

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **11/89**

**La valutazione del traffico nel nuovo metodo inglese per
il progetto delle infrastrutture stradali flessibili**

Mariano Cupo Pagano

Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Ingegneria Chimica

Antonio D'Andrea

Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Ingegneria Chimica

La valutazione del traffico nel nuovo metodo inglese per il progetto delle sovrastrutture stradali flessibili

Mariano Cupo Pagano
Antonio D'Andrea

Premessa

Nel 1984 il Transport and Road Research Laboratory ha proposto un nuovo metodo per il calcolo delle sovrastrutture stradali flessibili o semirigide, in sostituzione dell'ormai ben conosciuto e lungamente applicato Road Note 29.

Nel presente studio si intende svolgere un'analisi delle innovazioni introdotte per la valutazione del traffico commerciale e della sua influenza sul dimensionamento delle sovrastrutture.

1. Introduzione

Il considerevole incremento del traffico pesante, insieme con l'accresciuta aggressività dei veicoli commerciali di nuova costruzione nei confronti delle pavimentazioni, hanno indotto le Amministrazioni dei vari Paesi a rivedere radicalmente i criteri di riferimento per il progetto delle nuove strade e per gli interventi di manutenzione di quelle esistenti.

L'acquisizione di nuovi dati sperimentali, nonché il continuo affinamento dei metodi di calcolo utilizzando gli elaboratori elettronici, consentono di riportare sempre maggiore fiducia nelle edizioni più aggiornate di guide al dimensionamento o di cataloghi.

Peraltro non si porrà mai a sufficienza l'accento sulla necessità di esaminare volta per volta le condizioni ambientali e le caratteristiche dei materiali impiegati; entrambi questi fattori, se assunti in valori non conformi alla realtà, possono rendere assolutamente inattendibile qualsiasi elaborata procedura di dimensionamento di sovrastrutture stradali.

Nella presente memoria si vuole fornire al lettore un'informazione sulle principali innovazioni introdotte in Gran Bretagna dal Transport and Road Research Laboratory nella modifica (1984) del metodo Road Note 29, relativamente alle elaborazioni da effettuare sul traffico prevedibile nella fase di progetto, al fine della determinazione del numero equivalente di assi standard, per il quale deve essere dimensionata la sovrastruttura.

2. Il metodo Road Note 29 (edizione 1970)

Si richiamano brevemente in questo paragrafo i criteri informativi del metodo Road Note 29, relativamente alle pavimentazioni "flessibili".

Nell'indagine sul traffico, occorre determinare o stimare il traffico giornaliero medio dei veicoli con tara superiore a 1500 Kg sulla corsia più trafficata, e quindi valutare il numero giornaliero medio iniziale $n_{g,i}$ di ciascuna categoria di assi.

Definito un incremento annuo percentuale r , si otteneva il numero giornaliero medio di assi di ciascun peso transiti all' x -esimo anno $n_{g,x} = n_{g,i} (1 + r)^x$ e di conseguenza il relativo numero totale nella vita utile, assunta pari a 20 anni:

$$N_{tot} = 365 \sum_{x=1}^{x=20} n_{g,x}$$

Tale N_{tot} veniva poi trasformato in numero equivalente di passaggi dell'asse standard da 8,2 tonnellate, mediante i coefficienti di equivalenza ricavati dalla prova AASHO.

Ripetendo il calcolo per tutti i tipi di assi, si otteneva il numero totale equivalente di passaggi dell'asse standard.

Ovviamente l'omogeneizzazione poteva eseguirsi anche trasformando il traffico del primo anno in assi standard e

calcolandone poi la sommatoria, estesa a tutti gli anni della vita utile.

In mancanza di dati sulla distribuzione dei pesi degli assi transitanti, il metodo prevedeva l'attribuzione di un numero equivalente di assi standard (8,2 t = 80 kN) per ciascun veicolo commerciale, differenziato in funzione del tipo di strada e dei flussi previsti su di essa, secondo lo schema:

autostrade e strade principali progettate per più di 1000 veicoli commerciali per ciascuna direzione, al tempo di costruzione	1,08
strade progettate per portare da 250 a 1000 veicoli commerciali per ciascuna direzione, al tempo di costruzione	0,72
altre strade pubbliche	0,45

Ciò consentiva immediatamente la determinazione del numero di assi standard, noto il numero di veicoli commerciali.

La portanza del sottofondo veniva stimata sulla base dei risultati di prove CBR eseguite alla probabile umidità di regime, intesa come umidità media a lungo termine. In mancanza di dati al riguardo si utilizzavano i risultati della prova CBR su provini saturati in acqua per 4 giorni, ovvero veniva suggerita una valutazione orientativa a partire dai valori dell'indice di plasticità, altezza della falda, etc.

Con i dati relativi al traffico ed al sottofondo si determinavano, mediante abachi, gli spessori dei vari strati della sovrastruttura, in funzione dei materiali utilizzati.

3. Le problematiche attuali

L'esigenza di procedere all'adeguamento delle sovrastrutture esistenti, o alla costruzione delle nuove, comporta specifici problemi di progettazione, al fine di ottimizzare il bilancio costi-rendimenti, in particolare laddove si abbia interesse a garantire una riduzione degli interventi manutentivi futuri e dei conseguenti disturbi causati alla circolazione.

Il criterio di lavoro prescelto dagli estensori del nuovo metodo ha comportato dapprima la definizione di un ventaglio di possibili progetti di sovrastrutture (spessore e composizione degli strati), sulla scorta dei dati relativi al comportamento dei materiali nelle strade sperimentali. Il successivo esame di questi progetti alla luce dei concetti e dei metodi di calcolo teorici, tenendo conto peraltro delle limitazioni di questi ultimi, ha permesso di comprendere meglio il comportamento strutturale e di fornire indicazioni meglio ponderate, anche riguardo alla potenzialità aggressiva di treni d'assi di diversa composizione.

La messa a punto generale del metodo Road Note 29 risale al 1970 ed era basata su osservazioni condotte su strade che avevano sopportato non più di 10 milioni di passaggi di assi standard da 8,2 t.

In Gran Bretagna, nel corso degli anni, si sono verificate importanti modificazioni nella potenzialità aggressiva del traffico commerciale, sia per l'ammodernamento del parco circolante, sia per l'aumento globale delle merci trasportate.

In sostanza le case costruttrici e l'utenza tendono all'ottimizzazione dell'utilizzo dei mezzi, nell'ambito delle limitazioni sui carichi imposte per legge.

Attualmente le autostrade più trafficate devono essere progettate per un orizzonte temporale di 20 anni, considerando 150 milioni di assi standard: non sarebbe pertanto lecito estendere le estrapolazioni fino a numero di ripetizioni così diverso da quello utilizzato nella precedente sperimentazione. Queste considerazioni avevano indotto il TRRL, già nel 1978, ad apportare alcune modifiche ed integrazioni al metodo Road Note 29, riguardanti anche il criterio di valutazione del danno prodotto dal passaggio dei veicoli commerciali.

La Tabella per l'attribuzione di un numero equivalente di assi standard al passaggio di un veicolo commerciale era stata modificata in modo rilevante, definendo i coefficienti sotto riportati:

veicoli commerciali al giorno per ogni direzione	numero equivalente di assi standard per veicolo comm.
oltre 2000	2,75
da 1000 a 2000	2,25
da 250 a 1000	1,25
meno di 250	0,75

Analoga evoluzione del traffico commerciale si è registrata anche negli altri Paesi europei ed in particolare in Italia.

Un recente studio compiuto dalla Società Autostrade indica che il coefficiente di equivalenza globale del traffico merci sulla rete I.R.I., che nel 1976 era pari a 0,35 (intendendosi con ciò un passaggio di un veicolo merci equivalente a 0,35 passaggi dell'asse da 12 t), attualmente può considerarsi pari a 0,56, anche in conseguenza dell'entrata in vigore della legge 313 sui carichi massimi ammessi per asse.

4. Valutazione del traffico

Nel nuovo metodo il traffico è definito, come anche nel Road Note 29, in termini di numero cumulato di assi standard equivalenti da 80 kN previsti, durante la vita utile, sulla corsia più impegnata.

Per la sua valutazione viene suggerita una procedura che fa riferimento al "core census", un censimento, continuamente aggiornato, che raccoglie i dati rilevati per tre giorni al mese su 170 sezioni scelte a caso su strade ed autostrade del Regno Unito a partire dal 1979.

Dal "census" può ottenersi l'indicazione del numero di veicoli commerciali di ciascun tipo, circolanti su ogni sezione, nonché della percentuale che impegna la corsia più trafficata.

Per le strade da progettarsi su nuovi itinerari, il progettista dovrà ovviamente eseguire una previsione della redistribuzione dei flussi transitanti sulla rete esistente, ricavabili anch'essi dal "census".

La variazione nel tempo del traffico commerciale, a volte diversa da quella del traffico globale, è in molti casi valutata ed indicata nel "census"; altrimenti, in linea generale ed a meno di particolari circostanze locali, per essa può as-

sumersi un tasso annuo di incremento del 2%, quantomeno per le strade principali e le autostrade.

Avendo quindi a disposizione i dati citati, si procede alla valutazione del numero cumulato di veicoli commerciali (T_n) che impegneranno la corsia lenta in tutta la vita utile, secondo la formula seguente:

$$T_n = 365 \cdot F_o \cdot \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \cdot P$$

dove:

- F_o = traffico giornaliero medio dei veicoli commerciali (tara > 1,5 t) nell'anno di apertura
- n = anni previsti di vita utile
- r = tasso di incremento annuo
- P = percentuale di veicoli commerciali transitanti sulla corsia più impegnata.

Stabilito il numero totale T_n di veicoli commerciali transitanti sulla corsia più impegnata, si deve determinare il "fattore di danno" D , cioè il coefficiente che consente di trasformare tale numero in numero equivalente di assi standard. Come è intuibile, questa determinazione richiede una valutazione complessa, nella quale interviene un grande numero di variabili (composizione del traffico, sua distribuzione stagionale e giornaliera, carico per asse, numero di assi e loro disposizione relativa, percentuali ipotizzabili di sovraccarico e loro frequenza, etc.).

La novità del metodo consiste in una nuova modalità per la determinazione del "fattore di danno", messa a punto sulla base dei risultati delle indagini sperimentali svolte negli ultimi anni.

Viene proposto di fare riferimento al fattore di danno calcolato mediante la formula:

$$D = \frac{0.35}{0.93^t + 0.082} - \left(\frac{0.26}{0.92^t + 0.082} \right) \cdot \left(\frac{1.0}{3.9^{(F/1550)}} \right)$$

dove:

- F = traffico commerciale giornaliero medio per l'anno di computo
- t = anno di computo - 1945 (anno di riferimento della formula).

In primo luogo è interessante notare che questa formulazione rende continua la variazione del "fattore di danno" in funzione dell'entità del flusso transitante.

L'adozione, nel Road Note 29, dei coefficienti differenziati precedentemente richiamati, già comportava implicitamente una valutazione della composizione del traffico, che veniva considerato tanto più aggressivo quanto più fosse intenso.

L'impostazione discontinua del 1970, poi conservata anche nella revisione del 1978, viene ora definitivamente superata, così come è evidenziato nella Figura 1, dalla quale si può dedurre che il fattore di danno relativo all'anno ini-

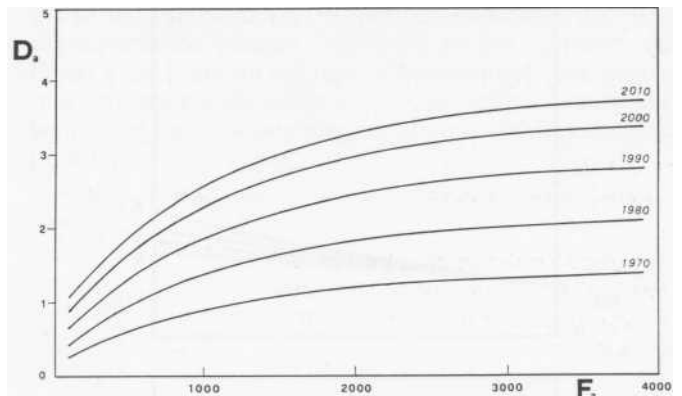


Fig. 1. Fattore di danno relativo all'anno di apertura, in funzione del flusso di veicoli commerciali.

ziale (D_a) dipende, in modo continuo, da due parametri: 1) entità del traffico commerciale del primo anno; 2) anno di apertura dell'infrastruttura.

A parità di flusso F_a , il valore di D relativo all'anno di apertura (D_a) è diverso, infatti, a seconda che l'anno iniziale sia il 1970, il 1980, etc.

Sorvolando sulla non perfetta omogeneità dei dati (nel Road Note 29 si parlava del traffico al tempo di costruzione, mentre ora si tratta del traffico al primo anno di vita utile), la curva di D_a relativa al 1970 risulta molto vicina ai valori proposti con l'edizione 1970 del Road Note 29, mentre i valori proposti nella revisione del 1978 risultano superiori all'andamento del D_a relativo a quell'anno, almeno per i flussi di traffico più elevati ($F_a > 2000$). Si può legittimamente supporre che i valori R.N. 1978, a prima vista troppo gravosi, tenessero già conto di una previsione di incremento di aggressività del traffico durante la vita utile delle sovrastrutture di strade da aprirsi in quel periodo.

Al precedente rapporto di conversione "veicolo commerciale/assi equivalenti" determinato in base al traffico commerciale al momento dell'apertura della strada, e supposto comunque costante per tutto il periodo della vita utile, viene ora sostituito un fattore di danno "in fieri", che permette di valutare a priori l'aumento, nel tempo, dell'aggressività del traffico merci causato dal continuo ammodernamento del parco veicolare.

Infatti si può notare che la nuova formulazione consente di eseguire la valutazione del fattore di danno relativamente ad un anno qualsiasi del periodo di esercizio dell'infrastruttura, una volta definito il flusso di veicoli commerciali F ipotizzabile per quell'anno.

Si può quindi calcolare D_i per ciascuno degli anni di vita utile, utilizzando il valore di F_i ottenuto, in funzione di F_a e del tasso r di incremento annuo, secondo la:

$$F_i = F_a (1 + r/100)^{i-1}$$

dove i è il numero d'ordine dell'anno di vita utile.

Nella Figura 2 sono evidenziati gli andamenti assunti da D negli anni dal 1990 al 2010, differenziati in funzione del tasso r e del traffico iniziale F_a (al 1990).

Il numero equivalente di assi standard si ottiene dalla sommatoria:

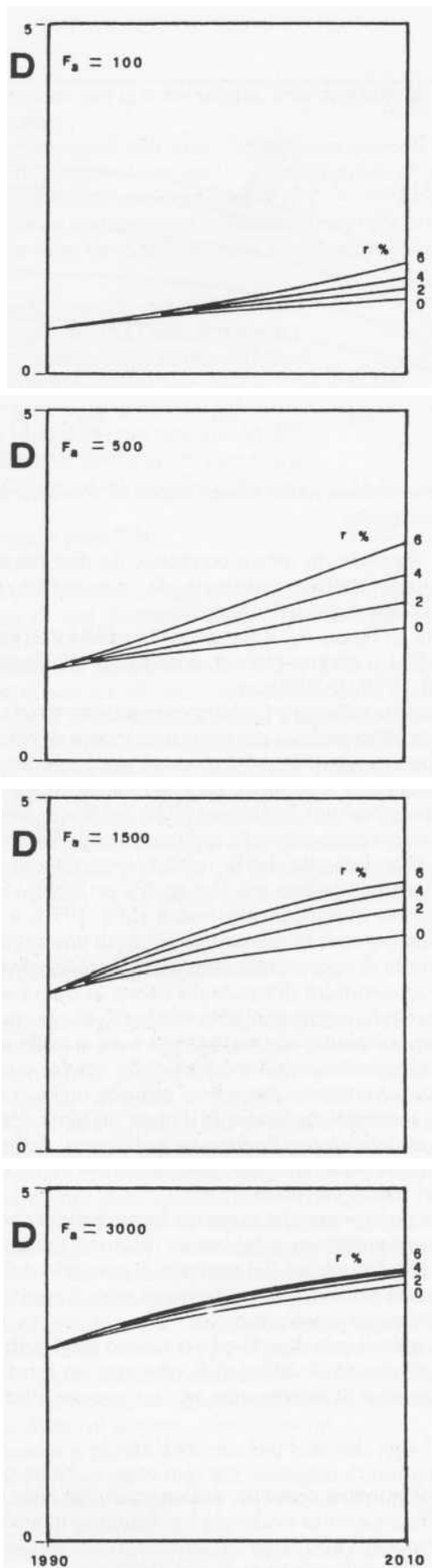


Fig. 2. Andamenti del fattore di danno D durante la vita utile per diversi valori di F_a (anno iniziale 1990).

$$\sum_{i=1}^{20} D_i F_i 365 P$$

dove:

- D_i = fattore di danno dell'anno i
- F_i = traffico giornaliero medio annuo di veicoli commerciali dell'anno i
- P = percentuale di veicoli commerciali transitanti sulla corsia più impegnata.

Può anche definirsi un particolare valore di D , che sarà indicato con D_m , il quale, moltiplicato per il numero totale di veicoli commerciali nella vita utile, fornisca direttamente il numero equivalente di assi standard. Si tratta quindi, del "fattore di danno mediato", se così si può dire, rispetto agli anni della vita utile e rispetto ai flussi transitanti durante quegli anni.

Per una vita utile di 20 anni si può scrivere:

$$D_m = \frac{\sum_{i=1}^{20} D_i F_i}{\sum_{i=1}^{20} F_i}$$

Nella Figura 3 è indicato l'andamento del D_m in funzione del flusso F_a e dell'anno di apertura al traffico, per un tasso di incremento del 2%.

Definito il tasso d'incremento da considerare, il progettista, utilizzando l'abaco relativo, può immediatamente determinare il fattore di danno D_m .

Per semplicità operativa, il metodo suggerisce di fare riferimento al D relativo all'anno medio della vita utile, che praticamente coincide col valore D_m calcolato nel modo rigoroso sopra indicato.

Nelle Figure 4 e 5 viene confrontato l'andamento del numero cumulato di assi standard, valutato mediante l'applicazione dei vari metodi di cui si è parlato, per due diverse condizioni di traffico di veicoli commerciali ($F_a = 750$; $F_a = 4500$), a parità di:

- anno di apertura: 1980
- vita utile: 20 anni
- tasso di incremento: 4%

nell'ipotesi che tutti i veicoli pesanti utilizzino le corsie lente.

Dall'osservazione delle curve si evidenzia che, per tutti e due i casi, limitatamente ad un primo periodo (più lungo per il traffico più intenso), i coefficienti del 1978 comportano una valutazione in eccedenza rispetto al nuovo metodo, che però, al termine della vita utile, determina, in entrambi i casi, valori superiori di assi cumulati (rispettivamente del 68% e del 7%).

Non deve ingannare l'esigua differenza riscontrata in corrispondenza al traffico più intenso, che dipende esclusivamente dall'aver considerato una vita utile con inizio nel 1980.

Infatti, qualora si consideri un analogo traffico di veicoli commerciali per una strada che entri in esercizio nel 1990, le differenze sono ben diverse, con un incremento di circa il 27%, come può rilevarsi dalla Figura 6.

Il raggiungimento di un maggior numero cumulato di assi standard al termine della vita utile, nel caso di utilizzo del nuovo metodo di calcolo, dipende dal fatto che il fattore

di danno D aumenta sia per l'ammodernamento dei mezzi di trasporto (col passare degli anni), sia per l'aumento del flusso F (in funzione del tasso d'incremento), che genera una variazione nella composizione del traffico commerciale, in cui si riscontra una maggiore frequenza dei veicoli più pesanti.

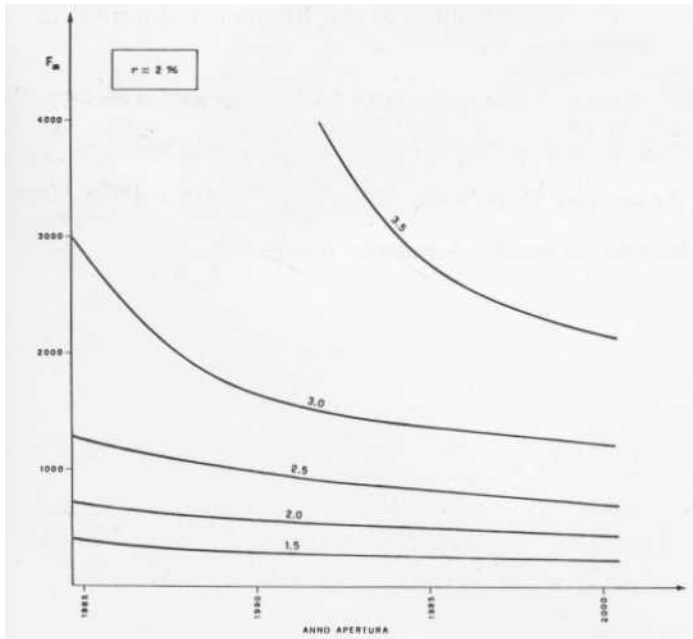


Fig. 3. Fattore di danno D_m da applicare al numero complessivo di veicoli commerciali, in funzione dell'anno iniziale della vita utile e del flusso F_a .

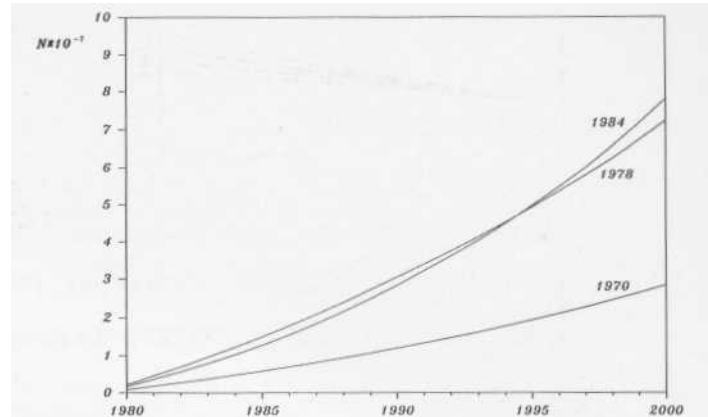


Fig. 5. Numero cumulato di assi standard nel corso della vita utile. $F_a = 4500$; anno di apertura: 1980; $r = 4\%$.

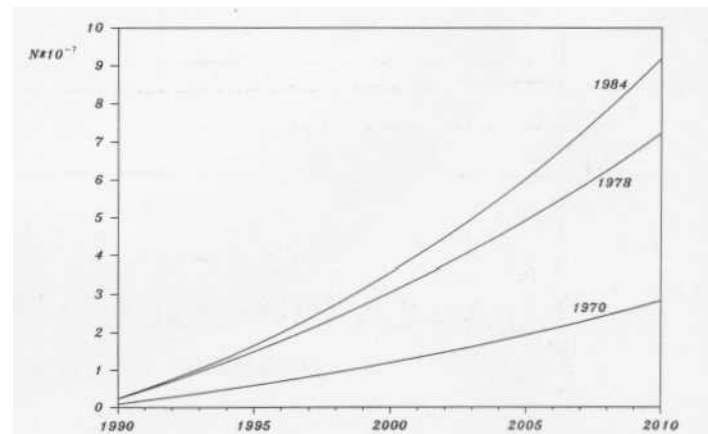


Fig. 6. Numero cumulato di assi standard nel corso della vita utile. $F_a = 4500$; anno di apertura: 1990; $r = 4\%$.

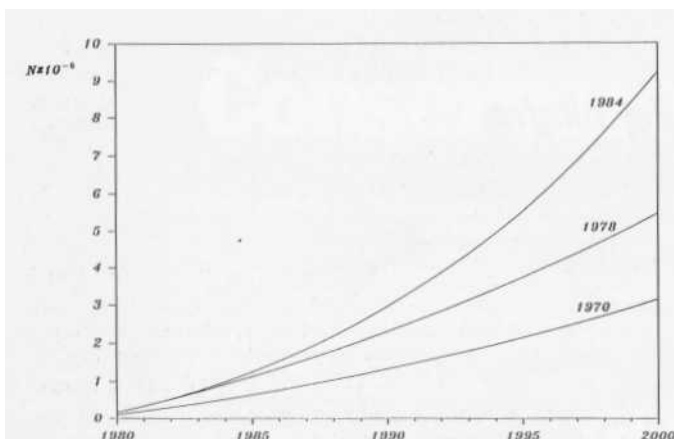


Fig. 4. Numero cumulato di assi standard nel corso della vita utile. $F_a = 750$; anno di apertura: 1980; $r = 4\%$.

Conclusioni

Le innovazioni introdotte nella valutazione del traffico commerciale dal nuovo metodo per il calcolo delle sovrastrutture stradali flessibili edito dal TRRL sono il risultato degli ultimi studi teorici e delle più recenti sperimentazioni su strada.

In particolare viene definito il "fattore di danno", cioè il coefficiente da moltiplicare per il numero complessivo di veicoli commerciali previsti nella vita utile, al fine di ottenere il numero di assi standard da 80 KN per il quale deve essere progettata la sovrastruttura.

Tale coefficiente è funzione del traffico iniziale, del tasso di incremento e dell'anno di entrata in esercizio dell'infrastruttura.

Diversamente dai precedenti criteri di dimensionamento, il "fattore di danno" consente di tener conto preventivamente, in fase di progetto, dell'effettiva azione di danneggiamento che il traffico commerciale pesante esercita, sempre più intensamente col passare degli anni, nei confronti delle pavimentazioni flessibili.

È auspicabile che i risultati di una così accurata ricerca possano costituire utile riferimento nella messa a punto di una metodologia italiana di dimensionamento delle sovrastrutture stradali.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- 1) ROAD RESEARCH LABORATORY, 1970. "A guide to *the structural design of pavements for new roads*". Department of the Environment Road Note 29, 3rd Edition. London (Her Majesty's Stationery Office).
- 2) DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1978. "*Road pavement design*". Technical Memorandum No H6/78. London (Department of Transport).
- 3) TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY, 1984. "*The structural design of bituminous roads*". Department of Transport. Crowthorne (TRRL).
- 4) G. CAMOMILLA, M.G. FORNACI, S. BRUSCHI "La pesatura dinamica *dei* veicoli". *Autostrade*, Aprile 1987.