

verifica della portanza delle strade comunali interessate dal transito dei mezzi pesanti

COMUNE DI PIZZIGHETTONE

PROVINCIA DI CREMONA



**VERIFICA DELLA PORTANZA DELLE STRADE COMUNALI
INTERESSATE DAL TRANSITO DEI MEZZI PESANTI**



Premessa

La Legge Regionale 4.04.2012 n. 6 “disciplina del settore dei trasporti”, pubblicata sul *BURL n. 14, suppl. del 06 Aprile 2012* ha come finalità la disciplina del settore dei trasporti in Lombardia, al fine di sviluppare un sistema di trasporto integrato e rispondente alle esigenze di mobilità delle persone e di sostenibilità ambientale, nonché la promozione del miglioramento della qualità dei servizi e il perseguire la sostenibilità economica del sistema, con particolare riferimento al trasporto pubblico regionale e locale.

L'art. 42 della medesima legge disciplina, in particolare, i trasporti eccezionali.

- 1. Nel territorio della Regione le funzioni relative alle autorizzazioni alla circolazione di trasporti e veicoli in condizioni di eccezionalità, attribuite all'amministrazione regionale dal d.lgs. 285/1992, sono esercitate dagli uffici ed enti di cui al presente articolo, direttamente o per delega, in conformità ad apposite linee guida adottate dalla Giunta regionale per finalità di indirizzo e coordinamento.*
- 2. La provincia in cui risiede il richiedente oppure la ditta incaricata del trasporto o una delle province territorialmente interessate dal transito dello specifico trasporto o veicolo in condizioni di eccezionalità provvede al rilascio delle autorizzazioni alla circolazione di tipo periodico, singole o multiple, relative a trasporti e veicoli in condizioni di eccezionalità, ai sensi del d.lgs. 285/1992 e del decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495 (Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada).*
- 3. La provincia in cui risiede il richiedente o una delle province territorialmente interessate dal transito dello specifico trasporto provvede al rilascio delle autorizzazioni alla circolazione delle macchine agricole eccezionali e delle macchine operatrici eccezionali, ai sensi degli articoli 104 e 114 del d.lgs. 285/1992.*
- 4. Le autorizzazioni alla circolazione di trasporti e veicoli in condizioni di eccezionalità di cui ai commi 2 e 3 devono essere richieste, secondo le modalità previste dal d.lgs. 285/1992 e dal regolamento di attuazione, alla provincia competente ai sensi dei commi precedenti e previo pagamento dell'eventuale indennizzo convenzionale di cui all'articolo 18 del d.p.r. 495/1992 e delle spese di autorizzazione calcolate secondo le tariffe ivi stabilite dall'articolo 405.*
- 5. L'autorizzazione di cui ai commi 2 e 3, nei limiti della rete stradale regionale, è unica e ha valore per l'intero itinerario o area specificatamente indicati.*

6. *La provincia competente rilascia l'autorizzazione, previo nulla osta di cui all'articolo 14, comma 1, del d.p.r. 495/1992 e parere degli altri enti ai quali appartengono le strade pubbliche comprese nell'itinerario o nell'area interessata dal trasporto. Gli enti interessati esprimono il parere richiesto entro dieci giorni; in caso di mancata comunicazione del parere entro il termine previsto, il medesimo parere si intende positivamente espresso.* (24)
- 6 bis. *Gli enti proprietari delle strade pubblicano sul proprio sito istituzionale le cartografie o gli elenchi di strade di competenza percorribili dai veicoli eccezionali e dai trasporti in condizioni di eccezionalità, nonché dalle macchine agricole eccezionali e dalle macchine operatrici eccezionali. La giunta regionale entro sessanta giorni dalla data di pubblicazione della legge regionale recante (Legge di semplificazione 2017) definisce le tipologie di cartografie e le modalità di redazione degli elenchi di strade da pubblicare in relazione ai limiti di carico, eventualmente suddivisi anche per asse, ai limiti di sagoma, alle tipologie di veicoli e alle prescrizioni di tutela del patrimonio stradale, stabilendo altresì i tempi e le modalità del relativo aggiornamento. Dalla data di pubblicazione sul sito istituzionale dell'ente proprietario, le cartografie o gli elenchi di strade sostituiscono il nulla osta o il parere di cui al comma 6 e, per le macchine agricole eccezionali e le macchine operatrici eccezionali, il nulla osta di cui agli articoli 268 e 306 del d.p.r. 495/1992. In caso di mancata pubblicazione o di istanze di autorizzazione per trasporti o veicoli in condizioni di eccezionalità non rientranti nelle fattispecie autorizzabili sulla base delle cartografie o degli elenchi pubblicati, le autorizzazioni sono rilasciate dalla città metropolitana o dalla provincia competente secondo le procedure di cui ai commi 2, 3, 4 e 6.* (25)
- 6 ter. *Dal 1 gennaio 2020 l'archivio stradale regionale, di cui all'articolo 3 bis della l.r. 4 maggio 2001, n. 9 (Programmazione e sviluppo della rete viaria di interesse regionale), è il riferimento unico ai fini del rilascio delle autorizzazioni per la circolazione dei veicoli eccezionali e dei trasporti in condizioni di eccezionalità nonché delle macchine agricole eccezionali e delle macchine operatrici eccezionali. A tal fine, dalla data di cui al primo periodo, gli enti proprietari delle strade inseriscono nell'archivio stradale regionale i dati relativi alla percorribilità della rete stradale di competenza e li aggiornano tempestivamente. Le cartografie pubblicate nell'archivio stradale regionale sulla base dei dati inseriti sostituiscono il nulla osta o il parere di cui al comma 6 e, per le macchine agricole eccezionali e le macchine operatrici eccezionali, il nulla osta di cui agli articoli 268 e 306 del d.p.r. 495/1992. In caso di mancata pubblicazione o di istanze di autorizzazione per trasporti o veicoli in condizioni di eccezionalità non rientranti nelle fattispecie autorizzabili sulla base delle cartografie pubblicate, le autorizzazioni sono rilasciate dalla città metropolitana o dalla provincia competente secondo le procedure di cui ai commi 2, 3, 4 e 6.* (26)
- 6 quater. *Non è soggetta ad autorizzazione la circolazione sulle strade individuate come percorribili dalle cartografie o elenchi di strade di cui ai commi 6 bis e 6 ter, dei seguenti veicoli eccezionali o trasporti in condizioni di eccezionalità, a condizione che non superino i limiti di massa di cui all'articolo 62 del d.lgs. 285/1992: (26)*
- a) *mezzi d'opera, veicoli ad uso speciale, macchine operatrici eccezionali, complessi veicolari per il trasporto di macchine operatrici e veicoli ad uso speciale;*
- b) *veicoli per il trasporto dei pali per linee elettriche, telefoniche e di pubblica illuminazione o altro materiale analogo, qualora siano rispettate le condizioni previste all'articolo 13, comma 2, punto B), lettera d), del d.p.r. 495/1992, ed il trasporto sia effettuato con le stesse finalità di pubblica utilità;*

c) *macchine agricole eccezionali*;

d) *veicoli o trasporti eccezionali che rispettano le condizioni di cui all'articolo 13, comma 2, punto A), del d.p.r. 495/1992, 6 quinquies. Con deliberazione della Giunta regionale sono definite le modalità operative:*

a) *per il trasferimento nell'archivio stradale regionale delle cartografie e degli elenchi di strade di cui al comma 6 bis, nonché per la verifica della corrispondenza dei dati trasferiti;*

b) *per l'inserimento e l'aggiornamento, da parte degli enti proprietari delle strade, dei dati da pubblicare nell'archivio stradale regionale ai sensi del comma 6 ter;*

c) *per l'attuazione delle misure di semplificazione di cui ai commi 6 ter e 6 quater.*

7. *Alle province ed ai comuni spetta la vigilanza sulla circolazione dei veicoli e dei trasporti in condizioni di eccezionalità, ivi compreso l'esercizio delle funzioni amministrative riguardanti l'applicazione delle sanzioni pecuniarie previste dal nuovo codice della strada.*

Le linee guida pubblicate nel BURL serie ordinaria n. 10 del 6.03.2019 completano la legge con alcune definizioni e modalità operative con finalità di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni amministrative relative al rilascio delle autorizzazioni alla circolazione, sulla rete stradale regionale, dei veicoli eccezionali e dei trasporti in condizioni di eccezionalità, dei mezzi d'opera, delle macchine agricole eccezionali e delle macchine operatrici eccezionali, nonché per la semplificazione delle procedure e la riduzione dei tempi di rilascio,

Vengono definiti eccezionali i veicoli e i trasporti che nella propria configurazione superino, per specifiche esigenze funzionali, i limiti di sagoma e/o massa di cui agli artt. 61 e 62 del D.Lgs. 30 aprile 1992 n. 285 "Nuovo codice della strada" (a seguire "Codice").

I veicoli eccezionali, i trasporti in condizioni di eccezionalità, i mezzi d'opera, le macchine agricole eccezionali e le macchine operatrici eccezionali, per circolare su strada, ai sensi del Codice, devono essere in possesso di specifica autorizzazione.

Le funzioni autorizzative alla circolazione dei veicoli e trasporti sopra menzionati, relativamente alla rete stradale regionale, esclusa la rete autostradale e stradale nazionale definita con D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 461 e successivi aggiornamenti, sono delegate dalla normativa regionale alla Città Metropolitana di Milano e alle Province.

Vengono, inoltre, formulate le seguenti definizioni:

Itinerario/Percorso: descrive il tracciato seguito nello spostamento, da origine a destinazione, che deve essere individuato su supporto cartografico o con elenchi strade puntuali. Ha una origine e una destinazione finale invariabili; è ripetitivo se restano inalterate le tratte stradali sulle quali avviene il transito; può essere modificato dall'Ente proprietario per motivi di viabilità e sicurezza del traffico.

- Area:** ambito territoriale che comprende l'itinerario dello spostamento - da origine a destinazione - e i possibili tracciati alternativi richiesti dall'operatore in sede di presentazione dell'istanza di autorizzazione, individuati in ragione delle caratteristiche della viabilità e della sicurezza del traffico ovvero, per alcune tipologie di veicoli/trasporti, l'insieme dei comuni in cui sia necessario operare; l'area non può estendersi all'intero territorio regionale.
- Viaggio:** comprende oltre allo spostamento di sola andata anche l'andata e il ritorno, con condizioni di andata a carico e di ritorno a vuoto, o viceversa, in base alle esigenze funzionali dello specifico trasporto da effettuare.
- Carico del trasporto in condizione di eccezionalità:** in relazione all'art. 10, comma 2, lettera b), del Codice, deve essere caratterizzato dalla presenza di almeno un elemento che per essere trasportato richiede l'utilizzo di un veicolo o complesso di veicoli eccezionali. Le condizioni di eccezionalità si riferiscono al trasporto di cose indivisibili le cui dimensioni e/o massa eccedono i limiti stabiliti dall'art. 61 e/o dall'art. 62 del Codice.
- Cose indivisibili:** quelle per le quali la riduzione delle dimensioni o delle masse, entro i limiti degli artt. 61 o 62 del Codice, può recare danni o compromettere la funzionalità delle cose ovvero pregiudicare la sicurezza del trasporto.

Veicoli e trasporti in condizioni di eccezionalità Lo stato di veicolo eccezionale risulta dalla carta di circolazione. E' eccezionale il veicolo che nella propria configurazione di marca superi, per specifiche esigenze funzionali, i limiti di sagoma o massa stabiliti negli artt. 61 e 62 del Codice.

E' considerato trasporto in condizione di eccezionalità:

- il trasporto di una o più cose indivisibili che, per le loro dimensioni, determinano eccedenza rispetto ai limiti di sagoma stabiliti dall'art. 61, ma sempre nel rispetto dei limiti di massa stabiliti dall'art. 62 del Codice;
- il trasporto che ecceda congiuntamente i limiti fissati dagli artt. 61 e 62 del Codice, di blocchi di pietra naturale, elementi prefabbricati composti ed apparecchiature industriali complesse per l'edilizia, prodotti siderurgici e laminati grezzi coils;
- il trasporto effettuato con veicoli:
 - il cui carico indivisibile sporge posteriormente più di 3/10 oltre la sagoma del veicolo;
 - il cui carico indivisibile sporge posteriormente per meno di 3/10 sulla lunghezza del veicolo ma che supera il limite di sagoma laterale;
 - il cui carico sporge anteriormente oltre la sagoma del veicolo;
 - destinati al trasporto di mezzi eccedenti le sagome limite;
 - destinati al trasporto di contenitori o casse mobili di tipo unificato oltre i limiti di sagoma o massa;

- costituenti mezzi d'opera quando eccedono i limiti di massa;
- con carrozzeria ad altezza variabile per trasporto di animali vivi, balle o rotoli di paglia,
- macchine operatrici o agricole.

Per ulteriori specifiche si fa riferimento all'art. 10 comma 2 e seguenti del Codice e all'art. 13 comma 2 lettera A) e B) del Regolamento in considerazione delle specificità di alcune categorie di veicoli e trasporti eccezionali.

Mezzi d'opera

I mezzi d'opera (art. 54 comma 1 lettera n del Codice) comprendono i veicoli o complessi di veicoli dotati di particolari attrezzature per il carico e il trasporto di materiali di impiego o di risulta dell'attività edilizia e stradale, di escavazione mineraria e simili ovvero che completano, durante la marcia, il ciclo produttivo di specifici materiali per la costruzione edilizia.

Macchine operatrici

Sono macchine operatrici (artt. 58 e 114 del Codice) quelle semoventi o trainate, a ruote o cingoli, destinate a operare su strada o nei cantieri, equipaggiate, eventualmente, con speciali attrezzature; le stesse si distinguono in: macchine operatrici per l'edilizia e stradali, ripristino traffico, macchine sgombraneve, spartineve o ausiliarie quali spanditrici di sabbia e simili; veicoli destinati alla movimentazione di cose. Le macchine operatrici che per necessità funzionali hanno sagome e massa eccedenti quelle previste dagli artt. 61 e 62 del Codice sono considerate macchine operatrici eccezionali.

Macchine agricole

Sono macchine agricole (artt. 57 e 104 del Codice) le macchine a ruote o a cingoli destinate all'impiego agricolo e forestale che possono, in quanto veicoli, circolare su strada per il proprio trasferimento e per il trasporto di prodotti agricoli nonché di addetti alle lavorazioni e attrezzature agricole utili a tali attività. L'art. 104 del Codice ne definisce le sagome e masse limite.

Le macchine agricole che per necessità funzionali hanno sagome e massa eccedenti quelle specificate all'art. 104 del Codice sono considerate macchine agricole eccezionali.

Nelle more della costituzione dell'Archivio Stradale Regionale ed ai fini della massima semplificazione delle procedure autorizzative, gli Enti proprietari delle strade redigono e pubblicano sul proprio sito istituzionale le cartografie (o gli elenchi di strade) che rappresentano le strade di competenza percorribili dai trasporti e veicoli in condizioni di eccezionalità, mezzi d'opera, macchine agricole eccezionali e macchine operatrici eccezionali, nel rispetto delle indicazioni in seguito riportate e delle priorità qui indicate:

- strade classificate di interesse regionale di primo e secondo livello, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 9/2001;
- tratte stradali prossime a importanti poli economici presenti nel territorio;

- strade alternative alle precedenti per il transito di alcune categorie di veicoli/trasporti.

Per rendere omogenee le informazioni nelle cartografie degli Enti proprietari, redatte ai sensi dell'art. 42, comma 6 bis, della L.R. 6/2012, sono definite di seguito le legende unitarie regionali con riferimento alle seguenti tipologie di trasporti e veicoli eccezionali,

- A. 33 ton. - Mezzi d'opera e veicoli ad uso speciale di massa complessiva fino a 33 ton.
- B. 40 ton. - Mezzi d'opera e veicoli ad uso speciale di massa complessiva fino a 40 ton.
- C. 56 ton. - Mezzi d'opera, macchine operatrici eccezionali, complessi veicolari per il trasporto di macchine operatrici e veicoli ad uso speciale, di massa complessiva fino a 56 ton.
- D. 72 ton. - Macchine operatrici eccezionali, complessi veicolari per il trasporto di macchine operatrici e veicoli ad uso speciale, di massa complessiva fino a 72 ton.
- E. 108 ton. - Macchine operatrici eccezionali, veicoli ad uso speciale, di massa complessiva fino a 108 ton., con limite di carico per asse di 13 ton.
- F. Pali - veicoli per il trasporto dei pali per linee elettriche, telefoniche e di pubblica illuminazione o altro materiale analogo, qualora siano rispettate le condizioni previste all'art. 13 comma 2 lettera B), lettera d) ed il trasporto sia effettuato con le stesse finalità di pubblica utilità.
- G. Carri - veicoli per il trasporto di carri ferroviari di massa complessiva fino a 108 ton., con limite di carico per asse di 13 ton.
- H. Coils - veicoli per il trasporto di coils, laminati grezzi e blocchi di pietra naturale, di massa complessiva fino a 108 ton., con limite di carico per asse di 13 ton.
- I. Pre 25 x 75 - complessi veicolari per il trasporto di elementi prefabbricati compositi ed apparecchiature industriali complesse per l'edilizia con lunghezza fino a 25,00 metri e massa complessiva fino a 75 ton.
- J. Pre 25 x 108 - complessi veicolari per il trasporto di elementi prefabbricati compositi ed apparecchiature industriali complesse per l'edilizia con lunghezza fino a 35,00 metri e massa complessiva fino a 108 ton.
- L. Macchine agricole eccezionali
- M. Veicoli o trasporti eccezionali "Fuori sagoma" non eccezionali per massa - veicoli o complessi veicolari di altezza 4,30 metri - larghezza 3,00 metri - lunghezza 20 metri - (art. 13 comma 2 lettera A) del Regolamento al C.d.S.)
- N. Veicoli o trasporti eccezionali "Fuori sagoma" non eccezionali per massa - veicoli o complessi veicolari di altezza 4,30 metri - larghezza 2,55 metri - lunghezza 25 metri - (art. 13 comma 2 lettera A) del Regolamento al C.d.S.) industriali complesse per l'edilizia con lunghezza fino a 25,00 metri e massa complessiva fino a 108 ton

Il comune di Pizzighettone deve procedere, quindi, in conformità alle prescrizioni della L.R. 6/2012, all'individuazione delle strade di competenza comunale percorribili dai mezzi eccezionali.

Strade percorribili dai trasporti eccezionali nel territorio di Pizzighettone

I trasporti eccezionali che interessano il comune di Pizzighettone sono costituiti, per la maggior parte, da mezzi in puro attraversamento e solo occasionalmente da mezzi con origine o destinazione nel territorio comunale.

Quelli di puro attraversamento interessano strade provinciali.

Quelli con origine o destinazione nel territorio comunale riguardano, per lo più, il comparto di via Pirelli e quello di via Montegrappa .

Sono, pertanto, percorribili dai trasporti eccezionali i seguenti assi stradali:

via Montegrappa

via Marconi – via Zanoni – via Pirelli

strada Tencara nuova (da ex s.s. 234 a canale navigabile)

via Cremona

I mezzi eccezionali che interessano il territorio di Pizzighettone sono costituiti da macchine agricole che hanno origine/destinazione presso aziende o fondi agricoli.

Sono, pertanto, percorribili dalle macchine agricole eccezionali i seguenti assi stradali:

via Montegrappa – via Medaglie d'oro – via Formigara

strada per Ferie

via San Martino della Battaglia – via San Francesco

via Regona inferiore

via Goldoni – via Manzoni – via Il Giugno

via lungo Adda Mazzini – via Quartiere – via Casematte – via Antica Lodi

strada vicinale di Tencara

strada vicinale Tencara superiore

strada vicinale Tencara nuova

strada vicinale Gerre - Gerola

La prosecuzione di via Tencara permette, fra le varie possibilità, di oltrepassare il canale Navigabile.

Per disposizione dell'AIPO, in qualità di Ente Proprietario, il transito sul cavalcavia è ammesso nel limite delle 58 t complessive secondo le seguenti combinazioni di carico:

- 1 un mezzo del peso a pieno carico pari a 580 kN presente singolarmente sul ponte
- 2 due mezzi del peso pari a 580 kN viaggianti nel medesimo senso di marcia purchè non impegnino contemporaneamente il ponte e nessun mezzo viaggiante nella direzione opposta.
- 3 due mezzi del peso pari a 580 kN viaggianti uno in una direzione di marcia, l'altro nella direzione opposta, che si incrociano in corrispondenza della mezzeria della campata centrale.

Verifica della portanza delle strade comunali interessate dal transito dei mezzi pesanti

Nonostante, ad oggi, il transito dei mezzi eccezionali sia sempre avvenuto senza causare particolari problemi, l'Amministrazione Comunale di Pizzighettone ha ritenuto opportuno valutare la compatibilità delle strade con il transito di tali mezzi.

Non potendo, per ragioni di insufficiente disponibilità finanziaria e di impossibilità di programmarle a breve termine, eseguire prove di tipo dinamico (es. falling weight deflectometer) si è optato per prove su piastra da eseguire campionariamente sui tratti oggetto di transito.

Sono state eseguite prove nelle seguenti sezioni:

- 1 via Zanoni
- 2 via Montegrappa
- 3 via Goldoni
- 4 via San Martino della battaglia
- 5 strada per Ferie
- 6 via lungo Adda Mazzini



Esecuzione prove su piastra

Le prove servono per definire i parametri geotecnici del piano di posa del rilevato stradale e del sottofondo della pavimentazione.

Ragionando in termini prestazionali, si deve verificare che i valori rilevati nelle prove siano coerenti con i valori minimi richiesti dei parametri di portanza per l'esecuzione della sovrastante pavimentazione.

Determinazione modulo di deformazione su piano di posa

Il modulo di deformazione M_d è una misura convenzionale della capacità portante dei terreni di sottofondo, degli strati di rilevato nonché degli strati non legati di fondazione e di base delle pavimentazioni stradali.

È determinato mediante prova di carico con piastra circolare ed è definito dalla seguente relazione:

$$M_d = \frac{\Delta P}{\Delta s} \cdot D \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

dove ΔP incremento della pressione trasmessa da una piastra circolare rigida di diametro $D = 300$ mm, espresso in N/mm²;
 Δs corrispondente incremento di cedimento della superficie caricata, espresso in mm; D diametro della piastra di prova (300 mm).

Il valore di riferimento per l'appoggio degli strati bituminosi per il modulo di deformazione M_d , secondo quanto previsto dal Bollettino Ufficiale del CNR n. 178 sopra richiamato, risulta essere:

$$M_d \geq 800 \frac{kg}{cm^2} = 80 \frac{N}{mm^2}$$

A questo valore del Modulo di Deformazione corrisponde, in base a correlazioni teorico sperimentali un valore del Modulo Resiliente del sottofondo pari a 150 N/mm².

Con tali valori il Bollettino Ufficiale CNR n. 178 (Catalogo delle pavimentazioni stradali) prevede, con un metodo tabellare, per le varie classi di traffico e tipologie di strade, diverse stratigrafie bituminose (strato di base, binder ed usura) da appoggiare direttamente sul piano di posa.

La prova va eseguita con doppio ciclo di carico, secondo le modalità più avanti indicate, al fine di

determinare con il primo ciclo il modulo $M_d = \frac{\Delta P}{\Delta s}$ convenzionalmente indicativo della portanza, con il secondo ciclo il modulo $M_d^f = \frac{\Delta P^f}{\Delta s^f}$ che consente di valutare, mediante il rapporto $\frac{M_d}{M_d^f}$ il grado di costipamento dello strato in esame.

Per l'esecuzione della prova servono:

- una piastra circolare in acciaio di spessore non minore di 20 mm e del diametro di 300 ± 1 mm;
- una cerniera sferica per il centramento del carico (bloccabile durante le operazioni di insediamento)

dell'attrezzatura), da disporre immediatamente al di sopra della piastra di carico;

- un martinetto idraulico di portata maggiore a 50 kN;
- un manometro della portata maggiore di 50 kN ed avente una sensibilità di almeno 0,50 kN;
- le misure, in luogo dei comparatori meccanici, si eseguono mediante comparatori elettronici i cui dati si registrano automaticamente da un computer portatile collegato ai tre sensori autonomi; la precisione dei comparatori si fissa in un centesimo di millimetro;
- un sostegno dei bracci portacomparatori costituito da una trave sufficientemente rigida, della lunghezza di circa 2,50 metri, munita all'estremità di due supporti per l'appoggio al terreno;
- una bolla;
- un termometro.

esecuzione della prova

Per l'esecuzione della prova q necessario disporre di un contrasto fisso, che può essere costituito come evidenziato nella fotografia, da un mezzo pesante di cantiere.



La piastra va disposta sulla superficie dello strato di cui si vuole determinare il modulo di deformazione, curando che il contatto sia il più completo possibile; a tale scopo, le eventuali irregolarità superficiali vanno livellate a mezzo di un sottile strato di sabbia.

Dopo aver posizionata tutta l'attrezzatura di prova, va liberata la cerniera sferica e applicato, agendo sul martinetto, un carico di assetto di $0,02 \text{ N/mm}^2$ complessivamente, ossia compreso il carico dell'apparecchiatura gravante sulla superficie da provare e non misurata dal manometro.

Esauriti i cedimenti, leggibili mediante la stabilizzazione delle letture elettroniche effettuate su PC portatile, si azzerava la lettura mediante l'immissione di un innalzamento uguale ma contrario al valore elettronico rilevato dai comparatori.

Si porta quindi il carico al valore di $0,05 \text{ N/mm}^2$ e si effettua una lettura dei tre comparatori fino alla completa stabilizzazione; in seguito si applicano i seguenti incrementi di carico, effettuando una lettura continua ogni cinque secondi e fino alla completa stabilizzazione:

primo ciclo di carico

- per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato: incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere la pressione di $0,20 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di $0,10 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere rispettivamente la pressione di $0,35$ e $0,45 \text{ N/mm}^2$.

Si effettuano registrazioni continue ed in particolare ad ogni step di carico fino a completa stabilizzazione; letto il cedimento relativo al carico massimo, al fine di determinare il modulo M'_d , va eseguito lo scarico fino alla pressione di $0,050 \text{ N/mm}^2$ e va rilevato, dopo la stabilizzazione della deformazione, il cedimento residuo. Partendo da queste condizioni si procede con il secondo ciclo, applicando i seguenti incrementi di carico:

secondo ciclo di carico

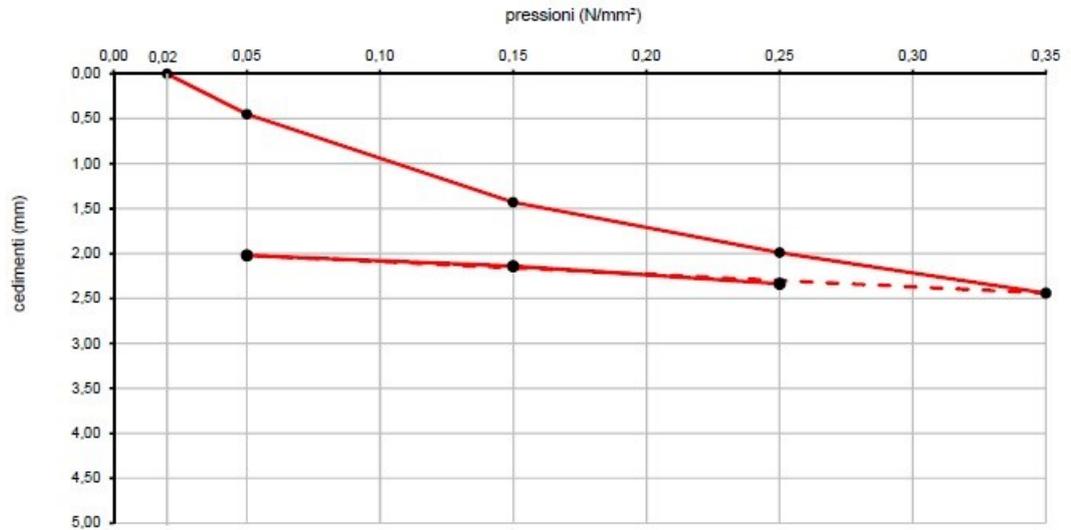
- per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato: incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere la pressione di $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di $0,10 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere rispettivamente la pressione di $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$

Durante la prova va rilevata la temperatura, per controllare che rimanga pressoché costante.

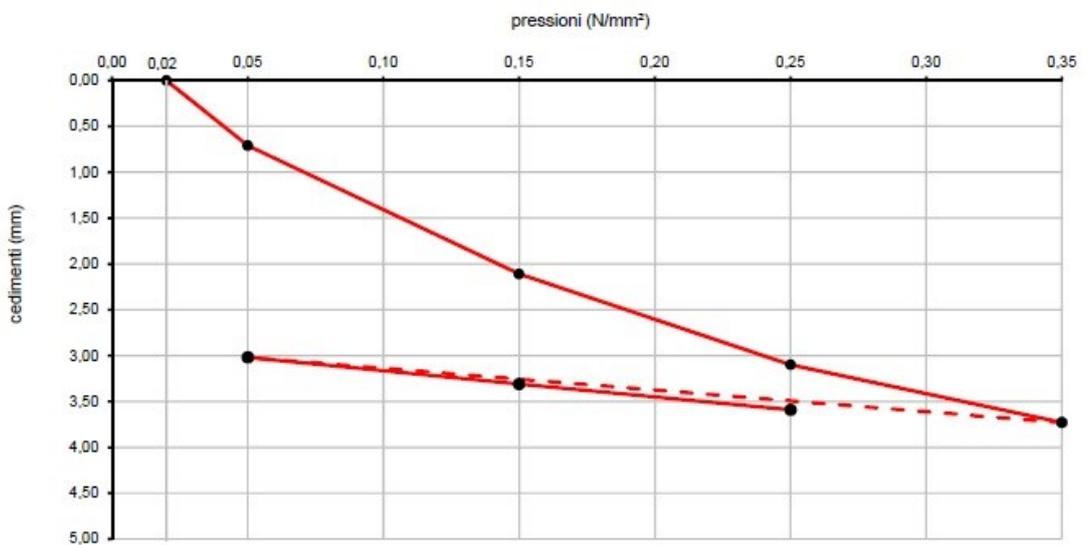
interpretazione dei risultati

I moduli di deformazione M_d e M'_d corrispondenti al primo ed al secondo ciclo di carico rispettivamente, vengono determinati applicando la relazione riportata all'inizio nella quale (con ovvio significato dell'apice) Δp e $\Delta p'$ si sono fissati pari a $0,10 \text{ N/mm}^2$ e per strati di base risultano essere tra i seguenti intervalli: $\Delta p / \Delta p'$ compreso tra $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

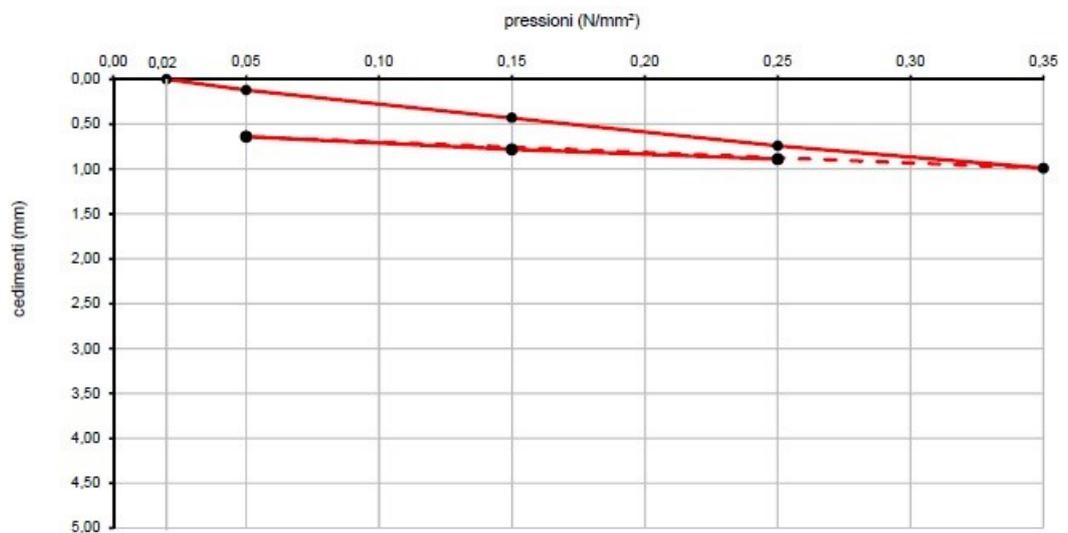
La valutazione della qualità del costipamento si effettua in base al rapporto M_d / M'_d che risulta tanto più prossimo all'unità quanto migliore è la qualità del costipamento.



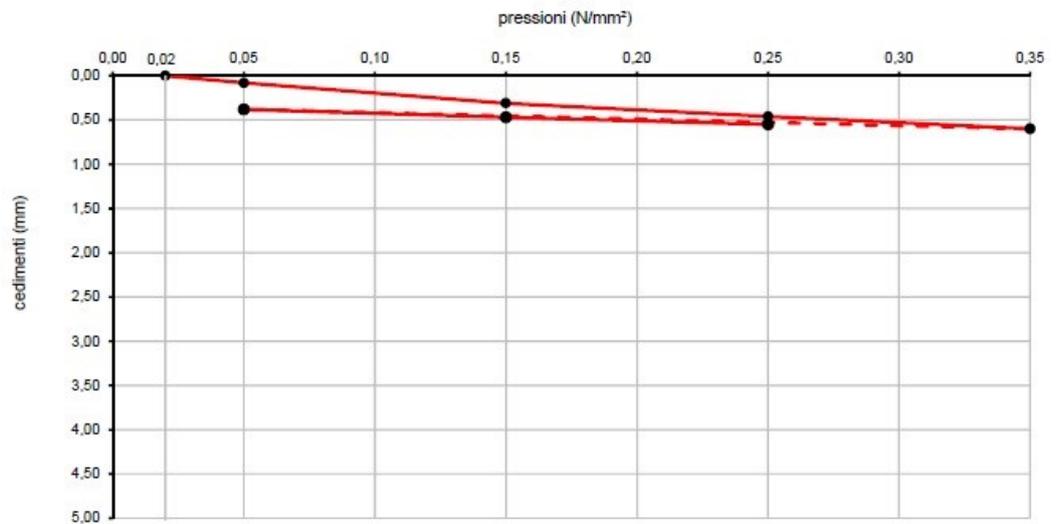
via Zanoni



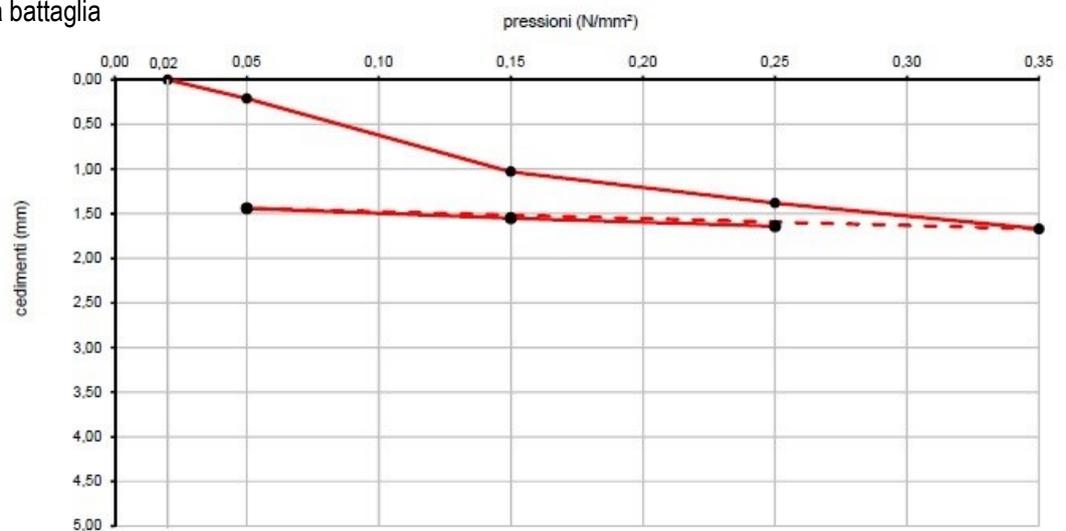
via Montegrappa



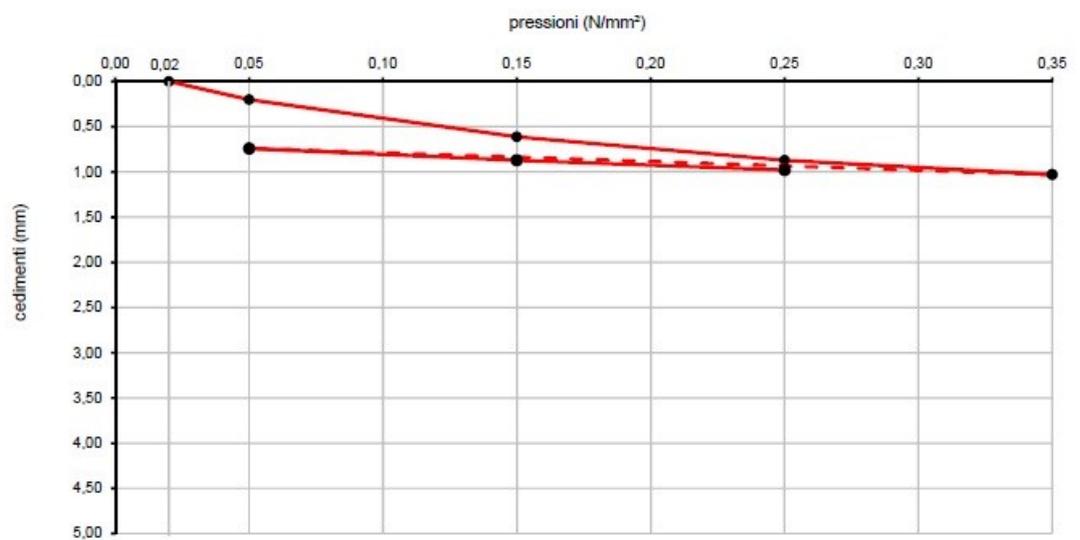
Via Manzoni



Via San Martino della battaglia



Via per Ferie



Via Lungo Adda Mazzini

I risultati ottenuti sono descritti nella seguente tabella:

Sezione	Δs mm	Md N/mm ²	$\Delta s'$ mm	Md' N/mm ²	grado costipamento	Spessore Asfalto (cm)
via Zanoni	0,56	54	0,2	152	0,35	8
via Montegrappa	0,99	30	0,28	107	0,28	10
via Manzoni	0,31	97	0,11	273	0,35	6
via San Martino	0,15	200	0,08	375	0,53	5
strada per Ferie	0,35	86	0,09	333	0,26	8,5
via Lungo Adda Mazzini	0,26	115	0,11	273	0,42	7,5

Il modulo di reazione del sottofondo è espresso dalla seguente relazione:

$$k = \frac{0,70}{L - L_0} \left[\frac{daN}{cm^3} \right]$$

ove la differenza (L - L₀) è espressa in centimetri.

Un parametro per caratterizzare la portanza del sottofondo è il "modulo resiliente" M_R di progetto, valutabile sulla base di prove sperimentali; la scelta di tale parametro è dettata, come riportato dal Bollettino CNR n. 178, dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione.

Tale valore può ricavarsi da prove sperimentali o da correlazioni teorico-sperimentali tra l'indice di portanza CBR ed il modulo di reazione k. Il metodo di dimensionamento, ed in questo caso di verifica delle pavimentazioni stradali utilizzato, prevede tre categorie di terreno di sottofondo di buona, media e scarsa portanza rappresentate dai valori del modulo resiliente M_R riportati nella tabella seguente:

modulo resiliente del sottofondo	Indice CBR	Modulo di reazione
M _R = 150 N/mm ²	CBR = 15%	k = 100 [kPa/mm]
M _R = 90 N/mm ²	CBR = 9%	k = 60 [kPa/mm]
M _R = 30 N/mm ²	CBR = 3%	k = 20 [kPa/mm]

I valori di riferimento estremi per il calcolo del modulo resiliente della prova da eseguire sono:

$$k = 20 \text{ kPa/mm} \quad M_R = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$k = 60 \text{ kPa/mm} \quad M_R = 90 \text{ N/mm}^2$$

In fase di realizzazione delle prove, viene tenuta in considerazione solamente quella che ottiene un valore di k ammissibile; nel caso in cui i valori siano tutti inferiori al minimo, si dovrà procedere con la bonifica del sottofondo. Il valore finale si ottiene per interpolazione tra i valori di prova.

E' da osservare che quando si è in presenza di terreni di scadente capacità portante (M_R=30 N/mm²), nei casi di autostrade, strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico, nonché per le strade urbane di scorrimento, le schede di Catalogo prevedono il ricorso ad interventi di bonifica del terreno di sottofondo al fine di garantire la

Per la composizione del traffico previsto su ciascun tipo di strada sono stati assunti degli spettri tipici di veicoli commerciali (massa complessiva ≥ 3 t).

Tipo di veicolo	N° Assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN			
1) autocarri leggeri	2	↓10	↓20		
2) " " "	"	↓15	↓30		
3) autocarri medi e pesanti	"	↓40	↓80		
4) " " "	"	↓50	↓110		
5) autocarri pesanti	3	↓40	↓80	↓80	
6) " " "	"	↓60	↓100	↓100	
7) autotreni e autoarticolati	4	↓40	↓90	↓80	↓80
8) " " "	"	↓60	↓100	↓100	↓100
9) " " "	5	↓40	↓80	↓80	↓80
10) " " "	"	↓60	↓90	↓90	↓100
11) " " "	"	↓40	↓100		↓80
12) " " "	"	↓60	↓110		↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120		↓130
14) autobus	2	↓40	↓80		
15) " " "	2	↓60	↓100		
16) " " "	2	↓50	↓80		

La successiva tabella indica la loro frequenza, espressa in percentuale, sul totale dei mezzi commerciali.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	---	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	---	---	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	---	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	---	---	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	---	---	58.8	29.4	---	5.9	---	2.8	---	---	---	---	0.2	---	---	2.9
5) " extr. second. turistiche	24.5	---	48.8	16.3	---	4.15	---	2	---	---	---	---	0.05	---	---	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
7) " " di quartiere e locali	80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20	---	---
8) corsie preferenziali	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	47	53	---

Le strade urbane locali hanno lo stesso spettro delle urbane di quartiere. Il traffico che le sovrastrutture di catalogo possono sopportare è espresso in numero complessivo di passaggi di veicoli commerciali transitanti sulla corsia più caricata.

I livelli di traffico, sulla corsia più caricata, previsti sono riportati in tabella:

Livello di traffico	Numero di veicoli commerciali
1°	400.000
2°	1.500.000
3°	4.000.000
4°	10.000.000
5°	25.000.000
6°	45.000.000

Di questi sei livelli di traffico soltanto alcuni interessano effettivamente solo un determinato tipo di strada.

Conclusioni

Come anticipato in precedenza, per la verifica del livello prestazionale delle strade oggetto di indagine avrebbe dovuto essere programmata una prova di carico dinamica.

Le prove di carico eseguite sui sottofondi non permettono una immediata correlazione fra modulo di deformabilità e portanza; infatti, più che il valore di portanza, permettono di esprimere una valutazione sulle prestazioni a lungo termine della strada.

Un elevato modulo di deformabilità comporta un elevato modulo di reazione e un elevato modulo resiliente che garantiscono il mantenimento nel lungo periodo delle caratteristiche di progetto della strada.

Al contrario, un basso modulo di deformabilità comporta un basso modulo resiliente con la conseguenza che la strada è destinata ad un processo di degrado molto più rapido.

Nel caso specifico, si sono rilevate qualità particolarmente scadenti del sottofondo di via Zanoni e via Montegrappa.

La situazione, specialmente per quanto riguarda via Montegrappa, è confermata da una semplice ricognizione visiva della pavimentazione che, pur percorsa da normali volumi di traffico ordinario, evidenzia ormaie e zone con asfalto disgregato.

La qualità ottimale del sottofondo è stata rilevata lungo il tratto extraurbano di via San Martino della battaglia e in via lungo Adda Mazzini; in tutte le altre sezioni sono stati rilevati valori pienamente accettabili.

A prescindere da vizi occulti (topinai in corso di formazione, cedimenti di pozzetti o di sottoservizi in genere, ecc.), si può affermare che, con l'eccezione di via delle Zanoni e via Montegrappa, le strade possono essere percorse da trasporti di carattere eccezionale.

I valori scadenti di portanza del sottofondo non precludono, comunque, il transito di mezzi eccezionali soprattutto se la frequenza dei transiti è modesta.

Tuttavia, la non ottimale qualità dei sottofondi e i processi di degrado già in corso permettono di stimare una breve vita utile delle sovrastrutture, imponendo all'Amministrazione Comunale di programmare interventi manutentivi straordinari anticipati rispetto a quelli ordinariamente prevedibili.