad euro 81,90.

2.3.4 LE PISTE CICLABILI: DEFINIZIONI E TIPOLOGIE

Gli itinerari ciclabili sono definiti nella circolare PCM 31.3.1993 n. 432. Le piste ciclabili sono infrastrutture viabilistiche destinate ad incentivare, favorire e rendere più sicura la circolazione delle biciclette (figura 1.6). La caratteristica fondamentale per la viabilità delle piste ciclabili risiede



Fig. 2.1 –Pista ciclabile urbana

nell'interconnessione: esse devono formare una rete e non possono essere frammentate, isolate o non collegate tra di loro. Una rete ciclabile efficiente dovrebbe coprire l'intera area urbana collegando centro e periferie, con tutte le direttrici necessarie agli spostamenti quotidiani casa-lavoro, casa-scuola e per raggiungere servizi di ogni genere (tempo libero, acquisti, sanità, enti pubblici, ecc.). La continuità è caratteristica peculiare della rete stessa e di ogni singolo percorso (pista ciclabile), finalizzata a garantire sicurezza ai ciclisti e maggiore convivenza tra tutti i fruitori, motorizzati e non, delle strade cittadine. La continuità, in particolare, va assicurata alle intersezioni (incroci, rotatorie ecc.), generalmente tramite attraversamenti ciclabili (semaforizzati e non) e, in alcuni casi, per mezzo di sopra o sottopassi. I percorsi che la rete ciclabile va a disegnare devono essere diretti e lineari, senza aggiramenti poiché questi spesso annullano i vantaggi della rete stessa e delle piste ciclabili che la compongono.

Nei centri urbani con scarso traffico la rete ciclabile può trovarsi sia in sede propria, cioè rialzata e protetta da cordoli, che in sede stradale, individuata da una linea. Il principio della separazione fisica dei flussi si applica alla rete sulla viabilità principale urbana ed extra-urbana, ovunque esista un intenso traffico motorizzato ed un forte differenziale di velocità con la bicicletta. La rete ciclabile si dirama anche su viabilità a medio traffico, per esempio nell'attraversamento di quartieri, e può avere forme di separazione più morbide ("preferenziazione") utilizzando corsie ciclabili su carreggiata.

Come detto sopra, gli itinerari ciclabili sono i percorsi stradali utilizzabili dai ciclisti, realizzati sia in sede riservata, sia ad uso promiscuo con pedoni o veicoli a motore. Tali itinerari devono soddisfare requisiti fondamentali di sicurezza: è necessario, per la loro realizzazione, fare riferimento a linee guida che dettino le prestazioni delle stesse sia in termini di dimensioni che di funzioni. Che siano posti all'interno del centro abitato o di collegamento con i centri abitati limitrofi, possono essere di diversi tipi:

- piste ciclabili in sede propria o su corsia riservata;
- percorsi promiscui ciclo-pedonali;
- percorsi promiscui ciclabili e veicolari.

In particolare, per *pista ciclabile* s'intende la parte longitudinale della strada, opportunamente delimitata, riservata alla circolazione dei soli velocipedi (figura 1.7).



Fig. 2.2 –Pista ciclabile in sede propria

I *percorsi promiscui ciclo-pedonali* invece consentono contemporaneamente la circolazione pedonale e ciclabile (figura 1.8). Essi sono realizzati solitamente all'interno di parchi o di zone a traffico prevalentemente pedonale, nel caso in cui l'ampiezza della carreggiata o la ridotta entità del traffico ciclistico non richiedano la realizzazione di specifiche piste ciclabili. I percorsi promiscui pedonali e ciclabili possono essere anche realizzati su parti della strada esterne alla carreggiata, rialzate o altrimenti delimitate e protette, usualmente destinate ai pedoni, qualora le stesse parti della strada non abbiano dimensioni sufficienti per la realizzazione di una pista ciclabile e di un contiguo percorso pedonale e gli stessi percorsi si rendano necessari per dare continuità alla rete

d'itinerari ciclabili programmati. È opportuno, in questo caso, che la parte della strada che s'intende utilizzare come percorso promiscuo pedonale e ciclabile abbia una larghezza adeguatamente incrementata rispetto ai minimi fissati per le piste ciclabili e che il traffico pedonale sia ridotto.



Fig. 2.3 – Percorso promiscuo ciclo-pedonale

Infine i *percorsi promiscui ciclabili* e veicolari sono quei percorsi dove veicoli e biciclette circolano in maniera promiscua (figura 1.9). Questi percorsi rappresentano la tipologia d'itinerari ciclabili più rischiosa per l'utenza ciclistica. Sono per questo ammessi solamente per dare continuità alla rete d'itinerari prevista dal piano della rete ciclabile, nelle situazioni in cui non sia possibile, per motivazioni economiche o d'insufficienza degli spazi stradali, realizzare piste ciclabili. Per i suddetti percorsi è necessario intervenire con idonei provvedimenti che comunque puntino alla riduzione dell'elemento di maggiore pericolosità rappresentato dal differenziale di velocità tra le due componenti di traffico, costituite dai velocipedi e dai veicoli a motore.



Fig. 2.4 – Percorso promiscuo ciclabile e veicolare

Esistono poi i *percorsi ecocompatibili*, detti anche *greenway*. Questo termine, tradotto letteralmente in italiano come via verde, deriva dall'unione di due concetti. Da una parte il concetto di *way* (via, percorso), che oltre ad indicare fisicamente le vie di comunicazione (strade, ferrovie, fiumi...) rimanda ad un'idea di movimento, di comunicazione, di attività. Dall'altra parte troviamo quello di *green*, che va oltre al concetto di natura, per indicare tutto ciò che è legato, in una visione antropocentrica, alla possibilità di fruire a scopo ricreativo delle risorse ambientali. Con il termine *greenway* in Europa s'identifica il singolo percorso, dedicato ad una circolazione non motorizzata, in grado di connettere le popolazioni con le risorse del territorio (naturali, agricole, paesaggistiche, storico-culturali) e con i centri di vita degli insediamenti urbanistici, sia nelle città sia nelle aree rurali. Tali percorsi, per essere così definiti devono, da una parte, essere fisicamente separati dalla rete stradale ordinaria, dall'altra, consentire una circolazione confortevole con pendenze limitate ed un'ampia accessibilità per gli utenti. Le esperienze di questi ultimi anni hanno dimostrato come molte infrastrutture create nel passato e oggi non più utilizzate possono essere recuperate per svolgere una funzione di mobilità con la loro trasformazione in “percorsi verdi”.



Fig. 2.5 – Greenway

CAP 3. IL PROGETTO EUROVELO 7

3.1 L'IMPORTANZA DEL CICLOTURISMO

Negli ultimi anni il cicloturismo ha subito un forte sviluppo sia da parte delle amministrazioni che dei media soprattutto grazie alla spinta dei viaggiatori che scelgono di usare per le loro vacanze, o per parti di esse, la bicicletta come mezzo di spostamento. La diffusione è dovuta anche al fatto che è una maniera di viaggiare particolarmente economica, che fuoriesce dai canoni e dai consueti itinerari del turismo di massa. I cicloturisti sono quasi sempre accomunati da una spiccata sensibilità ambientale, da una grande passione per la bicicletta come mezzo di trasporto e come stile di vita, da una vivace curiosità per i luoghi sconosciuti al grande pubblico e da una grande adattabilità alle situazioni impreviste. Inoltre l'Italia può sfruttare le esperienze e le buone pratiche che ci vengono mostrate da altri paesi Europei che sono già più evoluti di noi in questo ambito.

Cresce sempre di più la consapevolezza circa l'importanza di questa forma di turismo, e si è palesata la sua grande rilevanza sotto diversi punti di vista. Per quanto riguarda il settore economico attrae risorse lungo gli itinerari, per il settore ambientale e territoriale valorizza le città e le emergenze paesaggistiche e culturali, per il settore sociale produce un miglioramento nella qualità della vita delle persone. Secondo dati recenti diramati dalla Camera di Commercio di Ascoli Piceno, il cicloturismo rappresenta il 31% dell'attività turistica naturale, di cui circa il 61% è costituito da stranieri e il restante 39% da italiani. Ad oggi, il cicloturismo rappresenta in Italia quasi il 12% del PIL. Un'attività turistica destagionalizzata, che si pratica per il 70% dell'anno, ed eco-sostenibile, sulla quale credere e investire.

Il cicloturismo in quanto tale deve entrare in contatto con il territorio creando un legame forte con la realtà locale poiché il turista su bicicletta necessita di trovare lungo il percorso tutto ciò di cui ha bisogno, sia come risorse che come servizi. Chi viaggia in bicicletta necessita di servizi come l'assistenza tecnica alla bicicletta per riparazioni o accessori; la ristorazione ed il pernottamento; la cartografia degli itinerari; le informazioni relative ai luoghi incontrati e le iniziative locali; le indicazioni circa i

percorsi protetti al riparo dai pericoli del traffico motorizzato; all'utilizzo combinato di trasporto ferroviario o sull'acqua. L'espansione del cicloturismo non significa solo incrementare le infrastrutture presenti nel territorio ma anche rendere la percorribilità di queste infrastrutture fluida, sicura e piacevole. Proprio in queste ragioni sarà quindi necessario un approccio integrato e multidisciplinare in cui si possano sviluppare in parallelo i seguenti temi:

- infrastrutturazione e manutenzione;
- segnaletica;
- trasporti ed intermodalità;
- ricettività, ristorazione, accoglienza e servizi dedicati;
- comunicazione, promozione, informazione e commercializzazione.

Le risorse territoriali, ambientali e storico culturali della Città Metropolitana, unite ad una posizione naturalmente baricentrica, costituiscono condizioni ottimali per la creazione di itinerari cicloturistici di lungo raggio, che valorizzino le aree di pregio locali e che in parte siano fruibili anche a scopo ricreativo. Nel corso degli anni sono stati elaborati numerosi studi e progetti per la valorizzazione e riqualificazione di alcuni percorsi anche se meno è stato fatto per la loro effettiva realizzazione. Alcuni territori prima di altri hanno creduto nelle possibilità aperte dallo sviluppo di percorsi cicloturistici, e dei servizi ed attività ad essi connessi, e quindi ne hanno immaginato e pianificato gli itinerari e finanziato gli sviluppi e le opere. Per quanto riguarda il territorio regionale, le provincie della Romagna sono già ben sviluppate a partire da Ferrara, che è considerata la più *bike-friendly*, fino alle valli Riminesi ricche di memorie di antiche civiltà. Anche la città di Modena ha prestato molta importanza all'espansione degli itinerari ciclabile fino al punto che attualmente il percorso EuroVelo 7 passa proprio proprio per questa provincia. Il territorio bolognese ha avuto altre priorità, e forse anche altre difficoltà legate anche ad una decisa propensione all'uso dell'auto e, non ultima, anche un'orografia che non sempre agevola la facile realizzazione di percorsi; ha quindi assunto consapevolezza con un certo ritardo sull'importanza di investire su questo argomento, o forse la deve ancora acquisire.

Quindi è più che mai importante che le istituzioni ai differenti livelli, le associazioni e i soggetti che a diverso titolo hanno delle competenze sul territorio, lavorino in maniera unitaria e coesa, condividendo obiettivi e scelte, per creare finalmente premesse e condizioni veramente favorevoli per lo sviluppo del cicloturismo. La Città Metropolitana in questo senso può svolgere un ruolo fondamentale per creare le sinergie adeguate a sviluppare una progettualità che possa farsi concreta e attuabile in tempi brevi, creando finalmente anche quel collegamento fondamentale tra le realtà del nord Italia, già più pienamente sviluppate, e un sud Italia pieno di promesse ed aspettative per i cicloturisti.

Un primo importante passo in questa direzione è stato fatto, per quanto riguarda la Provincia di Bologna, attraverso la definizione della rete cicloturistica contenuta nel Piano della Mobilità Ciclistica Provinciale, rete poi condivisa con la Regione Emilia Romagna nella sua carta delle Ciclovie Regionali. Si tratta di un passaggio fondamentale perché, per la prima volta, si è riconosciuto, almeno teoricamente, alle vie ciclabili la stessa dignità delle altre modalità di trasporto, e sono state individuati i principali assi su cui puntare, anche distinguendoli per la loro differente funzione territoriale in europei, nazionali, regionali, metropolitani e locale.

3.2 I GRANDI ITINERARI EUROPEI: GLI STANDARD DI CERTIFICAZIONE EUROPEA

Gli itinerari ciclabili europei EuroVelo sono stati elaborati negli anni passati dall'European Cyclists Federation (ECF), di cui fanno parte diversi membri europei (per l'Italia la FIAB). L'ECF è quindi una federazione Europea di organizzazioni nazionali o regionali che promuovono l'uso della bicicletta. Fu fondata nel 1983 e ha sede a Bruxelles. L'European Cycle Route Network, detta comunemente EuroVelo, rappresenta un'opportunità per promuovere la realizzazione di reti di infrastrutture ciclabili transnazionali e quindi per supportare la mobilità in bicicletta negli spostamenti abituali e il cicloturismo. I percorsi EuroVelo sono 14 (figura 3.1), per un totale di oltre 70.000 km di cui 45.000 km sono già stati realizzati.

1. Atlantic Coast Route: Sagres – Capo Nord / 8.186 km
2. Capitals Route: Galway - Mosca / 5.500 km
3. Pilgrims Route: Trondheim - Santiago de Compostela / 5.122 km
4. Central Europe Route: Roscoff - Kiev: 4.000 km
5. Via Romea Francigena: Londra - Roma - Brindisi / 3.900 km
6. Atlantic Ocean to Black Sea (La strada dei fiumi): Nantes - Constanza / 4.448 km
7. Sun Route: Capo Nord - Malta / 7.409 km
8. Mediterranean Route: Cadiz - Atene - Cipro / 5.888 km
9. Baltic Sea to Adriatic Sea (La strada dell'ambra): Danzica - Pola / 1.930 km
10. Baltic Sea Circuit (Il circuito della Lega anseatica) / 7.980 km
11. East Europe Route: Capo Nord - Atene / 5.984 km
12. North Sea Circuit: Il circuito del Mare del Nord / 5.932 km.
13. Iron Curtain Trail: Barents Sea – Black Sea 10.400 km
14. Rhine Route: Andermatt – Hoek van Holland 1.320 km



Fig. 3.1 – I 14 percorsi EuroVelo

L'Italia è attraversata da 3 itinerari: 5. Via Romea Francigena: Londra-Roma-Brindisi; 7. Sun Route: Capo Nord-Malta; 8. Mediterranean Route: Cadice-Atene. Gli itinerari sono soggetti a revisioni triennali. Questi itinerari sono inizialmente nati dalla fusione di tratti nazionali di vie ciclabili esistenti, che quindi, opportunamente raccordati ed estesi a nazioni sprovviste di reti locali, contribuiscono da un lato a favorire il transito di turisti in tutta Europa e dall'altro a valorizzare localmente la modalità ciclistica come soluzione alternativa al traffico motorizzato.

Gli itinerari EuroVelo devono rispondere ad uno standard di certificazione Europea per poter essere considerati tali. I criteri di analisi sono:

- essenziali: per il ciclista regolare che usa la bici come principale mezzo di trasporto. Il 100% della ciclovia deve soddisfare i criteri essenziali.
- importanti: per il ciclista occasionale con poca esperienza e con capacità e allenamento medi. Il 70% della ciclovia deve soddisfare i criteri importanti.
- aggiuntivi e ulteriori: per il ciclista più esigente, meno esperto o con esigenze particolari.

Gli ambiti di analisi si sviluppano sull'unità di misura della tratta giornaliera (da 30 a 90 km). Essi riguardano l'infrastruttura, i servizi e la promozione e marketing e ognuno ha un suo peso che è rispettivamente di 65%, 20% e 15%. Questi pesi saranno da moltiplicare per il punteggio assegnato al fine di ottenere il voto pesato finale dell'itinerario. È molto importante che questi ambiti di analisi risultino soddisfatti poiché in caso contrario che metterebbero in difficoltà il cicloturista condizionandolo nella scelta del percorso e talvolta scoraggiandolo all'uso della bici.

Per quanto riguarda l'infrastruttura i parametri di valutazione sono:

Continuità → Non ci devono essere né discontinuità fisiche, né veti normativi;

Componenti dell'infrastruttura → Le strade pubbliche con alta velocità (50 km/h) e alto volume di traffico (>500 v/giorno) sono tollerate fino al 50% di una tratta giornaliera e al 25% sull'intera ciclovia. Inoltre nessuna tratta giornaliera può includere più del 10% di strade ad alta velocità e volume di traffico maggiore di 10.000 v/giorno se prive di corsie o banchine ciclabili.

Superficie e larghezza → Il manto stradale deve essere in buono stato e non cosparso di buche, oltre che deve essere rispettato un giusto dimensionamento. Questo garantisce che il percorso sia confortevole, piacevole e sicuro;

Capitolo 3 – Il progetto EuroVelo 7

Pendenza → Per tratti non più lunghi di 5 km la pendenza media deve essere inferiore al 6%, e mai superare il 10% per brevi tratti. La tratta giornaliera deve comunque avere un dislivello inferiore a 1000 m;

Segnaletica → deve essere rispettata la segnaletica Europea chiara e regolare su tutto il tracciato;

Trasporto pubblico → l'interazione con il trasporto pubblico su strada e su rotaia è fondamentale. Deve presente ogni 150 km con un servizio regolare. Inoltre dove necessario deve esserci l'interazione con il trasporto marittimo.

Relativamente ai servizi, invece, devono essere garantiti sulle tratte giornaliere alloggi, punti di ristorazione e aree di sosta, assistenza meccanica e negozi di biciclette, e altri servizi connessi.

Infine, per quanto riguarda la promozione e il marketing, devono essere disponibili per tutte le tratte, e facilmente reperibili dal cicloturista, offerte transnazionali prenotabili, materiale promozionale e strumenti informativi digitali.

Ad una ciclovia viene data la certificazione quando è sicura, confortevole e attraente, se raggiunge per ogni tratta giornaliera almeno il 50% del punteggio massimo, e se ottiene per l'intera ciclovia almeno il 60% della media ponderata di tutti i criteri. Il punteggio assegnato alla ciclovia sarà pari a 0 se non soddisfa le percentuali richieste o se non viene rispettato anche solo uno dei criteri essenziali. La certificazione può essere avviata da un consorzio di partner lungo la ciclovia e deve essere condotta da personale formato e autorizzato dal ECF. Il leader del consorzio sottopone la richiesta di certificazione a ECF che rilascerà il certificato ufficiale con validità di 5 anni. Questa certificazione viene resa nota sul sito www.eurovelo.com e sulla mappa generale di EV con la seguente formulazione:

"La ciclovia EuroVelo ... è una ciclovia di alta qualità certificata nell'ambito della rete ciclabile europea [...] La tratta tra ... e ...

- è raccomandata per tutti i tipi di ciclisti"
- è raccomandata per ciclisti regolari e occasionali"
- è indicata solo per ciclisti regolari"

3.3 EUROVELO 7: THE SUN ROUTE

La Città Metropolitana di Bologna è stata quindi per anni attraversata dall'EV7 Capo Nord-Malta che, arrivando dalla Provincia di Modena (Nonantola), entrava nel territorio bolognese a sud di San Giovanni in Persiceto per penetrare poi nel capoluogo attraverso la via Emilia Ponente e proseguire quindi da Casalecchio verso la Toscana lungo la Valle del Reno. Fino a tutto il 2014, quindi, il collegamento da Bologna al confine metropolitano, lungo il Limentra e passando per Suviana, faceva parte della rete ciclabile Europea EuroVelo, mentre nella revisione degli itinerari avvenuta nel 2014 tale passaggio è stato spostato su Modena per tornare sul Reno a Vergato attraverso il valico di Sella di Croce. Questa modifica al percorso è avvenuta sia a causa di alcuni problemi puntuali segnalati lungo il tracciato sia per una generale mancanza o scarsità di interventi attuati negli anni al fine di rendere il percorso riconoscibile e sicuro per i cicloturisti. Per l'Italia il responsabile dei percorsi EV è la FIAB che, in questi anni, in assenza di una programmazione istituzionale, ha elaborato anche il progetto chiamato BicItalia, in coerenza con la proposta di "Rete nazionale di percorribilità ciclistica" prevista dalla delibera CIPE n.54 del febbraio 2001. In realtà, così come indicato nelle "linee guida" della FIAB, BicItalia è principalmente una proposta culturale che può rappresentare una base di lavoro per la realizzazione della "Rete nazionale di percorribilità ciclistica". Nella proposta si prevedono complessivamente circa 16.500 km di rete ciclabile nazionale (a fronte di un'esistente di circa 1.800 km di ciclovie in qualche modo classificate) suddivisi in 15 itinerari principali di cui il n° 1 è la cosiddetta Ciclopista del Sole (km 3.000): itinerario principe che in linea di massima deve collegare tutto il paese, isole comprese, con la valenza evocativa di una grande greenway nazionale e che attraversa la Valle del Reno.

Le linee guida per la progettazione della Ciclopista del Sole sono contenute nel PMC provinciale, in cui sono sostanzialmente raccolte tutte le proposte di itinerari ciclabili, di carattere "infrastrutturale" e "organizzativo", volte alla realizzazione di piste e/o itinerari ciclabili di differente gerarchia e funzione.

La Ciclopista del Sole è in realtà il nome della parte di percorso dell'EuroVelo 7 che passa per l'Italia. A scala provinciale, gli interventi proposti nel PMC per itinerari cicloturistici a scala internazionale sono:

- 1A) Proposta di nuovo EUROVELO 7 (a nord di Bologna)
- 1B) EUROVELO 7 (a nord di Bologna)
- 1C) EUROVELO 7 (a sud di Bologna)

In questa ottica è, e deve essere una priorità, costruire le condizioni per avere una ciclovia che attraversi da nord a sud il territorio metropolitano bolognese e che faccia convergere nuovamente il percorso EV7 nel nostro territorio in quanto volano di sviluppo, non solo per le aree che attraversa e che attraverserà, ma anche per tutto il sistema cicloturistico metropolitano e regionale. I territori attraversati da questo itinerario acquistano indubbiamente maggior prestigio, maggior visibilità e crescita del turismo, ma dall'altra parte anche il percorso risentirebbe positivamente di questa scelta poiché la città di Bologna è un passaggio fondamentale per i turisti. Tale centralità è stata più volte riconosciuta, anche recentemente dal Piano Strategico Metropolitano di Bologna, e devono quindi essere massimizzati gli sforzi per valorizzarne la fruibilità e l'attrattività. Per riportare quindi il tracciato nella provincia bolognese si può seguire una delle seguenti due alternative:

- migliorare il percorso che esisteva prima del 2014;
- sfruttare il recupero del sedime dell'ex ferrovia dismessa Bologna-Verona su cui i Comuni della direttrice hanno già fatto un ottimo lavoro, progettando in ultimo il collegamento tra Calderara di Reno e Bologna.

L'alternativa che si è scelto di perseguire è quella di sfruttare il recupero dell'ex ferrovia dismessa Bologna-Verona. Inoltre si devono attuare anche tutte le possibili migliorie per il percorso lungo la valle del Reno da Casalecchio fino al confine con la Toscana, dove peraltro i Comuni hanno già fatto molti interventi, per rendere il percorso il più piacevole, sicuro e appetibile possibile.

Si riporta di seguito la carta dei percorsi cicloregionali (figura 3.2) inserita all'interno della relazione tecnica della "Rete previsionale delle ciclovie Regionali". In questa carta si possono vedere le 3 alternative di tracciato: il vecchio tracciato (verde); quello esistente (rosso); il nuovo progetto (verde tratteggiato).

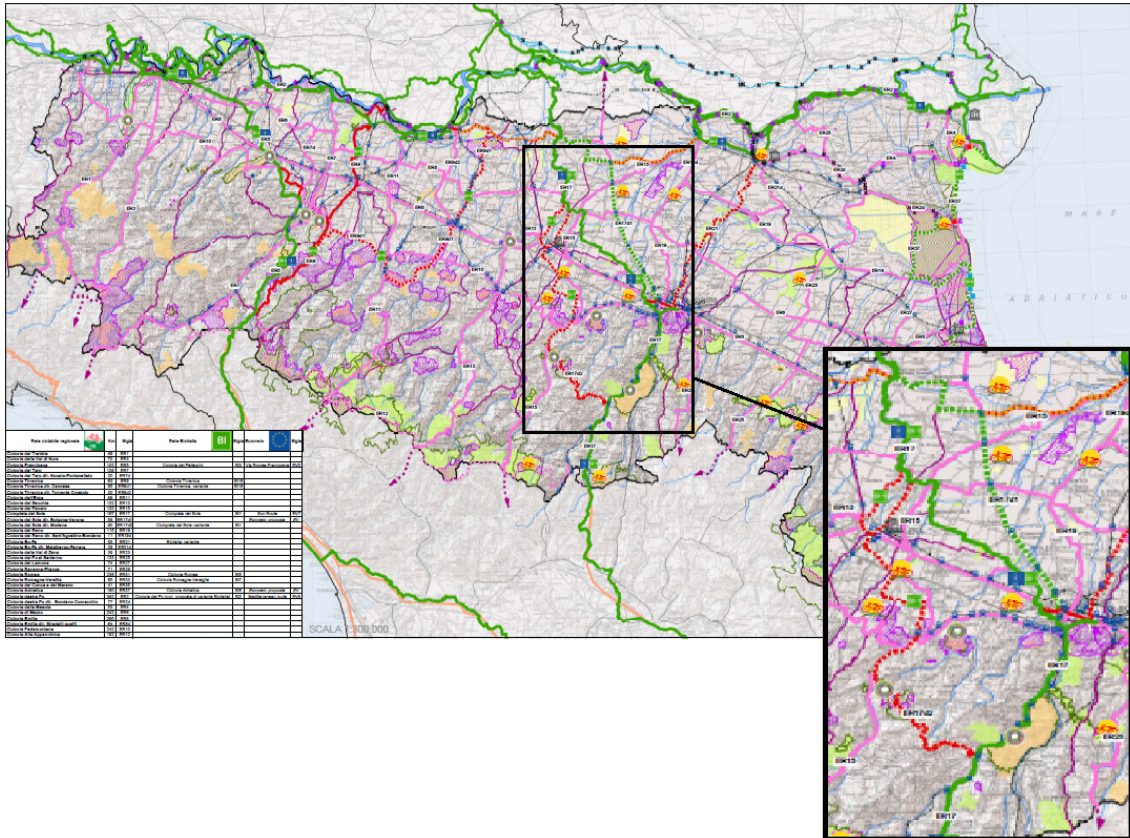


Fig. 3.2 – Proposte di tracciati EuroVelo7

3.3.1 IL TRATTO A NORD DI BOLOGNA

Il vecchio tratto a nord di Bologna (PMC - 1B) scendeva da Mantova, passando per Concordia sulla Secchia e Nonantola arrivando a nord ovest di Bologna utilizzando una serie di strade a viabilità minore.

La nuova proposta (PMC - 1A) prevede, invece, di modificare l'attuale tracciato a nord di Bologna, con una nuova infrastruttura ciclabile utilizzando il vecchio tracciato della ferrovia dismessa Bologna-Verona. Nell'area Emiliana esiste già uno studio di fattibilità a riguardo, commissionato da RFI nel 2007, che prevedeva la costruzione di una pista ciclabile in sede propria, della lunghezza di circa 25 km (dal km 13 al km 38 della linea ferroviaria) ed una convenzione già firmata tra RFI e le province emiliane per l'utilizzo della sede dismessa a pista ciclabile. Attualmente anche la Regione Veneto sta cercando un accordo con il gruppo Ferrovie dello Stato per la realizzazione di una ciclo-pista da Treviso fino ad Ostiglia. Questo vecchio tracciato dismesso, rappresenta quindi un'importante opportunità per veicolare il cicloturismo di lunga percorrenza, proveniente dal Po e dal Veneto e in generale dal nord Europa, lungo una direttrice continua. L'ultimo tratto, giungendo alle porte di Bologna, presenta un "buco". L'obiettivo di questa tesi sarà, appunto, quello di progettare il collegamento tra la fine della ferrovia dismessa all'altezza di Sala Bolognese (loc. Osteria Nuova) e Bologna. La soluzione, attualmente in fase di studio, potrebbe consentire, di abbandonare l'asse ferroviario in corrispondenza della stazione ferroviaria di Osteria Nuova, attraversare il comune di Calderara di Reno, proseguire lungo il confine nord dell'area aeroportuale e raggiungere Bologna lungo il fiume Reno.

Gli interventi necessari saranno la progettazione e la realizzazione dell'intero tratto di itinerario e, dove necessario, la costruzione delle pavimentazioni per la pista ciclabile e il recupero ambientale del contorno. Nei prossimi capitoli verrà studiato nel dettaglio il suddetto collegamento, oltre agli ulteriori interventi eventualmente necessari per risolvere punti o brevi tratti specifici particolarmente critici (come ad esempio la costruzione di un sottopasso ferroviario). Da segnalare che una volta realizzato, questo tracciato potrebbe essere utilizzato, per singole tratte, anche per spostamenti legati alla mobilità quotidiana grazie alla sua posizione ed alle sue caratteristiche.

3.3.2 IL TRATTO A SUD DI BOLOGNA

Per quanto riguarda l'itinerario a sud di Bologna i comuni si sono dimostrati attivi nel potenziare il percorso esistente (PMC - 1C) e realizzare nuovi tratti di ciclabile. Gli interventi, in parte già attuati e in parte da attuare, si prefissano come obiettivo quello di valorizzare la Valle del Reno completando un percorso che da Casalecchio di Reno prosegue fino a Vergato per poi raggiungere il confine con la Toscana. Il percorso è mostrato in figura 3.3.

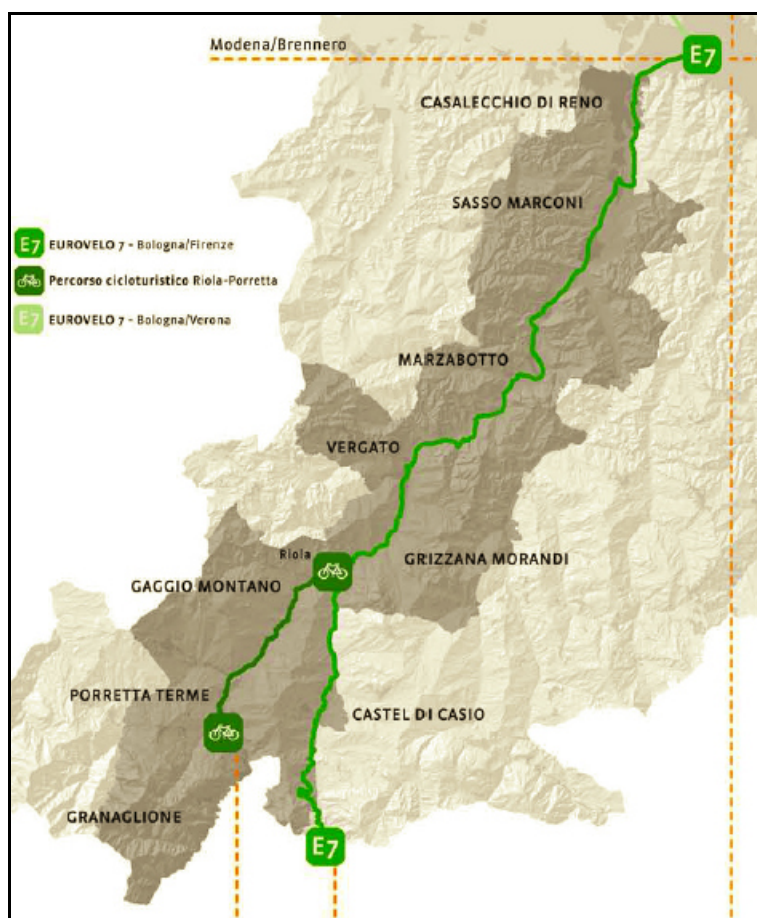


Fig. 3.3 – Tracciato a sud di Bologna

Il percorso, oggi consultabile e scaricabile dal sito della FIAB (e ripreso da diverse pubblicazioni), ha origine/destinazione nel Parco Talon nel Comune di Casalecchio di Reno, in destra idrografica, all'altezza della Chiusa di Casalecchio. Prosegue quindi in direzione sud lungo viabilità secondaria privata, a fianco del Fiume Reno e poi lungo la Porrettana. Il tragitto interessa a volte tratti nei quali è già stato

previsto e realizzato un percorso ciclabile, a volte dove il tracciato è stato previsto ma non ancora realizzato, ed all'interno dell'abitato di Sasso Marconi corre lungo la strada statale dove non è prevista nessuna pista ciclabile. La pista corre parallela alla ferrovia, e sono inoltre presenti diversi tracciati alternativi, individuati dalle amministrazioni come percorsi ciclabili. Da Sasso Marconi il percorso utilizza la strada Statale Porrettana, attraversando gli abitati di Fontana e Lama di Reno. Questo tratto è critico in quanto la S.S. Porrettana è in ambito extraurbano e con sezione ridotta. L'itinerario prosegue sulla Porrettana fino all'abitato di Marzabotto e da qui si allontana dalla strada statale per congiungersi alla pista ciclabile che collega Marzabotto con Pioppe, che si sviluppa sulla sinistra idrografica passando in fregio all'insediamento etrusco di Misa. Il tracciato, per la parte non ancora attuata, interessa una strada bianca che corre parallelamente al fiume e alla ferrovia, fino a Pioppe di Salvaro in Comune di Grizzana Morandi. Da Pioppe di Salvaro il tracciato individuato rimane sulla destra idrografica lungo una strada secondaria, fino a raggiungere Vergato. Da qui si sposta sul lato opposto del fiume seguendo prima una strada secondaria e poi utilizzando il vecchio tracciato della Statale Porrettana, ad oggi con scarsa presenza di traffico, fino a raggiungere Riola di Vergato. Per arrivare in Toscana il percorso dalla Valle del Reno segue la Valle del Limentra lungo la Strada Provinciale 23, sale fino all'imponente Bacino di Suviana, lo costeggia in sinistra idrografica seguendo poi la provinciale fino a Badi e poi fino al confine regionale. Questo tratto interessa un tratto di strada provinciale che però non presenta grossi volumi di traffico e attraversa, come per i precedenti, una valle ricca di emergenze naturalistiche e storiche.

CAP 4. L'INTERVENTO OGGETTO DI STUDIO

4.1 INTRODUZIONE

L'oggetto della presente tesi è la pianificazione e il progetto di una pista ciclabile che collega la stazione di Osteria Nuova con la "Ciclovia del Reno sud" (facente parte del progetto EuroVelo 7) e con la rete ciclabile esistente di Bologna (figura 4.1). Il percorso del progetto EuroVelo 7, infatti, arriva nel territorio bolognese lungo il tratto dismesso della ferrovia Bologna-Venezia, che si interrompe nella frazione di Osteria Nuova, nel comune di Sala Bolognese.

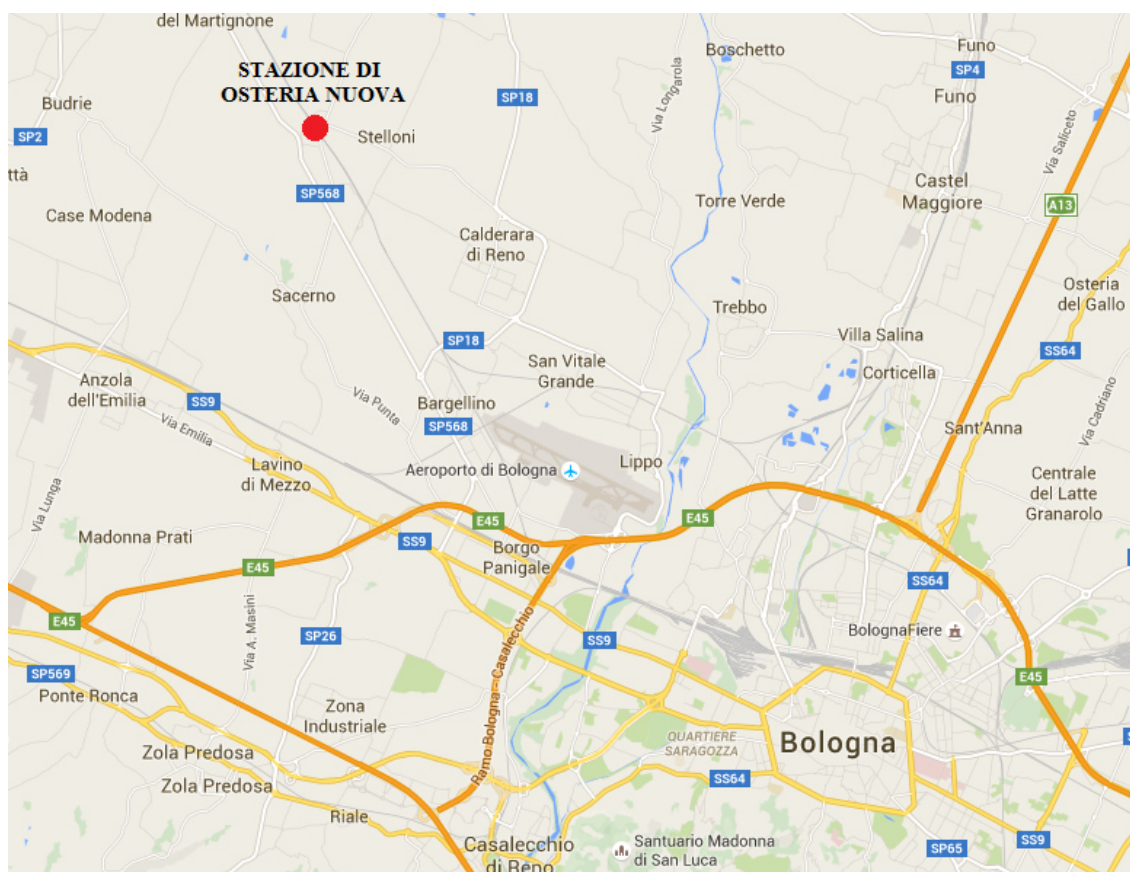


Fig. 4.1 – Area d'intervento

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

La prima attività ha previsto l'analisi delle possibili alternative di percorso e la scelta di quella da adottare, di concerto con il comune di Calderara di Reno.

Le possibili alternative di percorso sono due e differiscono tra loro solo nel tratto iniziale (figura 4.2).

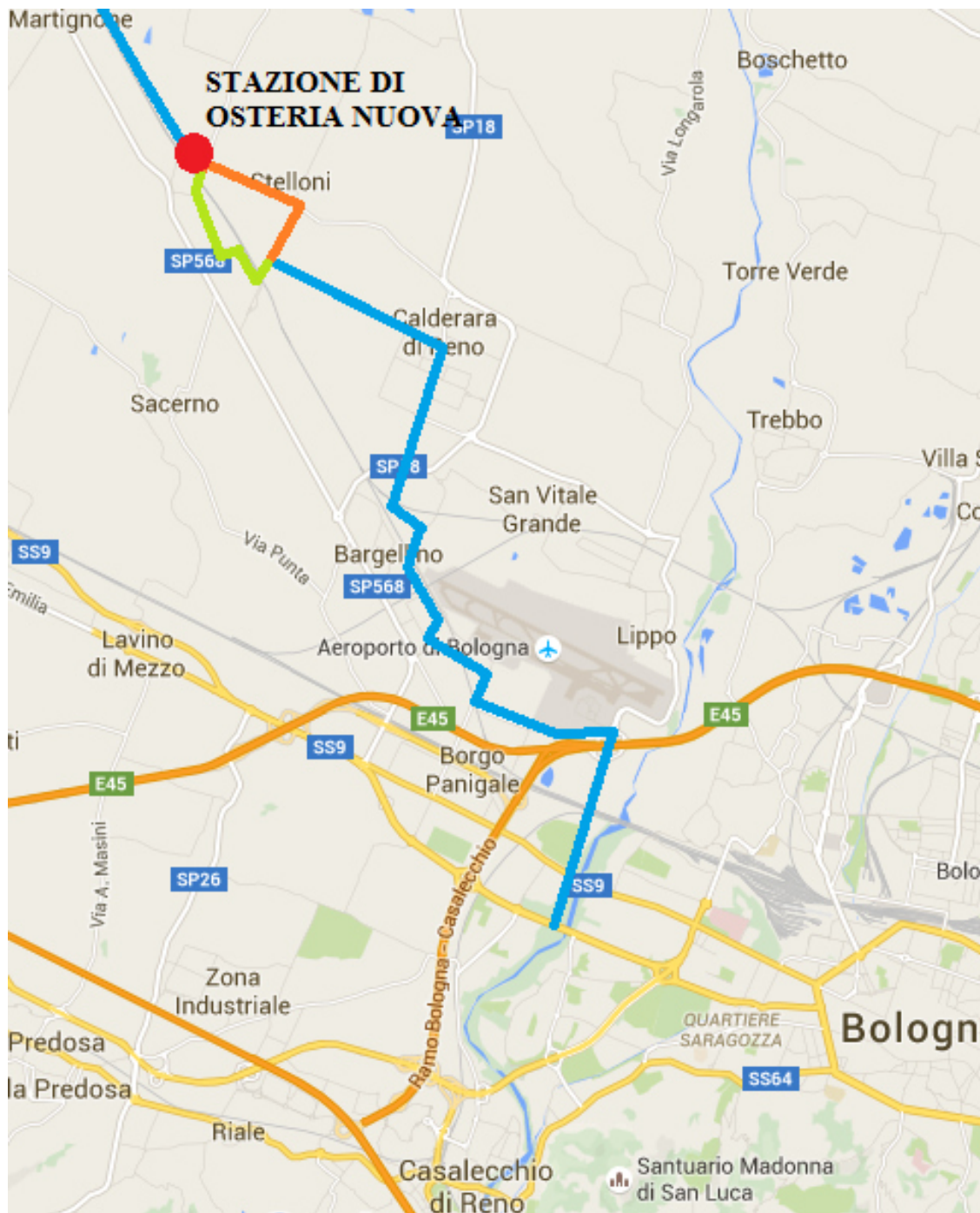


Fig. 4.2 – Proposte di percorso

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

Esse si sviluppano lungo le seguenti strade:

Alternativa A (arancione)

Via Antonio Gramsci (dir. Bologna)

Via Ferrovia

Sottopasso (da realizzare)

Alternativa B (azzurra)

Via Antonio Gramsci (dir. Sala Bolognese)

Via Stelloni Ponente

Via Valtiera

Il percorso prosegue in egual modo per le due alternative: Tratto C

Via Bazzane

Via Roma

Via della Torretta

Sottopasso della stazione Calderara-Bargellino

Via Piretti

Via Pizzoli

Via Finelli

Via Commenda

Via Sant'Agnese

Via della Salute

Via della Fornace

Via dell'Aeroporto

Via del Triumvirato

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

L'itinerario ciclabile arriva nella stazione di Osteria Nuova sul tracciato della ferrovia dismessa, che corre lungo il lato nord dell'attuale percorso ferroviario (linea azzurra) (figura 4.3). Per collegarsi alla stazione si dovrà progettare un attraversamento ciclabile che permetta di collegare l'ex sedime ferroviario al parcheggio della stazione, da cui partirà la progettazione del nuovo tratto di ciclabile.



Fig. 4.3 – Stazione di Osteria Nuova

Nei paragrafi successivi sarà descritto lo stato di fatto, ponendo attenzione alla potenziale ubicazione del percorso, che sarà poi da progettare nel particolare.

4.2 ANALISI DELL'ALTERNATIVA A

Questa alternativa di percorso è stata analizzata poiché le strade interessate passano per il centro abitato di Osteria Nuova e sono di servizio anche all'abitato di Tavernelle. La lunghezza complessiva del tratto è di 1,9 km, ma richiede la realizzazione di un sottopasso alla ferrovia.

Via Antonio Gramsci

Per raggiungere via Gramsci e uscire dal parcheggio della stazione si può percorrere il passaggio ciclopedonale sul lato ovest dei binari (figura 4.4).

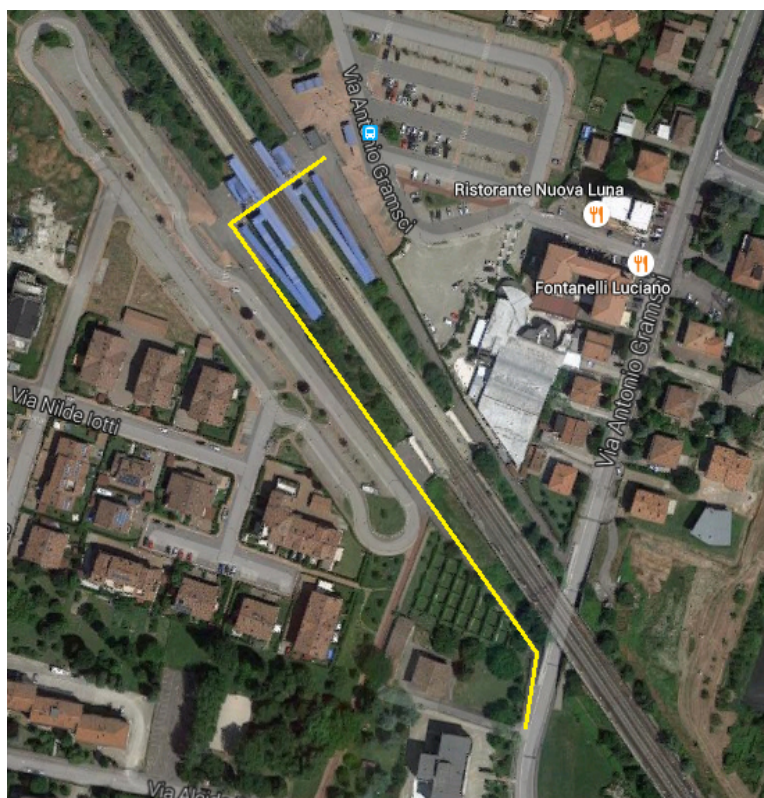


Fig. 4.4 – Collegamento a via Gramsci

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

Una volta raggiunta la strada principale, la carreggiata risulta ampia e nei primi 350 m degli 850 totali è presente il marciapiede su entrambi i lati, mentre nella seconda parte è stato realizzato a tratti alterni (figura 4.5). Il traffico circolante non è elevato e le velocità sono basse. È presente il limite dei 30 km/h, poiché si attraversa il centro abitato in prossimità di una scuola.



Fig. 4.5 – Via Antonio Gramsci

Via Ferrovia

Questa strada, lunga 750 m, ha una sezione trasversale più stretta della precedente ma, allontanandosi dal centro abitato, diminuisce ulteriormente il traffico circolante (figura 4.6). Con adeguate limitazioni di velocità le biciclette potrebbero circolare con traffico promiscuo sulla sede stradale.



Fig. 4.6 – Via Ferrovia

Sottopasso

Per poter proseguire nell'itinerario si deve attraversare la ferrovia. Poiché non esiste un sottopasso da poter sfruttare, la scelta di questa alternativa aumenterebbe considerevolmente i costi. Il sottopasso sarebbe da realizzare subito prima dell'intersezione di via Ferrovia con il cavalcavia di via Valtiera, per poi proseguire lungo un tratto di strada chiusa esistente di circa 250 m, che attualmente è di servizio alla centrale dell'Enel (figura 4.7). Facendo una stima di massima dei costi, con dati realistici, risulta una spesa di circa € 150.000.



Fig. 4.7 – Sottopasso

4.3 ANALISI DELL'ALTERNATIVA B

Questa alternativa richiede la costruzione di una pista ciclabile che si snoderà all'interno di una rete viaria contraddistinta da una forte presenza di veicoli pesanti. La lunghezza complessiva è di 2,1 km e si sviluppa in una zona industriale. Il punto critico di questa alternativa è l'incrocio di Via Gramsci, a cui bisognerà porre particolare attenzione dal punto di vista della sicurezza.

Via Antonio Gramsci

Per uscire dal parcheggio della stazione si può percorrere la strada a senso unico che ad est del parcheggio porta in via Antonio Gramsci (figura 4.8).



Fig. 4.8 – Collegamento a via Gramsci

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

Di conseguenza il tratto interessato è molto breve ed è in prossimità dell'incrocio con via Stelloni (figura 4.9). La progettazione di questo tratto si limita quindi alla risoluzione dell'intersezione. L'attraversamento e il passaggio delle biciclette deve avvenire in totale sicurezza.



Fig. 4.9 – Via Antonio Gramsci

Via Stelloni Ponente

Via Stelloni Ponente è un tratto ciclabile lungo 1,2 km. Il traffico non è elevato anche se c'è la presenza di un'alta percentuale di mezzi pesanti poiché si tratta di una zona industriale. A causa della tipologia di traffico si ha quindi la necessità di mettere in sicurezza il percorso ciclabile. Sul lato destro della strada, in direzione Bologna, c'è spazio sufficiente a fianco della carreggiata per poter progettare una cilabile in sede separata o per costruire eventualmente un marciiede ciclabile (figura 4.10).



Fig. 4.10 – Via Stelloni Ponente

Via Valtiera

È un tratto di 700 m in una zona di campagna. Nel primo tratto sono presenti due piccoli fossi su entrambi i lati, mentre più avanti sorgono abitazioni sempre su entrambi i lati. Sul lato sinistro in direzione Bologna, sono situati la maggior parte dei servizi alle abitazioni (figura 4.11). La via è percorsa da un basso traffico, per cui si potrà intervenire anche sui limiti di velocità.



Fig. 4.11 – Via Valtiera

4.4 ANALISI DEL TRATTO C

Da questo punto le due alternative proseguono sullo stesso percorso che si estende per circa 11,5 km. La zona in cui si è deciso di sviluppare il percorso è per lo più industriale con traffico basso o quasi assente. Alcune delle strade percorse sono strade chiuse in cui sono già stati realizzati sottopassaggi ciclo-pedonali.

Via Bazzane

Nel primo tratto di via Bazzane, per circa 300 m, è già stato realizzato un pezzo di ciclabile su marciapiede, sul lato destro della strada in direzione Bologna (figura 4.12).



Fig. 4.12 – Via Bazzane

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

Per evitare inutili attraversamenti, che metterebbero in pericolo i ciclisti, sarebbe opportuno proseguire il percorso su quel lato poiché, in seguito al sopralluogo eseguito, si può affermare che lo spazio è sufficiente. Nonostante la presenza di un fosso, alcuni tratti sono già stati interrati e pavimentati, e si possono estendere per tutta la lunghezza di via Bazzane (figura 4.13).

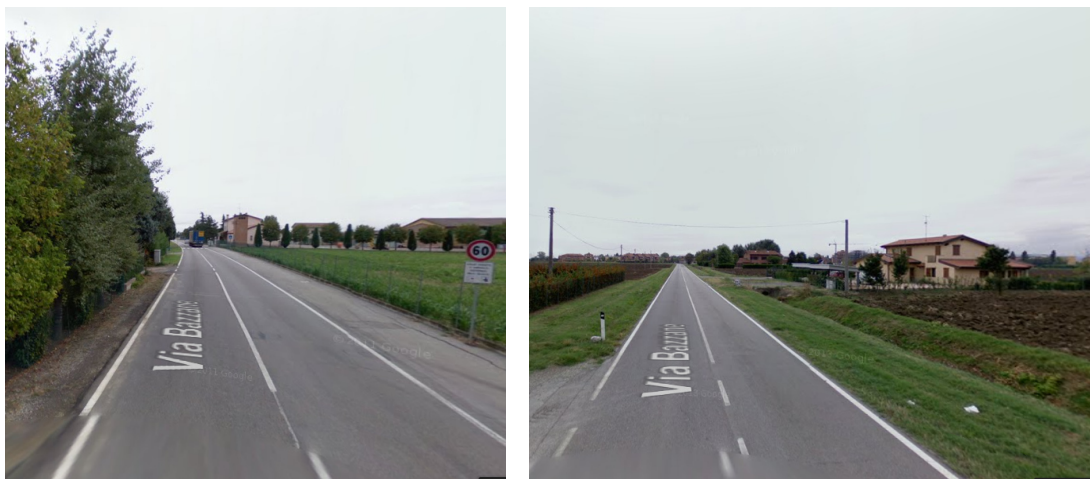


Fig. 4.13 – Via Bazzane

Negli ultimi 500 m si entra nel centro abitato di Calderara di Reno. Sulla destra è presente un marciapiede che potrebbe essere destinato al proseguimento della ciclabile (figura 4.14). La lunghezza complessiva del tratto in via Bazzane è di 2,2 km.



Fig. 4.14 – Via Bazzane

Via Roma

Via Roma si estende per 2 km ed ha sezioni trasversali molto varie. I primi 900 m attraversano il centro abitato di Calderara di Reno e sono in "zona 30". Nei 400 m iniziali, dove la velocità delle auto è bassa e la pavimentazione è in pavé, i ciclisti possono tranquillamente circolare sulla sede stradale senza essere esposti a particolari pericoli, mentre nei successivi 500 m, sul lato destro in direzione Bologna, è già stata costruita una pista ciclabile in sede separata (figura 4.15).



Fig. 4.15 – Via Roma

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

A partire dall'incrocio con Via Giuseppe Garibaldi, Via Roma prosegue su strada chiusa. La sezione stradale non è molto ampia e su entrambi i lati sono presenti fossi. Visto il basso traffico, però, la ciclabile può proseguire sulla sede stradale con traffico promiscuo con solo l'aggiunta di segnaletica orizzontale e verticale (figura 4.16).



Fig. 4.16 – Via Roma

Si arriva poi ad un sottopasso necessario per attraversare l'SP18 che è una strada a traffico elevato. Via Roma prosegue per altri 300 m sempre su strada chiusa al traffico, per cui il percorso può proseguire su sede stradale. Infine l'ultimo tratto di via Roma si conclude con un sottopassaggio sotto la ferrovia di 250 m che porta in via della Torretta (figura 4.17).



Fig. 4.17 – Via Roma

Via della Torretta

È un tratto dell'itinerario composto da due strade chiuse unite da una rotatoria. Il traffico in entrambi le vie è molto basso. Il primo tratto di 400 m in zona industriale, ha una sezione molto larga con banchina pavimentata per più di 1 m (figura 4.18). La sosta non è regolata, ma con una corretta segnaletica orizzontale e verticale un lato può essere destinato a parcheggi, mentre sull'altro può proseguire il percorso ciclabile.



Fig. 4.18 – Via della Torretta

Arrivati alla rotatoria l'itinerario prosegue lungo la prima strada a destra, per cui la soluzione migliore sarebbe quella di allargare il marciiede esistente fino a renderlo ciclabile. Così facendo si permette al traffico ciclabile di non inserirsi in rotatoria. Il secondo tratto di 300 m, invece, è la strada che porta alla stazione ferroviaria di Calderara-Bargellino. Anch'essa è larga e poco trafficata. La pista può sempre essere prolungata sul lato destro (figura 4.19).



Fig. 4.19 – Via della Torretta

Sottopasso della stazione Calderara-Bargellino

Per arrivare in via Piretti si deve attraversare la ferrovia in prossimità della stazione di Calderara-Bargellino (figura 4.20). Si può quindi sfruttare il sottopasso della stazione che, nonostante non sia molto largo, è poco pendente ed è stato risistemato di recente.



Fig. 4.20 – Sottopasso della stazione Calderara-Bargellino

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

L'uscita della stazione è in via Baravelli che di fatto non viene interessata dall'itinerario ciclabile. I ciclisti potranno attraversare il parcheggio e proseguire direttamente in via Piretti (figura 4.21).

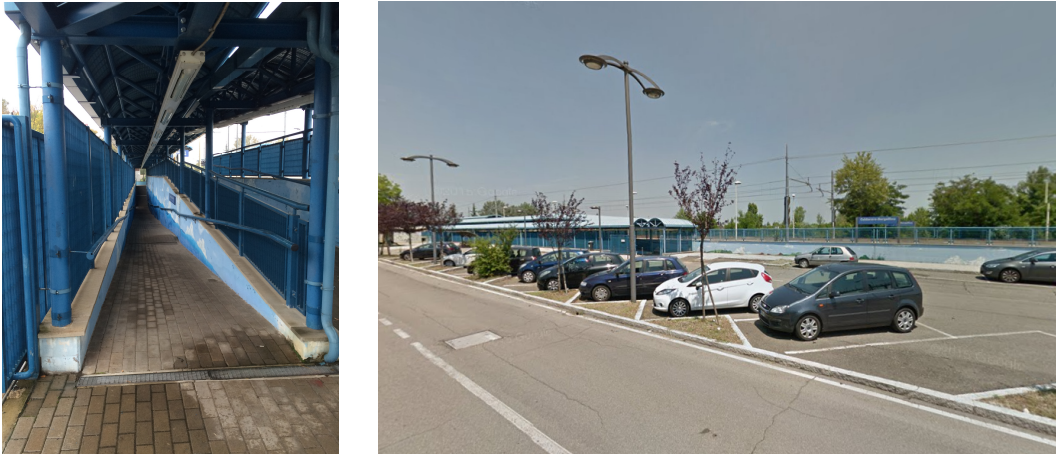


Fig. 4.21 – Sottopasso stazione Calderara-Bargellino

Via Piretti

Il percorso procede in zona industriale percorrendo via Piretti per un tratto di circa 100 m. La sezione stradale è molto larga e poco trafficata (figura 4.22).



Fig. 4.22 – Via Piretti

Via Pizzoli

Anche Via Pizzoli risulta poco trafficata poiché prosegue in zona industriale. La lunghezza della strada è di 350 m e la sezione risulta molto larga. La sosta non è regolata nonostante le auto sostino su ambo i lati, ma con una corretta segnaletica orizzontale e verticale un lato può essere destinato a parcheggi, mentre sull'altro potrebbe proseguire il percorso ciclabile (figura 4.23).



Fig. 4.23 – Via Pizzoli

Via Finelli

Via Finelli è il prolungamento di Via Pizzoli e mantiene le stesse caratteristiche: zona industriale, poco traffico e sezione larga con macchine parcheggiate su ambo i lati. Il tratto è lungo 350 m (figura 4.24).



Fig. 4.24 – Via Finelli

Via Commenda

Il percorso prosegue in zona industriale per una lunghezza di circa 350 m e il traffico è basso. È però previsto l'inserimento di una rotatoria che si collega a via della Salute. In questo modo il traffico atteso è in aumento, per cui si deve pensare ad una pista in sicurezza lungo il cordone della rotatoria. La progettazione di questo tratto di ciclabile è affidato alle Ferrovie dello Stato che si occupa della realizzazione della rotonda (figura 4.25).

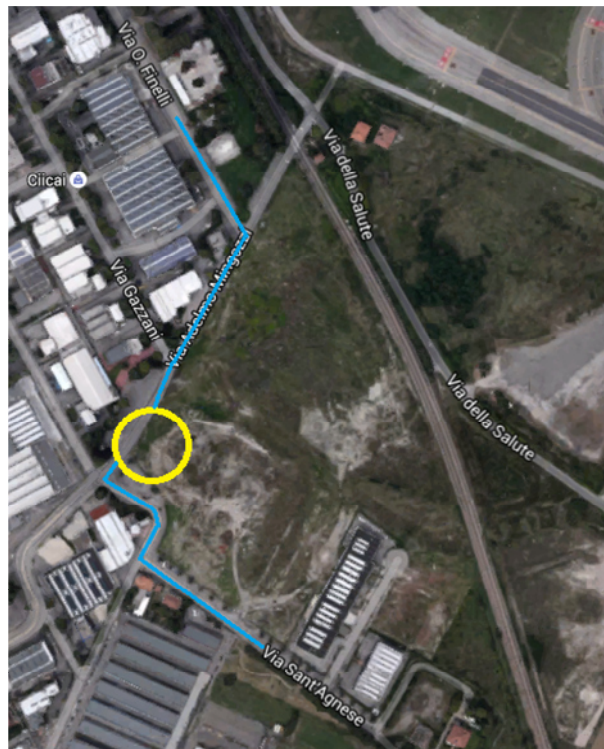


Fig. 4.25 – Via Commenda

Via Sant'Agnese

Via Sant'Agnese è lunga circa 700 m ed è interrotta dalla ferrovia. Nel primo tratto è presente un ampio marciiede ciclo-pedonale sul lato destro della strada in direzione Bologna (figura 4.26).



Fig. 4.26 – Via Sant'Agnese

Essendoci l'interruzione della ferrovia, i due tratti di strada risultano chiusi e il traffico veicolare praticamente nullo. Il sottopasso ciclopedonale di collegamento è esistente e ben costruito. Ha una pendenza piuttosto bassa poiché è abbastanza lungo. Ci sono tre corsie di cui una è per i pedoni e le altre sono dedicate ai due sensi di marcia delle biciclette (figura 4.27).



Fig. 4.27 – Via Sant'Agnese

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

Usciti dal sottopasso la ciclabile a tre corsie prosegue fino alla fine di via Sant'Agnese. Anche i cartelli stradali e la segnaletica sono presenti e completi (figura 4.28).



Fig. 4.28 – Via Sant'Agnese

Via della Salute

È un tratto di soli 300 m e, uscendo dalla zona industriale, il traffico è mediamente alto. In seguito alla costruzione della rotatoria in via Commenda, questo tratto di Via della Salute risconterà un significativo calo dei volumi di traffico. La sezione stradale è comunque piuttosto stretta (figura 4.29).



Fig. 4.29 – Via della Salute

Via della Fornace

Via della Fornace è lunga circa 750 m e si snoda fuori dalla zona industriale. Sono già stati finanziati degli interventi che prevedono per i primi 100 m un percorso promiscuo bici/auto con una limitazione delle velocità a “zona 30” e la costruzione di due attraversamenti rialzati all’inizio e alla fine del tratto. Usciti dal nucleo abitato, invece, sono previste due corsie monodirezionali da 1,5 m per lato (figura 4.30).



Fig. 4.30 – Via della Fornace

Via dell'Aeroporto

Via dell'Aeroporto è il proseguimento di via della Fornace ed è lunga poco meno di 1 km. Anche su questa via è in atto un progetto con preliminare fine 2015 e realizzazione entro il 2017, finanziato da risorse comunali. Tale progetto prevede la costruzione di una pista ciclabile bidirezionale sul lato sinistro verso Bologna, poiché è presente una zona sterrata di circa 5 m tra la strada e la zona militare recintata dell'aeroporto Marconi. In questo spazio la pista ciclabile può facilmente essere prolungata fino alla rotatoria che si trova in fondo alla via (figura 4.31).



Fig. 4.31 – Via dell'aeroporto

A 20 m dalla rotatoria è già stato predisposto un attraversamento pedonale per raggiungere via del Triumvirato. Questo può essere messo in sicurezza rialzandolo e con semplice segnaletica orizzontale e verticale (figura 4.32).

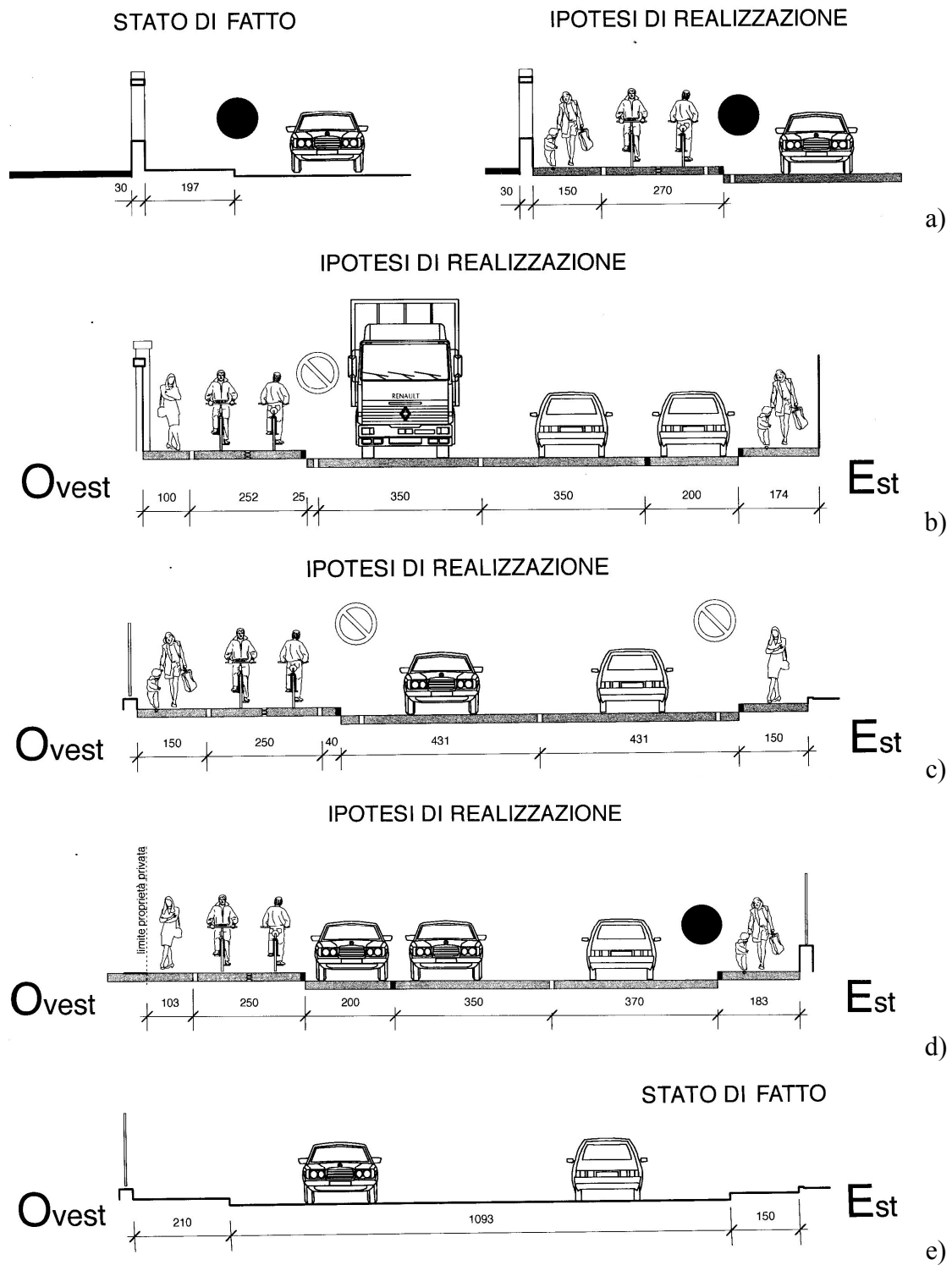


Fig. 4.32 – Via dell'Aeroporto

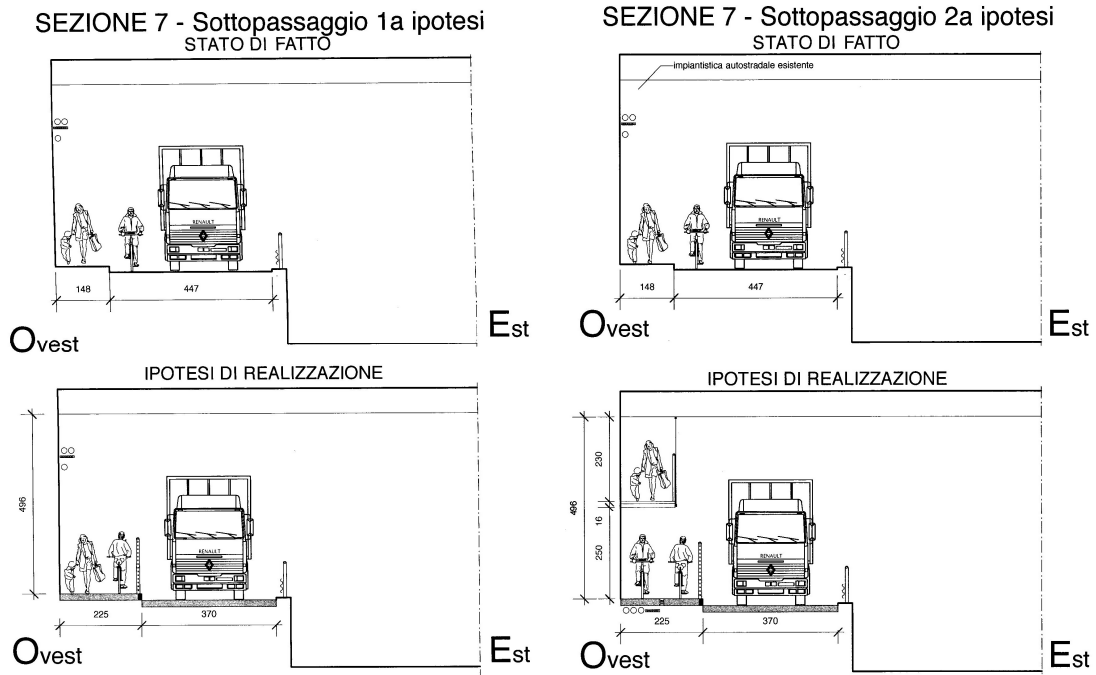
Via del Triumvirato

È il tratto di itinerario più lungo (superiore a 1,5 km) e più trafficato. I lavori sono stati affidati all'Aeroporto, progettazione e appalto sono previsti nel 2016 con realizzazione lavori entro il 2017. Lo studio di fattibilità prevede una pista in sede separata per tutto il tratto. Il percorso prosegue interamente sul lato sinistro in direzione dell'Aeroporto con la realizzazione di una pista ciclabile bidirezionale su marciapiede, separata con linea orizzontale dalla circolazione dei pedoni. In seguito all'allargamento e alla risistemazione dei marciapiedi esistenti si regola anche la sosta delle auto su tutta la via, che per il momento avviene in modo irregolare. Si riportano 4 sezioni omogenee delle ipotesi di realizzazione (figura 4.33).

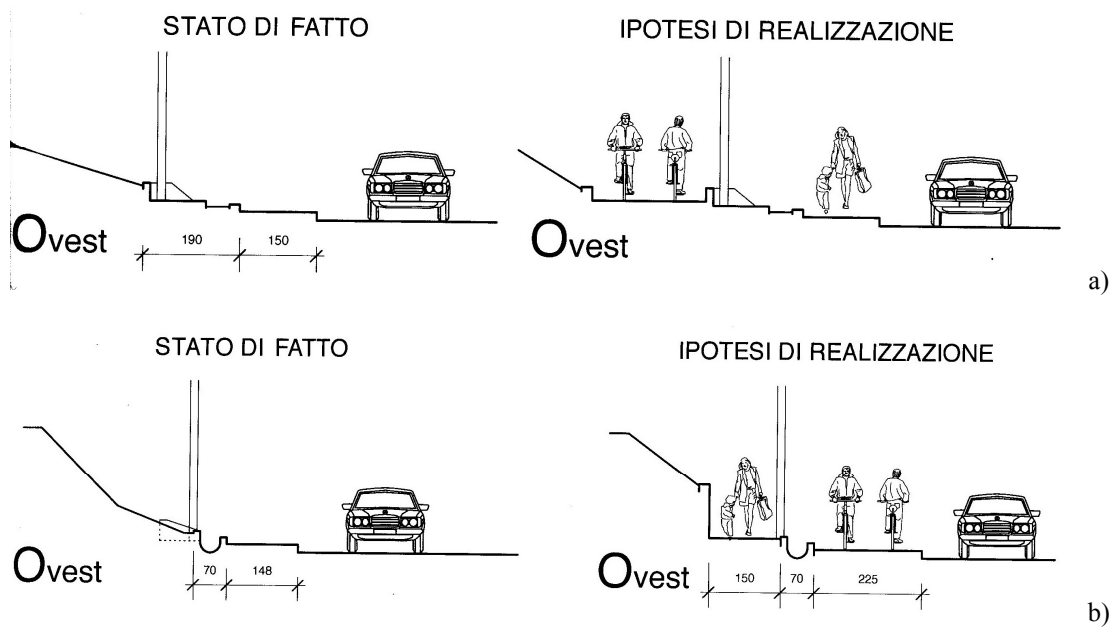
L'ostacolo più gravoso è il sottopasso all'autostrada che presenta uno spazio ridotto a margine della strada per cui sono state proposte due ipotesi (figura 4.34). La prima prevede un ingresso al sottopasso su pista bidirezionale ricavata dalla scarpata laterale per proseguire con allargamento e messa in sicurezza del marciapiede; la seconda prevede l'allargamento e il passaggio in colonna verticale di ciclisti e pedoni sul marciapiede già esistente. Inoltre vengono anche definiti i tratti in ingresso e uscita dal ponte (figura 4.35) su cui i percorsi pedonali e ciclistici sono separati.



Figg. 4.33 – Via del Triumvirato – Sezioni a), b), c) e d) ipotesi di realizzazione – Sezione e) stato di fatto
 [Studio di fattibilità commissionato dell'Aeroporto]



Figg. 4.34 – Via del Triumvirato – Sottopasso dell’autostrada A13
 [Studio di fattibilità commissionato dell’Aeroporto]



Figg. 4.35 – Via del Triumvirato – Tratti in ingresso (a) e uscita (b) dal sottopasso
 [Studio di fattibilità commissionato dell’Aeroporto]

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

Infine nella parte iniziale, a 50 m dall'incrocio con la via Emilia, è stato predisposto un attraversamento semaforico (figura 4.36) che permette l'ingresso al lungo fiume del Reno, in cui si sviluppa una pista ciclabile in mezzo al verde che prosegue per 700 m fino a viale Palmiro Togliatti (figura 4.37).

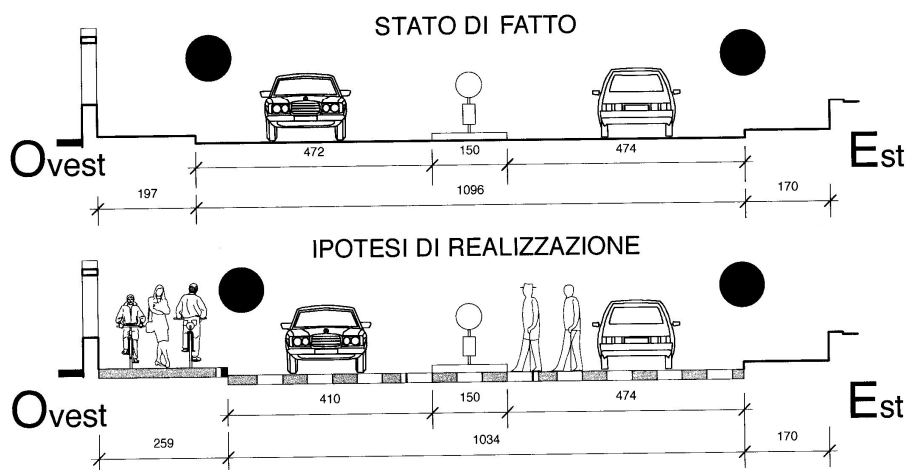


Fig. 4.36 – Via del Triumvirato – Attraversamento semaforico in prossimità della via Emilia
Studio di fattibilità commissionato dell'Aeroporto



Fig. 4.37 – Collegamento di via del Triumvirato con viale Palmiro Togliatti

4.5 L'ALTERNATIVA DI PERCORSO SCELTA

Il confronto si concentra sul tratto iniziale che distingue l'alternativa A da quella B, in quanto il restante percorso (tratto C) è comune ad entrambe.

I parametri analizzati per la scelta sono:

- *lunghezza del tracciato*: il percorso deve essere il più breve e diretto possibile;
- *fruibilità per gli utenti*: l'alternativa scelta deve essere quella che meglio si addice a spostamenti quotidiani e quella che serve il bacino di utenza maggiore;
- *traffico*: sono da preferire strade con traffico basso o al più moderato;
- *pista ciclabile*: si punta alla promiscuità con le auto soprattutto se il traffico è medio-basso;
- *punti critici singolari*: devono essere tali da potersi risolvere con interventi progettuali ad hoc, poiché non possono esserci tratti di ciclabile "pericolosi" per l'utente;
- *costi*: è preferibile optare per l'itinerario di minimo costo.

Alla luce delle specifiche e delle problematiche emerse nell'analisi dettagliata delle alternative di percorso, è possibile confrontarle scegliendo quella ottimale per il progetto. In tabella 4.1 si riporta il risultato del confronto.

<i>Parametro di scelta</i>	<i>Alternativa A</i>	<i>Alternativa B</i>
Lunghezza del tracciato	1.9 km	2.1 km
Territorio servito dall'intervento	Bacino di Osteria Nuova e quello di Tavernelle	Bacino di Osteria Nuova
Traffico	Medio-basso con velocità basse	Basso, ma con forte presenza di veicoli pesanti
Pista ciclabile	In parte in sede separata e in parte promiscua	Protetta in sede separata
Punti critici singolari	Attraversamento della ferrovia	Nessuno
Costi	Aumentano per la realizzazione del sottopasso	Sono dovuti al lungo tratto di pista in sede protetta

Tabella 4.1 – Scelta dell'alternativa di progetto

Capitolo 4 – L'intervento oggetto di studio

La scelta è stata presa in accordo con l'amministrazione comunale di Calderara, alla luce dei risultati ottenuti. La lunghezza del tracciato non risulta un parametro influente, poiché è praticamente la stessa per entrambe le soluzioni. L'alternativa A ha a suo favore un maggior bacino di utenti e un traffico medio-basso composto da principalmente da veicoli leggeri, mentre di contro ha un aumento dei costi dovuto alla costruzione del sottopasso. L'alternativa B, invece, ha costi minori nonostante si preveda la ciclabile in sede separata. La scelta di percorso ricade sull'alternativa B poiché gli abitanti della zona di Tavernelle sono un numero molto esiguo e non giustificano e compensano la maggiorazione dei costi dell'alternativa A. La natura stessa della sede separata offre, inoltre, soluzione alla criticità del traffico di mezzi pesanti lungo la tratta.

Il percorso ciclabile oggetto del progetto sarà quindi quello costituito dall'alternativa B e dal tratto C (figura 4.38).

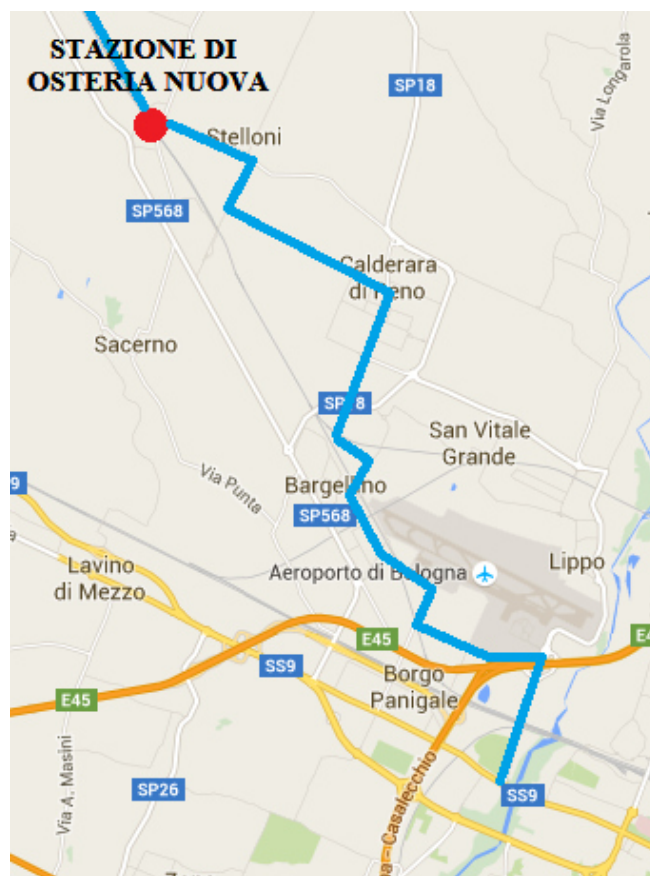


Fig. 4.38 – Percorso ciclabile scelto.

5.1 INCROCIO VIA GRAMSCI – VIA STELLONI PONENTE

Per uscire dal parcheggio della stazione si può percorrere la strada a senso unico che ad est del parcheggio porta in via Antonio Gramsci (figura 5.2). Di conseguenza il tratto di strada interessato è molto breve ed è in prossimità dell'incrocio con via Stelloni. La progettazione di questo tratto si limita quindi alla risoluzione dell'intersezione che deve permettere l'attraversamento e il passaggio delle biciclette in totale sicurezza.



Fig. 5.2 – Area d'intervento

In sezione il tratto da progettare è composto dai due incroci riportati nelle figure 5.3 e 5.4.



Fig. 5.3 – Incrocio via Gramsci



Fig. 5.4 – Incrocio via Gramsci - via Stelloni

Per uscire dal parcheggio della stazione si può proseguire la ciclabile esistente anche su via Antonio Gramsci, sul lato sinistro in direzione Bologna. Nei primi 60 m si deve regolare la sosta e consentirla solo sul lato opposto. Nei successivi 40 m, invece, i parcheggi sullo stesso lato della pista devono essere mantenuti poiché sono di servizio ai negozi. È quindi necessaria una colorazione adeguata del manto stradale ciclabile, poiché non è possibile costruire uno spartitraffico che metta in sicurezza i ciclisti. Dal momento che la pavimentazione è già esistente e può essere sfruttata, la colorazione avverrà mediante verniciatura.

Capitolo 5 – Le soluzioni progettuali proposte

Su via Stelloni Ponente la ciclabile proseguirà sul lato destro in direzione Bologna per cui è necessario predisporre un attraversamento. Per risolvere al meglio questo punto critico si è pensato ad un attraversamento rialzato in quota + 0.15 m come in figura 5.5.



Fig. 5.5 – Progetto incrocio via Gramsci - via Stelloni

5.2 VIA STELLONI PONENTE

Su questa via il traffico non è elevato ma c'è la presenza di un'alta percentuale di mezzi pesanti poiché si tratta di una zona industriale. È quindi necessario mettere in sicurezza il percorso ciclabile (figura 5.6).



Fig. 5.6 – Via Stelloni Ponente – Sezioni tipo

Analizzando il tracciato, le sezione tipo sono due (figura 5.6) ed entrambe permettono il passaggio di una pista bidirezionale sul lato destro in direzione Bologna. In particolare i rilevamenti di larghezza sono stati fatti nelle due sezioni riportate in figura 5.7.

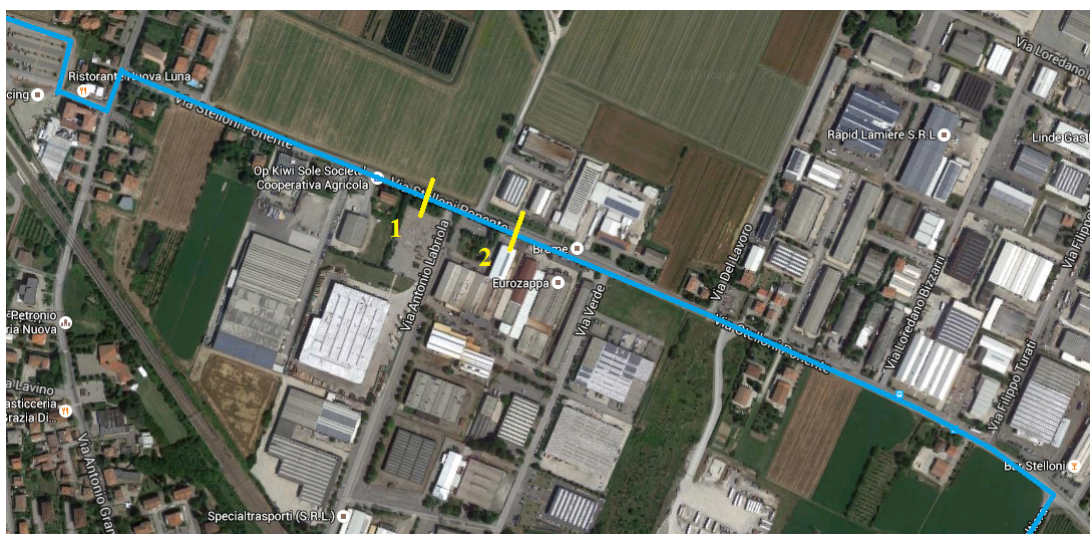


Fig. 5.7 – Via Stelloni Ponente – Pianta sezioni tipo

Capitolo 5 – Le soluzioni progettuali proposte

La scelta del lato destro è stata fatta poiché sulla sinistra sono presenti molti accessi alle fabbriche e non sempre c'è spazio sufficiente per una pista bidirezionale. Inoltre è garantita anche la continuità del percorso in allontanamento dall'incrocio.

La prima sezione tipo non ha la banchina già pavimentata, ma presenta un'alternanza di sterrato e manto erboso (figure 5.8 e 5.9). Lo spazio è di 3,90 m all'interno del quale si riesce tranquillamente a sistemare la pista bidirezionale con larghezza di 2,50 m, separata dalla carreggiata sempre con uno spartitraffico rialzato in cemento di 50 cm. La carreggiata non viene né ampliata né ristretta.

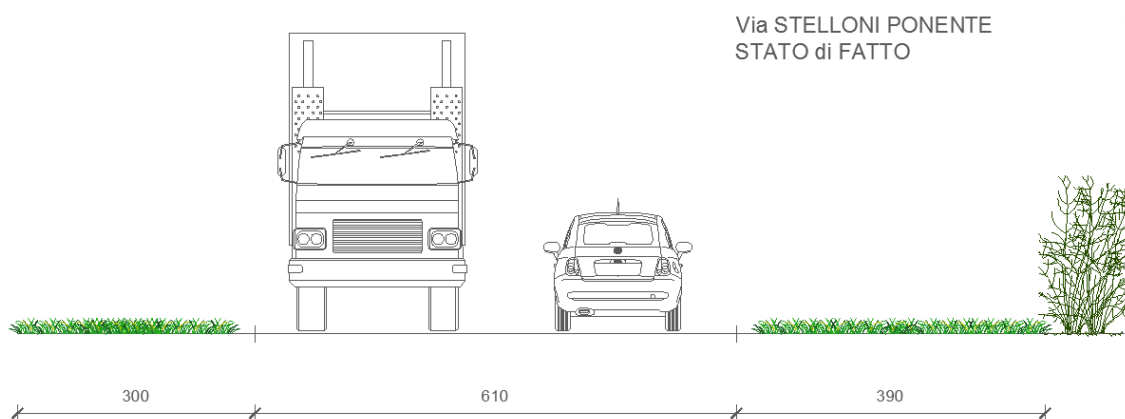


Fig. 5.8 – Via Stelloni Ponente – Stato di fatto

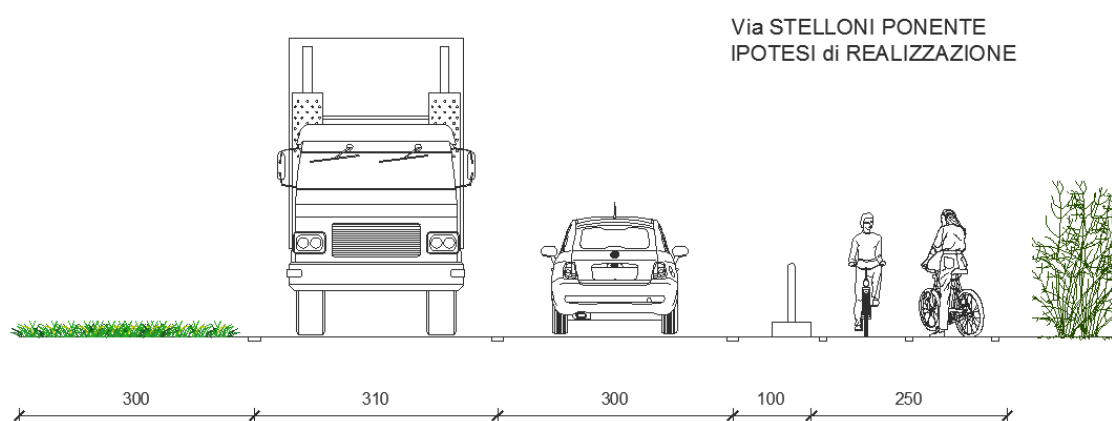


Fig. 5.9 – Via Stelloni Ponente – Prima sezione tipo

Capitolo 5 – Le soluzioni progettuali proposte

La seconda sezione tipo ha la banchina già pavimentata, ma la superficie non è idonea per la viabilità ciclistica poiché risulta sconnessa (figure 5.10 e 5.11). Lo spazio è di 3,50 m all'interno del quale si può realizzare una pista bidirezionale con larghezza di 2,50 m, separata dalla carreggiata con uno spartitraffico rialzato in cemento di 50 cm. La larghezza della carreggiata non viene toccata.

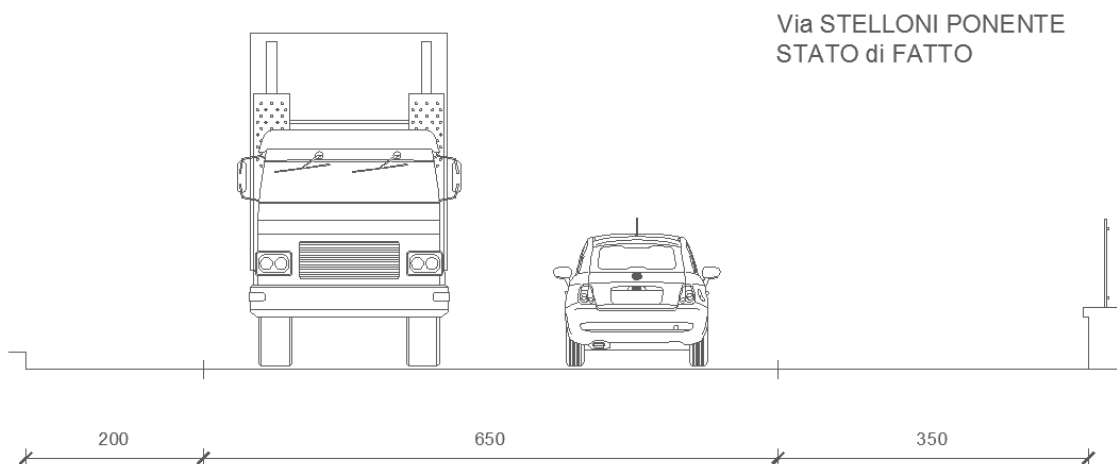


Fig. 5.10 – Via Stelloni Ponente – Stato di fatto

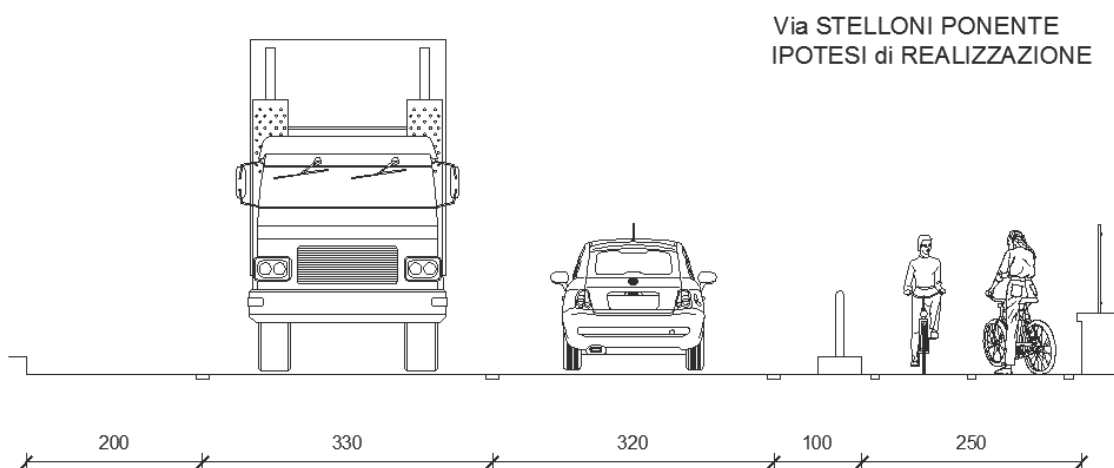


Fig. 5.11 – Via Stelloni Ponente – Seconda sezione tipo

5.3 VIA VALTIERA

È un tronco stradale di circa 700 m, in una zona di campagna con bassi volumi di traffico. Nel primo tratto sono presenti due piccoli fossi su entrambi i lati, mentre più avanti sorgono abitazioni sempre su entrambi i lati (figura 5.12).



Fig. 5.12 – Via Valtiera – Sezione tipo

In particolare i rilevamenti di larghezza sono stati fatti nella sezione riportata in figura 5.13.



Fig. 5.13 – Via Stelloni Ponente – Pianta sezione tipo

Analizzando il tracciato la sezione tipo è unica (figura 5.14) e sono state studiate due soluzioni progettuali.

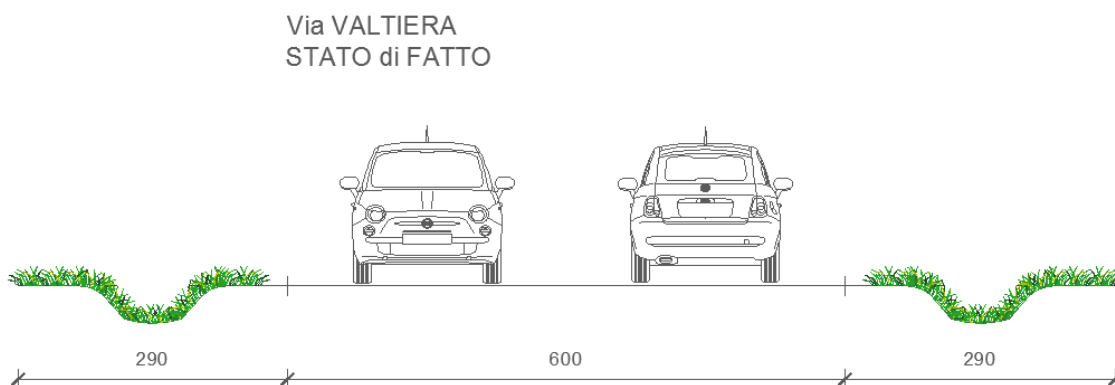


Fig. 5.14 – Via Valtiera – Stato di fatto

La prima (3.1) prevede una pista bidirezionale sul lato destro in direzione Bologna, mentre la seconda (3.2) prevede una pista monodirezionale su entrambi i lati.

La soluzione “3.1” ha il pregio di dare continuità alla pista sul lato destro sia su via Stelloni Ponente che su via Bazzane (figura 5.15). Quest’ultima ha già in uso una pista ciclopedonabile su marciapiede sul lato destro in direzione Bologna.

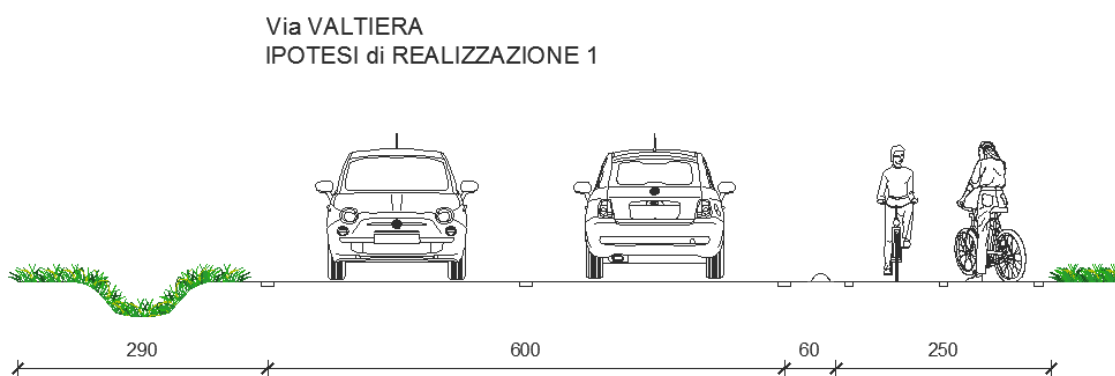


Fig. 5.15 – Via Valtiera – Prima soluzione

La soluzione “3.2”, invece, si inserisce meglio negli spazi a bordo strada poiché in prossimità delle abitazioni mantiene una maggiore distanza dai confini privati (figura 5.16).

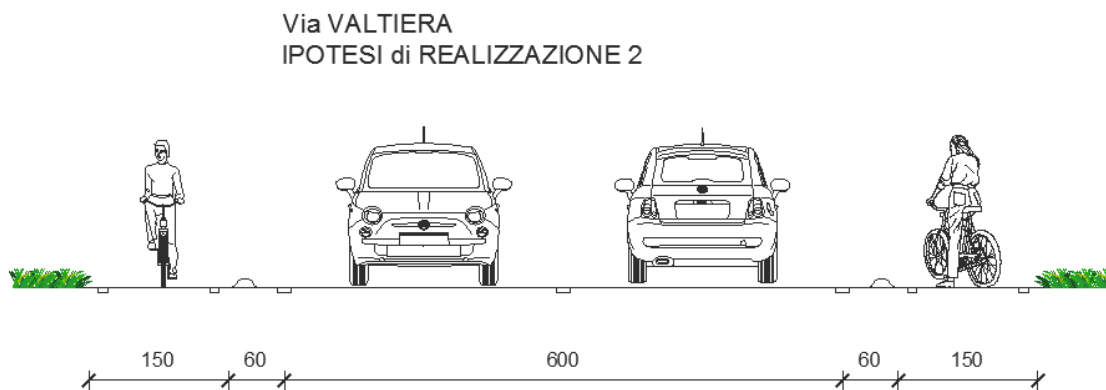


Fig. 5.16 – Via Valtiera – seconda soluzione

La soluzione scelta risulta essere la “3.1” perché la maggior parte dei servizi alle abitazioni è situata sul lato sinistro e perché così si evitano inutili attraversamenti che metterebbero a rischio il ciclista. In ultimo si può intervenire anche sui limiti di velocità abbassandoli da 90 a 70 km/h. Poiché il traffico è moderatamente basso si è scelto di progettare una pista bidirezionale in sede propria con una larghezza di 2,5 m e separata dalla carreggiata da un cordolo in gomma di larghezza 30 cm. Questo tipo di pista richiede l’interramento del fosso di scolo presente a bordo strada.

CAP 6. LE SOVRASTRUTTURE CICLABILI

6.1 LE DIVERSE TIPOLOGIE

Negli ultimi anni si è sempre più diffusa l'esigenza di progettare le strade per la viabilità non motorizzata attraverso un processo integrato nel quale trovano un razionale equilibrio non solo la funzionalità ed i costi, ma anche la sicurezza di circolazione e la minimizzazione dell'impatto ambientale.

Non è facile reperire indicazioni progettuali specifiche per questo tipo di infrastrutture, che molto spesso vengono dimensionate e realizzate secondo le regole valide per la viabilità principale, pur essendo caratterizzate da bassi volumi di traffico e modeste velocità.

Per le piste ciclabili si distinguono quattro principali tipologie di sovrastrutture utilizzabili: flessibili, rigide, ad elementi e di terra.

Le pavimentazioni flessibili sono generalmente costituite da (figura 6.1):

- uno strato di usura in conglomerato bituminoso, che deve essere in grado di resistere alle azioni trasmesse dai veicoli e deve garantire buone prestazioni di aderenza e di regolarità, indispensabili per il confort di moto e per la sicurezza degli utenti. Deve, inoltre, evitare la dannosa percolazione delle acque meteoriche verso gli strati profondi;
- strato di collegamento o binder, in conglomerato bituminoso, avente la funzione di collegare lo strato di base e quello d'usura;
- strato di base, realizzato in conglomerato bituminoso, con dimensione nominale degli aggregati di solito inferiore a quella della fondazione. È chiamato a resistere ai fenomeni di fatica e riveste un ruolo fondamentale nella limitazione dell'ormaiamento superficiale. Nei percorsi ciclo-pedonali non è sempre presente ed è caratterizzato da spessori ridotti;

Lo strato di base non sempre è presente e gli spessori sono ridotti.

- uno strato di fondazione in stabilizzato granulometrico, costituito da una miscela selezionata di inerti non legati aventi una granulometria assortita. Ha la funzione di ripartizione dei carichi e funge da elemento di separazione tra il sottofondo ed i materiali superficiali più pregiati, ostacolando la risalita capillare dell'acqua e la contaminazione degli strati sovrastanti da parte delle particelle fini.

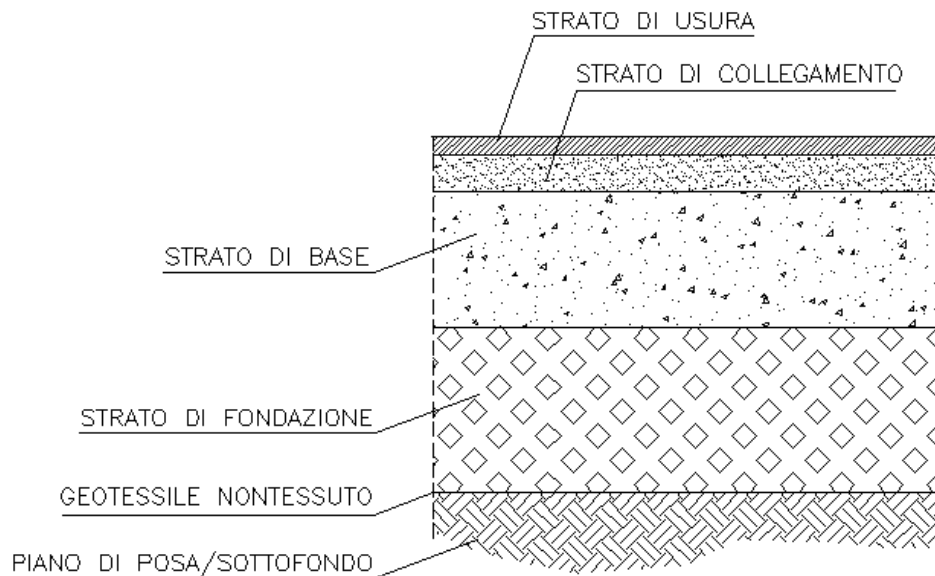


Fig. 6.1 – Esempio di sovrastruttura stradale flessibile

Le *pavimentazioni rigide* sono considerate tradizionalmente adatte per traffici di elevata intensità, ma hanno dimostrato una grande flessibilità di impiego per rispondere alle esigenze per la mobilità non motorizzata. Per queste applicazioni, in particolare, sono da preferire quelle in calcestruzzo non armato, formate solitamente da uno strato superficiale in calcestruzzo, uno di base in misto cementato ed uno di fondazione in stabilizzato granulometrico (figura 6.2). Inoltre il calcestruzzo presenta una spiccata duttilità cromatica, derivata dall'aggiunta di inerti o pigmenti colorati e ha, inoltre, un'ampia varietà di tessiture. Un discorso a parte meritano, invece, le sovrastrutture in calcestruzzo poroso, che, essendo caratterizzato da una curva granulometrica discontinua e da un alto grado di porosità (20÷25%), possiedono anche ottime qualità drenanti.

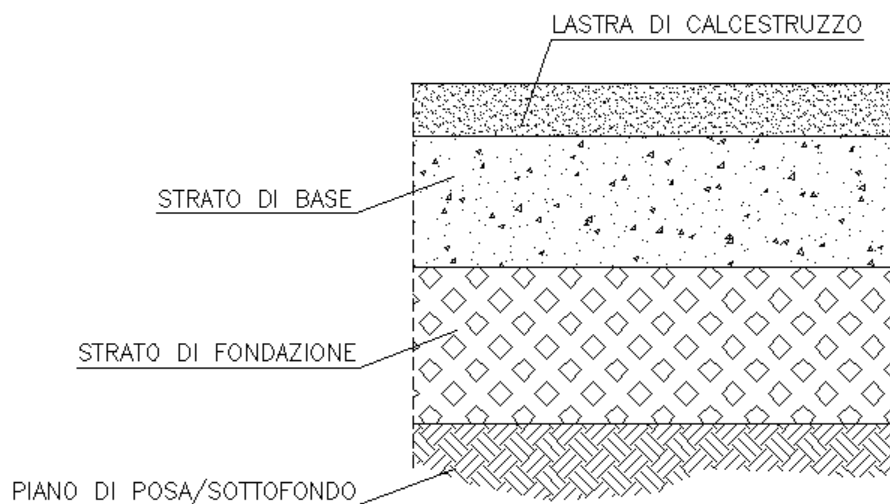


Fig. 6.2 – Esempio di sovrastruttura stradale rigida

Le *pavimentazioni ad elementi* sono di solito utilizzate per i centri storici, e sono caratterizzate da uno strato superficiale che può essere costituito indifferentemente da: masselli autobloccanti in calcestruzzo, cubetti di porfido o di basalto e lastre in pietra. I primi sono da tempo impiegati con successo nelle sovrastrutture per la mobilità non motorizzata, in particolare per i marciapiedi. Sono generalmente costituite da uno strato di fondazione e da uno di base in misto granulare, sottostanti ad un letto di sabbia sul quale sono adagiati gli elementi litoidi (figura 6.3). Lo strato di base non sempre è presente; si adotta solo nel caso di sottofondo a bassa capacità portante, in modo da ottenere un piano di posa poco deformabile e di superficie regolare. A tal fine, soprattutto per le realizzazioni in porfido, può essere conveniente inserire una geogriglia di rinforzo in polipropilene all'interfaccia tra lo strato in sabbia e quello di base.

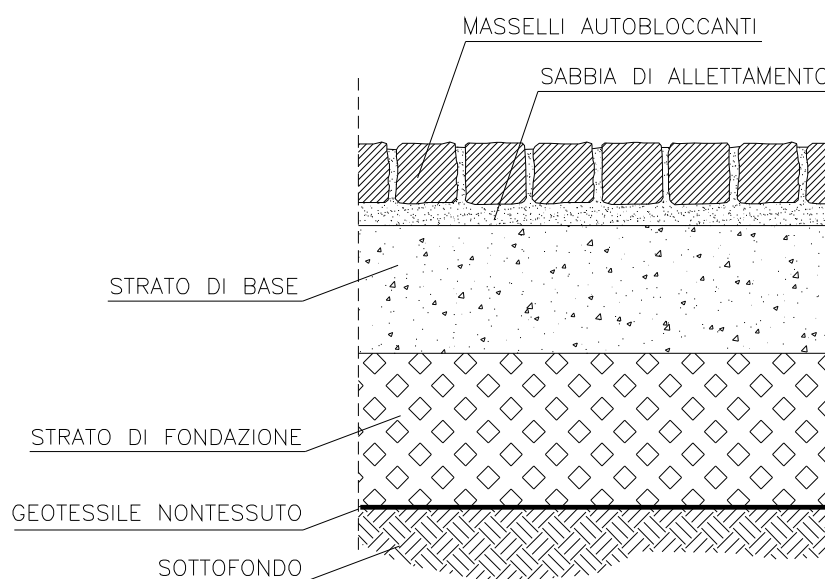


Fig. 6.3 – Esempio di sovrastruttura in masselli

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

Per i selciati in porfido, i cubetti sono generalmente posti in opera su un letto di sabbia di spessore compreso tra 8 e 14 cm, uno strato di misto cementato (15÷30 cm) ed un sottofondo in materiale granulare non legato. Devono essere accostati gli uni agli altri in modo che i giunti risultino di larghezza massima pari a 2 cm. La loro eventuale sigillatura può essere eseguita con sabbia, boiaccia cementizia o bitume a caldo, che è però antiestetico (figura 6.4).

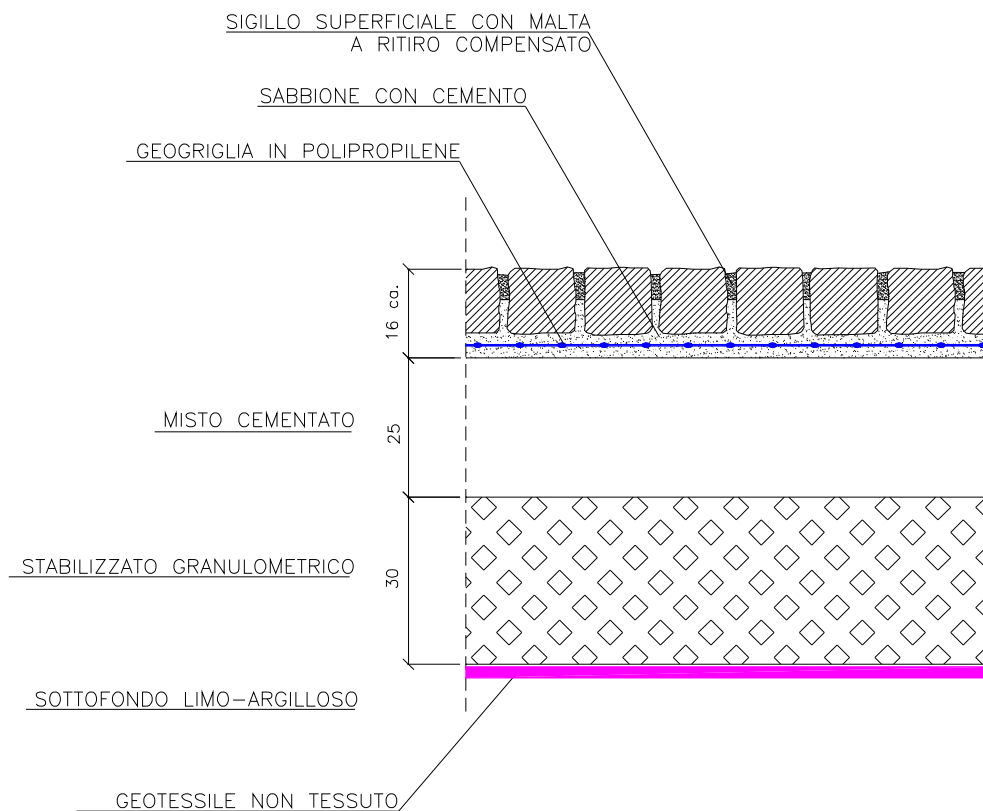


Fig. 6.4 – Esempio di pavimentazione ad elementi in porfido

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

Infine le *sovrastrutture di terra* spesso usate per greenway o all'interno di parchi. Possono essere suddivise in due grandi categorie: pavimentate e non pavimentate in base al tipo di trattamento superficiale che viene eseguito. Nell'ambito della prima categoria è possibile effettuare un'ulteriore suddivisione basata sul tipo di fondazione in materiale granulare arido o in stabilizzato (tabella 6.1).

<i>Categoria di sovrastruttura</i>	<i>Classe di pavimentazione</i>	<i>Tipo di superficie</i>	<i>Tipo di pavimentazione</i>	<i>Materiale superficiale</i>	<i>Tipo di fondazione</i>	<i>Materiale di fondazione</i>
Pavimentata	Bituminosa	TS	TS FG	MS, MSDG, DS	FG	MG, PC, MA, MD, MR
			TS FS		FS	SCa, SCe, SM, SB, SBS
Non pavimentata	Non legata	GH(*)	GH NP	LA, QU, ecc.		Non presente
		TE (*)	TE NP			
		SA (*)	SA NP			

TIPO DI SUPERFICIE: TS Trattamento superficiale, GH Ghiaia, TE Terra, SA Sabbia

MATERIALE SUPERFICIALE: MS Trattamento superficiale monostrato, MSDG Trattamento superficiale monostrato doppia granigliatura, DS Trattamento superficiale doppio strato, LA Materiale lateritico, QU Materiale quarzatico

TIPO DI FONDAZIONE: FG Fondazione in materiale Granulare, FS Fondazione in materiale Stabilizzato, NP Non presente

MATERIALE DI FONDAZIONE: MG Misto granulare, PC Pietrame e ciottoli, MA Macadam, MD Materiale da demolizioni, MR Materiale riciclato, SCa Stabilizzazione a calce, SCe Stabilizzazione a cemento, SM Stabilizzazione meccanica, SB Stabilizzazione a bitume, SBS Stabilizzazione a bitume schiumato

Tab. 6.1 – Catalogazione delle pavimentazioni di terra

6.2 LE PRESTAZIONI

Per definire le prestazioni di una pavimentazione occorre innanzitutto individuarne le specificità, legate alle modalità di utilizzo dell'utenza ed all'ambiente in cui si inserisce. Tradizionalmente una sovrastruttura stradale deve rispondere ad alcuni requisiti fondamentali (tabella 6.2):

- capacità portante, che rappresenta l'attitudine della pavimentazione a sopportare carichi senza subire deformazioni elastiche e plastiche oltre una soglia limite. È affidata agli strati profondi ed è strettamente connessa alla vita utile della sovrastruttura;
- aderenza: è un parametro fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza della circolazione ed è collegato alle caratteristiche compositive ed alla tessitura superficiale dello strato superficiale;
- regolarità, responsabile del comfort di marcia;
- drenabilità, anch'essa connessa alle esigenze di sicurezza e dipendente dalla composizione delle miscele utilizzate;
- visibilità, funzione del colore e delle caratteristiche di assorbimento della luce del materiale costituente il tappeto superficiale, anch'essa strettamente collegata agli obiettivi di sicurezza.

Nelle applicazioni in esame aderenza, drenabilità e regolarità assumono un ruolo predominante rispetto alla capacità portante, poiché il traffico a due ruote non comporta elevate sollecitazioni sul piano viabile.

Prestazione	Proprietà della pavimentazione	Obiettivo
Portanza	Caratteristiche fisico-meccaniche degli strati del pacchetto stradale. Capacità di supporto del sottofondo.	Sicurezza. Costo di manutenzione.
Aderenza	Tessitura superficiale.	Sicurezza.
Regolarità	Caratteristiche fisico-meccaniche degli strati del pacchetto stradale.	Comfort di moto. Sicurezza.
Drenabilità	Porosità.	Sicurezza.
Visibilità / abbagliamento	Assorbimento della luce.	Sicurezza.

Tab. 6.2 – Requisiti prestazionali di una pavimentazione stradale

La regolarità deve essere curata al massimo per garantire un agevole transito soprattutto ai 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. Nel caso di sovrastrutture in masselli si deve garantire la perfetta continuità tra gli elementi adiacenti, ricorrendo, eventualmente, alla sigillatura dei giunti con sabbia, boiaccia o bitume a caldo. Nel caso di sovrastrutture rigide è da curare particolarmente la sigillatura dei giunti longitudinali tra le lastre.

Soprattutto nei centri storici assume inoltre particolare importanza il colore del tappeto superficiale che, oltre a differenziare l'utilizzo dello spazio pubblico, svolge una funzione di arredo. Influenzando la percezione dell'ambiente stradale da parte degli utenti, è possibile modificarne il comportamento a favore della sicurezza. La colorazione del manto stradale deve essere ottenuta con materiali dotati di elevata aderenza (antiskid), all'usura del traffico veicolare, all'azione dei raggi UV ed ai sali antigelo (figura 6.5).



Fig. 6.5 – Colorazione del manto stradale in corrispondenza di piste ciclabili

6.3 I MATERIALI

Le pavimentazioni per spazi pedonali e ciclabili possono essere realizzate con diversi materiali.

In tabella 6.3 sono indicati quelli tradizionali ed altri innovativi, sviluppati per ottimizzare le richieste prestazionali avanzate dall’utenza, le esigenze di intervento, le risorse finanziarie a disposizione degli Enti gestori e la minimizzazione dell’impatto ambientale in termini di risparmio energetico, salvaguardia dell’ambiente e tutela della salute sui cantieri di lavoro.

Elementi comuni a queste nuove tecnologie sono da un lato l’ottimizzazione delle proprietà chimico-fisiche del bitume, dall’altro l’introduzione nella miscela di materiali particolari in grado di migliorare le prestazioni in opera dei prodotti tradizionali, senza modifiche sostanziali all’assetto degli impianti di produzione esistenti.

Materiali tradizionali	Pavimentazioni flessibili	<ul style="list-style-type: none"> • Conglomerati bituminosi per strati di usura • Conglomerati bituminosi per strati di binder • Conglomerati bituminosi per strati di base • Stabilizzato granulometrico per strati di fondazione
	Pavimentazioni rigide	<ul style="list-style-type: none"> • Calcestruzzo per strati di usura • Misto cementato per strati di base • Stabilizzato granulometrico per strati di fondazione
	Pavimentazioni ad elementi	<ul style="list-style-type: none"> • Masselli • Sabbia di allettamento • Stabilizzato granulometrico per strati di fondazione
	Trattamenti superficiali Stabilizzazioni	
Materiali innovativi	Pavimentazioni flessibili	<ul style="list-style-type: none"> • Conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti per strati di usura • Conglomerati bituminosi split mastic asphalt per strati di usura • Conglomerati bituminosi colorati per strati di usura • Conglomerati bituminosi stampati per strati di usura • Conglomerati bituminosi con gomma • Conglomerati bituminosi tiepidi o a bassa energia • Conglomerati bituminosi fotocatalitici per strati di usura • Conglomerati bituminosi con frammenti di specchio
	Pavimentazioni ad elementi	<ul style="list-style-type: none"> • Masselli fotocatalitici • Masselli antitrauma
	Superfici verdi rinforzate con geocelle e georeti	

Tab. 6.3 – Materiali per pavimentazioni per spazi pedonali e ciclabili

6.3.1 MATERIALI TRADIZIONALI

6.3.1.1 MATERIALI PER STRATI SUPERFICIALI

Gli strati superficiali di una *sovrastruttura flessibile* sono realizzati in conglomerato bituminoso. Gli inerti, in particolare, è bene che siano:

- spigolosi, con buona tessitura e di forma adeguata: sono da preferire i materiali quali basalti, porfiriti, dioriti; sono da evitare quelli calcarei. La normativa, in particolare, richiede che la frazione proveniente da frantumazione sia maggiore del 50% per gli strati di base, maggiore del 70% per quelli di binder e pari al 100% per quelli di usura;
- non idrofilo;
- puliti, al fine di garantire la perfetta adesione tra aggregati e legante;
- resistenti all'abrasione ed all'urto: per gli strati di binder e di base si richiede un coefficiente Los Angeles inferiore al 25%, mentre per quello di usura scende al 20%;
- non plastici, con equivalente in sabbia maggiore di 35 per lo strato di base e maggiore di 40 per binder ed usura.

Per quanto riguarda il bitume, deve avere caratteristiche rispondenti alle condizioni di esercizio e deve essere scelto in funzione delle condizioni climatiche locali. Un possibile suggerimento per le nostre aree può essere quello di utilizzare un bitume con penetrazione pari a 50÷70 dmm.

La curva granulometrica della miscela deve essere contenuta nel relativo fuso (figure 6.6, 6.7 e 6.8).

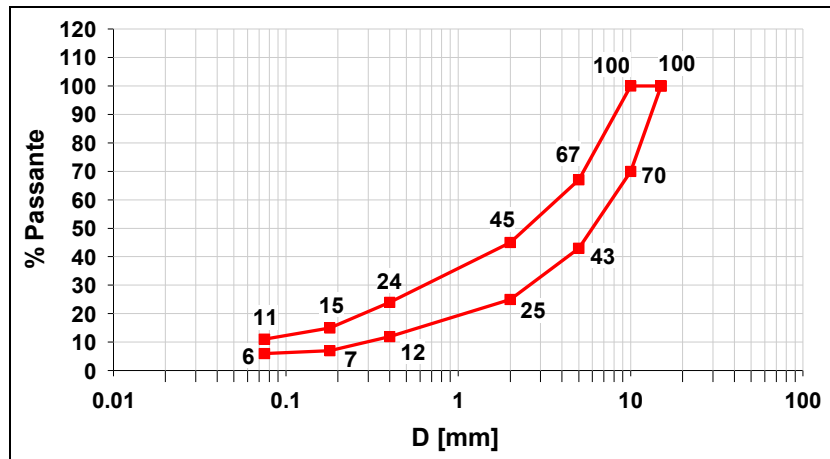


Fig. 6.6 – Tipico fuso granulometrico per strato di usura

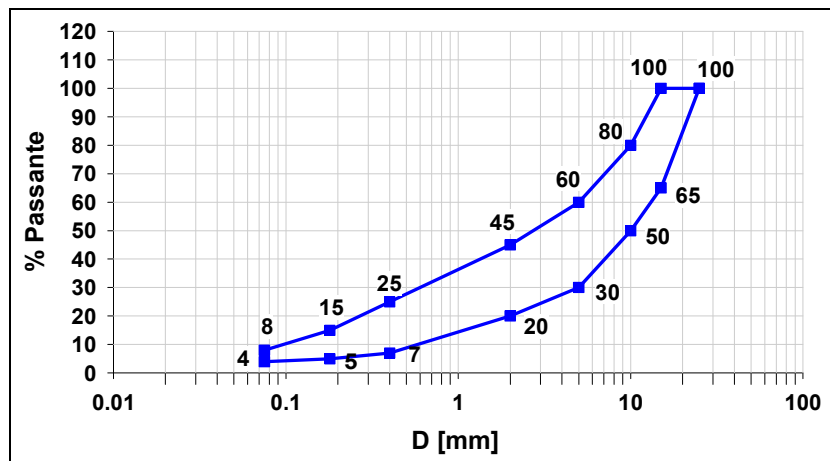


Fig. 6.7 – Tipico fuso granulometrico per strato di binder

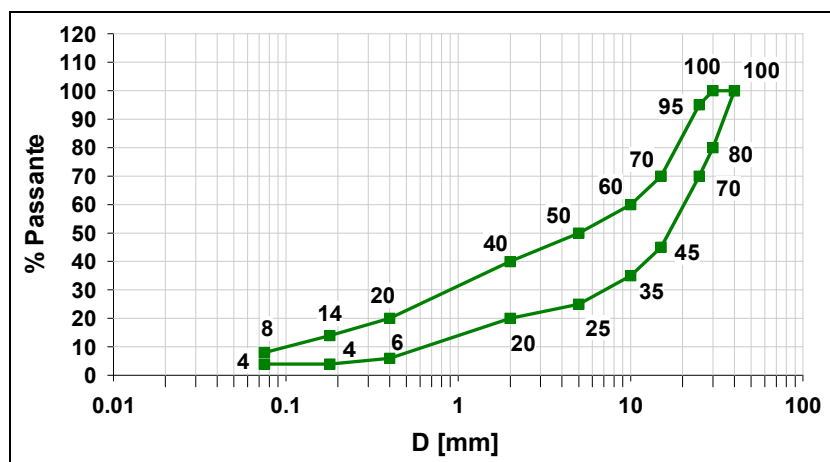


Fig. 6.8 – Tipico fuso granulometrico per strato di base

In tabella 6.4 sono indicate le caratteristiche finali della miscela in conglomerato bituminoso.

Proprietà	strato di base		strato di binder		strato di usura	
	ANAS	Catalogo*	ANAS	Catalogo*	ANAS	Catalogo*
% bitume	3.5 ÷ 4.5	3.5 ÷ 4.5	4 ÷ 5.5	4 ÷ 5.5	4.5 ÷ 6	4.5 ÷ 6
Stabilità <i>Marshall</i> [kg]	> 700	> 700	> 900	> 900	> 1000	> 1000
Rigidezza <i>Marshall</i> [kg/mm]	> 250	> 250	> 300	> 300	> 300	> 300
Vuoti <i>Marshall</i> [%]	4 ÷ 7	4 ÷ 7	3 ÷ 7	3 ÷ 7	3 ÷ 6	3 ÷ 6
Stabilità <i>Marshall</i> dopo immersione	-----	-----	> 75	-----	> 75	-----

Tab. 6.4 – Proprietà del conglomerato bituminoso (*CNR-BU 178/95)

Nel caso di una sovrastruttura rigida, le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo dipendono fortemente dagli inerti presenti nell'impasto. La curva granulometrica dell'aggregato deve essere continua, al fine di garantire la lavorabilità della miscela fresca ed un'adeguata resistenza meccanica. La dimensione massima dell'inerte non deve superare i 35÷40 mm; è opportuno in ogni caso evitare quelli di dimensione superiore alla metà spessore dello strato da realizzare. Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza dell'aggregato, il coefficiente Los Angeles deve essere inferiore al 45%.

Uno dei parametri fondamentali, collegato direttamente alla durabilità, è il rapporto acqua/cemento, da mantenere su valori bassi (< 0.55).

Gli eventuali additivi sono da impiegarsi secondo le seguenti percentuali sul peso di cemento:

- plasticizzanti ed aeranti: 0.20÷0.40%;
- superplasticizzanti: 0.75÷1.50%.

Nel caso di impiego di aggregati riciclati è opportuno ridurre o annullarne la percentuale di parti fini, poiché determinano penalizzazioni sulle resistenze meccaniche e riducono la lavorabilità del calcestruzzo fresco.

Il misto cementato per strati di base è costituito da una miscela di aggregati lapidei cemento e acqua.

Gli aggregati (ghiaie e sabbie) avranno, orientativamente, le seguenti caratteristiche:

- dimensioni non superiori a 40 mm;
- percentuale, in peso, di frantumato compresa nell'intervallo 30 ÷ 60%;
- forma non appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in peso alla prova Los Angeles non superiore al 30% in peso;
- equivalente in sabbia compreso fra 30 e 60;
- Wp uguale a zero (materiale non plastico).

La granulometria, con andamento continuo e uniforme, sarà compresa nel fuso di Tabella 6.5.

Apertura setacci UNI (mm)	Passante totale in peso (%)
40	100
31,5	90 ÷ 100
20	70 ÷ 90
14	58 ÷ 78
8	43 ÷ 61
4	28 ÷ 44
2	18 ÷ 32
0,4	9 ÷ 20
0,125	6 ÷ 13
0,063	5 ÷ 10

Tab. 6.5 – Tipico fuso granulometrico del misto cementato.

Come legante deve essere impiegato, tenendo conto dell'eventuale aggressività dell'ambiente, cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno), di classe 325. A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4,0% sul peso degli inerti asciutti. Si pu' prevedere il taglio del legante con ceneri volanti di riciclo.

L'acqua di impasto, esente da impurità, sarà commisurata all'umidità ottima di costipamento.

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

Per una *sovrastruttura ad elementi*, invece, i masselli devono rispettare i limiti ed i criteri di accettazione previsti dalla Normativa (tabella 6.6).

Caratteristica	Limite di accettazione
Aspetto	Esente da difetti
Lunghezza, larghezza e rettangolo circoscritto	Tolleranza sul singolo massello = ± 3 mm Tolleranza per la media dei provini costituenti il campione = ± 2 mm
Spessore	Tolleranza sul singolo massello = ± 3 mm Tolleranza per la media dei provini costituenti il campione = ± 2 mm
Ortogonalità fra faccia di usura e facce laterali	Tolleranza sul singolo massello = $\pm 3^\circ$ Tolleranza per la media dei provini costituenti il campione = $\pm 2^\circ$
Parallelismo tra le facce di usura e di appoggio	Per il singolo massello pendenza $\leq 15\%$ Per la media dei provini costituenti il campione pendenza $\leq 10\%$
Assemblaggio	Senza scostamento evidente dalla geometria di posa Tolleranza sullo spessore dei giunti = ± 2 mm
Massa volumica	Per il singolo massello ≥ 2100 kg/m ³ Per la media dei provini costituenti il campione ≥ 2200 kg/m ³
Coefficiente di trasmissione meccanica	\geq valore nominale dichiarato per la geometria di posa
Coefficiente di aderenza delle facce laterali	\geq valore nominale dichiarato per la geometria di posa
Assorbimento d'acqua	Per il singolo massello $\leq 14\%$ Per la media dei provini costituenti il campione $\leq 12\%$
Resistenza convenzionale alla compressione	Per il singolo massello ≥ 50 N/mm ² Per la media dei provini costituenti il campione ≥ 60 N/mm ²

Tab. 6.6 – Norma UNI 9065/3: limiti di accettazione dei masselli in calcestruzzo

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

Lo strato di allettamento in sabbia deve essere compattabile, drenante, non suscettibile al gelo e resistente alla degradazione meccanica. Deve essere, inoltre, in grado di:

- riempire la parte più bassa dei giunti in modo da sviluppare l'autobloccaggio tra due masselli adiacenti;
- costituire una superficie regolare per la posa dei blocchi, tale da evitare tensioni concentrate pericolose per gli stessi;
- assorbire le tolleranze costruttive degli spessori dei masselli;
- contribuire alla distribuzione sul sottofondo delle sollecitazioni generate dal traffico.

I fattori che influenzano il comportamento sotto traffico dello strato in sabbia sono:

- lo spessore: non deve essere troppo elevato perché può essere sede di deformazioni che causano ormaie sulla superficie della pavimentazione. Generalmente si tende ad adottare il valore di 30 mm dopo compattazione;
- la granulometria: si suggerisce un passante in peso al setaccio 75 μm non superiore al 10%. Un minimo contenuto di frazione fine è richiesto per facilitare il raggiungimento di uno spessore uniforme di stesa;
- l'umidità durante le operazioni di costipamento ed in servizio: si suggerisce un contenuto d'acqua pari al 6%.

Le prestazioni strutturali e funzionali di una pavimentazione in masselli sono fortemente condizionate da diversi fattori quali la geometria dei blocchi, le loro dimensioni, la disposizione e le modalità di posa in opera. In generale, all'aumentare delle ripetizioni di carico, tanto più è articolata la forma del massello, quanto più si riducono il creep orizzontale e l'ormaiamento.

I masselli autobloccanti possono essere classificati in tre categorie in base alla forma (figura 6.9):

- ad incastro orizzontale: realizzano il mutuo incastro solo sul piano orizzontale ed hanno dimensione massima di 225 mm, peso non maggiore di 4.5 kg e spessori di 60, 80 e 100 mm;
- ad incastro verticale: sono più grandi (250÷300 mm) e più pesanti dei precedenti e la loro posa in opera è più lunga e complicata. Sono prodotti con spessori minimi di 100 mm e, data la loro forma piuttosto complessa, hanno costi di produzione più elevati;
- masselli forati e griglie: hanno le stesse forme dei masselli ad incastro orizzontale, lunghezze comprese fra 250 e 500 mm e larghezze di 170÷350 mm.

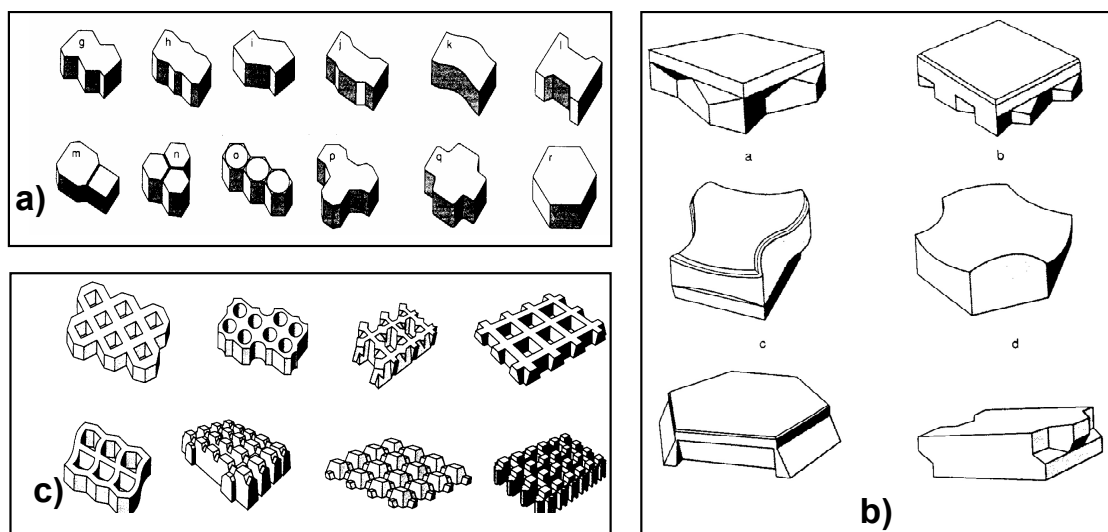


Fig. 6.9 – Masselli ad incastro orizzontale (a), verticale (b), forati e griglie (c)

Le dimensioni planimetriche dei masselli hanno poca importanza sulle prestazioni complessive della pavimentazione; più influente, invece, è lo spessore dell'elemento con evidenti benefici ottenibili dagli spessori più elevati.

Nel caso di masselli a forma rettangolare, inoltre, la disposizione “a lisca di pesce” è quella che esplica le prestazioni migliori evidenziando, a parità di traffico, le deformazioni minori. Alla sistemazione “a file trasversali”, invece, compete il

comportamento peggiore, soprattutto nel caso in cui la dimensione maggiore dell'elemento sia disposta concordemente alla direzione del moto.

Nel caso di piste ciclabili è necessario porre particolare attenzione alla disposizione dei masselli in funzione della direzione di marcia, che deve essere studiata in modo da evitare allargamenti delle “fughe” in senso longitudinale al moto con la relativa formazione di binari pericolosi nei quali potrebbero inserirsi le ruote (figura 6.10).

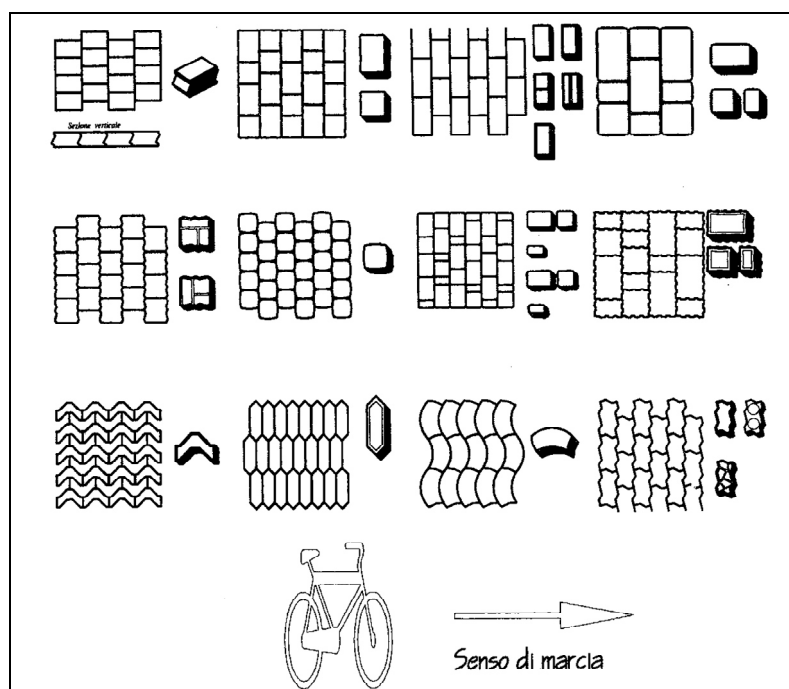


Fig. 6.10 – Disegni di composizione delle pavimentazioni in masselli

Per quanto riguarda gli spessori da adottare per i percorsi ciclo-pedonali:

- i masselli più frequentemente utilizzati hanno spessore pari a 50 ÷ 100 mm;
- gli spessori degli strati di base e di fondazione dipendono dalla portanza del sottofondo ed hanno un valore sempre maggiore o uguale a 150 mm;
- il letto di sabbia ha spessore variabile fra 20 e 50 mm ed il valore più frequente è 30 mm. L'esperienza, in particolare, ha mostrato che spessori non omogenei possono causare all'interno dello strato variazioni di densità con conseguenti fenomeni deformativi differenziali a scapito della resistenza e della regolarità superficiale.

In opera i masselli si presentano in diverse composizioni. La scelta del disegno da realizzare dipende dalla loro forma; le maggiori possibilità sono offerte dagli elementi rettangolari (figura 6.11).

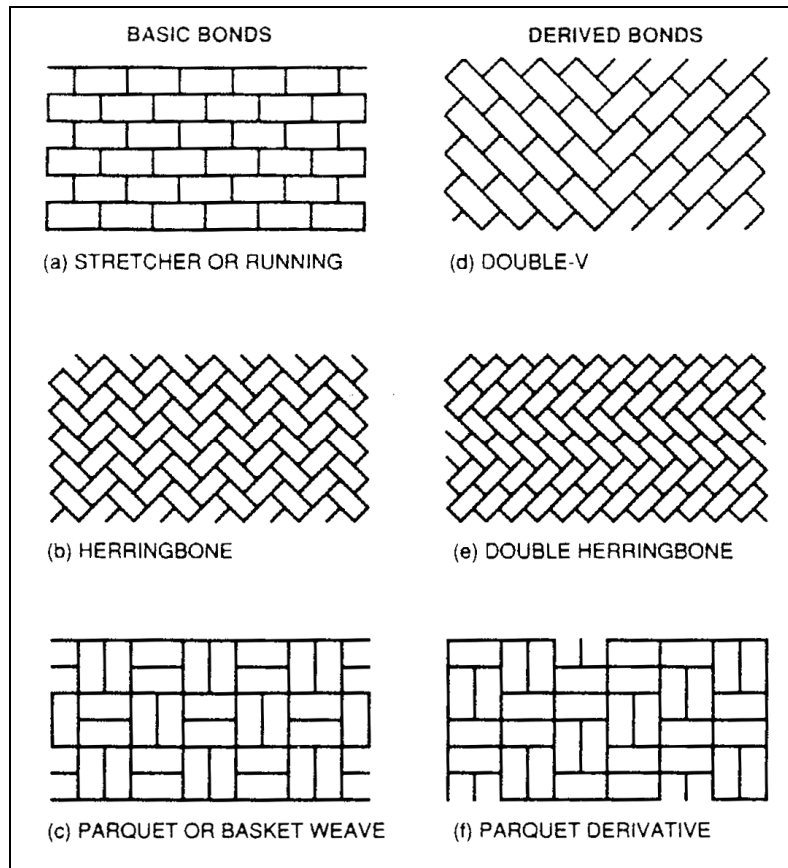


Fig. 6.11 – Disegni di composizione dei masselli autobloccanti di calcestruzzo

Per quanto riguarda gli spessori per i percorsi ciclopedonali si ha che:

- i masselli solitamente utilizzati hanno spessori di 60÷100 mm;
- il letto di sabbia ha spessore variabile fra 20 e 50 mm;
- lo spessore degli strati di base e fondazione non è mai inferiore a 150 mm.

6.3.1.2 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Il trattamento superficiale è composto da uno o più strati alternati di legante bituminoso ed aggregato (graniglia). I più comuni sono denominati (figura 6.12):

- monostrato;
- monostrato doppia granigliatura;
- doppio strato.

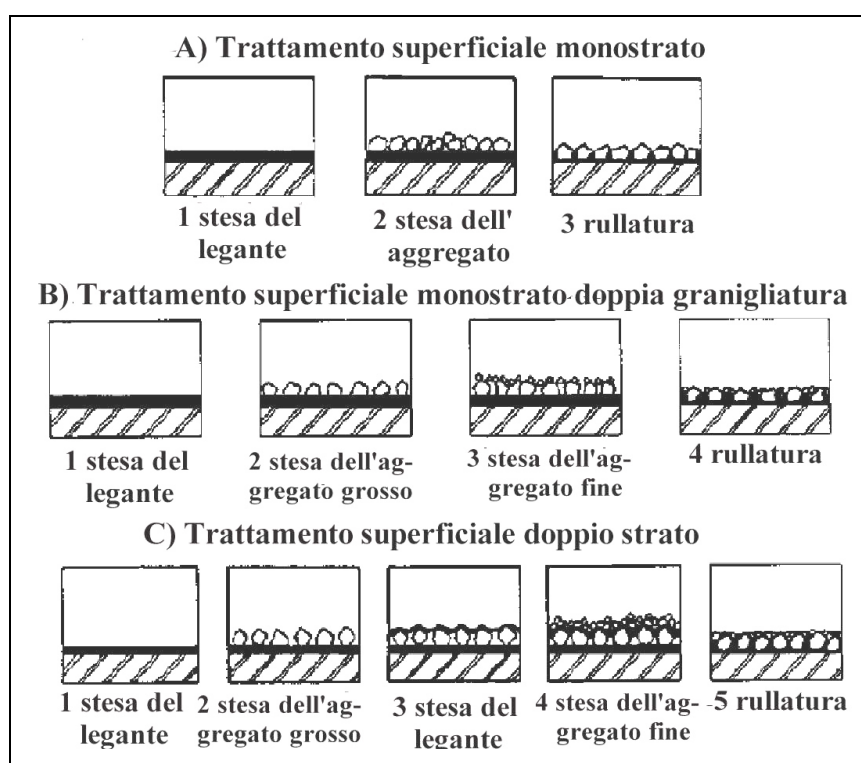


Fig. 6.12 – Tipologie di trattamenti superficiali per le sovrastrutture in terra

Trattamenti superficiali a caldo

Gli inerti impiegati devono essere provenienti da frantumazione e sono generalmente caratterizzati da una notevole resistenza all'urto ed all'abrasione. Le classi granulometriche più impiegate sono la 3/5 e la 8/10. Come legante è opportuno utilizzare un bitume modificato con polimeri sintetici avente le caratteristiche indicate in tabella 6.7.

Caratteristiche	Unità	Valore
Penetrazione a 25 °C, 100g, 5s	0.1 dmm	45 – 60
Punto di rammollimento	°C	60 - 70
Indice di penetrazione		+1/+3
Punto di rottura (Fraass), min	°C	-12
Viscosità dinamica a T=80°C	Pa . s	150 - 450
Viscosità dinamica a T=160°C	Pa . s	0.8 - 2

Tab. 6.7 – Caratteristiche del legante modificato

Per la realizzazione di un trattamento a caldo bistrato doppia granigliatura è consigliato utilizzare i seguenti dosaggi medi:

- 1a mano legante: 0.85 kg/m²;
- 1a mano inerti: pezzatura 8/10: 9 litri/m²;
- 2a mano legante: 0.75 kg/m²;
- 2a mano inerti: pezzatura 3/5: 6 litri/m²;

L'attrezzatura essenziale è costituita da:

- una cisterna spruzzatrice, per il dosaggio e la distribuzione del legante;
- uno spandigraniglia, per la distribuzione del pietrischetto e delle graniglie;
- uno o più rulli con cilindro metallico rivestito di gomma oppure di tipo gommato.

La temperatura ideale per la stesa del legante con spruzzatrice a caldo è compresa tra 150° e 165°C. è altresì opportuno che la temperatura nella cisterna spruzzatrice non risulti inferiore a 160°C così come la temperatura della superficie di stesa non dovrà risultare inferiore a 10°C.

Trattamenti superficiali a freddo

Gli inerti impiegati devono avere le caratteristiche già descritte per i trattamenti a caldo. Le classi granulometriche più impiegate sono la 4/8 e la 10/15 per il trattamento monostrato doppia granigliatura e le 3/5 ed 8/10 per il trattamento bistrato doppia granigliatura. Come legante è opportuno utilizzare un'emulsione cationica di bitume modificato con polimeri. Il bitume di partenza dovrà avere indicativamente le caratteristiche elencate in tabella 6.8. Per l'emulsione cationica si possono fornire le specifiche indicate in tabella 6.9.

Caratteristiche	Unità	Valore
Penetrazione a 25 °C, 100g, 5s	0.1 mm	50 – 60
Punto di rammollimento	°C	65 – 75
Indice di penetrazione		-1/+1
Punto di rottura (Fraass), min	°C	-14
Viscosità dinamica a T=80°C	Pa . s	80 – 130
Viscosità dinamica a T=160°C	Pa . s	0.2 – 0.4

Tab. 6.8 – Caratteristiche del legante modificato

Caratteristiche	Unità	Valore
Contenuto d'acqua (CNR 101/84)	%	30 ± 1
Contenuto di bitume (CNR 100/84)	%	> 69
Contenuto di flussante (CNR 100/84)	%	0
Omogeneità (ASTM D244)	%	< 0,2
Sedimentazione	%	< 5
Viscosità Engler a 20 °C	°E	> 20
PH (grado di acidità)		2 - 4

Tab. 6.9 – Caratteristiche dell'emulsione bituminosa

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

Per la realizzazione di un trattamento a freddo monostrato doppia granigliatura è consigliato utilizzare i seguenti dosaggi medi:

- 1a mano emulsione bituminosa: $1.20 \div 1.50 \text{ kg/m}^2$;
- 1a mano inerti: pezzatura 10/15: $9/10 \text{ litri/m}^2$;
- 2a mano inerti: pezzatura 4/8: $5/6 \text{ litri/m}^2$;

Per la realizzazione di un trattamento a freddo bistrato doppia granigliatura si consigliano invece i seguenti dosaggi medi:

- 1a mano emulsione bituminosa: $1.10 \div 1.20 \text{ kg/m}^2$;
- 1a mano inerti: pezzatura 8/10: 9 litri/m^2 ;
- 2a mano emulsione bituminosa: $1.20 \div 1.30 \text{ kg/m}^2$;
- 2a mano inerti: pezzatura 3/5: 6 litri/m^2 .

6.3.1.3 MATERIALI PER STRATI DI FONDAZIONE

Per ogni tipo di sovrastruttura la fondazione è realizzata in stabilizzato granulometrico, costituito da una miscela di inerti caratterizzati dal fuso granulometrico di figura 6.13 e dalle specifiche di tabella 6.10.

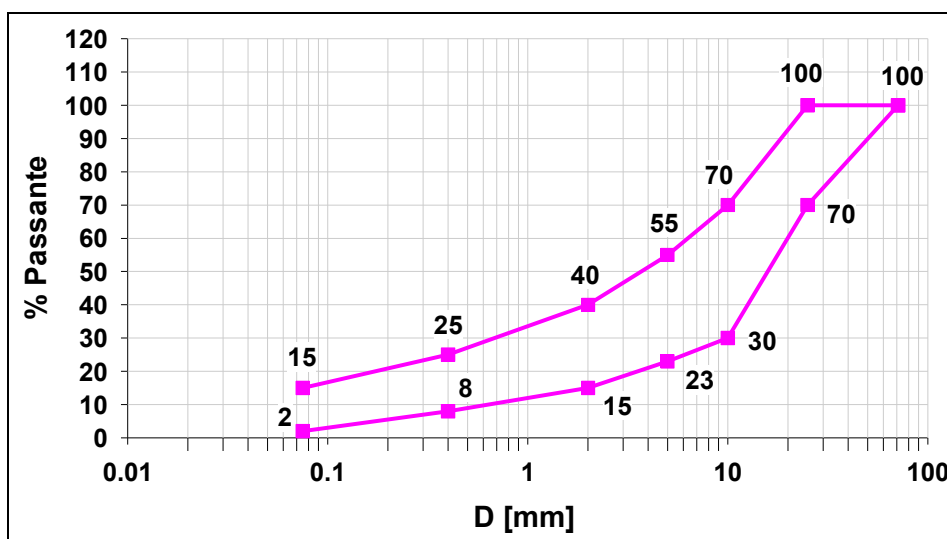


Fig. 6.13 – Tipico fuso granulometrico per strato di fondazione

Modulo resiliente [MPa]	≥ 80
Limite liquido	25 ÷ 35
CBR (dopo 4 giorni di immersione in acqua)	≥ 30%
Grado di costipamento	≥ 95%

Tab. 6.10 – Requisiti di accettabilità per lo strato di fondazione

Con il termine stabilizzazioni si indicano quei procedimenti di tipo fisico o chimico utilizzati singolarmente o in combinazione, finalizzati ad incrementare alcune proprietà del terreno in sito ed a conservarle nel tempo affinché questo sia utilizzabile negli impieghi strutturali.

L'esigenza di ridurre l'utilizzo di materiali pregiati (gruppi A1-A3 della classifica UNI 10006) nella costruzione delle sovrastrutture stradali, ha determinato un crescente interesse verso le tecniche di stabilizzazione, le quali possono utilizzare la calce, il cemento, il bitume (anche schiumato) o le loppe d'altoforno.

Per quanto riguarda la stabilizzazione a calce, che si adotta con terre caratterizzate da un elevato contenuto di argilla, consiste nella miscelazione del legante, sotto forma di ossido di calcio CaO (calce viva) o idrossido di calcio Ca(OH)₂ (calce idrata), al terreno naturale e nella compattazione della miscela in condizioni di umidità prossime a quella ottima. Gli effetti tipici della stabilizzazione (riduzione dell'umidità, modifica dei limiti di Atterberg, minore sensibilità all'acqua e quindi riduzione del fenomeno di ritiro, aumento della resistenza) sono ottenibili sia con l'impiego della calce viva sia della calce idrata; si preferisce la prima quando l'umidità naturale della terra è superiore al 6÷8%. La determinazione della percentuale di legante deve essere ricavata da uno studio preliminare; solitamente per strati di sottofondo e fondazione si utilizza calce viva od idrata con percentuali pari rispettivamente a 3÷8 % e 4÷10 % del peso secco del terreno.

Il legante da impiegare deve inoltre soddisfare i requisiti chimici e fisici riportati in tabella 6.11.

Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
CO ²	≤ 5%	---
(CaO + MgO) Totali	≥ 84%	---
Titolo in Idrati	---	≥ 85%
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + SO ₃	≤ 5%	≤ 5%
Pezzatura	≤ 2 mm	---
Passante al setaccio con luce netta da:	200 μm ≥ 90%	90 μm ≥ 85%

Tab. 6.11 – Caratteristiche della calce

Il materiale argilloso (terra) dovrà essere posto in opera a strati di spessore uniforme non eccedenti i 30 cm e miscelato in sito con il quantitativo di calce predeterminato mediante apposita macchina mescolatrice (pulvimixer), con una o più passate fino ad ottenere che la frazione passante al crivello 5 UNI sia superiore al 63%. Prima dello spandimento del legante si dovrà procedere alla determinazione dell'umidità naturale all'interno dello strato da trattare. Per valori elevati si procederà all'erpatura dello stesso con successiva esposizione all'aria, al fine di ottenere l'evaporazione dell'acqua in eccesso rispetto al valore ottimo determinato in fase di progetto. Per valori inferiori all'ottimo invece si procederà all'aggiunta della quantità di acqua mancante. Il costipamento dello strato, al fine di raggiungere la densità voluta, dovrà essere effettuato tramite rulli a piastre o a punte e gommati. Si prescrive una densità in sito pari al 92% di quella Proctor ottenuta sulla stessa miscela sciolta prodotta in sito e compattata in laboratorio. Il valore del modulo di deformazione, determinato con piastra di diametro 300 mm, dovrà risultare non inferiore a 50 N/mm² nel ciclo di carico compreso tra 0,15 N/mm² e 0,25 N/mm². La durata del periodo di maturazione non potrà essere inferiore a 7 giorni.

La stessa azione svolta dalla calce su una terra può essere ottenuta, almeno parzialmente, con il cemento. L'applicazione della stabilizzazione a cemento può essere rivolta a:

- misti granulari con forte plasticità, che con un tenore di cemento del 4÷5% possono acquistare una buona rigidità;
- sabbie fini limose o argillose (con equivalente in sabbia tra 10 e 25), che richiedono percentuali di cemento dal 6 all'8%;
- sabbie monogranulari pulite (equivalente in sabbia superiore a 70), che con una percentuale di cemento del 10% possono costituire strati di buona portanza.

È difficile stabilizzare con cemento terre che abbiano un indice di plasticità superiore a 15; in questi casi è preferibile eseguire una stabilizzazione binaria costituita da un primo trattamento con calce e successivamente una miscelazione con cemento. Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un'adeguata

protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore. Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far sì che anche tale porzione risulti ben costipata nonché livellata.

I materiali stabilizzati a bitume invece hanno un utilizzo limitato alle pavimentazioni in terra. Anche aggiungendo percentuali significative di legante, l'azione di quest'ultimo non è sufficiente per prevenire lo sgranamento dello strato. Inoltre la stabilizzazione con quantitativi rilevanti di bitume risulta antieconomica. Le tecniche di messa in opera sono molto simili a quelle già descritte per gli altri tipi di stabilizzazione fatta eccezione per la compattazione che in genere è ritardata per permettere un'adeguata aerazione della miscela.

Una tecnologia molto promettente è rappresentata dalla stabilizzazione con bitume schiumato. Quest'ultimo si sviluppa quando piccole particelle di acqua vengono a contatto con il bitume a caldo; la superficie complessiva aumenta e la viscosità del bitume viene sensibilmente ridotta. Il bitume diventa allora particolarmente adatto per essere miscelato con un aggregato freddo e umido. Può essere utilizzato come sostanza stabilizzante con molti materiali: dal pietrisco di buona qualità, alla ghiaia più scadente con una plasticità relativamente alta.

Lo strato di fondazione può essere legato anche con scorie d'altoforno e calce idrata. Quest'ultima si rende necessaria in quantitativi minimi (1% circa) per creare un ambiente basico senza il quale non si innescano le reazioni di presa tipiche delle scorie. Gli interventi di stabilizzazione devono essere preceduti da una serie di prove atte a caratterizzare la terra da miscelare al legante. Per inerti di natura calcarea si utilizza indicativamente un dosaggio di legante pari al 20÷22% sulla percentuale in peso degli aggregati. Per inerti di altra natura la percentuale di legante deve essere definita mediante apposite prove di caratterizzazione meccanica della miscela.

6.3.1.4 MATERIALI PER STRATI DI SOTTOFONDO

Lo strato di sottofondo è generalmente costituito dal terreno in situ e deve realizzare un supporto stabile per la sovrastruttura stradale. Per caratterizzarlo si adotta generalmente il modulo resiliente (M_r), il quale consente di studiare il comportamento di un materiale non legato sottoposto a carichi ripetuti come quelli prodotti dal traffico veicolare.

La scelta di tale parametro deriva dal fatto che le terre, se sottoposte a cicli di carico successivi, manifestano una componente di deformazione plastico-viscosa che non si annulla alla rimozione della sollecitazione, dando luogo ad una deformazione permanente residua. Per caratterizzarne la componente elastica si introduce quindi l'indice M_r che tiene conto della sola deformazione elastica reversibile (figura 6.14). Il modulo resiliente si valuta generalmente con una prova triassiale ripetuta ed è pari al rapporto tra lo sforzo deviatorico e la deformazione elastica reversibile. In funzione del valore di M_r i terreni di sottofondo si classificano come indicato in tabella 6.12. In presenza di terreni di scarsa capacità portante è preferibile prevedere il ricorso ad interventi di bonifica.

Capacità portante	M_r [N/mm^2]
Buona	150
Media	90
Scarsa	30

Tab. 6.12 – Modulo resiliente del sottofondo

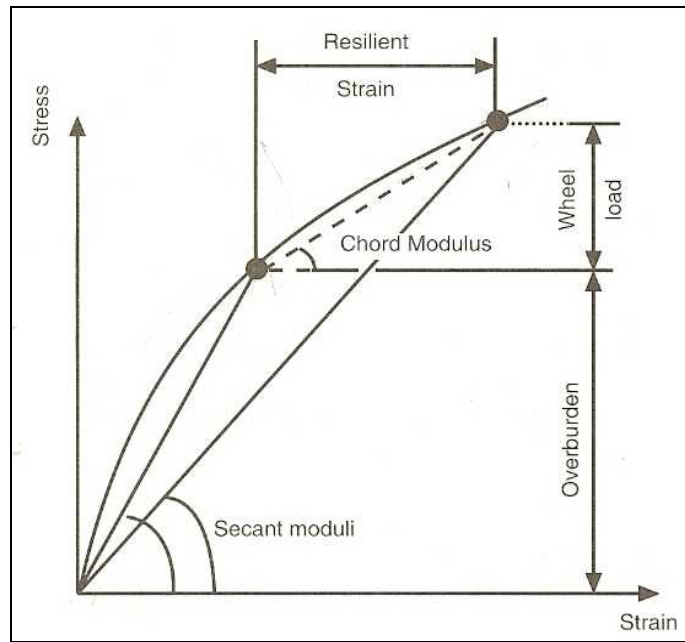


Fig 6.14 – Modulo resiliente

6.3.2 MATERIALI INNOVATIVI

6.3.2.1 CONGLOMERATI BITUMINOSI COLORATI

I conglomerati bituminosi colorati rappresentano un utile strumento per differenziare l'utilizzo dello spazio pubblico e per qualificare l'arredo urbano. Hanno anche un'importante funzione in termini di sicurezza della circolazione in quanto influenzano la percezione dell'ambiente stradale da parte dell'utenza.

Possono essere ottenuti mediante diverse metodologie (figura 6.15):

- verniciatura: è una tecnica che offre una grande varietà di colori e può essere applicata su qualsiasi tipo di conglomerato bituminoso. Ha, però, una durata limitata a causa dell'erosione del film colorato in seguito al passaggio ripetuto di cicli e pedoni;
- aggiunta di pigmenti: presenta una maggiore durata rispetto alla verniciatura ma offre una gamma di colorazioni più ristretta, poiché la tonalità nera del bitume condiziona notevolmente il risultato finale;
- utilizzo di leganti trasparenti, che permettono di valorizzare il colore naturale dell'inerte, mantenendo le caratteristiche e le modalità di impiego dei leganti tradizionali;
- resinatura della superficie del conglomerato bituminoso.



Fig. 6.15 – Conglomerati colorati su piste ciclabili ed attraversamenti pedonali

Indipendentemente dalla metodologia utilizzata i conglomerati bituminosi colorati devono garantire un'elevata aderenza superficiale (antiskid).

I prodotti per verniciatura, in particolare, sono disponibili in commercio sotto diverse forme:

- pitture a solvente o ecologiche: le prime, costituite da leganti (resine acriliche e clorocaucciù), solventi e pigmenti, sono molto diffuse dato il basso costo e la facilità di messa in opera. Le seconde si differenziano per l'assenza di sostanze tossiche e sono composte da resine acriliche in emulsione acquosa;

- termoplastici, da applicare a caldo con la tecnica della colata o dello spruzzo. Grazie ai rapidi tempi di essiccazione e raffreddamento, non comportano interruzioni del traffico;
- laminati, ritagliati in sito e applicati a freddo. Possono essere messi in opera in modalità “in-lay”, immediatamente dopo la posa del conglomerato bituminoso, o “over-lay”, su pavimentazioni esistenti. L’applicazione non richiede tempi di essiccazione e può avvenire manualmente o con l’utilizzo di apposite macchine che stendono il rotolo e lo compattano.

I leganti sintetici trasparenti, invece, sono prodotti dell’industria chimica del petrolio che presentano un basso contenuto di asfaltini (circa il 5%), grazie al quale consentono di variare il colore del manto stradale mettendo in evidenza gli inerti. Possono essere anche pigmentati con basse percentuali di colore o utilizzando filler colorato facente parte della curva granulometrica della miscela. Rispetto ai prodotti per verniciatura offrono un’aderenza superiore ed una maggiore durata del colore (figura 6.16).



Fig. 6.16 – Conglomerati colorati con legante trasparente

I test prestazionali di caratterizzazione e le fasi di preparazione e stesa della miscela si eseguono secondo gli stessi criteri validi per i conglomerati bituminosi tradizionali. Gli inerti devono essere duri, poliedrici, non idrofilo e puliti (tabella 6.13). Il legante trasparente deve essere inserito in quantità compresa tra il 5 e il 7% sul peso totale a secco degli aggregati e la sua esatta definizione verrà determinata attraverso uno studio preliminare di ottimizzazione della miscela. In tabella 6.14 si riportano le principali caratteristiche per diverse tipologie di leganti trasparenti.

	Specifiche	Valore
Aggregato grosso	Perdita di peso Los Angeles (%)	≤ 20
	Coefficiente di forma	> 0.15
	Coefficiente di imbibizione	< 0.015
Aggregato fine	Equivalente in sabbia (%)	≥ 50
	Setaccio ASTM n. 30 (% passante in peso a secco)	100
	Setaccio ASTM n. 100 (% passante in peso a secco)	90
	Setaccio ASTM n. 200 (% passante in peso a secco)	65

Tab. 6.13 – Specifiche dell'aggregato

Proprietà	Classi			
	30/50	50/70	70/100	160/220
Penetrazione a 25°C [dmm]	35 ÷ 50	50 ÷ 70	70 ÷ 100	160 ÷ 220
Temperatura di rammollimento [°C]	62 ÷ 70	62 ÷ 70	60 ÷ 68	58 ÷ 68
Punto di infiammabilità [°C]	250	230	230	230
Densità relativa a 25°C	0.94 ÷ 1	0.94 ÷ 1	0.94 ÷ 1	0.94 ÷ 1
Dopo Rolling Thin Film Oven Test				
Perdita di massa [%]	0.17	0.16	0.14	0.20
Penetrazione residua [%]	90	90	95	95

Tab. 6.14 – Specifiche del legante trasparente

La miscela deve avere una curva granulometrica contenuta nel fuso di figura 6.6 e le caratteristiche indicate in tabella 6.15.

Caratteristiche	Valore
Percentuale in massa di legante sintetico sugli aggregati (%)	5 ÷ 6.5
Vuoti residui (%)	3 ÷ 6
Stabilità <i>Marshall</i> [kg]	> 900
Scorrimento <i>Marshall</i> [mm]	2 ÷ 4
Rigidezza <i>Marshall</i> (a 60°C) [kg/mm]	> 300

Tab. 6.15 – Caratteristiche del conglomerato d'usura con legante trasparente

Per ottenere piani viabili colorati è possibile sfruttare anche la tecnica della resinatura, che consiste nel saturare i vuoti superficiali di uno strato in conglomerato bituminoso con un rivestimento sintetico pigmentato, composto da resina acrilica all'acqua, mista a filler selezionati ed a pigmenti concentrati, atti a garantire un'ottima aderenza e copertura.

La quantità di resina normalmente applicata su un metro quadrato di superficie è variabile in relazione alla granulometria del manto bituminoso, ma in genere nell'ordine di 2÷2.5 Kg/m² con spessore di 2÷3 mm. Le proprietà fisiche di queste resine sono riassunte in tabella 6.16.

Tempo d'essiccamento	43' a 25°C e 56% U.R.
Resistenza all'abrasione	0.05% (perdita di peso)
Aderenza	60 B.P.N.
Resistenza alle soluzioni saline	Non mostra alcun difetto
Resistenza alle variazioni di temperatura (tra -25 e +65°C)	Non mostra alcun difetto
Resistenza ai raggi UV	Non mostra alcun difetto
Resistenza a carburanti e lubrificanti	Non mostra alcun difetto
Temperatura d'infiammabilità	> 95°C
Temperatura d'applicazione consigliata	da 17°C a 42°C

Tab. 6.16 – Caratteristiche della resina

6.3.2.2 CONGLOMERATI BITUMINOSI STAMPATI

I conglomerati bituminosi stampati derivano da un trattamento con speciali matrici metalliche che vengono impresse a caldo sul piano viabile subito dopo la stesa della miscela. Il procedimento, in particolare, prevede (figura 6.17):

- fase 1: imprimitura
 1. stesa del conglomerato bituminoso e compattazione con una leggera e veloce rullatura;
 2. le matrici metalliche vengono appoggiate sul tappeto ancora caldo (la temperatura ideale è di circa 70°C) e vengono impresse per mezzo di una piastra vibrante del peso di circa 400 kg;
 3. dopo una corretta imprimitura (7/8 mm di penetrazione), le matrici vengono sollevate e fatte avanzare;
 4. al termine dell'imprimitura, si procede con appositi utensili alla correzione di eventuali errori o irregolarità della stampa.
- fase 2: resinatura
 1. la resina viene spruzzata con attrezzature specifiche;
 2. nei lavori più complessi, dove è necessario alternare più tonalità cromatiche, si realizza una resinatura manuale.

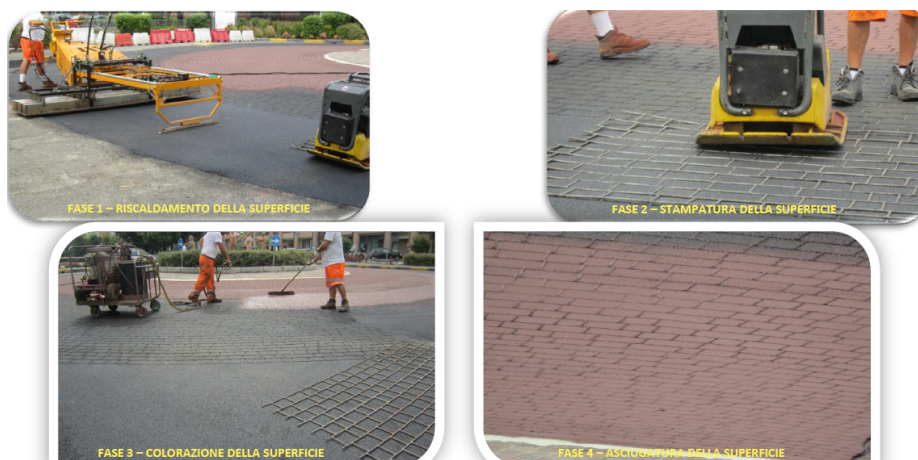


Fig. 6.17 – Esecuzione di conglomerato bituminoso stampato

Mediante questa tecnica si possono realizzare pavimentazioni di qualsiasi forma geometrica (figura 6.18).

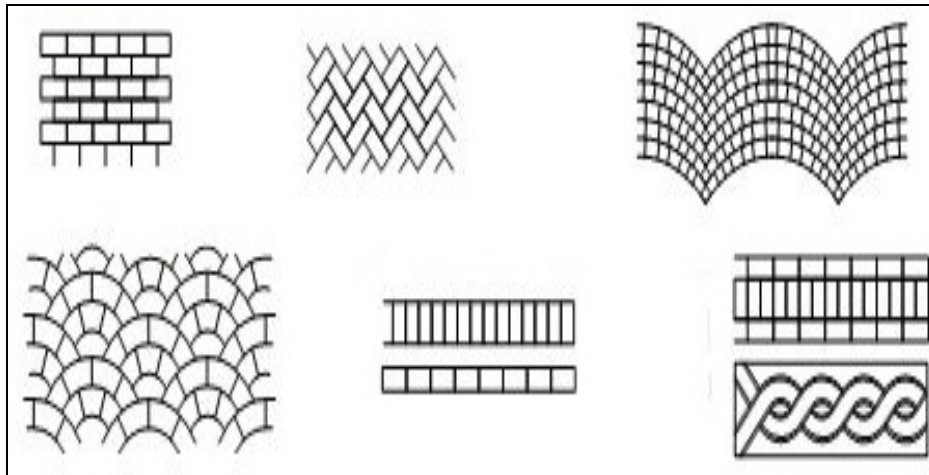


Fig. 6.18 – Conglomerato bituminoso stampato

6.3.2.3 CONGLOMERATI BITUMINOSI DRENANTI E FONOASSORBENTI

I conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti per strati di usura sono costituiti da una miscela di pietrischetti frantumati, sabbie ed eventuale additivo, miscelati a caldo con bitume modificato (figura 6.19).

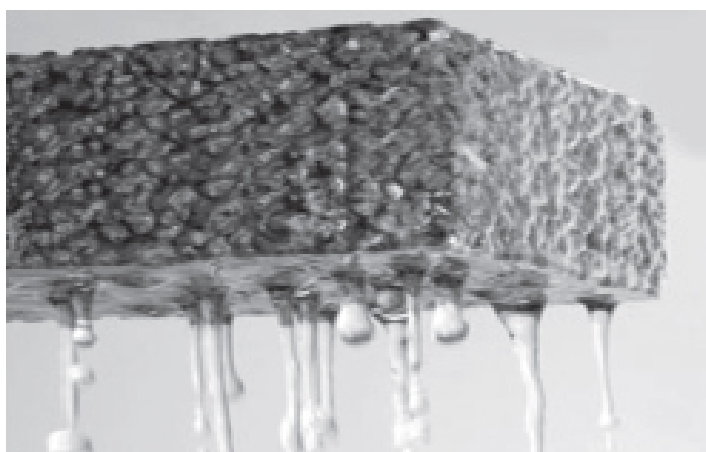


Fig. 6.19 – Conglomerato bituminoso drenante e fonoassorbente

Grazie all'elevata percentuale di vuoti che li caratterizza sono in grado di:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale;
- ridurre o eliminare gli spruzzi e lo spray, particolarmente pericolosi in fase di sorpasso;
- ridurre l'abbagliamento da riflessione dei fari sulla superficie bagnata;
- abbattere la pressione sonora generata dal traffico (elevata fonoassorbenza).

Gli aggregati devono essere costituiti da aggregati naturali (preferibilmente di natura basaltica) con i seguenti requisiti:

- perdita in peso alla prova Los Angeles non superiore al 20% in peso;
- coefficiente di appiattimento inferiore o uguale al 15%;
- percentuale di superfici frantumate uguale a 80%.

Per gli aggregati fini in particolare:

- l'equivalente in sabbia deve essere superiore a 75;
- il passante al setaccio 0,063 deve essere inferiore a 18.

La curva granulometrica della miscela deve essere discontinua, costituita da inerte grosso quasi monogranulare (Tabella 6.17).

Apertura setacci UNI (mm)	Passante totale in peso (%)
20	100
14	90 ÷ 100
8	12 ÷ 35
4	7 ÷ 18
2	6 ÷ 12
0,5	5 ÷ 11
0,25	5 ÷ 10
0,063	4 ÷ 8

Tab. 6.17 – Tipico fuso granulometrico dei conglomerati bituminosi drenanti e fonoassorbenti

Il contenuto di bitume che deve essere di tipo modificato, con elevate caratteristiche di adesione e coesione per compensare, in termini di resistenza meccanica complessiva, alle carenze derivanti dall'elevato volume di vuoti, sarà compreso nell'intervallo 4,8-5,8% del peso secco degli aggregati.

Per ottenere un'azione drenante ottimale è molto importante che, prima della stesa, siano verificate: l'efficienza delle opere di recapito presenti ai margini della sovrastruttura e la correttezza delle pendenze trasversali.

Una volta in opera, inoltre, è di fondamentale importanza attuare un piano di manutenzione efficiente per prevenire l'occlusione dei pori da parte delle polveri e dei detriti che si raccolgono sulla pavimentazione.

6.3.2.4 CONGLOMERATI BITUMINOSI SPLITT MASTIX ASPHALT

Gli Splitt Mastix Asphalt (SMA), noti anche come Stone Mastic Asphalt, sono costituiti da una miscela a curva discontinua in grado di realizzare un'elevata percentuale di vuoti (circa il 20%), riempiti con un mastice (bitume + filler + fibre stabilizzanti) a elevata consistenza. Lo strato finito presenta, in genere, una quantità di vuoti pari al 3-5% (Figura 6.20).

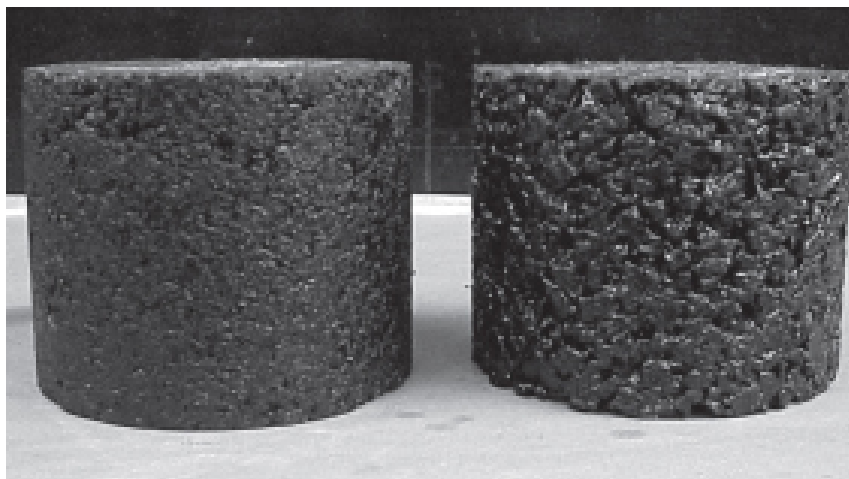


Fig. 6.20 – Provini di conglomerato tradizionale e SMA (a dx).

In questo modo lo SMA è caratterizzato da una spiccata macrorugosità che gli conferisce un'elevata aderenza e buone capacità fonoassorbenti.

La curva granulometrica è quella caratteristica di un aggregato grosso, quasi monogranulare, che deve essere frantumato nonché resistente all'abrasione e all'urto ($LA < 20\%$).

Il bitume deve essere di tipo modificato, con elevate caratteristiche di adesione e coesione. Lo SMA, che ha il pregio di essere esente dalle problematiche tipiche del conglomerato drenante, quali l'occlusione dei pori e la formazione di ghiaccio in climi particolarmente rigidi, può essere steso in spessori più sottili rispetto al drenante.

6.3.2.5 CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI O A BASSA ENERGIA

Per conseguire gli obiettivi definiti dal protocollo di Kyoto, negli ultimi anni in ambito stradale sono state sviluppate tecnologie e materiali innovativi “ecosostenibili”. I conglomerati bituminosi “tiepidi” o “a bassa energia” si inseriscono in questa ottica in quanto consentono di ridurre le temperature di produzione e di stesa delle tradizionali tecniche a caldo, dando luogo ad un sensibile risparmio energetico e ad un cospicuo abbattimento delle emissioni, senza compromettere la qualità finale, con evidenti vantaggi in termini ambientali e di condizioni di lavoro (figura 6.21 e tabella 6.18).

Le tecnologie per il confezionamento delle miscele tiepide si suddividono in due grandi categorie in funzione del metodo con cui fluidificano il conglomerato: quelle che utilizzano additivi fluidificanti che riducono la viscosità del bitume e quelle che sfruttano la formazione di schiuma di bitume per rendere più lavorabile la miscela (tabella 6.19).

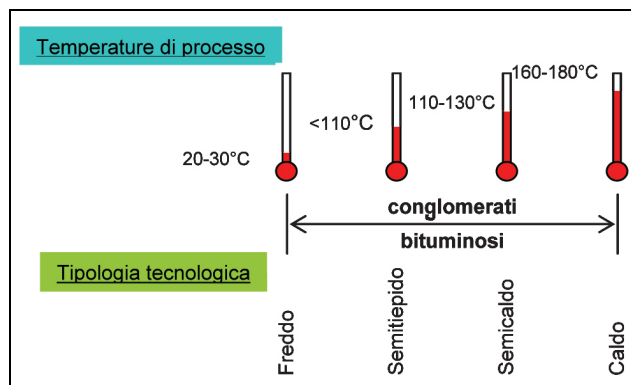


Fig. 6.21 – Temperature di produzione e di stesa per conglomerati bituminosi

Salvaguardia ambientale	<ul style="list-style-type: none"> • fino al 40÷50% di risparmio energetico in produzione, in quanto si utilizzano minori quantità di combustibile; • fino al 40% in meno di emissioni di CO₂, 30% in meno di CO, 60% in meno di NO_x; • fino al 50% in meno di emissioni di polveri.
Miglioramento delle condizioni di lavoro	<ul style="list-style-type: none"> • minor pericolo, o addirittura assenza, di ustioni; • riduzione dei fumi emessi.
Organizzazione del cantiere	<ul style="list-style-type: none"> • a parità di temperatura finale, copertura di maggiori distanze di trasporto del materiale proveniente dagli impianti di confezionamento; • riduzione dei tempi di attesa per l'apertura al traffico di tratti di pavimentazione appena messa in opera; • estensione del periodo lavorativo anche nelle stagioni meno calde.
Prestazioni dei materiali	<ul style="list-style-type: none"> • minor invecchiamento del legante bituminoso, per cui maggior durabilità; • in genere migliori caratteristiche prestazionali.

Tab. 6.18 – Vantaggi dei conglomerati bituminosi “a bassa energia”

Additivazione con fluidificanti del bitume	Paraffine o cere cristalline FT (tecnologia <i>Sasobit</i> ®)
Formazione di schiuma del bitume	<ul style="list-style-type: none"> • Schiuma di emulsione bituminosa modificata (tecnologia <i>Evotherm</i>®) • Bitume schiumato con aggregati riscaldati (tecnologia <i>LT-asphalt</i>®) • Sistema a due componenti di legante (tecnologia <i>Wam-Foam</i>®) • Sabbie umide (tecnologie <i>EBE</i>® (<i>Enrobage a Basse Energie</i>), <i>LEA</i>® (<i>Low Energy Asphalt</i>)) • Additivazione con Zeoliti (tecnologia <i>Aspha-min</i>®)

Tab. 6.19 – Classificazione delle tecnologie per il confezionamento di miscele tiepide

Le tecnologie che appartengono al primo gruppo si differenziano in funzione del tipo di additivo utilizzato. Le prime ad essere studiate sono state le paraffine o cere cristalline costituite da idrocarburi alifatici a lunga catena che si generano nella fase di gasificazione del carbone nel processo *Fischer-Tropsch* per la produzione di carburanti e combustibili liquidi (figura 6.22).

Riescono a diminuire di 20÷30°C la temperatura di confezionamento e di posa della miscela attraverso un meccanismo reversibile di cambiamento di stato fisico (fusione - cristallizzazione):

- fondendo al di sopra di 80°C riducono la viscosità del legante e conferiscono fluidità alla miscela alle temperature di confezionamento e di stesa dei conglomerati;
- cristallizzando al di sotto degli 80°C conferiscono rigidità anche a temperature di esercizio elevate.



Fig. 6.22 – Paraffine in polvere ed in perle

L'additivazione al bitume è fatta ad una temperatura di circa 120°C sotto modesta agitazione e senza la necessità di un miscelatore. Il dosaggio di paraffine raccomandato varia tra il 2% ed il 4% in peso sul legante. In questo modo si ottengono numerosi effetti sul comportamento reologico del prodotto finale:

- un effetto fluidificante, con diminuzione della viscosità dinamica al di sopra di 130°C che favorisce il rivestimento degli aggregati e la lavorabilità;
- un effetto irrigidente, con innalzamento del punto di rammollimento (Palla-Anello), diminuzione della penetrazione a 25°C e moduli, misurati con il *Dynamic Shear Rheometer*, maggiori;
- nessun effetto significativo alle basse temperature.

Le tecnologie che appartengono al secondo gruppo, invece, si differenziano in funzione del prodotto utilizzato per rendere più lavorabile la miscela che può essere:

- schiuma di emulsione bituminosa modificata;
- bitume schiumato con aggregati riscaldati;
- sistema a due componenti di legante;
- sabbie umide;
- Zeoliti.

La tecnologia di produzione delle miscele tiepide confezionate con schiuma di emulsione prevede che il conglomerato bituminoso sia riscaldato tra 120 e 130°C e successivamente spruzzato nel miscelatore direttamente sugli inerti che non necessitano di alcun riscaldamento. Il procedimento è stato a lungo indagato in laboratorio, dove sono state verificate le prestazioni di questi prodotti a confronto con quelli tradizionali a caldo. I risultati ottenuti hanno evidenziato una percentuale di vuoti e una densità massima simili, una resistenza a trazione e all'ormaiamento migliore per le tecniche a caldo. Si può, quindi, concludere che le miscele tiepide con emulsioni schiumate raggiungono un livello prestazionale iniziale di poco inferiore a quello delle miscele a caldo, ma suscettibile di miglioramento con il passare del tempo.

La tecnologia del bitume schiumato con aggregati riscaldati, invece, sfrutta i vantaggi derivanti da un riscaldamento preliminare degli aggregati a temperature inferiori ai 100°C prima dell'immissione del legante. L'entità del risparmio energetico

dipende dal contenuto di umidità degli inerti e può oltrepassare la soglia del 40%.

Numerosi studi effettuati hanno evidenziato che:

- l'efficacia del ricoprimento degli aggregati da parte del legante aumenta con la temperatura degli stessi;
- è opportuno conferire umidità alla miscela per facilitare la compattazione. L'indice dei vuoti può diminuire del 30% se la temperatura di compattazione varia da 45 a 90°C;
- l'energia necessaria alla rottura a compressione o a taglio evidenzia un comportamento simile a quello delle miscele tradizionali a caldo;
- la resistenza a fatica è equivalente a quella dei prodotti tradizionali;
- per temperature di riscaldamento degli inerti superiori ai 100°C si ottengono maggiori resistenze a taglio, ma diminuiscono i vantaggi energetici poiché oltrepassare questa soglia significa dissipare calore per conferire l'energia necessaria per l'evaporazione dell'acqua senza benefici in termini di riscaldamento degli aggregati.

La tecnologia *Wam-Foam* o “a due componenti di legante”, sviluppata da *Shell Bitumens*, si basa sull'uso in fase di miscelazione di bitumi *hard* e *soft* (rispettivamente a bassa ed alta penetrazione) ed utilizza impianti muniti di un'attrezzatura specifica per la schiumatura del bitume *hard*. Il processo prevede che gli aggregati vengano prima riscaldati a circa 130°C nell'essiccatore e poi mescolati a circa 110°C con il legante. Quest'ultimo è complessivamente pari al 6% in peso sulla miscela ed è costituito da bitume *soft* al 30% e *hard* al 70%. A differenza di quanto avviene per una normale miscela a caldo per un conglomerato bituminoso tiepido la miscelazione avviene in due fasi: si parte da un bitume *soft* che viene immesso nel miscelatore attraverso le tubazioni standard dell'impianto e si aggiunge in un secondo tempo bitume *hard* che, prima di essere inviato al miscelatore, viene convogliato attraverso un'apposita tubazione in una camera di espansione dove avviene la schiumatura.

Poiché con l'impiego solo di bitume *soft* la miscela potrebbe risultare poco resistente e soggetta alla formazione di ormaie, si rende necessaria l'aggiunta del legante *hard*. È importante che il bitume *soft* ricopra omogeneamente gli inerti in modo da evitare che l'acqua necessaria alla formazione della schiuma penetri all'interno delle

microporosità degli aggregati, pregiudicando in tal modo l'adesione tra bitume ed aggregato e quindi la coesione della miscela finale (figura 6.23).

Il processo *Wam-Foam* può essere così schematizzato (figura 6.24):

- fase 1: introduzione degli aggregati riscaldati a circa 130° nel mescolatore;
- fase 2: introduzione del bitume *soft* riscaldato alla temperatura di 100÷120°C;
- fase 3: introduzione del bitume *hard* sotto forma di schiuma;
- fase 4: miscelazione fra i due tipi di bitume e gli inerti.

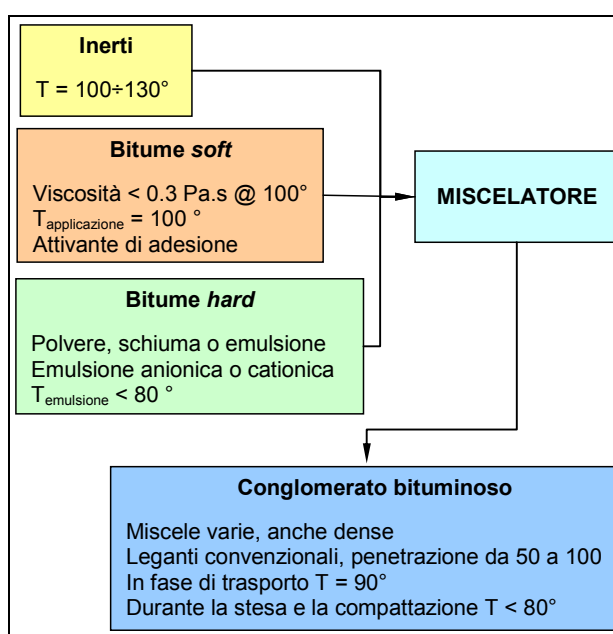


Fig 6.23 – Descrizione del processo *Wam-Foam*

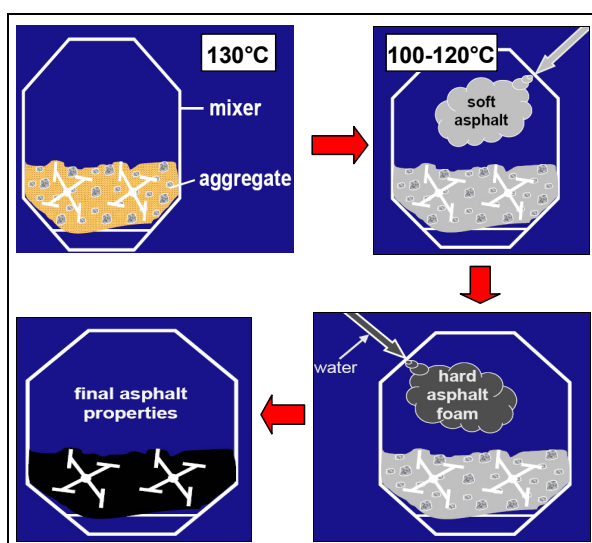


Fig. 6.24 – Fasi del processo *Wam-Foam*

I risultati ottenuti in numerosi siti sperimentali, tra i quali un tratto di 3,5 km sull'autostrada Firenze-Pisa-Livorno, hanno evidenziato, a parità di condizioni atmosferiche e di umidità degli inerti, una riduzione delle emissioni di CO₂ pari al 31,6% ed un dimezzamento delle emissioni di CO, NO_x, polveri e fumi ogni 10°C di riduzione della temperatura di confezionamento.

Oltre al risparmio energetico ed alla riduzione dei gas serra il *Wam Foam* presenta ulteriori vantaggi:

- la stesa di conglomerati resta possibile a temperature ambientali più basse, il che consente di lavorare anche in inverno;
- l'apertura al traffico è più rapida rispetto al caso di impiego di conglomerati a caldo tradizionali;
- in fase di confezionamento della miscela si è riscontrata una riduzione dei consumi di combustibile che per una produzione di 125 t/h è risultata pari a circa il 30%, portando il consumo da 6÷6,5 l/t a 4,4 l/t.

Negli ultimi anni in Francia è stata sviluppata la tecnologia *EBE® (Enrobage a Basse Energie)* o *LEA® (Low Energy Asphalt)* secondo la terminologia anglosassone, la quale sfrutta la caratteristica del bitume di dar luogo ad emulsioni o a schiuma in presenza di acqua. Il procedimento consiste nel riscaldamento della sola frazione grossolana presente negli aggregati e nel conservare temperatura e umidità naturali nella parte sabbiosa, che contiene la maggior parte dell'acqua. I punti cardine del processo si rifanno alla tecnica del cosiddetto rivestimento sequenziale (figura 6.25):

- fase 1: gli aggregati vengono separati in due frazioni che saranno immesse separatamente nel miscelatore e quella grossolana viene essiccata e riscaldata a temperatura inferiore a 150°. Il bitume viene riscaldato alle tradizionali temperature di lavorazione (140÷180°) e viene aggiunto un tensioattivo che favorisce il rivestimento degli aggregati umidi e migliora l'espansione, ovvero consente la formazione di schiuma;
- fase 2: all'interno del miscelatore il bitume riveste l'aggregato grosso in modo uniforme, garantendo la formazione di un film spesso e saldamente collegato alla superficie dell'inerte;

- fase 3: nel miscelatore la frazione fine viene inserita umida ed a temperatura ambiente, permettendo l'espansione del bitume attorno alla frazione grossolana;
- fase 4: l'espansione del bitume favorisce il rivestimento di entrambe le frazioni e l'innalzamento della temperatura della sabbia;
- fase 5: si raggiunge l'equilibrio termico tra scheletro litico, acqua e bitume.

I tradizionali impianti, siano essi discontinui o continui, possono essere impiegati salvo modifica con idonei "kit" che consentono l'alimentazione delle due frazioni di aggregato nella bilancia prima del miscelatore. Sia il tamburo che l'impianto di raccolta dei fumi potranno essere di dimensioni contenute viste le minori temperature operative e l'assenza di frazioni fini. La minore formazione di polvere richiede, inoltre, una più piccola superficie filtrante e quindi entrambi i sistemi di essiccazione e filtraggio possono essere di dimensioni più contenute in quanto trattano solo il 60% delle sostanze minerali complessive.

Dopo il confezionamento è possibile lo stoccaggio per ore in tramogge coibentate. Il successivo trasporto non è soggetto a particolari limitazioni di distanza, nonostante si consigli la copertura degli autocarri con teloni per limitare la diminuzione della temperatura e la conseguente perdita di lavorabilità. Questo è reso possibile dal fatto che la differenza di temperatura tra ambiente e conglomerato è inferiore rispetto al caso delle miscele tradizionali (figura 6.26).

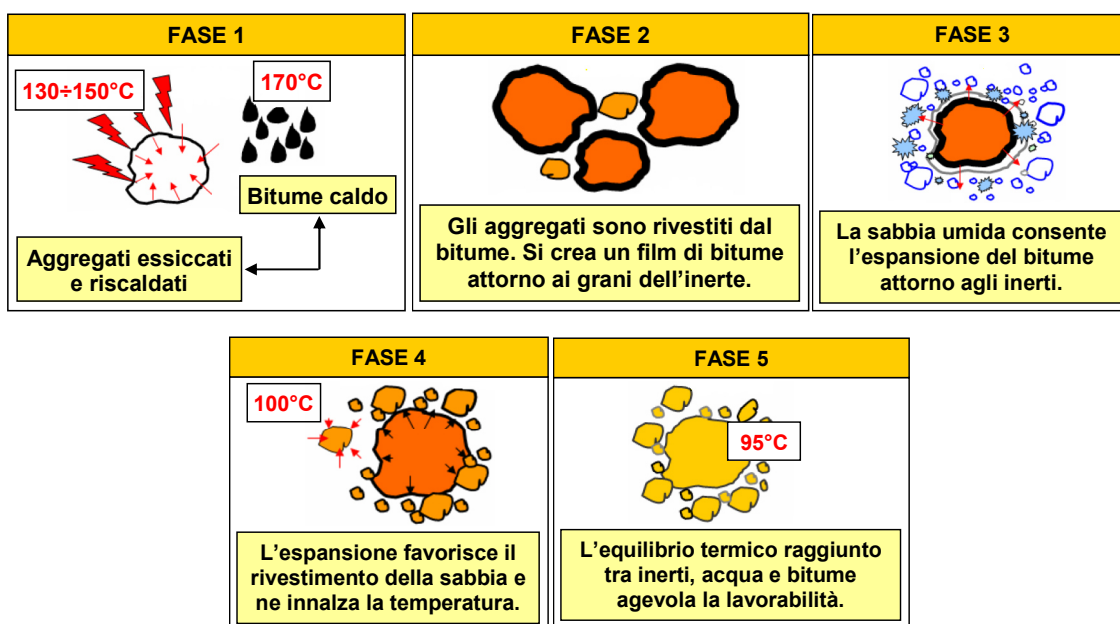


Fig. 6.25 – Fasi del procedimento LEA®

Per quel che riguarda la stesa, la cui temperatura raccomandata è generalmente tra i 60 e i 70°C, i macchinari sono gli stessi di quelli utilizzati tradizionalmente. In fase di compattazione bisogna tenere presente che i conglomerati tiepidi riscaldano meno i pneumatici e di conseguenza i rulli gommati devono essere equipaggiati con una barra per la spruzzatura di liquido anti-collante. Solitamente si richiede un'energia superiore rispetto alle tradizionali tecniche a caldo per cui si effettua un maggior numero di passate con i rulli. Un ulteriore vantaggio è che, vista la leggerissima condensazione del vapore acqueo in finissime goccioline a livello delle pareti, i mezzi di trasporto e di stesa sono più puliti, per cui i solventi sono usati raramente.

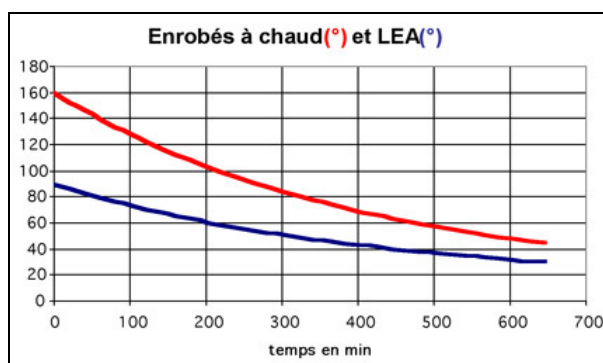


Fig. 6.26 – Tempo di raffreddamento di un conglomerato a caldo e di uno *LEA*®

Queste tecniche permettono un risparmio energetico dell'ordine del 40÷50% ed una riduzione delle emissioni di gas serra della stessa entità; per ogni tonnellata di prodotto tiepido, a seconda dell'impianto e delle modalità di lavorazione adottate, si ottiene una riduzione delle emissioni da 7 a 10 kg di CO₂, partendo dai 20 kg prodotti da un conglomerato a caldo.

Tra le tecnologie che sfruttano la formazione di schiuma di bitume per rendere più lavorabile la miscela è da citare anche quella che si basa sull'additivazione con Zeoliti. Le Zeoliti sono silico-alluminati cristallini presenti in natura in rocce vulcaniche e sono strutturate internamente come delle spugne aventi la capacità di trattenere acqua fino a circa il 21% del loro peso e di emettere vapore, una volta riscaldate, tra 85 e 180°C (figura 6.27).

Aggiunte al bitume in ragione dello 0,3% in peso di miscela, permettono il confezionamento di conglomerati bituminosi a temperature comprese tra 105°C e 125°C, a seconda che si utilizzi bitume normale o modificato, garantendo le stesse prestazioni dei prodotti tradizionali (tabella 6.20).



Fig. 6.27 – Aspetto e granulometria della Zeolite

Bitume	Normale	Modificato
Fase		
Produzione	105 ÷ 120°C	110 ÷ 125°C
Posa in opera	fino 90 ÷ 95°C	fino 100 ÷ 110°C

Tab. 6.20 – Temperature di esercizio

La riduzione della viscosità della miscela è causata dall'emissione da parte delle Zeoliti di vapore acqueo, che determina l'espansione del bitume e la conseguente formazione di schiuma in grado di rivestire gli inerti in fase di miscelazione.

L'impianto di confezionamento può essere di tipo tradizionale in quanto l'impiego di Zeoliti richiede solo un dispositivo dosatore simile a quello previsto per l'aggiunta di fibre (figura 6.28).

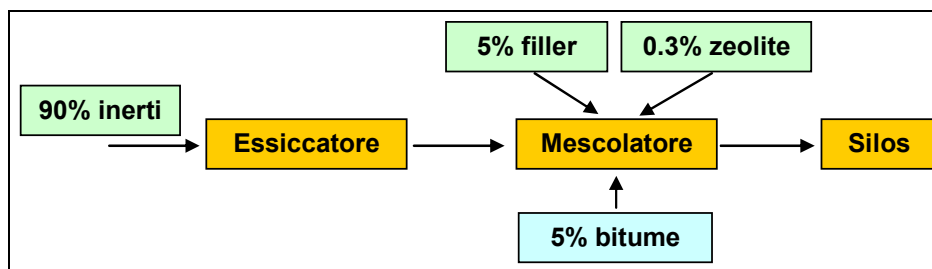


Fig. 6.28 – Schema di confezionamento di conglomerati tiepidi con Zeoliti

Grazie all'additivazione con Zeoliti è possibile ottenere diversi vantaggi in quanto:

- possono essere utilizzate con tutte le ricette ad oggi impiegate in produzione, senza apportare alcuna modifica, comprese quelle con conglomerato riciclato;
- sono estremamente facili da gestire e da stoccare, non subiscono deterioramenti al variare della temperatura tra -15°C e 70°C ;
- la forma granulare sotto cui si presentano ne permette un agevole utilizzo e l'inserimento direttamente all'interno del mescolatore;
- sono facilmente dosabili nel mescolatore senza necessità di modifiche strutturali agli impianti produttivi;
- non richiedono alcun prolungamento del tempo di miscelazione del conglomerato, lasciando dunque inalterata la produttività dell'impianto;
- consentono un ampliamento del raggio di copertura degli impianti di produzione;
- permettono di lavorare in presenza di condizioni climatiche critiche;
- la bassa temperatura di stesa comporta un'apertura molto più rapida al traffico;
- consentono una riduzione del consumo energetico in fase di produzione del 40-50% senza alcun effetto indesiderato sulle prestazioni del conglomerato in termini di lavorabilità, proprietà meccaniche e vita utile.

A conclusione è possibile esprimere un primo giudizio sulle tecniche tiepide fin qui esaminate: in generale si può osservare che con la tecnologia *LEA*® si ottengono maggiori riduzioni delle temperature di processo con conseguente maggior risparmio energetico e nel contempo si rendono necessarie minori modifiche sia alla configurazione dell'impianto di confezionamento sia alle sue tradizionali modalità operative. Va sottolineato comunque che anche le altre opzioni rappresentano valide soluzioni tecnologiche.

In tabella 6.21 si riporta una sintesi dei principali aspetti delle tecnologie esaminate in termini di:

- natura e dosaggio degli additivi impiegati;
- temperature di processo durante la miscelazione, la stesa e la compattazione;
- dispositivi di miscelazione e problemi produttivi;
- applicazioni e caratteristiche prestazionali della pavimentazione.

Dai dati in tabella 6.21 si evince che alcuni punti sono comuni a tutte le tecniche:

- ridotti consumi di energia;
- ridotta formazione di CO₂;
- meno fumi in fase di messa in opera;
- meno emissioni all'impianto di confezionamento;
- minor invecchiamento del legante;
- migliori caratteristiche prestazionali della miscela.

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

Processo	Additivi		Risparmi	Caratteristiche aggiuntive	Problemi produttivi	Temperatura di stoccaggio bitume	Temperatura di miscelazione	Temperatura di posata	Impianto di confezione	Applicazioni	Caratteristiche medie prestazionali
	Natura	Dose									
Additivazione con fluidificanti del bitume	Paraffine FT	2-4% su bitume	Energetici, riduzione fumi, Tempi ridotti per miscelazione e compattazione	Irrigidimento del bitume. Stesa più veloce	Attrezzatura di immissione additivo e unità di mescolamento	30°C inferiore alla temperatura usale di stoccaggio	130-150°C	120-130°C	Continui e Discontinui	Basi e tappeti inclusi con glomerati chiusi, SMA, mastici	Maggiore resistenza a ormalamento rispetto alle HMA
Schiuma di emulsione	Agente schiumante e emulsionante	N/A	Energetici, riduzione fumi	Bassa ossidazione bitume. Richiede stoccaggio tiepido del bitume	Attrezzatura sottopressione di 2,5 bar	80-90 °C surriscaldato alla miscela a 110-125 °C	Aggregato 110-120 °C	75-90 °C in funzione del legante	Treni di riciclaggio a caldo. Impianti con miscele con emulsioni a freddo	Ampia gamma di miscele particolarmente con RAP	Resistenza a ormalamento intermedia, tra miscele chiuse e SMA. Compattazione simile a HMA
Bitume schiumato e aggregati riscaldati	Dope d'adesione o composto reattivo igroscopico	N/A	Energetici, riduzione fumi	Miscela lavorabili quanto quelle tradizionali HMA	Barra di immissione schiuma di bitume calibrata per ambiente caldo e polveroso	Temperatura di stoccaggio bitume abituale	Aggregato 90 °C	60-70 °C	Continui e discontinui. Con adattamenti ulteriori a barra schiuato per discontinui	Basi chiuse e tappeti con ampia gamma di miscele particolarmente con RAP	Stessa delle miscele a caldo
Sistema a due componenti di legante	Dope d'adesione nel bitume soft. Agente schiumante nell'hard	N/A	30% di carburante & 30% CO ₂ e 50-60% riduzione di polvere	Miscela con più lunga stabilità allo stoccaggio. Impianto riscaldamento e raccolta polveri più semplici	Modifiche all'impianto per schiumatura. Possibile necessità alimentare tamburo	Temperatura di stoccaggio legante abituale	100-120 °C	70-100 °C	Impianti continui e discontinui	Adatto per basi e tappeti	Stesse pre-stazioni HMA (ormai, regolarità e tessitura superficiale) per miscele dense
Sabbie umide	Dope d'adesione	0,3% mix	50% energia & 50% CO ₂ e IPA	Abbattimento polveri e pulizia attrezzatura	Unità di ricircolo sul tamburo	Normale (140-180 °C)	60-90°C	60-70°C	Continui e Discontinui	Ampia gamma di miscele con RAP e modificato	Stessa delle Miscele a caldo
Additivazione con Zeoliti	Zeoliti nella miscela	0,3% mix	30% carburante, 75% fumi, riduzione particolato	Nessuna influenza sulla prestazione dell'impianto. Meno ossidazione bitume	Cistema di stoccaggio, nastro alimentare dispositivi per zeoliti	Solita (140-180 °C)	130-145 °C	100 °C	Impianti continui e discontinui	Ampia gamma di miscele incluso modificato, asfalti con RAP e mastici	Stessa delle Miscele a caldo

Tab. 6.21 – Quadro riassuntivo relativo alle tecniche di produzione di miscele tiepide

6.3.2.6 CONGLOMERATI BITUMINOSI CON FRAMMENTI DI SPECCHIO

Per ottenere un gradevole aspetto estetico sono state sviluppate alcune applicazioni basate sull'inserimento nelle miscele di conglomerato bituminoso di materiali con elevate qualità di riflessione della luce quali i frammenti di specchio (figura 6.29). Si ottiene così un piano viabile, con elevate proprietà ottiche prodotte dai pezzi di specchio che risultano punti luminosi quando sono investiti dalla luce.



Fig. 6.29 – Frammenti di specchio

Alcuni studi hanno preso in considerazione diverse problematiche che l'introduzione di questo materiale può comportare: la distribuzione granulometrica di specchio frantumato, il dosaggio all'interno della miscela, la valutazione delle proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso tenendo conto delle particolarità dell'additivo (adesività ed attrito interno di un materiale levigato). I risultati ottenuti hanno evidenziato che l'effetto ottico delle particelle di specchio è mascherato per granulometrie inferiori a 2 mm mentre, al di sopra di 8 mm, l'effetto ottico è quello di mancanza di omogeneità della superficie stradale (a causa della distribuzione aleatoria dei pezzi di specchio) ed i grossi elementi costituiti da vetro e specchio si frantumano in piccoli detriti a causa delle azioni flessionali. Le distribuzioni granulometriche risultate efficaci sono state la 2/6 e la 3/8; la percentuale in peso nella miscela di frammenti di specchio è del 20÷30%.

Il conglomerato bituminoso nel quale sono inseriti i frammenti ha le stesse caratteristiche di una normale miscela chiusa, legata con bitume tradizionale o modificato. La percentuale di bitume sul peso degli aggregati non viene modificata rispetto al caso senza specchio in quanto quest'ultimo presenta facce perfettamente piane e parallele, quindi superficie specifica ridotta, e porosità nulla.

Gli impianti per la produzione della miscela e le relative modalità di stesa non differiscono da quelli utilizzati per i prodotti tradizionali.

L'effetto in opera è efficace, dal punto di vista visivo, sia in condizioni diurne (quando i frammenti riflettono la luce solare), sia di illuminazione artificiale o notturne (figura 6.30).

I valori di aderenza della superficie finita sono equivalenti a quelli di un miscela classica.



Fig. 6.30 – Proprietà ottiche dei conglomerati bituminosi con frammenti di specchio

6.3.2.7 PAVIMENTAZIONI FOTOVOLTAICHE

La fotocatalisi è quel fenomeno naturale per cui una sostanza, detta fotocatalizzatore, sfruttando la luce solare o artificiale, incrementa la velocità di una reazione chimica. Di particolare interesse è l'applicazione di questo principio alla creazione di prodotti in grado di ossidare fino a completa mineralizzazione i principali inquinanti atmosferici. Tra questi, un ruolo di primo piano è occupato dal biossido di titanio (TiO_2), materiale caratterizzato da un'intensa reattività alle lunghezze d'onda caratteristiche della luce solare e da una buona disponibilità in natura.

Dalla degradazione di inquinanti come ossido di azoto (NO_x), ossidi di zolfo (SO_x) o anidride carbonica (CO_2), principali cause dell'inquinamento atmosferico, derivano sali innocui come i nitrati di calcio, i carbonati di calcio (calcare) ed i solfati di calcio (gesso) (figura 6.31).

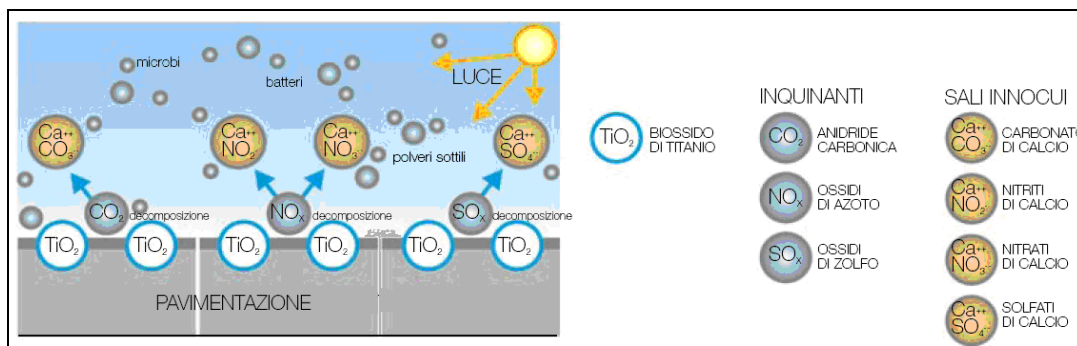


Fig. 6.31 – Schema della reazione fotocatalitica

Attualmente la realizzazione di una sovrastruttura stradale fotocatalitica può prevedere quattro diverse tecniche:

- pavimentazioni fotocatalitiche “bitume-cemento”, caratterizzate uno strato di conglomerato bituminoso aperto, parzialmente intasato da una malta cementizia fotocatalitica (figura 6.32);
- pavimentazioni nelle quali il piano di usura è rivestito da uno strato, più o meno sottile, di malta cementizia fotocatalitica;
- pavimentazioni bituminose fotocatalitiche o ecoattive, nelle quali il fotocatalizzatore è disperso direttamente nel conglomerato bituminoso invece che in un legante cementizio;
- pavimentazioni ad elementi autobloccanti ecoattivi, costituite da masselli realizzati o rivestiti con cemento fotocatalitico.

Per le applicazioni fotocatalitiche bitume-cemento, che costituiscono la tipologia attualmente più diffusa per gli spazi ciclo-pedonali adiacenti alla sede stradale, gli aggregati devono essere totalmente frantumati e rispettare le specifiche indicate nelle tabelle 6.22, 6.23 e 6.24.



Fig. 6.32 – Pavimentazioni fotocatalitiche bitume-cemento

Parametro	Valore
Los Angeles [%]	≤ 23
Microdeval umida [%]	≤ 18
Quantità di frantumato [%]	100
Dimensione massima [mm]	20
Sensibilità al gelo [%]	≤ 30
Spogliamento [%]	0
Passante al setaccio 0,075 mm [%]	≤ 1
Indice di appiattimento [%]	≤ 20
Porosità [%]	≤ 1.5
CLA (coefficiente di levigabilità accelerata) [%]	≥ 42

Tab. 6.22 – Caratteristiche dell'aggregato grossolano

Parametro	Valore
Equivalentente in sabbia [%]	≥ 80
Passante al setaccio 0,075 mm [%]	≤ 5
Quantità di frantumato [%]	100

Tab. 6.23 – Caratteristiche dell'aggregato fine

Parametro	Valore
Spogliamento [%]	≤ 5
Passante al setaccio 0,18 mm [%]	100
Passante al setaccio 0,075 mm [%]	≥ 80
Indice di plasticità	N. P.

Tab. 6.24 – Caratteristiche del filler

Il bitume deve essere di tipo modificato, con elevate caratteristiche di adesione e coesione per sopperire, in termini di resistenza meccanica complessiva, alle carenze di contatti aggregato-aggregato tipiche delle miscele ad elevato volume di vuoti (tabella 6.25). La miscela deve avere una composizione granulometrica differente a seconda che si utilizzi bitume di tipo *soft* o *hard* (figure 6.33 e 6.34). Il tenore di bitume impiegato è indicativamente compreso tra il 4,5 % ed il 6 % in peso (tabella 6.26).

Parametro	Bitume	
	<i>soft</i>	<i>hard</i>
Penetrazione a 25 °C [dmm]	50 ÷ 70	50 ÷ 70
Punto di rammollimento [°C]	≥ 60	≥ 65
Indice di penetrazione	da 0 a +2	da +2 a +5
Punto di rottura (Fraass) [°C]	≤ -12	≤ -15
Viscosità dinamica a 160 °C [Pa·s]	≤ 0.4	≤ 0.6
Ritorno elastico a 25 °C, 50 mm/min [%]	≥ 75	≥ 75
Volatilità [%]	≤ 0.8	≤ 0.8
Penetrazione residua a 25 °C dopo la prova di volatilità [%]	≥ 60	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento in seguito alla prova di volatilità [%]	≤ 5	≤ 5

Tab. 6.25 – Caratteristiche del bitume

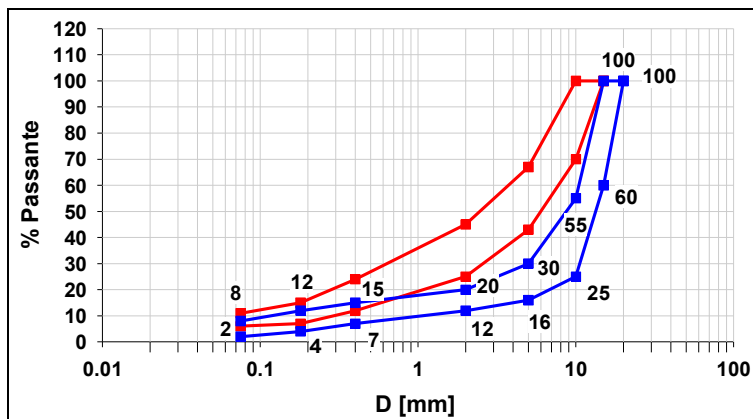


Fig. 6.33 – Confronto tra i fusi per strato di usura fotocatalitico con bitume *soft* (in blu) e da capitolato ANAS (in rosso)

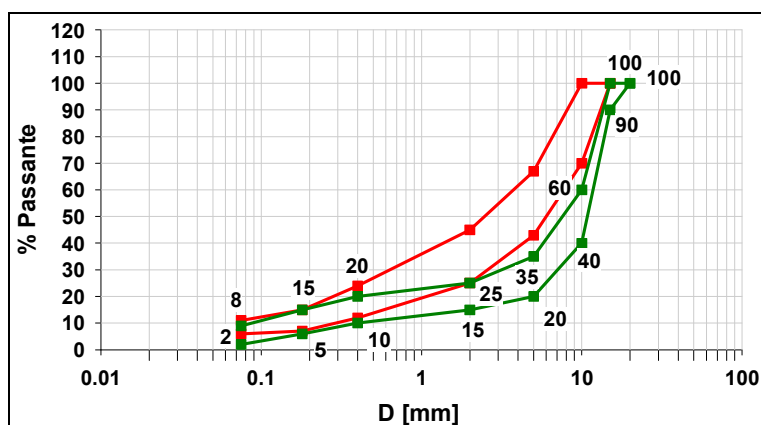


Fig. 6.34 – Confronto tra i fusi per strato di usura fotocatalitico con bitume *hard* (in verde) e da capitolato ANAS (in rosso)

Parametro	Valore
Stabilità <i>Marshall</i> [kN]	> 6
Rigidezza <i>Marshall</i> [KN/mm]	> 3
Vuoti residui [%]	14 ÷ 18
Perdita di stabilità <i>Marshall</i> dopo 15 giorni di immersione in acqua [%]	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C [N/mm ²]	0.65 ÷ 1.30
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C [N/mm ²]	> 40

Tab. 6.26 – Proprietà del conglomerato bituminoso

Per quanto riguarda la preparazione del conglomerato, da eseguirsi in impianti idonei, deve essere garantito un adeguato riscaldamento di bitume ed aggregati. In particolare la temperatura di questi ultimi all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170 °C e 200 °C e quella del legante tra 160 °C e 180 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

La messa in opera della miscela prevede diverse fasi:

- eventuale scarifica della pavimentazione esistente per uno spessore medio di 4 cm;
- preparazione della superficie di posa mediante stesa di un'opportuna mano di attacco realizzata con emulsione bituminosa;
- stesa del conglomerato bituminoso aperto per uno spessore medio di 4 cm, mediante vibrofinitrici dotate di automatismi di autolivellamento. La velocità di avanzamento della vibrofinitrice non deve superare i 3÷4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. La temperatura della miscela all'atto della stesa, misurata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare non inferiore a 150 °C se ottenuta con bitume modificato di tipo *soft*, oppure non a 170 °C se impastata con bitume di tipo *hard*. La compattazione del conglomerato deve infine essere eseguita, senza interruzioni, mediante rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t;
- applicazione del premiscelato cementizio fotocatalitico a parziale intasamento del conglomerato. È raccomandabile non procedere con temperature inferiori a 5 °C e superiori a 35 °C. Per la stesa vengono adottate tecniche differenti in relazione allo sviluppo delle superfici da trattare ed alle aree di cantiere disponibili. Le metodologie più in uso sono l'applicazione mediante macchina *Slurry* e per mezzo di spatole in gomma e/o in acciaio (figura 6.35).

Lo strato di usura fotocatalitico, grazie al colore chiaro della malta cementizia, consente un significativo miglioramento della visibilità, nonché una riduzione del gradiente termico della superficie della pavimentazione.

Per quanto riguarda i vantaggi ambientali, invece, si riportano i risultati di alcune applicazioni in sito per le quali è stata monitorata nei periodi pre e post intervento la concentrazione di alcuni inquinamenti (biossido di azoto (NO₂), anidride solforosa (SO₂), anidride carbonica (CO₂)) (tabella 6.27 e figura 6.36).

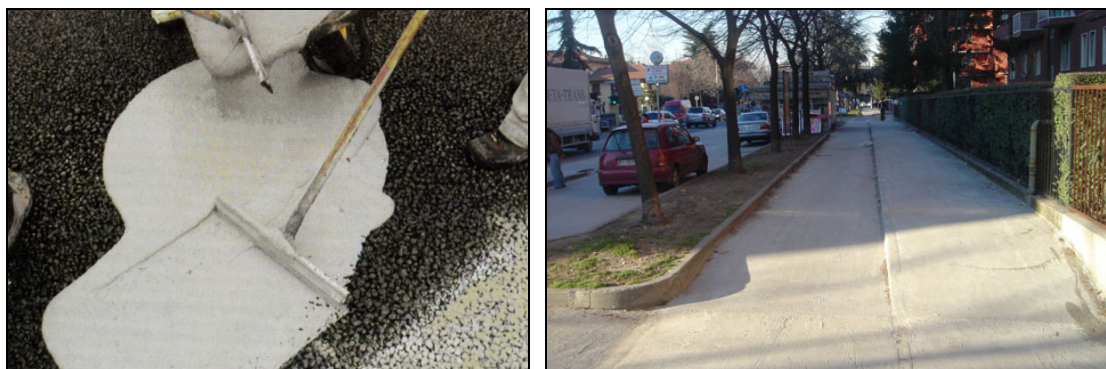


Fig. 6.35 – Particolare dell'applicazione della malta e risultato finale

Tipo di strada	Zona	Δ NO₂ [%]	Δ SO₂ [%]	Δ CO₂ [%]
Urbana	Segrate, Via I Maggio	-31.5	-25	-54
Statale	Ortisei, S.S. 242	-51	-37	-95
Casello	Beinasco, autostrada Torino-Pinerolo	-25	-	-83
Urbana	Caserta, Corso Giannone	-39	-	-
Urbana	Cinisello Balsamo	-54	-93	-21
Urbana	Milano, Via Monte San Gabriele	-15.5	-14.3	-12

Tab. 6.27 – Vantaggi ambientali delle pavimentazioni fotocatalitiche bitume-cemento

Restano da approfondire alcuni aspetti delle pavimentazioni fotocatalitiche tra cui il coefficiente di aderenza che potrebbe subire un certo scadimento.

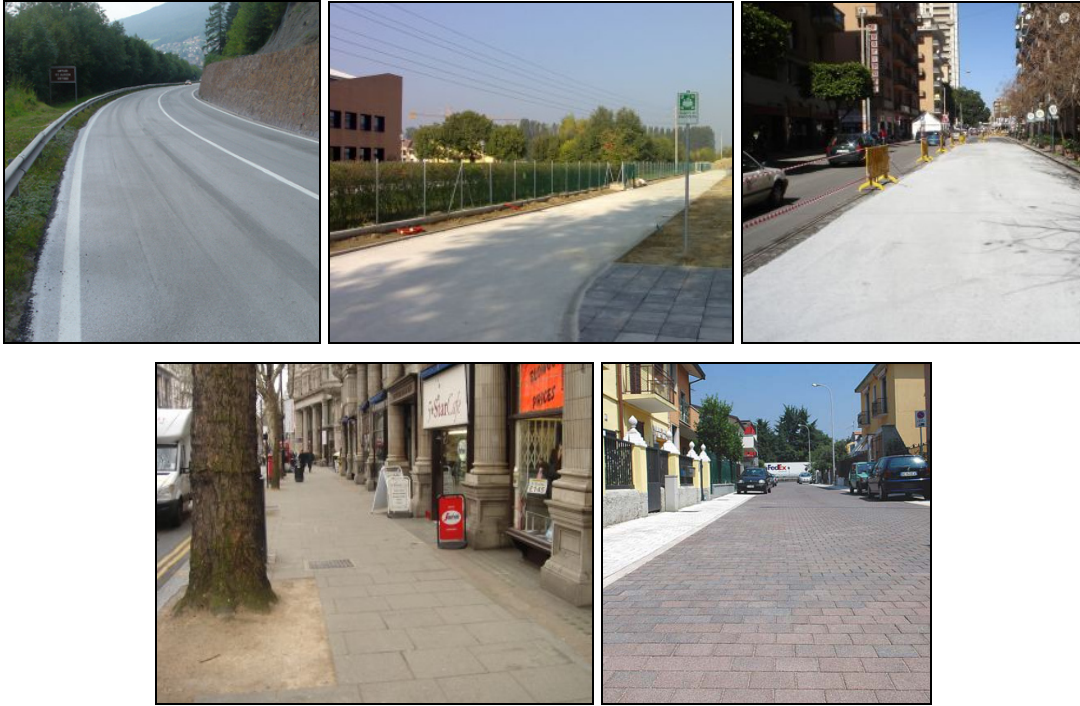


Fig. 6.36 – Pavimentazioni fotocatalitiche

6.3.2.8 MASSELLI ANTITRAUMA

I masselli antitrauma o antishock sono realizzati in gomma ricavata dal riciclo di pneumatici e rappresentano uno strumento efficace per la riduzione dei danni da caduta in quanto attutiscono in modo determinante l'energia di impatto al suolo ed annullano notevolmente il rischio di scivolamento.

La loro installazione è ideale per luoghi pubblici, aree pedonali e ciclabili, parchi giochi (figura 6.37). La Normativa EN 1176-77, in particolare, ne consiglia l'inserimento nelle aree giochi al fine di migliorare la sicurezza dei piccoli utenti.



Fig. 6.37 – Pavimentazioni antitrauma

Hanno un aspetto estetico simile a quello delle pavimentazioni in masselli tradizionali, ma presentano notevoli vantaggi aggiuntivi quali:

- rapido asciugamento;
- proprietà antiscivolo;
- vasta gamma di possibili colorazioni;
- minima manutenzione.

I masselli hanno generalmente forma rettangolare o a doppio T (figura 6.38). Nel primo caso sono posati su una superficie ben livellata e fissati tramite appositi perni predisposti su ogni lato dell'elemento; nel secondo, invece, non serve alcun tipo di fissaggio in quanto si può contare sull'effetto autobloccante garantito dalla forma stessa dei masselli. Per la posa, in particolare, non è necessaria manodopera specializzata.

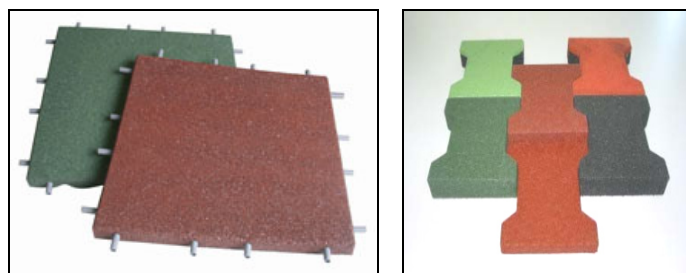


Fig. 6.38 – Masselli rettangolari a forma rettangolare e a doppio T

6.3.2.9 SUPERFICI VERDI RINFORZATE CON GEOSINTETICI

Il rinforzo di superfici erbose tramite georeti o geocelle costituisce una valida alternativa per la realizzazione di percorsi pedonali e carrabili. Utilizzando aree altrimenti impraticabili perché soggette a danneggiamento del manto ed alla comparsa di solchi, si ottengono piani viabili che garantiscono ottime prestazioni ed un perfetto inserimento nell'ambiente circostante.

Per il rinforzo si utilizzano georeti estruse in polietilene ad alta densità (*HDPE*) con struttura tridimensionale a maglia romboidale (figura 6.39), le quali vengono posate sulla superficie da trattare senza che sia necessario alcun intasamento.



Fig. 6.39 – Superfici verdi rinforzate con georeti

Sono applicabili su superfici già inerbite o da inerbire. Nel primo caso, prima di stendere il rinforzo, è necessario tagliare l'erba e livellare la superficie di posa, riempiendo le ondulazioni esistenti con una miscela di terreno e sabbia e seminando in corrispondenza dei riempimenti. Nel secondo caso, invece, è sufficiente pareggiare accuratamente il terreno di sottofondo. La georete deve essere posata in tensione per evitare la formazione di pieghe e deve essere ancorata tramite appositi chiodi alle estremità ed ai bordi laterali.

È consigliabile che il sottofondo di posa sia sufficientemente stabile e, se il terreno è argilloso, si raccomanda un adeguato sistema di drenaggio per evitare il ristagno delle acque meteoriche.

Per ottenere buoni risultati, è preferibile non transitare sulla superficie inerbita sino a che l'erba non sia cresciuta fino ad almeno 35 mm e non sia stata tagliata due volte. Il sistema così ottenuto presenta numerosi vantaggi:

- la struttura e l'elevata resistenza a trazione della georete incrementano la capacità portante del terreno assorbendo le sollecitazioni orizzontali;
- la georete assicura un ancoraggio efficace per le radici del manto erboso ed impedisce la formazione di solchi dovuti al passaggio dei mezzi;
- l'intervento di rinforzo è molto veloce, anche per superfici estese;
- la georete è riciclabile, perché completamente realizzata con poliolefine.

Per le applicazioni con geocelle, invece, si utilizzano elementi in polietilene ad alta densità (*HDPE*) a disegno alveolare, disponibili in diversi colori (figura 6.40).



Fig. 6.40 – Geocelle per il rinforzo di superfici verdi (dimensioni: 40×40×4.8, peso 1.05 kg)

Grazie al materiale di cui sono costituite, le geocelle non vengono attaccate dai microrganismi presenti nel terreno né dalle sostanze chimiche e/o fertilizzanti impiegate per la crescita e la cura del manto erboso, sono resistenti alle variazioni di temperatura e sono stabili all'esposizione ai raggi UV. La posa in opera è rapida, semplice e non richiede manodopera specializzata grazie al suo sistema ad incastro. Per ottenere buoni risultati, si consiglia di prestare particolare attenzione alla resistenza del sottofondo drenante.

6.4 COME SI PROGETTA LA SOVRASTRUTTURA

Una volta scelta la tipologia più idonea e la vita utile di progetto, il dimensionamento di una sovrastruttura stradale prevede la definizione dello spessore degli strati e delle caratteristiche dei materiali che la compongono. I metodi di calcolo disponibili in letteratura sono denominati “razionali”, “empirico-teorici” o da cataloghi. La semplicità di impiego aumenta passando dal primo al terzo metodo. Per la mobilità non motorizzata è appropriato utilizzare i metodi “empirico-teorici”, tenendo conto delle azioni trasmesse dai mezzi pesanti che vi transitano occasionalmente (mezzi di cantiere in fase di costruzione e manutenzione, eventuali veicoli di soccorso, automezzi per la raccolta dei rifiuti, ecc...). I carichi eterogenei reali vengono rappresentati mediante un congruo numero di passaggi di un asse standard equivalente (*ESA*) di peso prefissato, che ne consente l’omogeneizzazione.

In pratica si procede nel modo seguente:

- si individua per ciascun veicolo la ripartizione del peso sui vari assi di cui è composto;
- si valutano i fattori di equivalenza (*EF*) di ogni asse;
- sommando gli *EF* di tutti gli assi del veicolo si ottiene il fattore di equivalenza del mezzo come se fosse composto di assi tutti uguali e di peso pari a quello dell’asse di riferimento prescelto (*ESA*).

Per determinare i fattori di equivalenza (*EF*) si utilizza la formula di Yoder secondo la quale:

$$EF = 2^{0.078 \cdot (Q - ESA)}$$

dove *Q* rappresenta il valore del carico per asse il cui effetto si vuole equiparare a quello standard *ESA* entrambi espressi in kN. Nel caso di assi tandem, il fattore di equivalenza si ricava considerando quello relativo al carico agente su un singolo asse, moltiplicato per un coefficiente pari a 1.38.

Sovrastrutture flessibili

Uno dei metodi semiempirici più diffusi per il calcolo delle sovrastrutture flessibili è quello contenuto nel rapporto *TRRL 1132*, dove si suggerisce di utilizzare quattro strati (fondazione, base, binder ed usura) per sottofondi aventi un indice *CBR* maggiore del 5%. Se il *CBR* è minore o uguale al 5% si consiglia di adottare un ulteriore strato portante sotto la fondazione. Nel dettaglio abbiamo:

- per $CBR < 2\%$: 15 cm di fondazione su 60 cm di sottofondazione;
- per $2\% < CBR < 5\%$: 15 cm di fondazione su 35 cm di sottofondazione;
- per $CBR \approx 5\%$: 22.5 cm di fondazione;
- per $CBR \approx 10\%$: 18.5 cm di fondazione.

Lo spessore complessivo degli strati in conglomerato bituminoso (base + superficiali) per differenti valori di *CBR* e gradi di affidabilità (50% ed 85%) si ricava dal grafico di figura 6.41. Come si può osservare si raccomanda, comunque, indipendentemente dal traffico cumulato previsto nel corso della vita utile, espresso in termini di *ESA* da 80 kN, uno spessore minimo di conglomerato pari ad 11 cm.

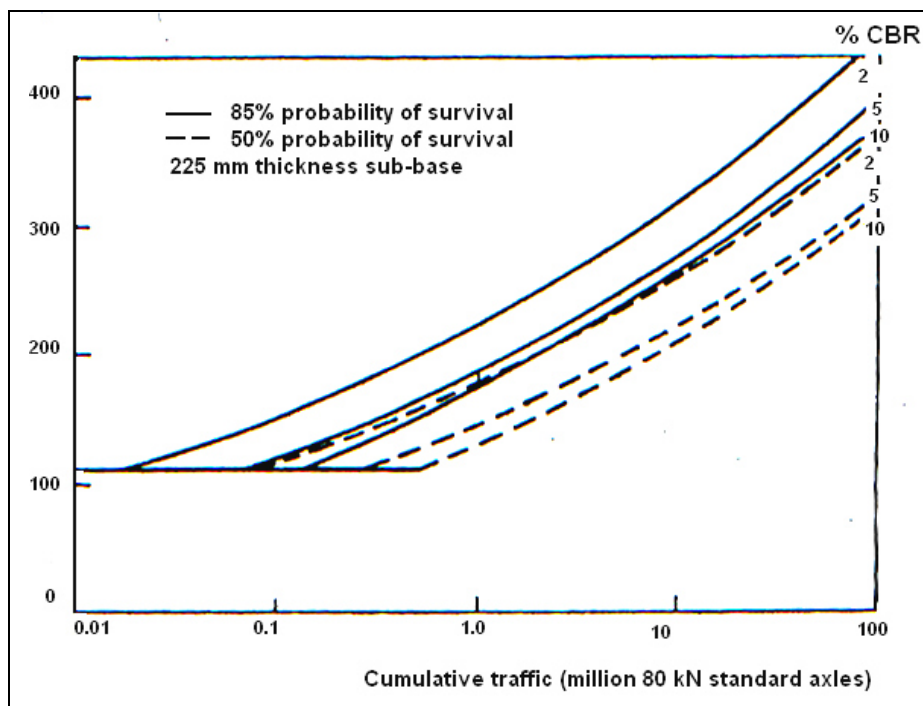


Fig. 6.41 – Spessore complessivo in mm di conglomerato bituminoso secondo *TRRL 1132*

Sovrastrutture rigide

In questo caso si può utilizzare il catalogo Belga, che comprende undici categorie di traffico (tabella 6.28), considerando le classi *B10* e *BF* relative alla viabilità non motorizzata. In tabella 6.29 sono riportate le strutture proposte dal catalogo in termini di spessore della piastra in calcestruzzo e dello strato di base.

<i>Classe di traffico</i>	<i>ESAL [$*10^6$]</i> ⁽¹⁾	<i>Classe di traffico</i>	<i>ESAL [$*10^6$]</i> ⁽¹⁾
<i>B1</i>	64 – 128	<i>B7</i>	1 – 2
<i>B2</i>	32 – 64	<i>B8</i>	0.5 – 1
<i>B3</i>	16 – 32	<i>B9</i>	0.25 – 0.5
<i>B4</i>	8 – 16	<i>B10</i>	< 0.25
<i>B5</i>	4 – 8	<i>BF</i>	---
<i>B6</i>	2 – 4		

⁽¹⁾ ESAL: numero di passaggi di Assi Standard Equivalenti da 100 kN

Tab 6.28 – Definizione delle classi di traffico

	<i>B10</i>	<i>BF</i>
<i>Calcestruzzo</i>	---	---
<i>Calcestruzzo con additivi aeranti</i>	18	16
<i>Base in misto granulare non legato</i> ⁽¹⁾	20	20
<i>Base in misto granulare con additivi</i> ⁽¹⁾	18	18
<i>Base trattata a cemento</i> ⁽¹⁾	18	15
<i>Calcestruzzo magro</i> ⁽¹⁾	18	12

⁽¹⁾ una di queste, a scelta

Tab 6.29 – Spessore degli strati

Sovrastrutture in masselli

Tra i metodi empirici quello inglese fornisce la procedura più semplice (figura 6.42) nella quale lo spessore della fondazione granulare è definito in funzione dell'impronta lasciata dal tacco delle scarpe camminando sul sottofondo.

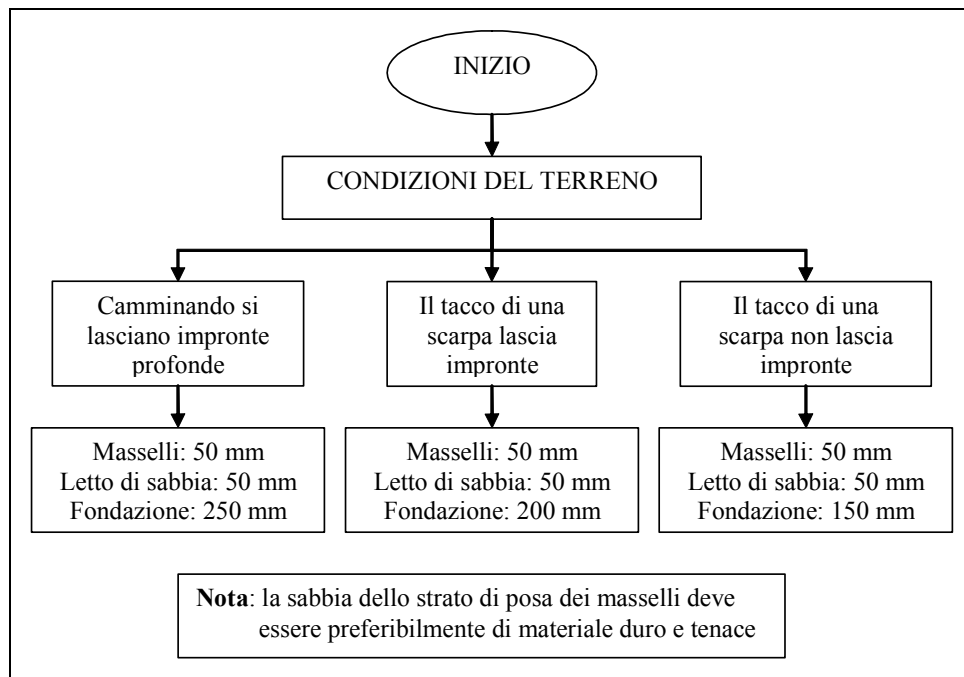


Fig. 6.42 – Dimensionamento delle pavimentazioni in masselli

Sovrastrutture di terra

In questo caso il metodo proposto è quello contenuto nelle norme tecniche australiane, basato su un apposito abaco di progetto (figura 6.43) che richiede i seguenti dati:

- portanza del sottofondo, espressa dall'indice *CBR*;
- traffico cumulato nel corso della vita utile, espresso in *ESA* da 80 kN;
- grado probabilistico di affidabilità dei risultati: con un percentile pari all'80% si ha un rischio di ricostruzione della sovrastruttura, prima del termine della vita utile, pari al 20%.

Considerando ad esempio i seguenti dati di progetto:

- *CBR* del sottofondo: 3.33;
- traffico: 100.000 *ESA* da 80 kN;
- grado di affidabilità: 80%.

Dal nomogramma di figura 18 si ottiene uno spessore di progetto dello strato di base pari a 320 mm.

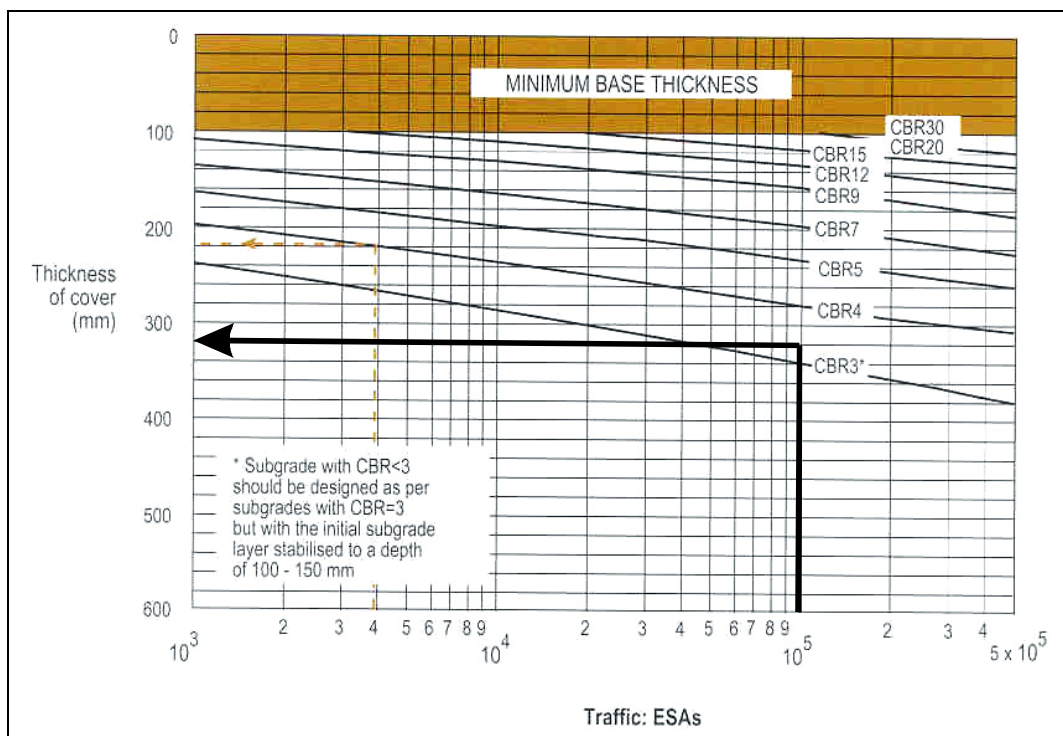


Fig. 6.43 – Abaco di dimensionamento di una pavimentazione di terra

6.5 SISTEMI DI DRENAGGIO

Un fattore progettuale molto importante è costituito dalla protezione dalle acque superficiali e di falda. I flussi principali che occorre valutare durante le fasi di progettazione e manutenzione sono illustrati in figura 6.44. Superficialmente la sovrastruttura deve essere realizzata con una pendenza trasversale (in genere 2÷3%) che garantisca un'efficace drenaggio delle acque meteoriche verso le cunette laterali di cui si deve garantire la manutenzione.

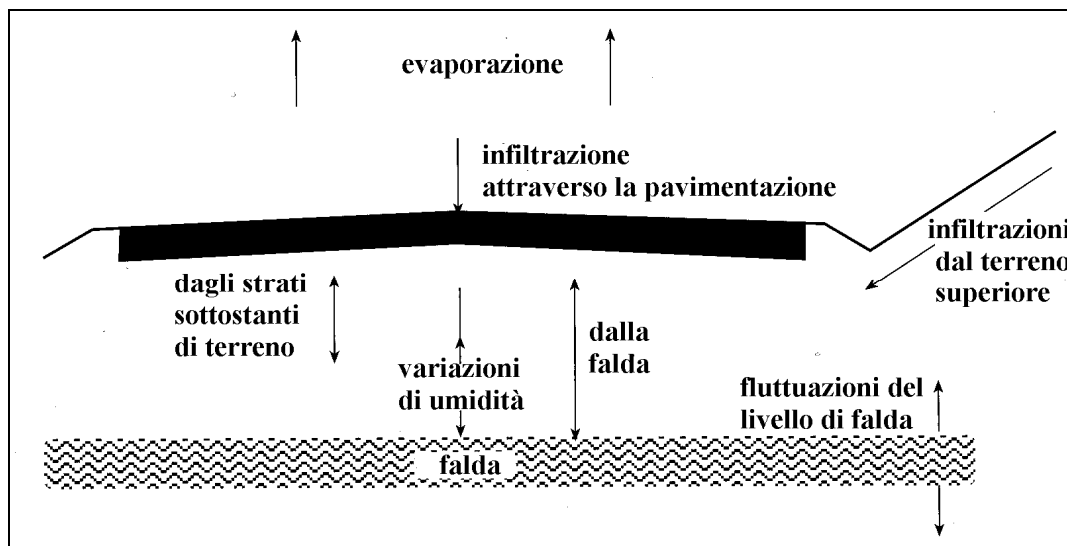


Fig. 6.44 – Protezione delle acque superficiali e di falda

Per prevenire la risalita delle acque profonde o di falda può essere necessario adottare delle misure aggiuntive, quali ad esempio dreni superficiali (figura 6.45) o strati di fondazione costituiti da materiale con elevata permeabilità. Se si utilizzano dei geosintetici per i drenaggi superficiali, occorre effettuare appositi test di compatibilità (antisifonamento ed intasamento) con i terreni circostanti. È consigliabile comunque disporre sempre un geotessile anticontaminante all'interfaccia tra i sottofondi coesivi e la fondazione.

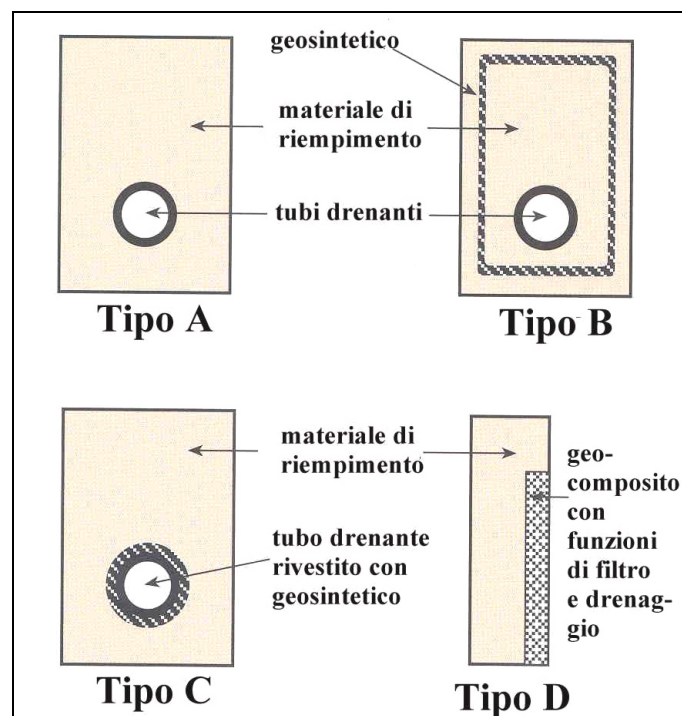


Fig. 6.45 – Dreni superficiali

6.6 ELEMENTI MARGINALI E DI ARREDO

La tipologia e l'ubicazione di questi elementi sono da definire con estrema cura al fine di garantirne un perfetto funzionamento degli itinerari ciclopedonali nel rispetto delle condizioni di sicurezza delle utenze che li utilizzano. L'ubicazione dei fognoli di drenaggio, che devono essere realizzati al di fuori dell'area di transito ed alla stessa quota altimetrica del piano viabile, va scelta con molta attenzione al fine di non costituire discontinuità pericolose per i pedoni e soprattutto per i ciclisti (figure 6.46). Le griglie di drenaggio inoltre devono essere posizionate in direzione non parallela a quella di marcia, affinché le ruote non vi rimangano intrappolate (figure 6.47).



Fig. 6.46 – Fognolo di drenaggio posto erroneamente al centro di una strada ciclopedonale

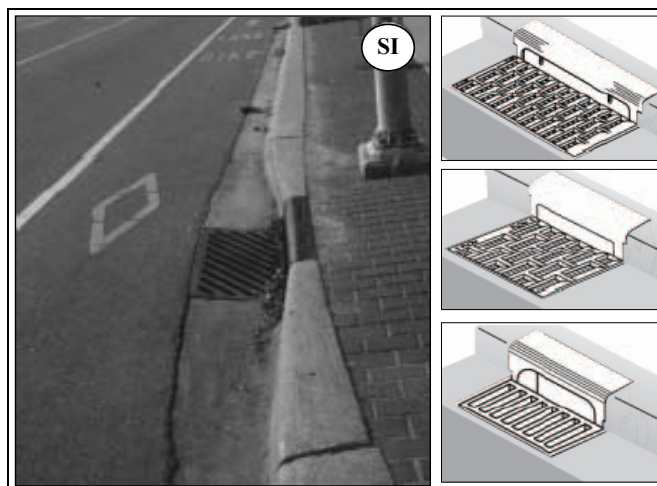


Fig. 6.47 – Corretto posizionamento di un fognolo di drenaggio lungo una pista ciclabile

È necessario progettare con grande attenzione anche le posizioni e le tipologie di altri elementi quali: cordoli laterali, pali per l'illuminazione, delimitatori di corsia, che possono costituire un pericolo per pedoni e ciclisti. Sono pertanto da prediligere dispositivi compatibili per forma e materiali con la sicurezza della circolazione (figure 6.48). Sono quindi da evitare cordoli di altezza eccessiva, con finiture a spigoli vivi o ad elementi in acciaio sporgenti (figura 6.49).



Fig. 6.48 – Delimitatori di corsia rialzati



Fig. 6.49 – Cordoli laterali in pietra e lamiera metallica

6.7 IL PROGETTO DELLE PAVIMENTAZIONI CICLABILI **OGGETTO DI STUDIO**

Per il caso in esame, sulla base delle condizioni ambientali ed al contorno che lo contraddistinguono, si ritiene idoneo proporre l'adozione di due tipologie di pavimentazioni ciclabili alternative: una flessile ed una rigida.

Sulla base dei costi che verranno stimati in seguito si potrà scegliere, insieme all'amministrazione comunale, quale tipologia adottare per le strade in esame.

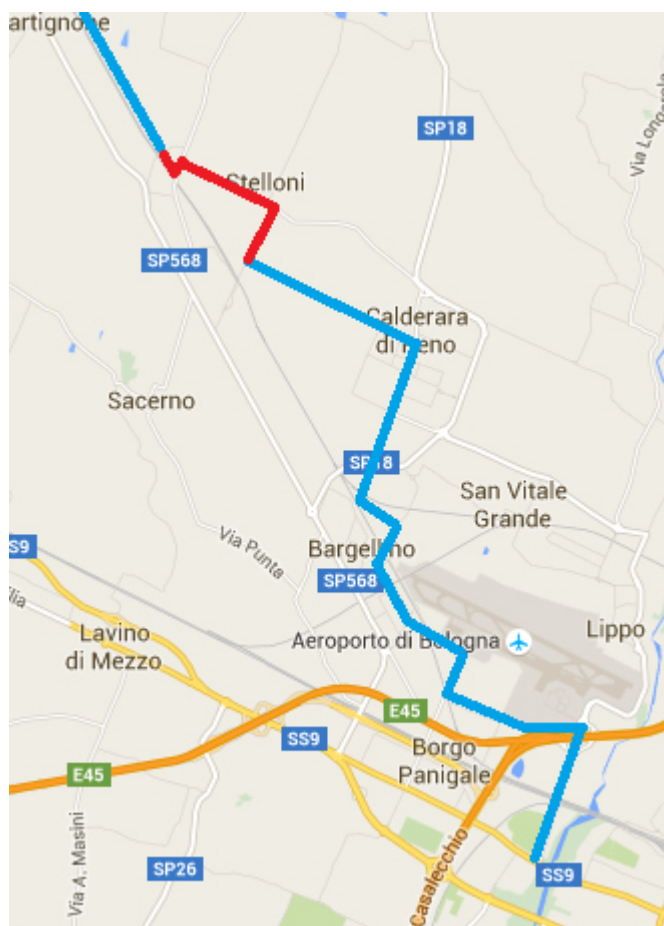


Fig. 6.50 – Cordoli laterali in pietra e lamiera metallica

6.7.1 PACCHETTO A – PAVIMENTAZIONE FLESSIBILE

Si definisce lo spessore degli strati e delle caratteristiche dei materiali che comporranno il nostro pacchetto flessibile, attraverso il metodo semiempirico contenuto nel rapporto *TRRL 1132*. Poiché i dati sul CBR del sottofondo non sono ancora disponibili, sulle sezioni analizzate si riportano soluzioni per vari range di CBR. Lo spessore complessivo degli strati in conglomerato bituminoso (base + superficiali) è ricavato dal grafico in base ad un grado di affidabilità dell'85% e da un traffico cumulativo nullo, poiché il cordolo spartitraffico impedirà a qualsiasi veicolo di transitare sulla pista. Gli strati in conglomerato bituminoso avranno quindi lo spessore minimo che è pari a 11 cm.

Nel dettaglio abbiamo:

- per $CBR < 2\%$: 60 cm di sottofondo + 15 cm di fondazione + 11 cm di cb
- per $2\% < CBR < 5\%$: 35 cm di sottofondo + 15 cm di fondazione + 11 cm di cb
- per $CBR \approx 5\%$: 22.5 cm di fondazione + 11 cm di strati in cb
- per $CBR \approx 10\%$: 18.5 cm di fondazione + 11 cm di strati in cb

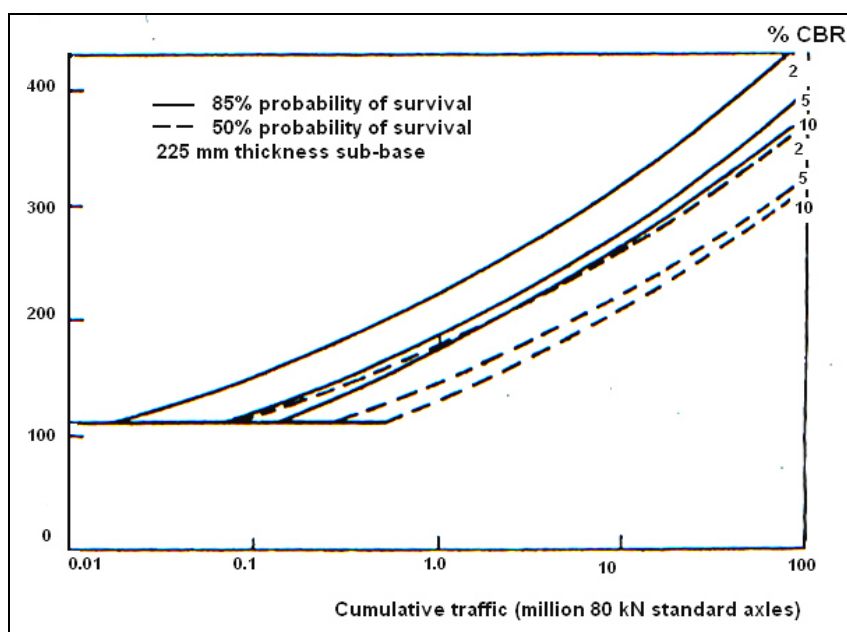


Fig. 6.51 – Spessore complessivo in mm di conglomerato bituminoso secondo *TRRL 1132*

Per rendere più sicura la pista, per ridurre l’impatto ambientale e per il risparmio energetico, per lo strato di usura si adotta un conglomerato bituminoso colorato.

Il pacchetto risultante sarà, quindi (figura 5.52):

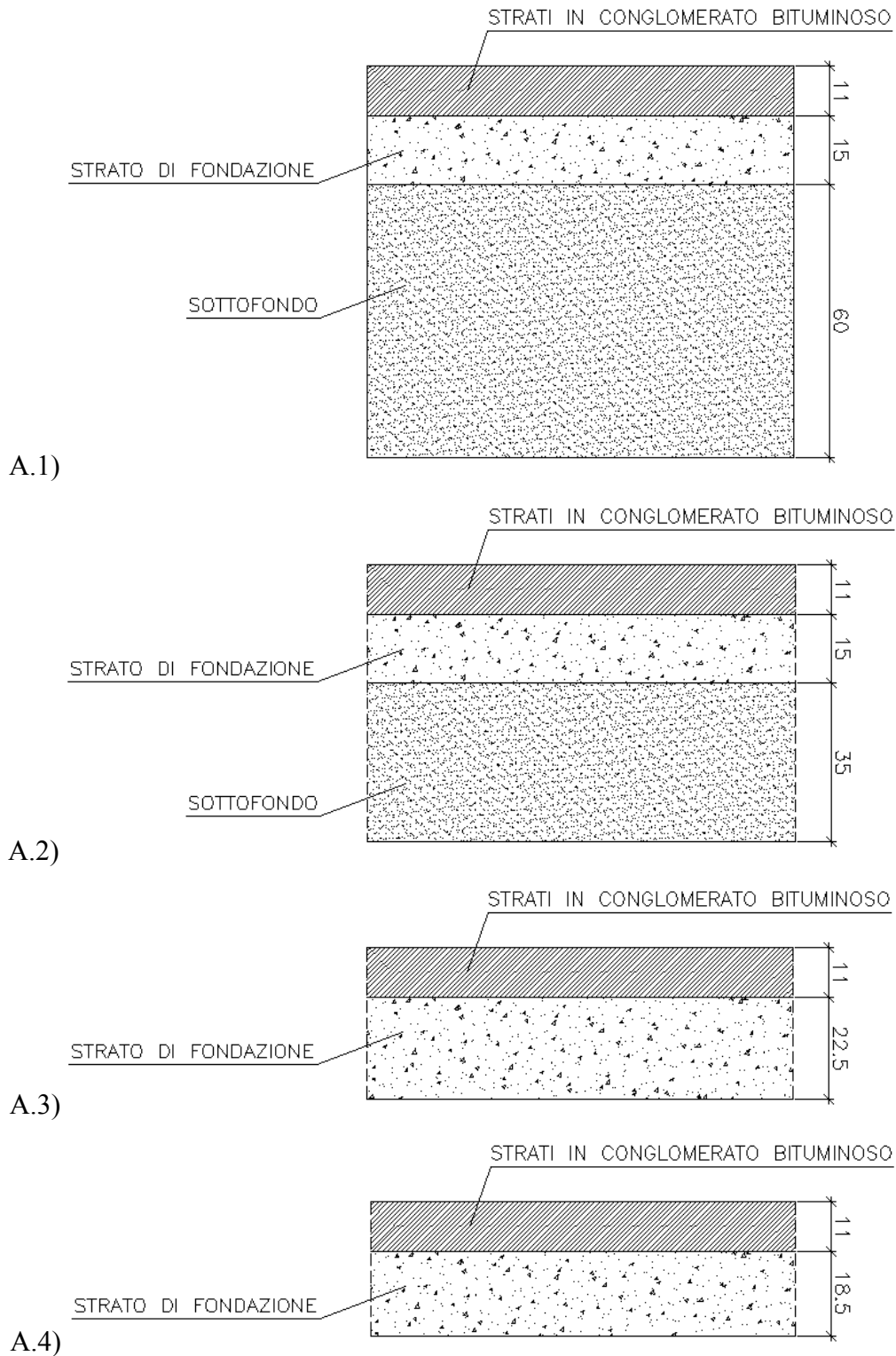


Fig. 6.52 – Pacchetti A

Di seguito vengono riportate le tre sezioni trasversali con i pacchetti stradali flessibili:

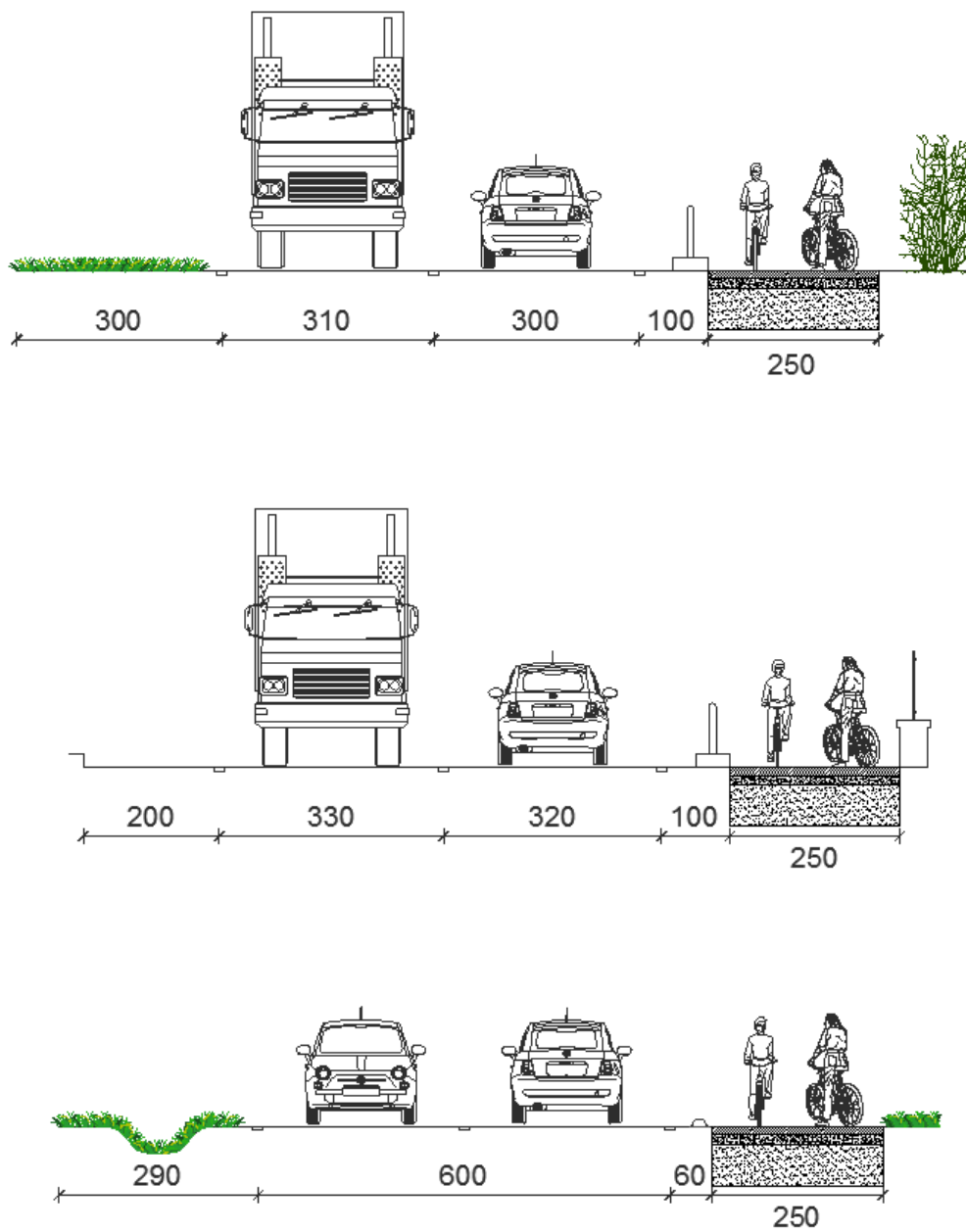


Fig. 6.54 – Pacchetto A.1

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

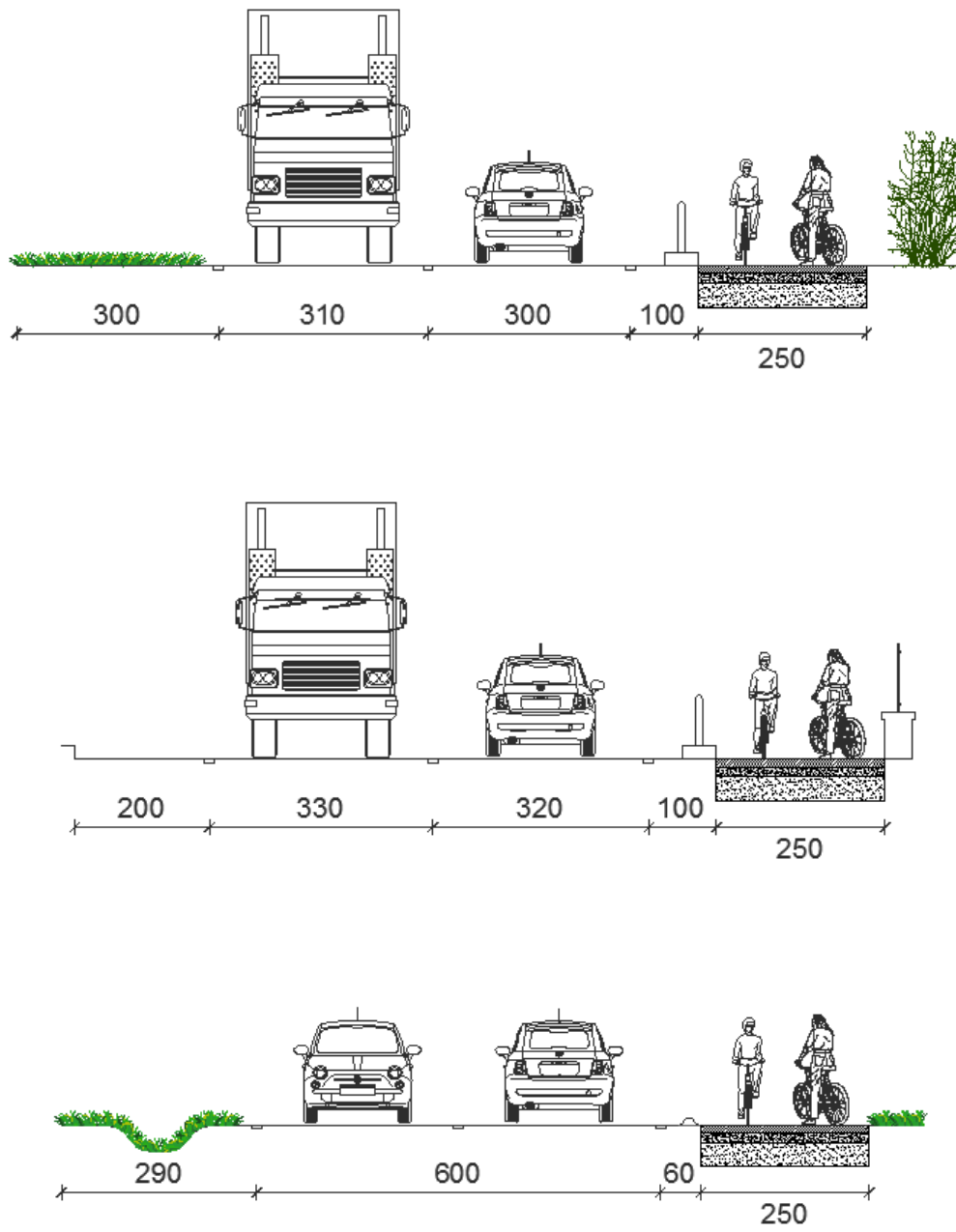


Fig. 6.55 – Pacchetto A.2

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

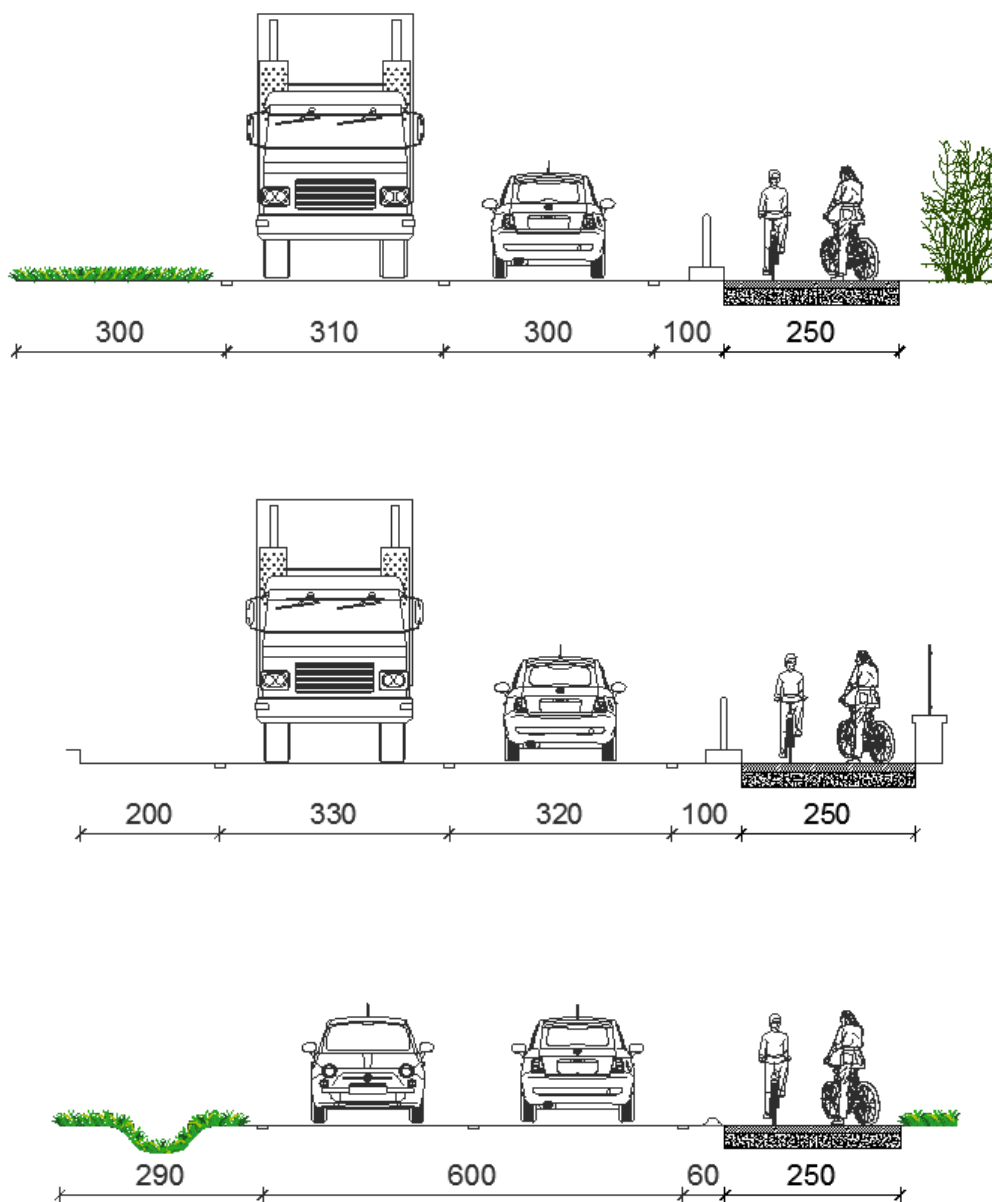


Fig. 6.56 – Pacchetto A.3

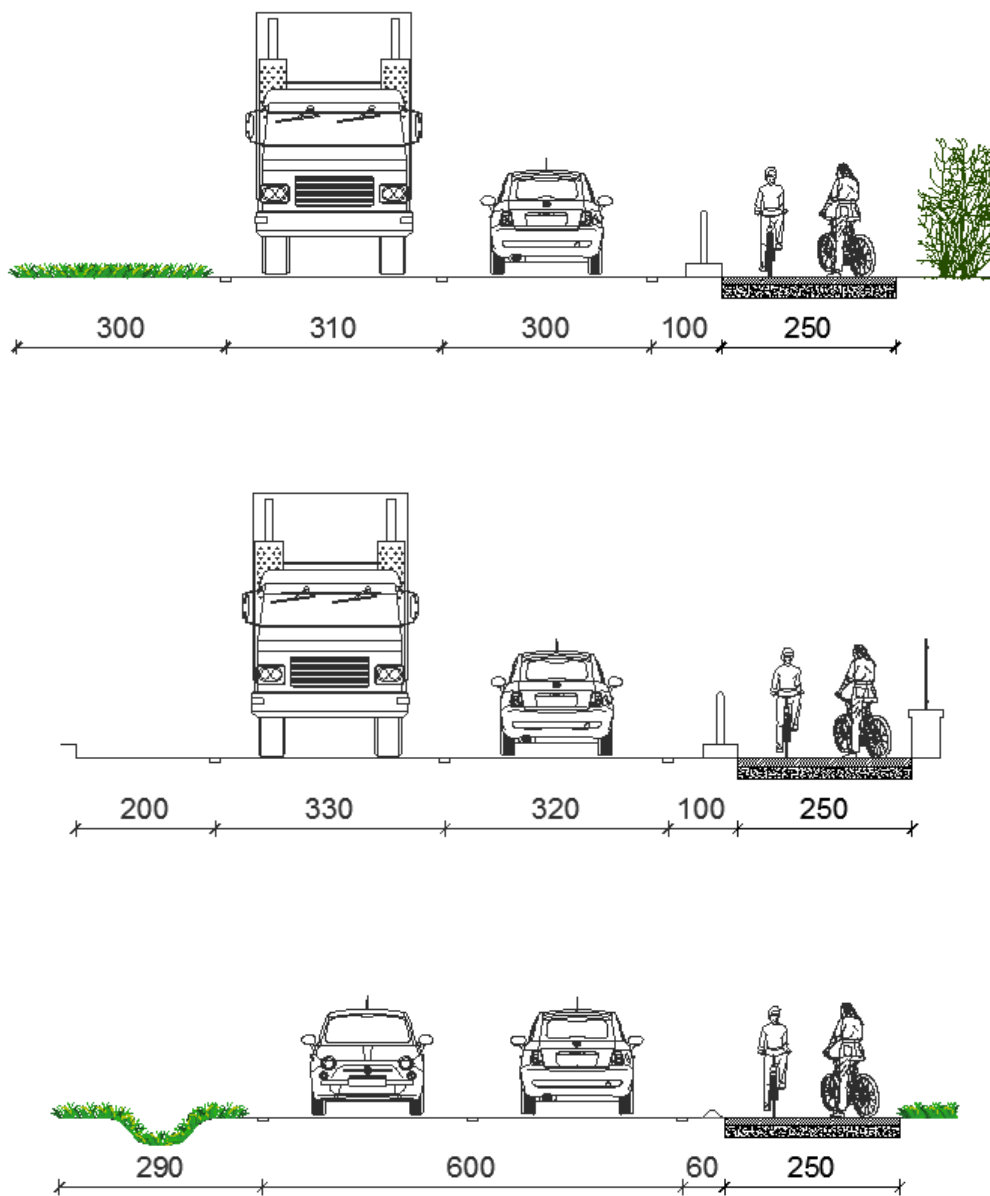


Fig. 6.57 – Pacchetto A.4

6.7.2 PACCHETTO B – PAVIMENTAZIONE RIGIDA

Per definire lo spessore degli strati e delle caratteristiche dei materiali che comporranno il pacchetto rigido, si può utilizzare il catalogo Belga, che comprende undici categorie di traffico (tabella 6.30). In particolare per il nostro caso si sceglie la classe *BF* che da un valore nullo di traffico cumulativo equivalente.

<i>Classe di traffico</i>	<i>ESAL [*10⁶] ⁽¹⁾</i>	<i>Classe di traffico</i>	<i>ESAL [*10⁶] ⁽¹⁾</i>
<i>B1</i>	64 – 128	<i>B7</i>	1 – 2
<i>B2</i>	32 – 64	<i>B8</i>	0.5 – 1
<i>B3</i>	16 – 32	<i>B9</i>	0.25 – 0.5
<i>B4</i>	8 – 16	<i>B10</i>	< 0.25
<i>B5</i>	4 – 8	<i>BF</i>	---
<i>B6</i>	2 – 4		

⁽¹⁾ ESAL: numero di passaggi di Assi Standard Equivalenti da 100 kN

Tab 6.30 – Definizione delle classi di traffico

In tabella 6.31 sono riportate le strutture proposte dal catalogo in termini di spessore della piastra in calcestruzzo e dello strato di base.

	<i>BF</i>
<i>Calcestruzzo</i>	---
<i>Calcestruzzo con additivi aeranti</i>	16
<i>Base in misto granulare non legato ⁽¹⁾</i>	20
<i>Base in misto granulare con additivi ⁽¹⁾</i>	18
<i>Base trattata a cemento ⁽¹⁾</i>	15
<i>Calcestruzzo magro ⁽¹⁾</i>	12

⁽¹⁾ una di queste, a scelta

Tab 6.31 – Spessore degli strati

Capitolo 6 – Le sovrastrutture ciclabili

Ne risultano quindi (figura 6.53):

- 16 cm di calcestruzzo;
- 20 cm di base in misto granulare non legato.

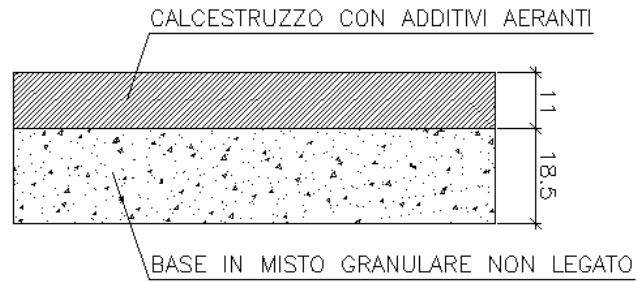


Fig. 6.53 – Pacchetto B

Di seguito vengono riportate le tre sezioni trasversali con i pacchetti stradali:

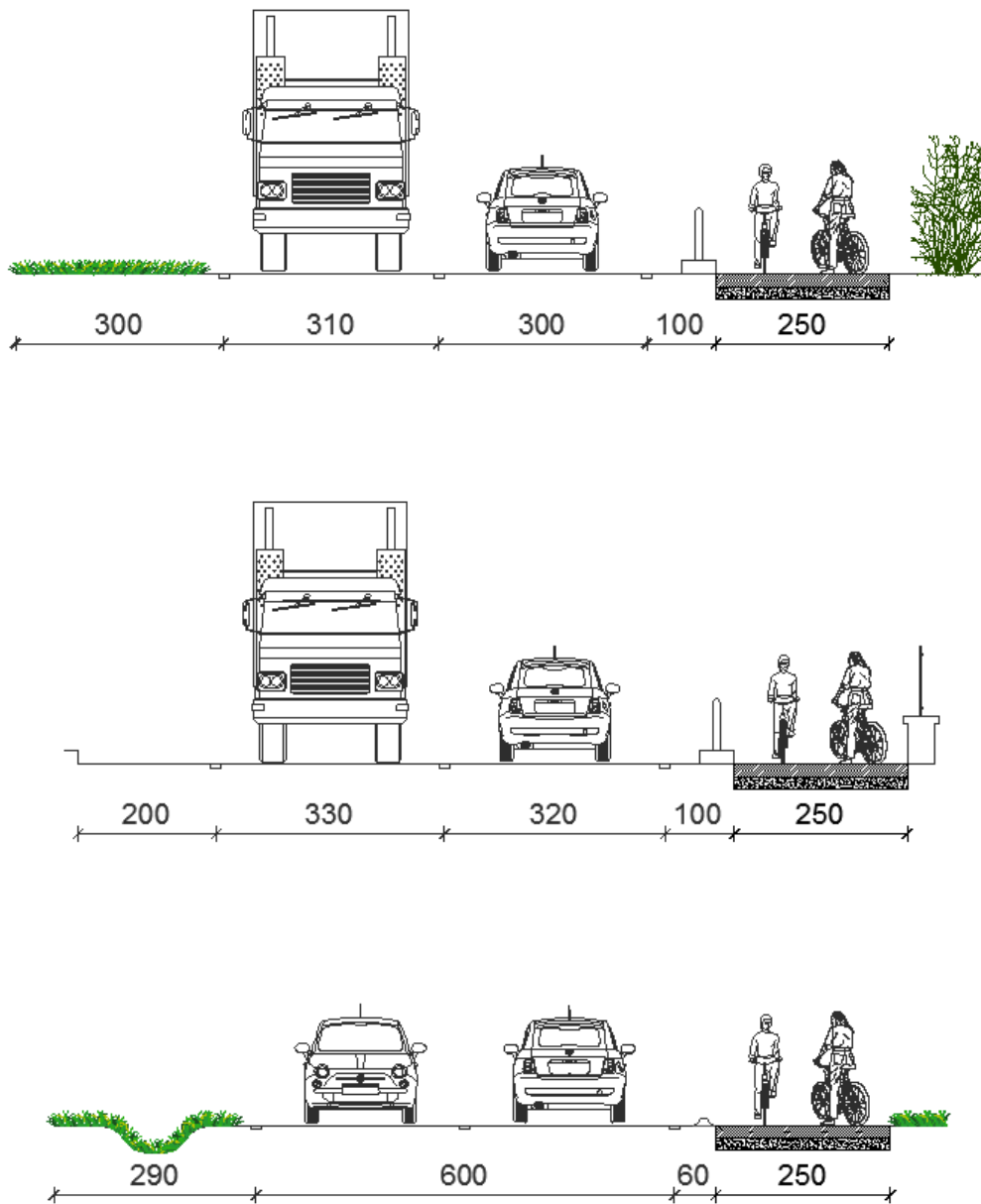


Fig. 6.58 – Pacchetto B

CAP 7. COMPUTO METRICO DEGLI INTERVENTI

7.1 INTRODUZIONE

In questa capitolo verrà sviluppato il computo metrico degli interventi oggetto di studio, previsti per il progetto del percorso scelto (alternativa B), relativamente ai tratti non ancora appaltati o a quelli caratterizzati da problematiche progettuali non ancora risolte.

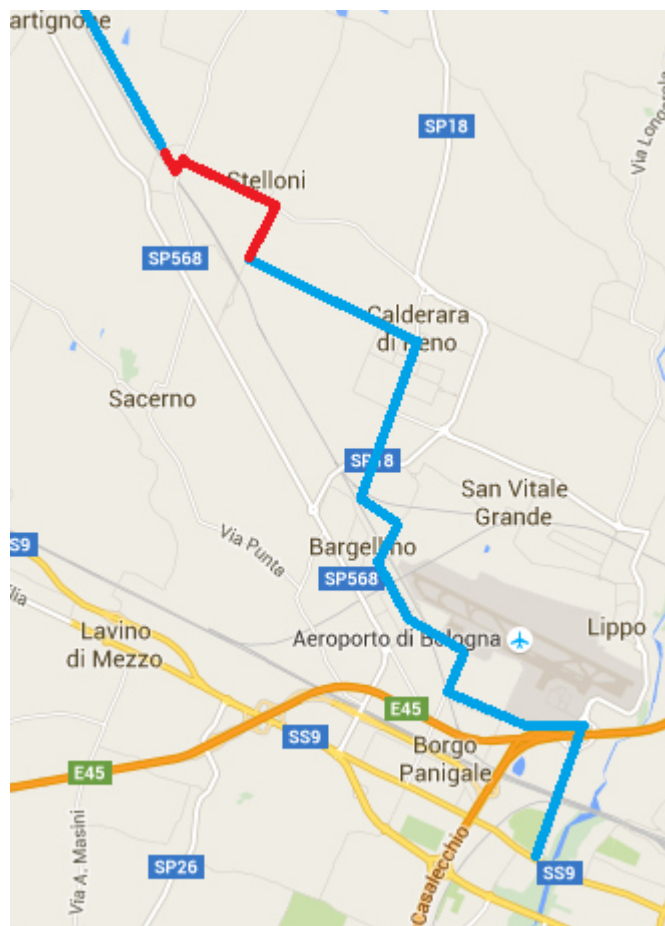


Fig. 7.1 – Area di intervento

Capitolo 7 – Computo metrico degli interventi

Essi saranno stimati prima nel caso di pavimentazione flessibile con CBR di circa 5% e poi per pavimentazione rigida.

Per il calcolo si è proceduto come segue:

- individuazione degli interventi e dei materiali necessari;
- identificazione del costo al metro lineare [€/m];
- 15% di imprevisti e lavori in economia sul totale;
- 10% di costi tecnici sul totale;
- 10% di IVA su totale e imprevisti;
- costo della pista al m data dal totale più le percentuali aggiunte;
- costo totale della pista: si ottiene dal costo al m * la lunghezza dell'intervento.

La lunghezza della pista in via Stelloni e in via Valtiera risulta essere rispettivamente di 1200 m e di 700 m.

7.2 COMPUTO METRICO DI VIA STELLONI PONENTE

In tabella 7.1 è stimato il costo della pista con pavimentazione flessibile.

Descrizione	U.M.	Prezzo Unitario	Calcoli dell'incidenza dei costi al m	Coeff.	€/m
Vernice per segnaletica orizzontale (strisce, scritte, simboli)	mq	€ 5,99	1 mq \ 3 m	0,333	€ 2,00
Segnaletica verticale	cad	€ 165,27	1 seg \ 75 m	0,013	€ 2,20
Fresatura di strati in cb	mq	€ 20,50	1 m \ 2 m	0,500	€ 10,25
Fondazione in misto granulare stabilizzato (18,5 cm)	mc	€ 5,63	2,5 m \ 1 m	2,500	€ 14,08
Strati in cb (11 cm)	mq	€ 18,08	2,5 m \ 1 m	2,500	€ 45,21
Rimozione pali di linee elettriche, telefoniche, ecc	cad	€ 34,09	1 palo \ 200 m	0,005	€ 0,17
Posa in opera di palo in acciaio o c.a.	cad	€ 206,58	1 palo \ 200 m	0,005	€ 1,03
Abbattimento barriere architettoniche	cad	€ 206,58	1 attr \ 500 m	0,002	€ 0,41
Smontaggio e rimontaggio di illuminazione	cad	€ 77,47	1 luce \ 200 m	0,005	€ 0,39
Cordonate in cls prefabbricato	ml	€ 17,04	2 m \ 1 m	2,000	€ 34,08
Fornitura di terra di coltivo	mc	€ 10,33	1 mc \ 3 m	0,333	€ 3,44
Tappeto erboso	mq	€ 1,55	1 mq \ 1 m	1,000	€ 1,55
Rialzo o rimozione chiusini	cad	€ 30,99	1 poz \ 50 m	0,020	€ 0,62
Costo di realizzo degli interventi minimi di base					€ 115,43
Impianto semaforico per biciclette	cad	€ 3.098,74	1 sem \ 1000 m	0,001	€ 3,10
Attraversamento pedonale e/o ciclabile con impianto di illuminazione a portale	cad	€ 5.000,00	1 attr \ 1000 m	0,001	€ 5,00
Interventi suppletivi per completare e rendere più sicura l'opera					€ 8,10
Totale					€ 123,53
Imprevisti e lavori in economia 15%					€ 18,53
Costi tecnici 10%					€ 12,35
IVA 10%					€ 13,59
Costo della pista ciclabile al m					€ 168,00
Costo tot della pista ciclabile					€ 201.603,82

Tab. 7.1 – Costo della pista con pavimentazione flessibile in via Stelloni

Capitolo 7 – Computo metrico degli interventi

In tabella 7.2 è stimato il costo della pista in via Stelloni Ponente con pavimentazione rigida.

DESCRIZIONE	U.M.	Prezzo Unitario	Calcoli dell'incidenza dei costi al m	Coeff.	€/m
Vernice per segnaletica orizzontale (strisce, scritte, simboli)	m ²	€ 5,99	1 m ² \ 3 m	0,333	€ 2,00
Segnaletica verticale	cad	€ 165,27	1 seg \ 75 m	0,013	€ 2,20
Fresatura di strati in cb	m ²	€ 20,50	1 m \ 2 m	0,500	€ 10,25
Base in misto cementato (20 cm)	mc	€ 9,47	2,5 m ² \ 1 m	2,500	€ 23,67
Calcestruzzo con additivi (16 cm)	mc	€ 19,82	2,5 m ² \ 1 m	2,500	€ 49,55
Rimozione pali di linee elettriche, telefoniche, ecc	cad	€ 34,09	1 palo \ 200 m	0,005	€ 0,17
Posa in opera di palo in acciaio o c.a.	cad	€ 206,58	1 palo \ 200 m	0,005	€ 1,03
Abbattimento barriere architettoniche	cad	€ 206,58	1 attr \ 500 m	0,002	€ 0,41
Smontaggio e rimontaggio di illuminazione	cad	€ 77,47	1 luce \ 200 m	0,005	€ 0,39
Cordonate in cls prefabbricato	ml	€ 17,04	2 m \ 1 m	2,000	€ 34,08
Fornitura di terra di coltivo	mc	€ 10,33	1 mc \ 3 m	0,333	€ 3,44
Tappeto erboso	m ²	€ 1,55	1 m ² \ 1 m	1,000	€ 1,55
Rialzo o rimozione chiusini	cad	€ 30,99	1 poz \ 50 m	0,020	€ 0,62
Costo di realizzo degli interventi minimi di base					€ 129,36
Impianto semaforico per biciclette	cad	€ 3.098,74	1 sem \ 1000 m	0,001	€ 3,10
Attraversamento pedonale e/o ciclabile con impianto di illuminazione a portale	cad	€ 5.000,00	1 attr \ 1000 m	0,001	€ 5,00
Interventi suppletivi per completare e rendere più sicura l'opera					€ 8,10

Totale € 137,46

Imprevisti e lavori in economia 15% € 20,62

Costi tecnici 10% € 13,75

IVA 10% € 15,12

Costo della pista ciclabile al m **€ 186,95**

Costo tot della pista ciclabile **€ 224.526,57**

Tab. 7.2 – Costo della pista con pavimentazione rigida in via Stelloni

7.3 COMPUTO METRICO DI VIA VALTIERA

In tabella 7.3 è stimato il costo della pista con pavimentazione flessibile.

Descrizione	U.M.	Prezzo Unitario	Calcoli dell'incidenza dei costi al m	Coeff.	€/m
Vernice per segnaletica orizzontale (strisce, scritte, simboli)	mq	€ 5,99	1 mq \ 3 m	0,333	€ 2,00
Segnaletica verticale	cad	€ 165,27	1 seg \ 75 m	0,013	€ 2,20
Fondazione in misto granulare stabilizzato (18,5 cm)	mc	€ 5,63	2,5 m \ 1 m	2,500	€ 14,08
Strati in cb (11 cm)	mq	€ 18,08	2,5 m \ 1 m	2,500	€ 45,21
Cordolo separatore per piste ciclabili	ml	€ 25,31	1 m \ 1,5 m	0,667	€ 16,87
Rimozione pali di linee elettriche, telefoniche, ecc	cad	€ 34,09	1 palo \ 200 m	0,005	€ 0,17
Posa in opera di palo in acciaio o c.a.	cad	€ 206,58	1 palo \ 200 m	0,005	€ 1,03
Abbattimento barriere architettoniche	cad	€ 206,58	1 attr \ 500 m	0,002	€ 0,41
Smontaggio e rimontaggio di illuminazione	cad	€ 77,47	1 luce \ 200 m	0,005	€ 0,39
Costo di realizzo degli interventi minimi di base					€ 82,36
Impianto semaforico per biciclette	cad	€ 3.098,74	1 sem \ 1000 m	0,001	€ 3,10
Attraversamento pedonale e/o ciclabile con impianto di illuminazione a portale	cad	€ 5.000,00	1 attr \ 1000 m	0,001	€ 5,00
Interventi suppletivi per completare e rendere più sicura l'opera					€ 8,10

Totale	€ 90,46
Imprevisti e lavori in economia 15%	€ 13,57
Costi tecnici 10%	€ 9,05
IVA 10%	€ 9,95
Costo della pista ciclabile al m	€ 123,03

Costo tot della pista ciclabile	€ 86.119,78
--	--------------------

Tab. 7.3 – Costo della pista con pavimentazione flessibile in via Valtiera

Capitolo 7 – Computo metrico degli interventi

In tabella 7.4 è stimato il costo della pista con pavimentazione rigida.

Descrizione	U.M.	Prezzo Unitario	Calcoli dell'incidenza dei costi al m	Coeff.	€/m
Vernice per segnaletica orizzontale (strisce, scritte, simboli)	mq	€ 5,99	1 mq \ 3 m	0,333	€ 2,00
Segnaletica verticale	cad	€ 165,27	1 seg \ 75 m	0,013	€ 2,20
Base in misto cementato (20 cm)	mc	€ 9,47	2,5 mq \ 1 m	2,500	€ 23,67
Calcestruzzo con additivi (16 cm)	mc	€ 19,82	2,5 mq \ 1 m	2,500	€ 49,55
Cordolo separatore per piste ciclabili	ml	€ 25,31	1 m \ 1,5 m	0,667	€ 16,87
Rimozione pali di linee elettriche, telefoniche, ecc	cad	€ 34,09	1 palo \ 200 m	0,005	€ 0,17
Posa in opera di palo in acciaio o c.a.	cad	€ 206,58	1 palo \ 200 m	0,005	€ 1,03
Abbattimento barriere architettoniche	cad	€ 206,58	1 attr \ 500 m	0,002	€ 0,41
Smontaggio e rimontaggio di illuminazione	cad	€ 77,47	1 luce \ 200 m	0,005	€ 0,39
Costo di realizzo degli interventi minimi di base					€ 96,29
Impianto semaforico per biciclette	cad	€ 3.098,74	1 sem \ 1000 m	0,001	€ 3,10
Attraversamento pedonale e/o ciclabile con impianto di illuminazione a portale	cad	€ 5.000,00	1 attr \ 1000 m	0,001	€ 5,00
Interventi suppletivi per completare e rendere più sicura l'opera					€ 8,10
Totale					€ 104,39
					€ 15,66
Imprevisti e lavori in economia 15%					€ 10,44
Costi tecnici 10%					€ 11,48
IVA 10%					
Costo della pista ciclabile al m					€ 141,97
Costo tot della pista ciclabile					€ 99.382,33

Tab. 7.4 – Costo della pista con pavimentazione rigida in via Valtiera

7.4 CONFRONTO TRA LE STIME

Confrontando le stime ottenute si mette in evidenza che la soluzione rigida in calcestruzzo costa più che la pavimentazione flessibile di circa il 15%. Infatti risulta che in via Stelloni i costi sono rispettivamente di 225.000€ e di 200.000 €, mentre in via Valtiera sono di 100.000 € e di 85.000 €.

Scegliendo una pavimentazione flessibile il costo complessivo dell'intervento diventa pari a 285.000 €, mentre con una pavimentazione rigida il totale sarà pari a 325.000 €.

Via Stelloni	P. flessibile	€ 201.604	€ 200.000
	P. rigida	€ 224.527	€ 225.000
Via Valtiera	P. flessibile	€ 86.120	€ 90.000
	P. rigida	€ 99.382	€ 100.000

Tab. 7.5 – Riepilogo dei costi

Il costo calcolato si intende al netto degli espropri su cui successivamente interverrà l'amministrazione comunale.

Ringraziamenti

Con questa tesi si conclude ufficialmente il mio percorso universitario, consapevole del fatto che l'apprendimento e la conoscenza della materia non sono ancora finiti. Si chiude comunque un ciclo per me molto importante. La laurea magistrale è stato un obiettivo fortemente voluto, che ho sempre visto come un punto di partenza per capire essenzialmente chi sono e cosa voglio fare della mia vita.

Vorrei innanzitutto esprimere la mia sincera gratitudine alla relatrice Dott. Ing. Vignali Valeria per i preziosi insegnamenti, per i consigli ricevuti e per le numerose ore dedicate alla mia tesi. Grazie anche al correlatore, Dott. Ing. Lantieri Claudio, che è stato sempre disponibili durante la stesura di questo lavoro.

Ringrazio sentitamente la Dott. Ing. Silvia Bertoni che è stato il mio punto di riferimento all'interno della Città Metropolitana di Bologna e senza la quale non sarei riuscita a sviluppare un progetto di tesi così interessante.

Mi sembra infine doveroso ringraziare tutti coloro che mi sono stati vicini in questi anni, e in particolar modo in questi ultimi mesi.

Desidero in primo luogo ringraziare la mia famiglia: Gianluca che è il mio sostegno e la mia forza, la persona senza la quale oggi non sarei quello che sono; i miei genitori, Maurizio e Tiziana che mi hanno sempre sostenuto e incoraggiato; mia sorella Anna e mio fratello Nicola che mi hanno reso la vita meno noiosa e piena di risate.

Inoltre ringrazio Bianca e Fiore che mi hanno accompagnato nel percorso di studi e tutti gli altri miei compagni di corso, con i quali questi due anni di studi sono passati molto piacevolmente.

Un sentito grazie va anche a mia nonna Rina che ha reso possibile il raggiungimento di questo traguardo permettendomi di proseguire gli studi, proprio come avrebbe voluto mio nonno Giordano. Ben poco si può aggiungere, se non il rammarico di non poter condividere assieme a lui la gioia di aver raggiunto questo importante traguardo della mia vita.

Per ultimi, ma non meno importanti, ringrazio tutti miei amici che da tempo mi sopportano: Greta, Filippo, Simone, Alice, Francesco, Midori e Alex.

Grazie a tutti!

BIBLIOGRAFIA

- [1] Commissione Europea, "*Città in bicicletta, pedalando verso l'avvenire*"
- [2] Roberto Busi e Michela Tiboni, "*Integrazione tra autoveicoli e traffico non motorizzato*", Egaf Edizioni (2003)
- [3] Giulio Meternini e Silvia Foini, "*Interventi per incentivare la mobilità non motorizzata*", Egaf Edizioni (2007)
- [4] PMC - La ciclovia del Reno sud
- [5] Quadro conoscitivo
- [6] PMC - Relazione del documento preliminare
- [7] PMC - Abaco
- [8] ECF, "*European Certification Standard*"
- [9] Giulia Cortesi, FIAB, "*Ciclotuor Arezzo*"
- [10] Cartografia della Rete previsionale delle ciclovie regionali
- [11] LIBRO AEROPORTO
- [12] Automobile Club d'Italia, "*Linee guida per la progettazione degli attraversamenti pedonali*"
- [13] Compartimento della viabilità per l'Emilia Romagna, "*Elenco Prezzi Unico 2012*"
- [14] Segnaletica Srl, "*Catalogo – Prodotti in plastica e gomma*"
- [15] Verino Tagliavini, "*Manufatti sottopassanti linee ferroviarie inseriti a spinta*"
- [16] Ettore Volta, "*Ciclabilità e mobilità nella pianificazione della città sostenibile*"
- [17] Flavia Rapino, "*Le pavimentazioni stradali per la viabilità in ambito urbano*"
- [18] Giulio Dondi e Valeria Vignali, "*Sovrastrutture stradali per la mobilità non motorizzata*"

SITOGRAFIA

- (1) https://it.wikipedia.org/wiki/Mobilità_ciclabile
- (2) <http://www.biciamici.net/identikit-ciclista-urbano-viareggino/>
- (3) <http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2014/165-14/165-14-1-istat-rende-noti-i-dati-annuali-relativi-alla-qualita-dell-ambiente-urbano>
- (4) <http://www.istat.it/it/archivio/123878>
- (5) <http://www.minambiente.it/pagina/settimana-europea-della-mobilita-sostenibile-2015>
- (6) <http://www.greenwaysitalia.it/>
- (7) <http://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/Engine/RAServePG.php/P/358011020505/T/Piano-della-Mobilita-Ciclistica>
- (8) <http://www.sportindustry.com/site/Home/Categorie/Inumeridellapratica-sportiva/articolo1008180.html>
- (9) https://it.wikipedia.org/wiki/Cicloturismo#Strutture_ricettive_per_cicloturisti
- (10) <http://www.bicitalia.org/cms/it/bicitalia/il-progetto>
- (11) <http://bicitalia.org/cosa.htm>
- (12) <http://www.eurovelo.org/>
- (13) <http://www.bikeitalia.it/eurovelo-7-il-percorso-del-sole/>

