

## Veicoli isolati in servizio: come rientrare nelle classi ATP

*Stefano Rossi, Marco Franceschi, Valter Ghiotto*

*ITC CNR Padova*

### 1-Introduzione al problema:

Per il rinnovo dell'attestazione ATP per un veicolo usato è previsto, dopo un certo numero di anni (6, 9, 12 secondo il tipo di veicolo), che il veicolo stesso sia sottoposto a prova presso una galleria per la verifica del coefficiente K, cioè del coefficiente globale di isolamento termico, almeno per quel che riguarda la circolazione nazionale.

All'estero, purtroppo, la situazione è differente. Solamente il Portogallo ha una prassi identica a quella italiana e alcuni paesi (Francia, Spagna, Grecia) stanno muovendosi in questo senso. Al contrario altri paesi, soprattutto del nord Europa, tendono ad utilizzare al più le cosiddette prove di pull-down, cioè misure dell'abbassamento di temperatura interna con il gruppo frigorifero in funzione.

Quest'ultimo metodo non è previsto dall'ATP (è accettato solamente come test di efficienza dell'unità frigorifera) e porta a risultati contraddittori, come l'ITC CNR di Padova ha dimostrato in più occasioni.

E' sempre più frequente, in Italia, il caso di proprietari di veicoli che si presentano alla prova convinti che il veicolo sia in grado di scendere agevolmente sotto il valore di K prescritto (0.4 W/m<sup>2</sup>K per il trasporto di surgelati e affini, 0.7 W/m<sup>2</sup>K per i prodotti freschi: il primo caso implica la classificazione di R - rinforzato, la seconda quella di N - normale), talvolta fuorviati dal risultato di una prova di pull-down effettuata, più o meno, secondo gli standard previsti.

Purtroppo accade spesso che, in galleria, la prova di K non venga superata: infatti il decadimento della qualità dell'isolamento termico del veicolo è consistente ed estremamente variabile da caso a caso. (L'andamento medio dell'invecchiamento e i relativi valori sperimentali sono riportati in fig. 1)

Inoltre bisogna considerare che in realtà i valori di K, per dei veicoli prodotti in serie, possono avere scostamenti elevati dal valore medio (anche del  $\pm 10\div 15\%$ ), sia per la scelta del taglio del poliuretano, sia per la variabilità stessa della conducibilità termica del poliuretano che le aziende produttrici certificano solamente al  $\pm 10\%$ , sia anche per la diversa stagionatura del poliuretano prima della messa in opera.

L'invecchiamento, inoltre, è fortemente dipendente dall'utilizzo reale del veicolo, per cui un veicolo che apparentemente si presenta bene, con guarnizioni in buone condizioni e rivestimento del poliuretano intatto, può avere comunque un invecchiamento elevato. (fig. 2)

L'invecchiamento è, infatti, originato dalla fuoriuscita di espandente e dall'ingresso di aria nelle celle del poliuretano ed anche dalla condensa di vapor d'acqua nelle celle stesse, indipendentemente dallo stato apparente delle pareti /2/.

E' bene tenere presente che lo strato di vetroresina non è impermeabile al vapore d'acqua e che, quindi, vi è una migrazione continua di vapore d'acqua dallo strato esterno (parete calda) agli strati interni (parete fredda), impregnando progressivamente il materiale espanso, come dimostrato da Panozzo et al. nel 1995.

Come conseguenza, si verifica un notevole numero di risultati negativi. In figura 2 sono riportati i risultati della misura di K su veicoli usati (con età inferiore o uguale ai 7 anni), provati presso l'ITC CNR negli ultimi tre anni: come si vede, in più del 50 % dei casi si è avuto il declassamento del veicolo ai fini ATP. La retta di interpolazione dei dati fornisce, come età oltre la quale il coefficiente K supera già il valore limite della classe R, un valore di poco superiore ai 4 anni di esercizio.

## 2- Come compensare il decadimento dell'isolamento termico?

Dal momento che un furgone isotermico è costituito per oltre il 90 % da isolante, la soluzione più ovvia è quella di compensare il decadimento della qualità di isolamento termico del materiale espanso aumentandone la quantità.

Questa pratica può essere agevole in edilizia (massimo mercato per gli isolanti termici espansi), dove un aumento di spessore di pochi centimetri non porta a particolari inconvenienti (e questa è probabilmente la ragione del fatto che le aziende produttrici di schiume espanse non spingono più di tanto nel migliorare le proprietà termiche dei loro isolanti).

La medesima soluzione, invece, non è quasi mai praticabile per i veicoli isolati e si presenta a maggior ragione più difficile per i veicoli in servizio.

Una regola empirica suggerisce di aumentare il volume di isolante in maniera direttamente proporzionale alla diminuzione di K desiderata.

In altre parole, se il K deve essere diminuito, ad esempio del 10%, il volume di isolante deve aumentare all'incirca della stessa percentuale.

In realtà, questa regola è approssimata e vale sostanzialmente solo per piccoli aumenti di spessore e, inoltre, la sua efficacia dipende dallo spessore delle pareti: un aumento di spessore su una parete sottile comporta un miglioramento di K più elevato di quello ottenibile su una parete di spessore elevato.

Va correttamente valutata l'importanza di aumenti anche minimi di spessore: normalmente, infatti, la diminuzione di K necessaria è dell'ordine di qualche percento per rientrare nei limiti della classe R (passare, ad esempio, da  $K = 0.41 \text{ W/m}^2\text{K}$  a  $0.39 \text{ W/m}^2\text{K}$  significa aumentare gli spessori del 5.5% circa).

Se si volesse comunque calcolare il valore esatto dell'aumento di volume di isolante, la formula da utilizzare è:

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\Delta K}{K} * \frac{(S + \Delta S)}{S} \quad (1)$$

dove V è il volume di isolante,  $\Delta$  è il simbolo della variazione (di K, volume o spessore) e S è lo spessore delle pareti.

Essendo  $\Delta K/K$  moltiplicato per un valore maggiore di 1, l'aumento percentuale del volume dovrà essere maggiore di quello desiderato per il K.

### 3- Casi reali

Abbiamo selezionato 25 casi, provati tra il 2003 e il 2005.

A tutti questi veicoli è stato aumentato lo spessore di una o più pareti.

Come si vede dalle figure 3 e 4, 16 esemplari sono ritornati nella classe originale di appartenenza (classificati R), mentre 10 sono stati riclassificati N. Va notato, però, che almeno 6 o 7 di questi avrebbero forse potuto essere "salvati" con un aumento maggiore di spessore.

Si può constatare, dalle figure 5 e 6, che l'aumento effettivo del volume è quasi sempre superiore alla diminuzione di K.

Questo significa, da una parte, che nella normalità dei casi si opera su veicoli con spessori differenti di tetto e di pareti, per cui la teoria elementare cade in difetto; d'altra parte, la teoria si applica a casi ideali, mentre nella realtà soprattutto il poliuretano aggiunto non sempre presenta caratteristiche paragonabili a quello originale.

Oltre all'utilizzo, in alcuni casi, di pannelli aggiuntivi ricavati da veicoli demoliti (e quindi più invecchiati, probabilmente, dei veicoli su cui si è fatto l'intervento), bisogna, soprattutto, considerare che buona parte dei veicoli campioni era stata costruita con poliuretani espansi con R11, mentre il poliuretano nuovo aggiunto era stato espanso probabilmente con ciclopentano: sono note a tutti le differenze di coefficiente di conduttività termica dei due tipi diversi di schiuma, a tutto vantaggio dell'R11.

### 3- Conclusioni

Abbiamo visto come sia possibile recuperare un numero consistente di veicoli usati, aumentando lo spessore di una o più pareti.

D'altra parte l'operazione deve essere fatta con la massima cura e tenendo conto che le probabilità di successo sono buone, ma lontane dal 100%.

Il problema consiste, soprattutto, nell'impossibilità di aumentare gli spessori delle pareti laterali (le più sottili), rendendo così poco efficace l'intervento.

Va pure tenuta in considerazione l'estrema dispersione dei dati di invecchiamento, come risulta evidente dalla figura 1. Ne consegue che spesso è praticamente impossibile stimare un valore di K attendibile sul quale fare dei calcoli accurati e quindi l'aumento di spessore calcolato può risultare insufficiente.

Un'analisi di questo fenomeno si può ottenere dalla figura 7 nella quale sono stati riportati i valori di K di veicoli ai quali è stato aggiunto del poliuretano, in base all'invecchiamento statistico teorico (senza cioè verificarne a priori il K reale).

Come si può notare, in quasi metà dell'intero campione (46% dei casi) l'aggiunta di poliuretano non ha portato ai benefici sperati: in pratica il veicolo non ha ottenuto la classificazione R, nonostante l'aumento di spessore delle pareti.

### Bibliografia

1. E. Cioffi, G. Padovan, G. Panozzo, 1979, Theoretical and experimental researches about ageing of insulated structures of rail-cars for perishable foodstuffs transport. *Proceedings of XV<sup>th</sup> International Congress of Refrigeration*. 23-29 Sept. 1979, Venezia, pg.337-347.
2. G. Padovan, G. Panozzo, 1980, Anche i containers invecchiano. *Trasportare e distribuire* n.16.
3. B. Boldrin, G. Minotto, G. Panozzo, B. Toniolo, G. Varotto, 1990, Ageing of insulated vehicles: statistical elaboration of test results. *Proceedings of Commissions B2,C2,D1, D2/3-IIR, IIR*, Dresden, 24-28 Sept. 1990. Pg. 839-845.
4. G. Panozzo, B. Boldrin, G. Minotto, B. Toniolo, N. Biancardi.1995, Ageing of insulated vehicles: theoretical model and experimental analysis. *Proceedings of XIX<sup>th</sup> International Congress of Refrigeration*. The Hague,20-25 Aug 1995. Vol II. Pg. 583-589.
5. B. Boldrin, G. Minotto, G. Panozzo, B. Toniolo, W. Lanza, G. Florio, A. Jacobini, L. Sallusti, 1993, New data about ageing of insulated vehicles in service: a statistical analysis. *Proceedings of Commissions B1,B2,D1, D2/3-IIR, IIR*, Palmerston North, 1993. Pg.555-564.
6. G. Panozzo, B. Boldrin, G. Minotto, B. Toniolo, W. Lanza, M. Dalzocchio, G. Florio, A. Jacobini, A. Gatta.,1995, Problemi di invecchiamento in veicoli isolati . *Il Freddo* 6/95, pg.529-537.
7. G. Panozzo, B. Boldrin, B. Toniolo, M. Dalzocchio, G.Betti, W. Lanza, L. Sallusti.,1997, Il trasporto del latte : problemi delle cisterne. *Il Freddo* 2/97, pg.157-163
8. G. Panozzo, B. Boldrin, B. Toniolo, M. Dalzocchio.,1996, Trasporti refrigerati : confronto tra veicoli italiani e stranieri . *Industria e Formazione*. N. 201. Anno XX. N.7, 1996, pg.25-
9. G. Panozzo. 1998, L'invecchiamento dei veicoli per il trasporto delle derrate deperibili.Conferenza AFCA, VEGA Parco Scientifico e Tecnologico di Venezia, 16 Apr. 1998.
10. G. Panozzo, G. Minotto, A. Barizza, 1999, Optimisation du transport et distribution des produits alimentaires. *The International Journal of refrigeration*. Vol. n.: 22, pg. 625-639.Dec. 1999

11. O. Alberti, 1998, Analisi statistica sull'evoluzione delle proprietà isolanti di varie categorie di veicoli coibentati. *Tesi*, Università di Padova, A. A. 1996-97.
12. G. Panozzo, O. Alberti, B. Toniolo, A. Barizza, B. Boldrin, G. Florio, 1999, Parameters affecting the quality coefficient for insulated vehicles. *Presented to the XX<sup>th</sup> International Congress of Refrigeration, IIR*, Sidney, 1999.
13. N. Biancardi, 1994, Il decadimento delle proprietà isolanti del poliuretano espanso nei trasporti refrigerati: analisi teorica e dati statistici. *Tesi*, Università di Padova, A. A. 1992-93.
14. M. Dal Zocchio, 1996, Invecchiamento di veicoli isolati: problemi derivati da fluidi espandenti sostitutivi dell'R-11. *Tesis*, Università di Padova, A. A. 1994-95.
15. G. Panozzo, B. Boldrin, a. Barizza. "Veicoli frigoriferi usati". *Il Freddo*. 3-2001. Pg.46-49.
16. G. Panozzo, A. Barizza, S. Rossi, G. Cortella. "Safety and quality in food transport". Invited Keynote. 21st International Congress of Refrigeration. Washington D.C, USA August 17-22 2003.
17. "Isolanti termici: il bilancio energetico peggiora". G. Panozzo, G. Minotto. "Isolanti termici: il bilancio energetico peggiora". *L'Edilizia* n. 131, 2004. Pg. 64-65.

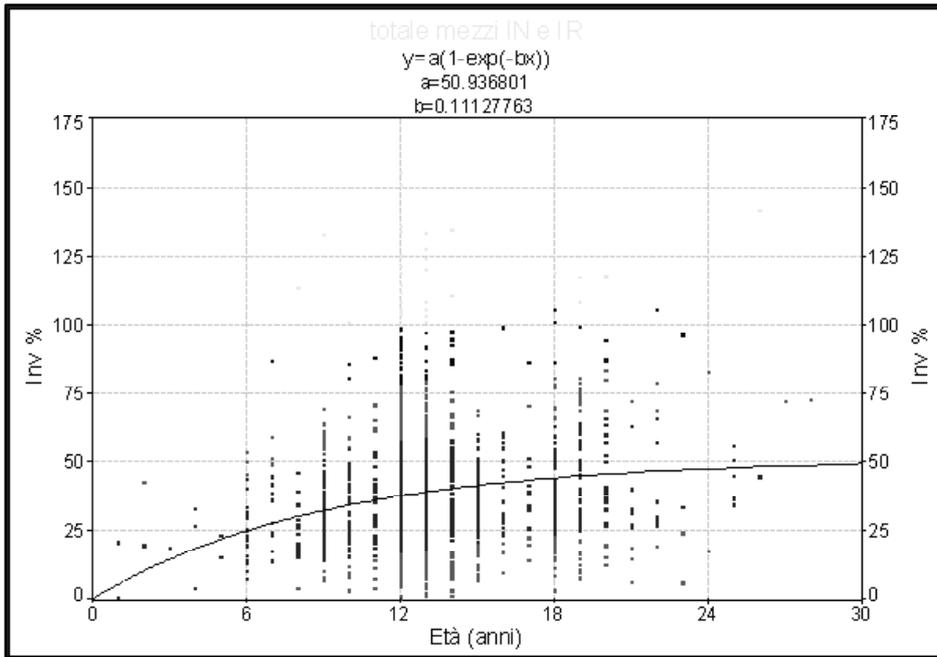


Figura 1: Andamento dell'invecchiamento di veicoli ATP. La curva media fornisce esclusivamente un andamento medio del fenomeno. I punti sperimentali sono estremamente dispersi: la previsione dell'invecchiamento di un singolo esemplare è praticamente impossibile.

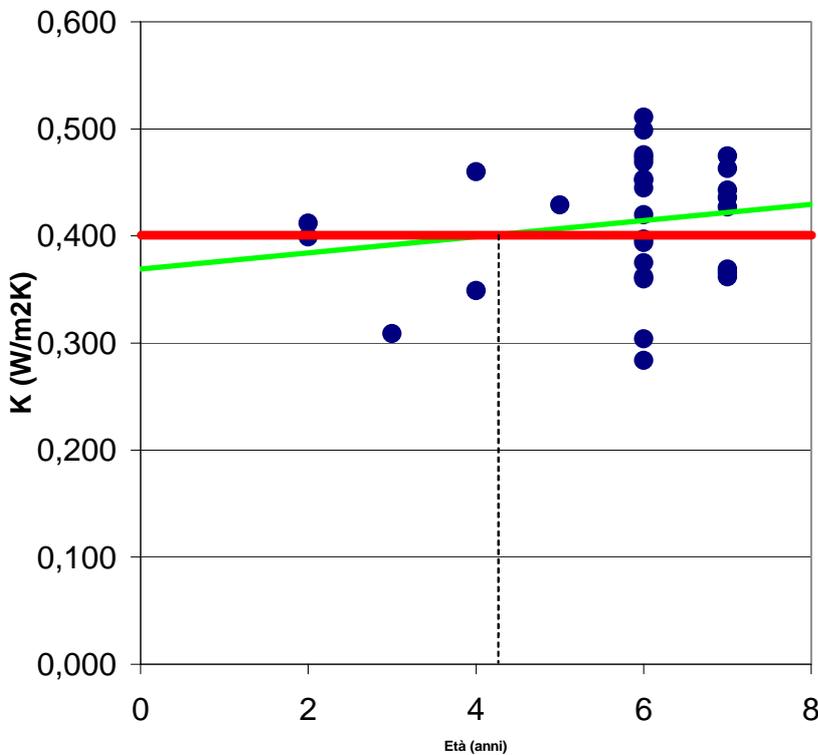


Figura 2: Valori di K misurati, in funzione dell'età di esercizio del veicolo. Si vede come, su veicoli di recente produzione, la possibilità di superare il valore limite di classe ATP è assai elevato.

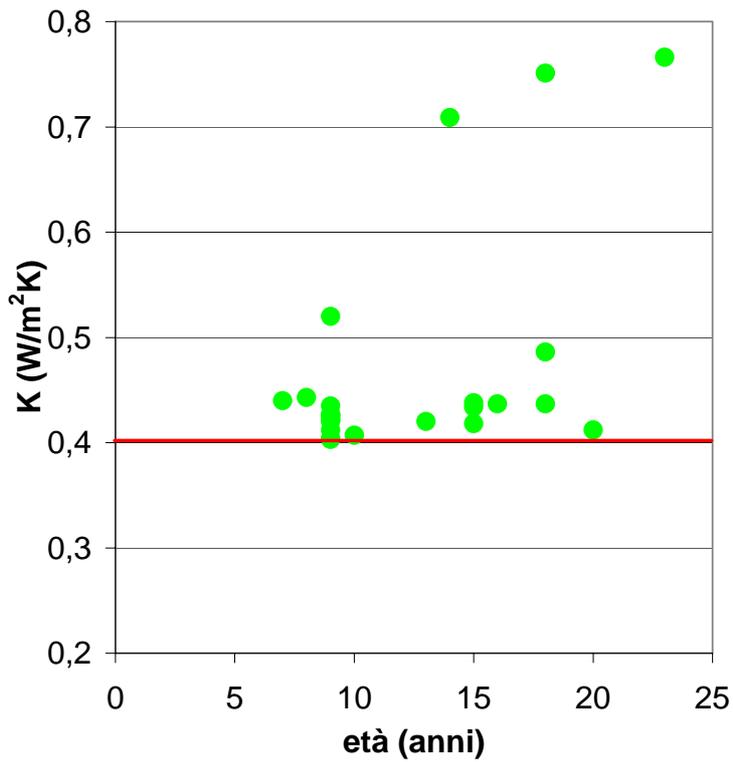


Figura 3: Valori di K dei campioni scelti per l'indagine, in funzione dell'età di esercizio dei veicoli.

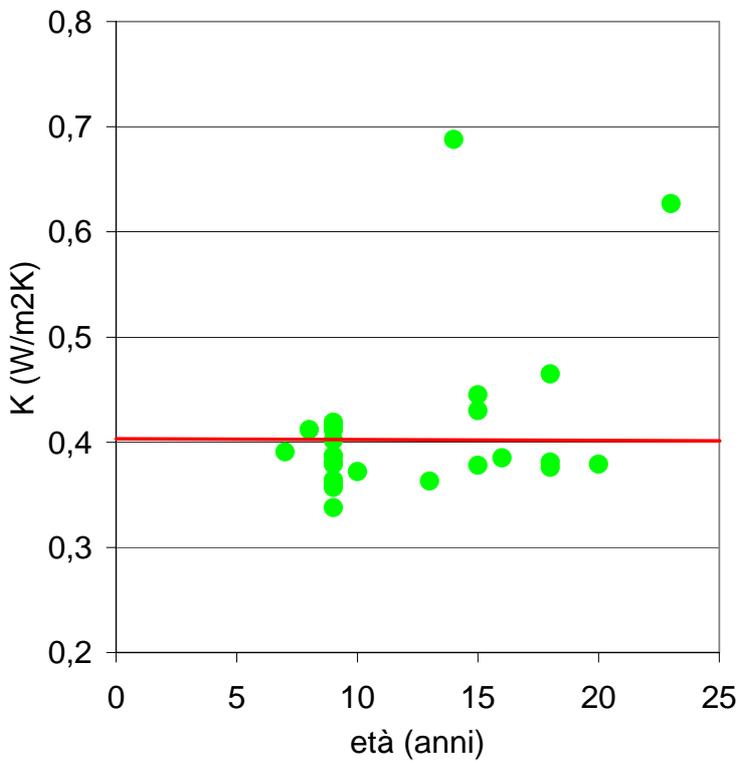


Figura 4: Valori di K per i veicoli di figura 3, dopo l'intervento di aumento di spessore.

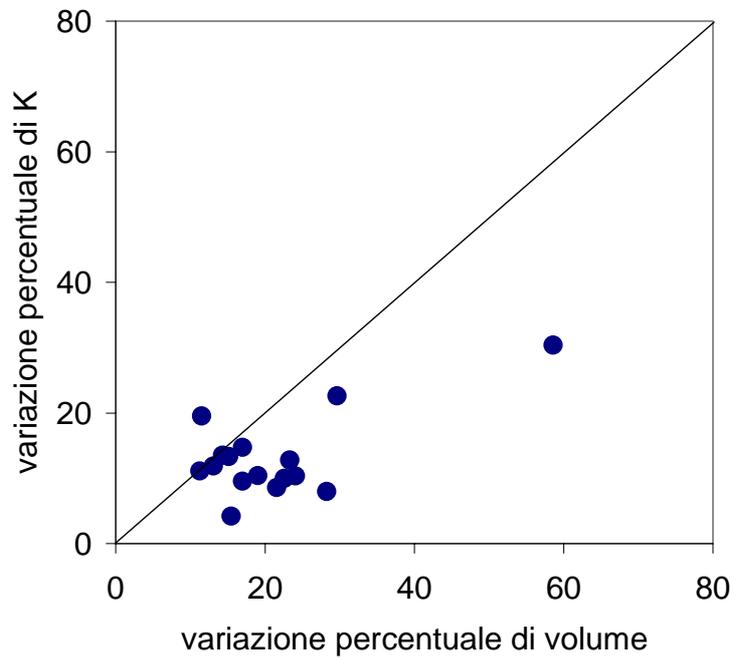


Figura 5: Variazioni percentuali di volume di isolante per i 16 campioni che sono stati riclassificati positivamente nella classe di appartenenza.

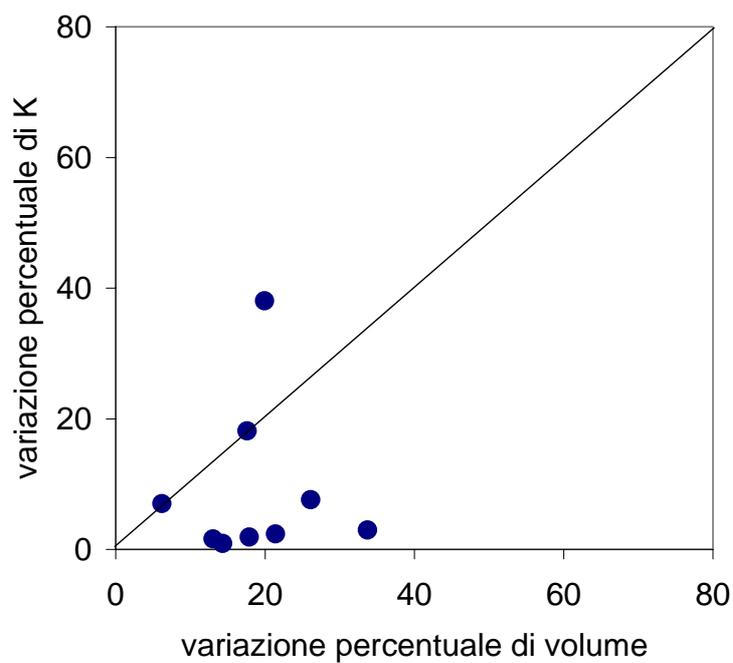


Figura 6: Come figura 5, per i veicoli che, pur con aumento di spessore di isolante, sono stati declassificati.

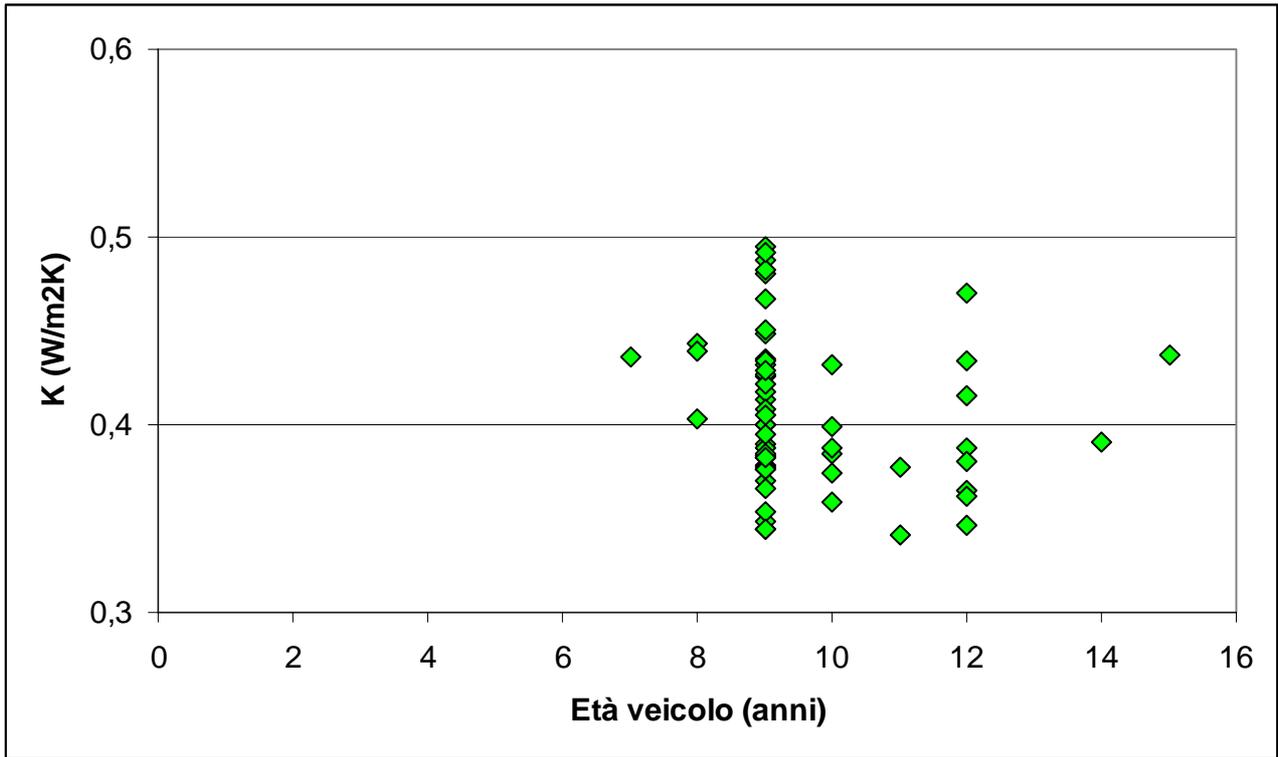


Figura 7: Valori di K di veicoli con aggiunta di poliuretano (per ottenere la classificazione R) stabilita in base all'invecchiamento statistico teorico, in funzione dell'età di esercizio dei veicoli.