Comune di Parma

PISTA CICLABILE "PARMA - ALBERI DI VIGATTO"

CIG B8E8F11020

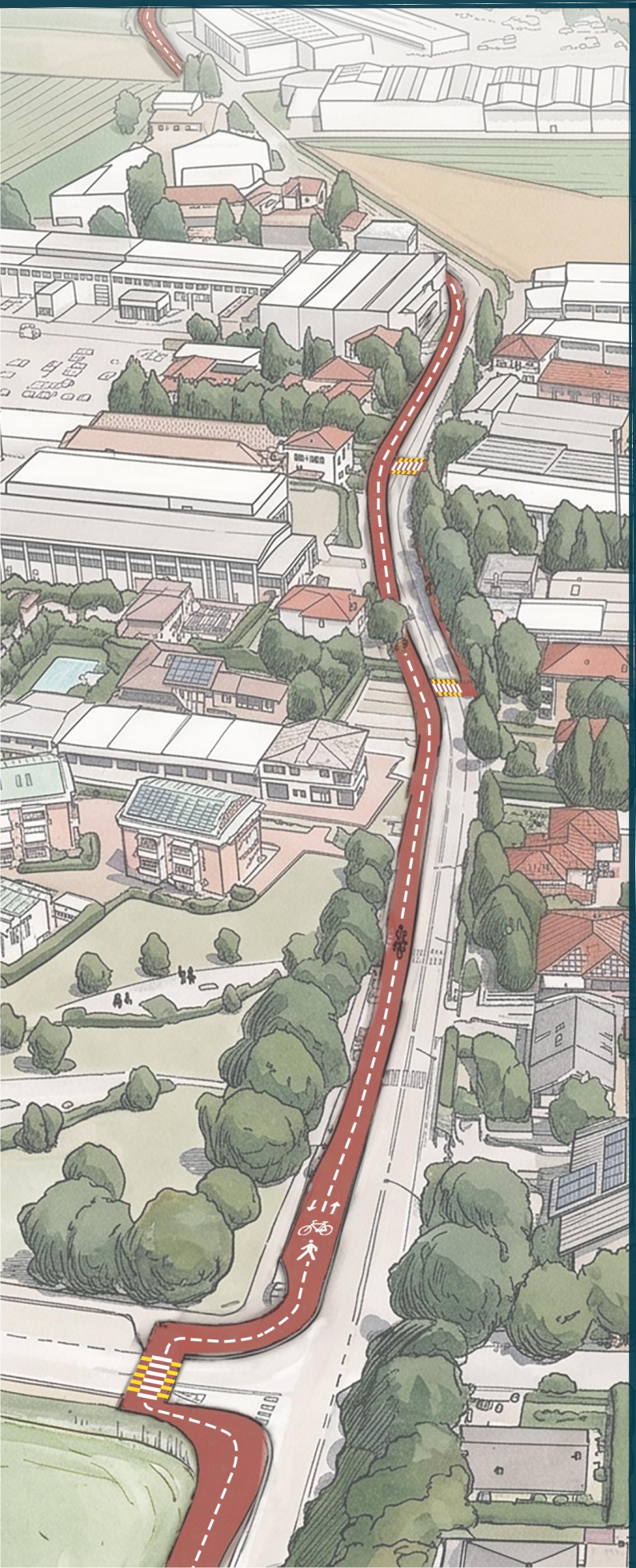
REDAZIONE DEL DOCFAP E PFTE

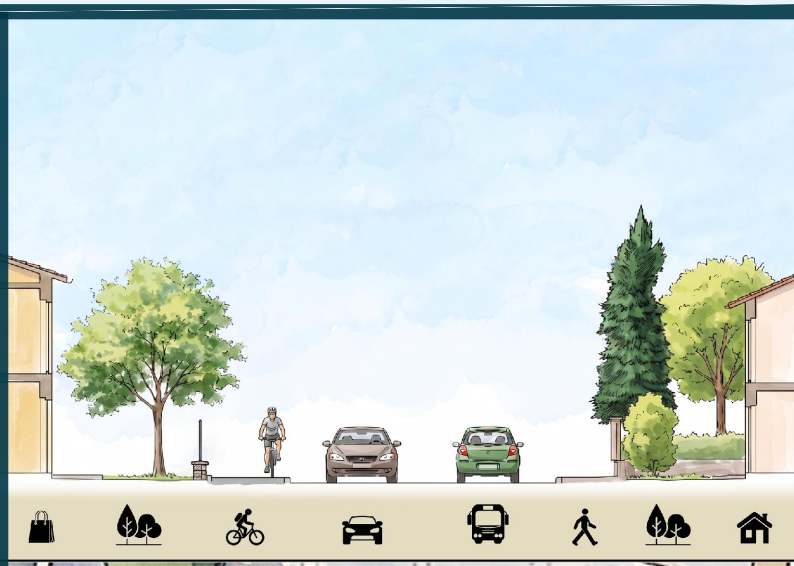
IN CONFORMITÀ A QUANTO PREVISTO DALL'ALLEGATO I.7 ARTT. 1-2 DEL D.LGS 36/23

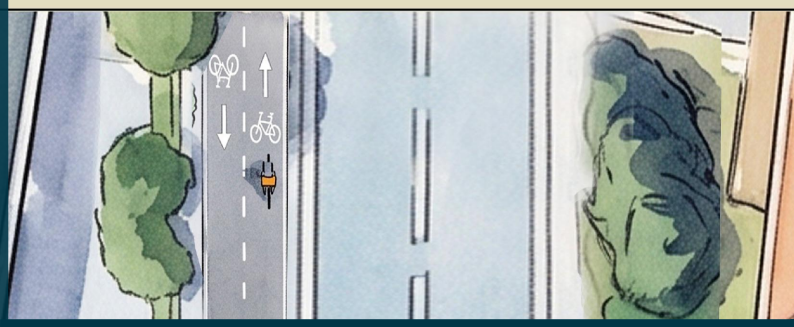
ELABORATO:

PFTE

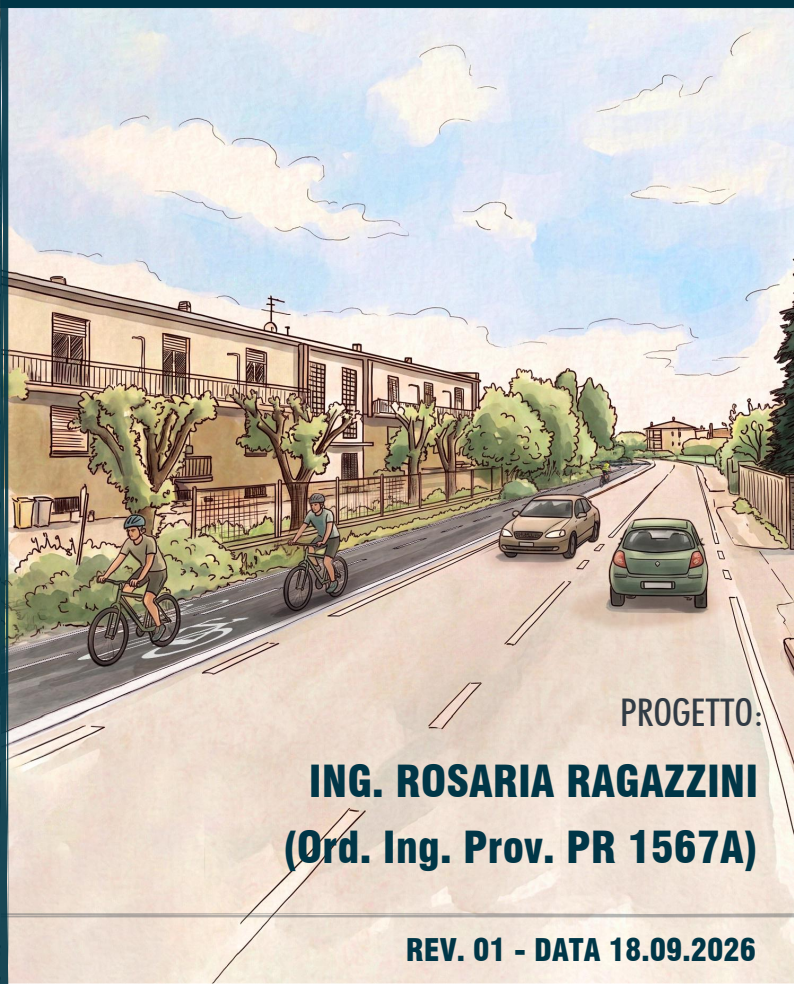
RT.2







RELAZIONE TECNICA
delle caratteristiche del tracciato



PROGETTO:

ING. ROSARIA RAGAZZINI

(Ord. Ing. Prov. PR 1567A)

REV. 01 - DATA 18.09.2026

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di valutare l'adeguatezza della stratigrafia prevista per la realizzazione della pista ciclabile di Alberi di Vigatto.

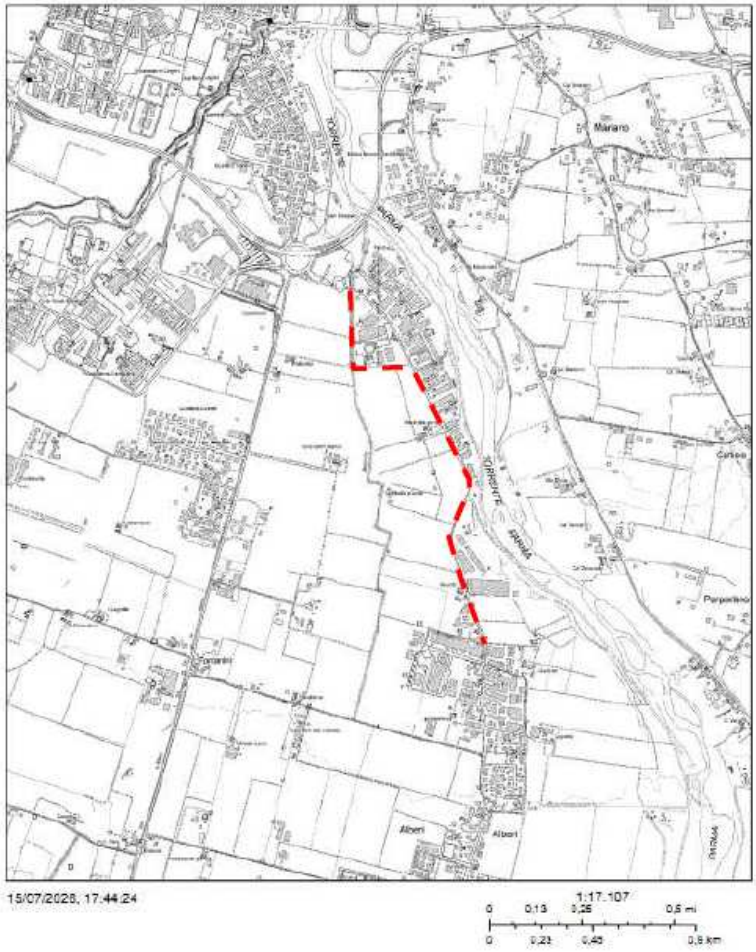


Figura 1 –Tracciato della pista ciclabile

Lo studio di seguito riportato è stato condotto sulla base della caratterizzazione geologica di cui all'elaborato **PFTE.RT.6** e sulla base di verifiche analitiche razionali effettuate tramite software Alizè.
Il tracciato della sede ciclabile presenta due condizioni stratigrafiche di:

A. Realizzazione ex novo della struttura di fondazione e di pavimentazione ciclabile (con eventuale realizzazione del rilevato);

B. Pavimentazione della corsia ciclabile su struttura di fondazione esistente;

Nell'ambito del presente PFTE sono state proposte soluzioni stratigrafiche per le due condizioni di inserimento, con maggiore dettaglio per gli inserimenti su struttura stradale esistente, in cui la stratigrafia di progetto viene declinata in relazione alle caratteristiche del fondo di intervento. Tali stratigrafie sono graficamente illustrate in apposito elaborato grafico dedicato alle soluzioni stratigrafiche di tracciato (**PFTE.T.4.1**). Gli ingombri stratigrafici delle varie tipologie di pavimentazione sono quindi descritti nelle sezioni tecniche di elaborato **PFTE.T.2.2.** In dettaglio, la stratigrafia proposta per la realizzazione della struttura di fondazione e la pavimentazione delle parti di tracciato ciclabile realizzate "ex novo"(**sol.A**) è la seguente:

1. Scavo di cassonetto di profondità minima di 50cm (compreso relativo scotico);
2. Posa di telo geotessile grammatura con resistenza a trazione longitudinale minima pari a 200kN/m e trasversale 50kN/m;
3. Fondazione in ghiaia per uno spessore di 30cm;
4. Misto granulometrico stabilizzato per uno spessore di 10cm;
5. Misto cementato di spessore medio pari a 15cm con pendenziatura trasversale della piattaforma ciclabile;
6. Mano di attacco in emulsione bituminosa con bitume tal quale;
7. Pavimentazione in conglomerato bituminoso spessore 4cm con trattamento di **pallinatura superficiale**

Lungo i tratti in cui il tracciato occuperà aree precedentemente pavimentate (soluzioni stratigrafiche B) si prevede di replicare la medesima sequenza stratigrafica adattandola alle condizioni del fondo, ossia:

- Applicare il solo strato di usura (con trattamento di pallinatura), previa fresatura e mano di attacco di emulsione (**sol. B1**)
- Combinare strato di usura con binder per i tratti oggetto di attraversamento veicolare (**sol.B2**)
- Prevedere ricarica i misto cementato oltre a binder ed usura (**sol.B3**)
- Prevedere ricarica in stabilizzato e misto cementato con strato finale di usura (**sol. B4**)

La verifica stratigrafica della soluzione proposta è stata effettuata relativamente alla realizzazione ex novo del tracciato, come illustrato in relazione tecnica di verifica prodotta in elaborato **PFTE.RT.2.** In merito si evidenzia come:

- Nel calcolo di verifica sia stata assunta una condizione di carico cautelativa rappresentativa di veicoli leggeri a pieno carico, quale ad esempio furgoni adibiti alla raccolta dei rifiuti, alla manutenzione ordinaria, al pronto intervento e allo spazzamento stradale, considerando un carico massimo equivalente di circa 3,0 t sull'asse posteriore (furgone da 35 quintali a pieno carico), corrispondente a circa 1,5 t per singola ruota.
- Il calcolo sia stato effettuato mediante l'utilizzo del software Alizé-LCPC, nell'ambito del metodo razionale francese di dimensionamento delle pavimentazioni, assumendo come riferimento un asse standard da 130 kN (circa 13 t), rappresentato nel modello di riferimento da un semiasse a ruote gemellate da 65 kN. Tale configurazione non risulta rappresentativa della tipologia di traffico prevista per una pista ciclabile, quindi, ai fini della presente verifica, è stato definito un carico personalizzato maggiormente compatibile con i veicoli di servizio che possono occasionalmente transitare sulla pavimentazione per interventi di manutenzione ordinaria.
- La progettazione della pavimentazione è stata sviluppata considerando una vita utile di 20 anni. Il traffico veicolare previsto è stato ipotizzato in modo conservativo a garanzia di adeguati margini di sicurezza. I parametri di riferimento adottati sono i seguenti:
    - Durata di vita utile: 20 anni
    - Tipologia di veicolo di riferimento: mezzo leggero di servizio a 2 assi
    - Carico massimo sull'asse più gravoso: circa 3,0 t
    - Carico equivalente per singola ruota: circa 1,5 t
    - Numero medio di veicoli giornalieri: 25 furgoni/giorno
    - Numero medio di assi giornalieri: 50 assi/giorno
    - Numero di assi annuali: 18.000 assi/anno

  Il valore di 18.000 assi/anno deriva dall'ipotesi cautelativa di 25 furgoni al giorno, ciascuno caratterizzato da due assi.
  Tale livello di traffico risulta ampiamente cautelativo per una pista ciclabile, nella quale il transito veicolare è normalmente limitato ed occasionale non solo per l'utilizzo ciclopedonale previsto, ma anche andando a forzare il passaggio con il transito di 25 mezzi furgonati/giorno da 35 quintali, per opere di manutenzione ordinaria (sfalci, potature, raccolta rifiuti, altro).



Figura 2 –Stratigrafie di pavimentazione "A-EX NOVO" considerate in PFTE

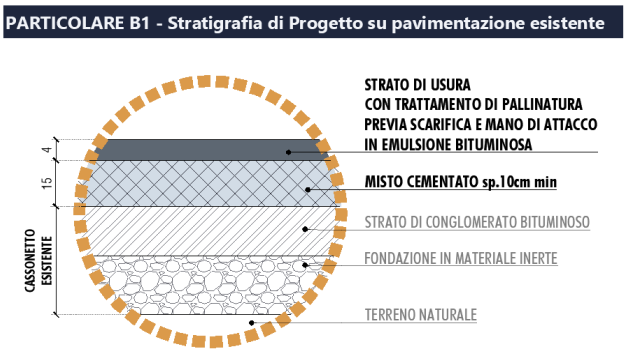


Figura 3 –Stratigrafie di pavimentazione "B1-SU PAVIMENTAZIONE ESISTENTE" considerate in FPTE

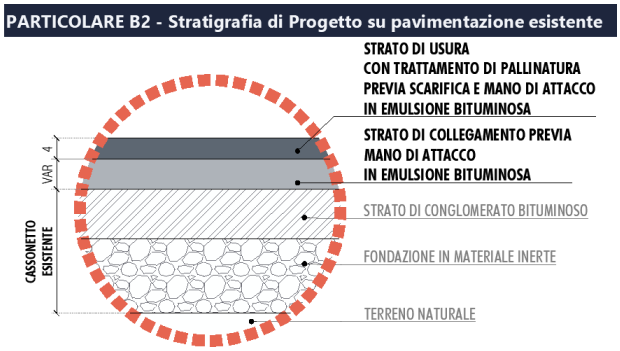


Figura 4 –Stratigrafie di pavimentazione "B2- SU PAVIMENTAZIONE ESISTENTE" considerate in PFTE presso i tratti di tracciato ciclopedonale soggetti a transito carrabile

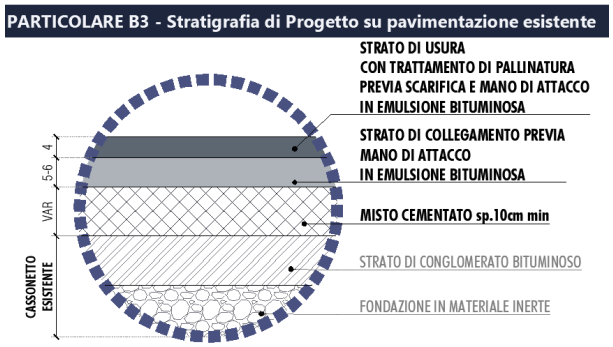


Figura 5 –Stratigrafie di pavimentazione "B3- SU PAVIMENTAZIONE ESISTENTE" considerate in PFTE presso i tratti di tracciato ciclopedonale soggetti a transito carrabile oggetto di adeguamento altimetrico

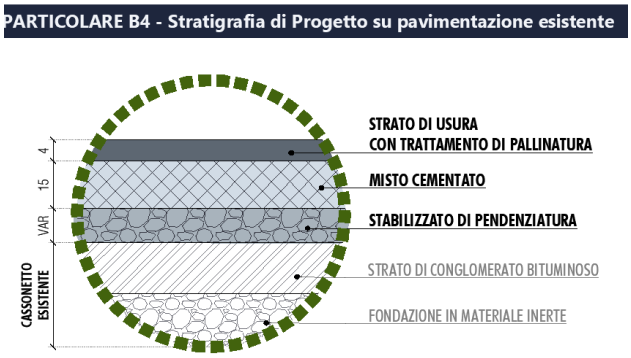


Figura 6 –Stratigrafie di pavimentazione "B4 - SU PAVIMENTAZIONE ESISTENTE" considerate in PFTE presso i tratti di tracciato ciclopedonale NON soggetti a transito carrabile oggetto di adeguamento altimetrico

Il trattamento do **pallinatura dell'asfalto** nello strato superficiale d'usura è un irruvidimento che ripristina il grip del manto stradale, ristabilendo il corretto drenaggio per il deflusso dell'acqua superficiale.
L'**asfalto** dopo il trattamento è immediatamente disponibile all'utilizzo sia per il traffico che per l'eventuale posa della nuova segnaletica. Con la *pallinatura* si mette in evidenza il colore delle pietre naturali come mostrato da immagini seguenti.



Figura 7 –Effetto di pallinatura della pavimentazione in asfalto – comparazione con strato non trattato

La pallinatura viene eseguita come da DIN 8200. La pallinatura è una tecnologia testata e qualificata per la preparazione delle superfici. Tramite una centrifuga rotante elettrica, vengono proiettati ad alta velocità (ca. 300 km/h) delle piccole sfere di acciaio sulla superficie da trattare. Grazie all'energia di contatto dell'abrasivo granulare si genera un irruvidimento della superficie.
Il materiale asportato insieme alle microsfere viene convogliato direttamente nel serbatoio di accumulo. Il materiale più leggero e la polvere viene aspirato e depositato in appositi Big Bag, le microsfere invece vengono riciclate tramite un tamburo magnetico e riemessi in circuito.
Il sistema si può solo adottare su superfici orizzontali, asciutte e prive di grasso. 4Il vantaggio della pallinatura è l'aumento della microtessitura e macrotessitura ed inoltre schiarisce anche la superficie stradale. Grazie a questo processo si ottiene un elevato grado di aderenza e la omogeneità di tale parametro lungo il tracciato (elemento quest'ultimo che la rende preferibile al trattamento di verniciatura dei tracciati ciclopedonali). I vantaggi della soluzione tecnologica consistono in:

- Schiarimento dell'asfalto mediante apertura superficiale della struttura granulare
- Aspirazione completa del materiale di risulta
- Assenza di polveri disperse
- Assenza di successive attività di pulizia e spazzatura del fondo

La lavorazione si conforma pertanto ai requisiti CAM di cui al DM 05/08/2024. In merito, in fase di elaborazione progettuale esecutiva (PE) verrà posta particolare attenzione all'impatto ambientale dei materiali utilizzati in progetto ed alla loro conformità CAM.
In questa fase di elaborazione di PFTE si rimanda alla specifica relazione prodotta in elaborato **PFTE.RT.8**.

2. VERIFICA DELLA STRATIGRAFIA "EX NOVO"

Al fine di verificare l'adeguatezza della soluzione progettuale, è stata condotta una verifica mediante modellazione numerica della stratigrafia con software Alizé-LCPC.

La soluzione progettuale (come illustrato nella precedente figura 2) prevede, procedendo dall'alto verso il basso:

- ✓ 4 cm di usura;
- ✓ 15 cm di misto cementato;
- ✓ 10 cm di stabilizzato;
- ✓ 30 cm di ghiaia;
- ✓ terreno naturale.

Da segnalare come in genere nella progettazione dei pacchetti stradali con metodo razionale, normalmente il traffico leggero, imputabile a pedoni, motoveicoli ed autoveicoli leggeri, non viene nemmeno preso in considerazione, in quanto considerato ininfluente ai fini della fruibilità nel tempo della pavimentazione stessa.
Per questo motivo per la verifica dell'idoneità o meno del pacchetto di progetto iniziale finalizzato ad un carico ciclopedonale (ossia pari a 500daN/mq) , si è proceduto "forzando" il traffico veicolare previsto e assumendolo per eccesso, pari al passaggio di 25 furgoni da 35 quintali al giorno, che potrebbero invece interessare occasionalmente la superficie ciclabile per interventi manutentivi vari (sfalci, potature, raccolta rifiuti, ecc.).

2.1 DATI DI CARICO ED ASSUNZIONI

Il software Alizé-LCPC, nell'ambito del metodo razionale francese di dimensionamento delle pavimentazioni, assume come riferimento un asse standard da 130 kN (circa 13 t), rappresentato nel modello di riferimento da un semiasse a ruote gemellate da 65 kN.

Tale configurazione non risulta rappresentativa della tipologia di traffico prevista per una pista ciclabile, quindi, ai fini della presente verifica, è stato definito un carico personalizzato maggiormente compatibile con i veicoli di servizio che possono occasionalmente transitare sulla pavimentazione per interventi di manutenzione ordinaria.

In particolare, è stata assunta una condizione di carico cautelativa rappresentativa di veicoli leggeri a pieno carico, quale ad esempio furgoni adibiti alla raccolta dei rifiuti, alla manutenzione ordinaria, al pronto intervento e allo spazzamento stradale, considerando un carico massimo equivalente di circa 3,0 t sull'asse posteriore (furgone da 35 quintali a pieno carico), corrispondente a circa 1,5 t per singola ruota.

Tale configurazione consente di valutare il comportamento della pavimentazione nelle condizioni di esercizio più gravose ragionevolmente prevedibili, mantenendo un'impostazione cautelativa rispetto al traffico ordinario atteso.

È stata quindi utilizzata l'opzione "single wheel", definendo per la singola ruota un carico equivalente pari a P = 0,01423 MN (1,4 Ton per ruota). Considerando due ruote singole sul medesimo asse, tale configurazione corrisponde pertanto ad un carico assiale equivalente di circa 3,0 t/asse.

2.2 IPOTESI DI TRAFFICO

La progettazione della pavimentazione è stata sviluppata considerando una vita utile di 20 anni.

Il traffico veicolare previsto è stato ipotizzato in modo ampiamente conservativo, così da garantire adeguati margini di sicurezza.

I parametri di riferimento adottati sono i seguenti:

- ✓ Durata di vita utile: 20 anni
- ✓ Tipologia di veicolo di riferimento: mezzo leggero di servizio a 2 assi
- ✓ Carico massimo sull'asse più gravoso: circa 3,0 t
- ✓ Carico equivalente per singola ruota: circa 1,5 t
- ✓ Numero medio di veicoli giornalieri: 25 furgoni/giorno
- ✓ Numero medio di assi giornalieri: 50 assi/giorno
- ✓ Numero di assi annuali: 18.000 assi/anno

Il valore di circa 18.000 assi/anno deriva dall'ipotesi cautelativa di 25 furgoni al giorno.

Tale livello di traffico risulta ampiamente cautelativo per una pista ciclabile, nella quale il transito veicolare è normalmente limitato ed occasionale.

2.3 MODELLIZZAZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation
- data Structure : direct input, no name
- title of the study no title

- load data :
  - single wheel, weight 14,2253 - standard 65 kN dual-wheel axle
  - vertical pressure : 0,4620 MPa
  - contact radius : 0,0990 m

units: m, MN and MPa; strains in µstrain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):
major main traction stresses in the horizontal plane XoY and major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
			surface (z=0.000)		
th= 0,040 m Yg= 3500,0 MPa	0,000m	58,2	0,562	19,5	0,462
nu= 0,350	0,040m	27,1	0,378	47,6	0,431
			bonded (z=0,040m)		
th= 0,150 m Yg= 8000,0 MPa	0,040m	27,1	0,566	4,4	0,431
nu= 0,350	0,190m	-55,6	-0,671	61,6	0,023
			unbond. (z=0,190m)		
th= 0,100 m Yg= 600,0 MPa	0,190m	24,9	0,035	-2,8	0,023
nu= 0,350	0,290m	-38,6	-0,026	59,5	0,017
			unbond. (z=0,290m)		
th= 0,300 m Yg= 300,0 MPa	0,290m	47,7	0,031	-15,3	0,017
nu= 0,350	0,590m	-56,6	-0,024	71,0	0,005
			unbond. (z=0,590m)		
th. infinite Yg= 25,0 MPa	0,590m	39,2	0,004	78,5	0,005
nu= 0,350					

Maximum deflection =29,1 mm/100 (wheel center)
Curvature radius =849,4 m (wheel center)

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Computation of Allowable value - material: bituminous - bb
traffic data :
MJA = 25 lorries/direction/lane
arithmetic growth= 0,00%
service duration= 20,0 years
cumulated trafic NPL = 182.500 heavy lorries
other equivalent traffic data (inferred) :
geometric growth= 0,00%
equivalent cumulated trafic NE:
coefficient CAM= 1,00
cumul. traffic NE= 182.500 reference axles
material characteristics:
Epsilon6= 100,00 µstrain
inverse slope 1/b= -5,00
TetaEq= 20 °C
modulus E(10°C) = 7200 MPa
modulus E(TetaEq)= 3600 MPa
struct. bituminous th.= 0,040 m
standard deviation Sh= 0,010 m
standard deviation SN= 0,250
risk= 5,0%
coefficient Kr= 0,8150
coefficient Ks= 1/1,2
coefficient Kc= 1,1
Allowable EpsilonT= 148,5 µstrain

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Computation of Allowable value - material: untreated graded aggregates and soil (soil, low traffic)
traffic data :
MJA = 25 lorries/direction/lane
arithmetic growth= 0,00%
service duration= 20,0 years
cumulated trafic NPL = 182.500 heavy lorries
other equivalent traffic data (inferred) :
geometric growth= 0,00%
equivalent cumulated trafic NE:
coefficient CAM= 1,00
cumul. traffic NE= 182.500 reference axles
material characteristics:
coefficient A= 16000
exponent= -0,2220
Allowable EpsilonZ= 1086,7 µstrain

2.4 RISULTATI

Come si può evincere dagli elaborati allegati, la stratigrafia analizzata è caratterizzata da un ottimo valore di deflessione, pari a 29,1 mm/100 in corrispondenza del massimo carico esercitato dalla singola ruota dell'asse posteriore degli eventuali mezzi furgonati.
Il valore di deformazione orizzontale a trazione (εt), rilevato alla base dello strato bituminoso, è risultata pari a 27.1 μstrain.
Tale valore è ampiamente supportato dalla deformazione ammissibile di 148,5 μstrain, calcolato in riferimento al traffico di progetto ipotizzato (25 furgoni/giorno).
Analogamente, la deformazione verticale a compressione (εz) al tetto del terreno naturale è risultata pari a 78,5 μstrain, valore perfettamente conforme al limite ammissibile di 1086,7 μstrain.
Entrambi i criteri di verifica risultano pertanto soddisfatti con un significativo margine di sicurezza.

2.5 CONCLUSIONI

Sulla base delle ipotesi di carico e di traffico adottate e dei risultati ottenuti mediante la modellazione con software Alizé-LCPC, la stratigrafia prevista per la pista ciclabile di Alberi di Vigatto risulta adeguata alle condizioni di esercizio considerate.
I valori di deformazione calcolati risultano infatti ampiamente inferiori ai rispettivi limiti ammissibili, evidenziando adeguati margini di sicurezza nei confronti del traffico di servizio ipotizzato, assunto cautelativamente superiore a quello ordinariamente prevedibile per una pista ciclo-pedonale.

3. TRACCIATO

Le caratteristiche geometriche e tecniche del tracciato di PFTE sono conformi con quanto previsto da Codice della Strada e dal Decreto Ministeriale n. 557 del 1999
In particolare:

- La larghezza delle corsie monodirezionali presenta il valore minimo di 1,50 metri (riducibile a 1,00 metro solo per brevi tratti in sede propria);
- La larghezza delle corsie bidirezionali presenta il valore minimo di 2,50 metri (riducibile a 2,00 metro solo per brevi tratti in sede propria);
- La pendenza longitudinale del tracciato non è superiore il 4%
- Il tracciato planimetrico presenta raggi di curvatura non inferiori a 5,00 metri in condizioni normali, riducibili a 3,00 metri nei punti vincolati o agli incroci, fatto salvo i punti di attraversamento stradale.

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche di tracciato si rimanda alla serie di elaborati **PFTE.T.6.1** in cui i dati di tracciameno d'asse vengono forniti in coordinate lineari UTM 32.