UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Dipartimento di Meccanica
e Tecnologie Industriali
50139 FIRENZE - VIA DI S. MARTA, 3

PROVE MECCANICHE SU TEGOLE
IN POLIETILENE MODIFICATO

per conto della EUROPLAST S.R.L.

IL RESPONSABILE

(Ing. Giovanni Zonfrillo)

IL DIRETTORE

Pierpiergio Martinelli

Firenze 12 febbraio 2002

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali
50139 FIRENZE - VIA DI S. MARTA, 3

Dalla Europlast s.r.l. sono state commissionate al Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali dell'Università degli Studi di Firenze alcune prove meccaniche da effettuarsi su tegole in polietilene modificato. Sono state eseguite prove di trazionee di flessione, secondo quanto specificato nel seguito. Le tegole sono state fomite dalla Europlast S.r.l. La caratterizzazione è consistita in:

- prove di trazione a temperatura ambiente su provini ricavati per taglio dalle tegole;
- prove di trazione a temperatura ambiente su provini ricavati per taglio dalle tegole e sottoposti a trattamento di invecchiamento;
- prove di trazione a -20°C su provini ricavati per taglio dalle tegole;
- prove di trazione a -20°C su provini ricavati per taglio dalle tegole e sottoposti a trattamento di invecchiamento;
- prove di flessione a temperatura ambiente su provini ricavati per taglio dalle tegole;
- prove di flessione a temperatura ambiente su provini ricavati per taglio dalle tegole e sottoposti a trattamento di invecchiamento;
- prove di flessione a -20°C su provini ricavati per taglio dalle tegole;
- prove di flessione a -20°C su provini ricavati per taglio dalle tegole e sottoposti a trattamento di invecchiamento;
- prove di flessione a temperatura ambiente su tegole intere;
- prove di flessione a temperatura ambiente su tegole intere sottoposte a trattamento di invecchiamento;

Il trattamento di invecchiamento effettuato è consistito in 10 cicli termici successivi ciascuno con le seguenti caratteristiche:

- temperatura di partenza 20 °C (temperatura ambiente)
- riscaldamento fino a 80°C
- mantenimento a 80°C per 3 ore
- raffreddamento in aria fino a temperatura ambiente
- raffreddamento fino a -20°C
- mantenimento a -20°C per 3 ore
- riscaldamento in aria fino a temperatura ambiente

I provini ricavati per taglio dalle tegole sono state ottenuti con l'asse orientato come in fig. 1. Le prove di trazione e di flessione sono state condotte utilizzando una macchina oleodinamica MTS 810.

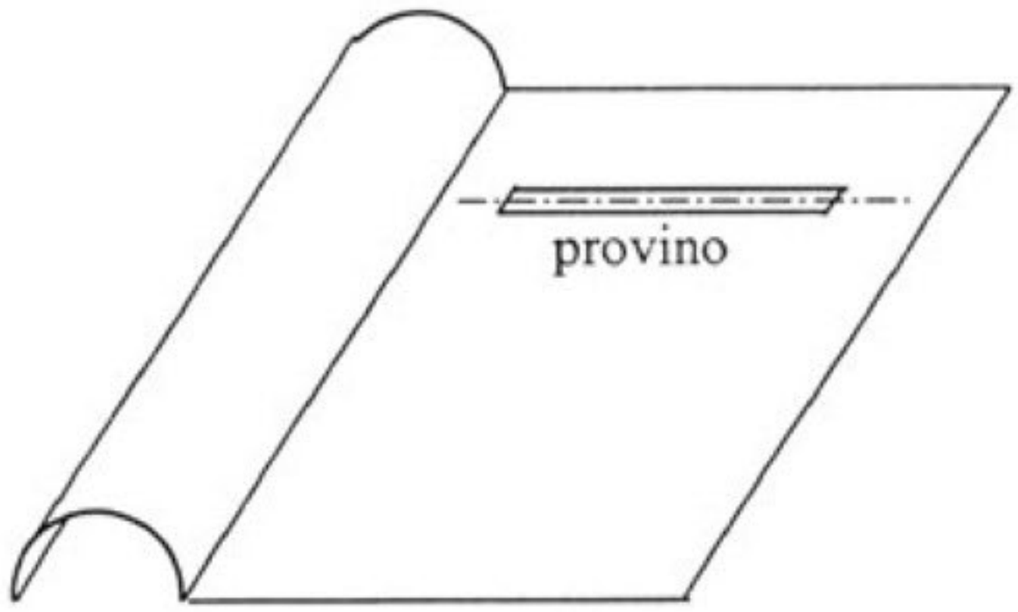

Fig. 1 - Direzione di taglio dei provini.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Dipartimento di Meccanica
e Tecnologie Industriali
50139 FIRENZE - VIA DI S. MARTA, 3

Prove di trazione

Le prove di trazione sono state condotte secondo quanto specificato dalla norma UNI EN ISO 527: "Materie plastiche. Determinazione delle caratteristiche a trazione". Per ogni condizione, sono stati provati 5 campioni a sezione rettangolare, di dimensioni nominali 20 x 3 mm; la velocità della macchina di prova è stata di 1 mm al minuto. E' stata effettuato un tracciamento diretto della curva carichi-allungamenti in modo da poter determinare il carico unitario di trazione e il modulo di elasticità a trazione. L'applicazione del carico è stata interrotta dopo la rottura del campione. A titolo di esempio in fig. 2 è riportato il diagramma relativo al campione TI. Nessun campione ha slittato nei morsetti sotto l'azione del carico. Tutti i campioni si sono rotti in zone distanti più di 10 mm dai morsetti di afferraggio. Il modulo elastico è stato vahitato effettuando una regressione lineare tra i valori della tensione e della deformazione appartenenti al tratto della curva compreso tra le tensioni di O e 8 MPa. Non è stato utilizzato il modulo secante suggerito dalla norma citata, in quanto il valore di tensione corrispondente a una deformazione pari a 0,25% si trova in ogni caso nel tratto non lineare del diagramma.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 1-4.

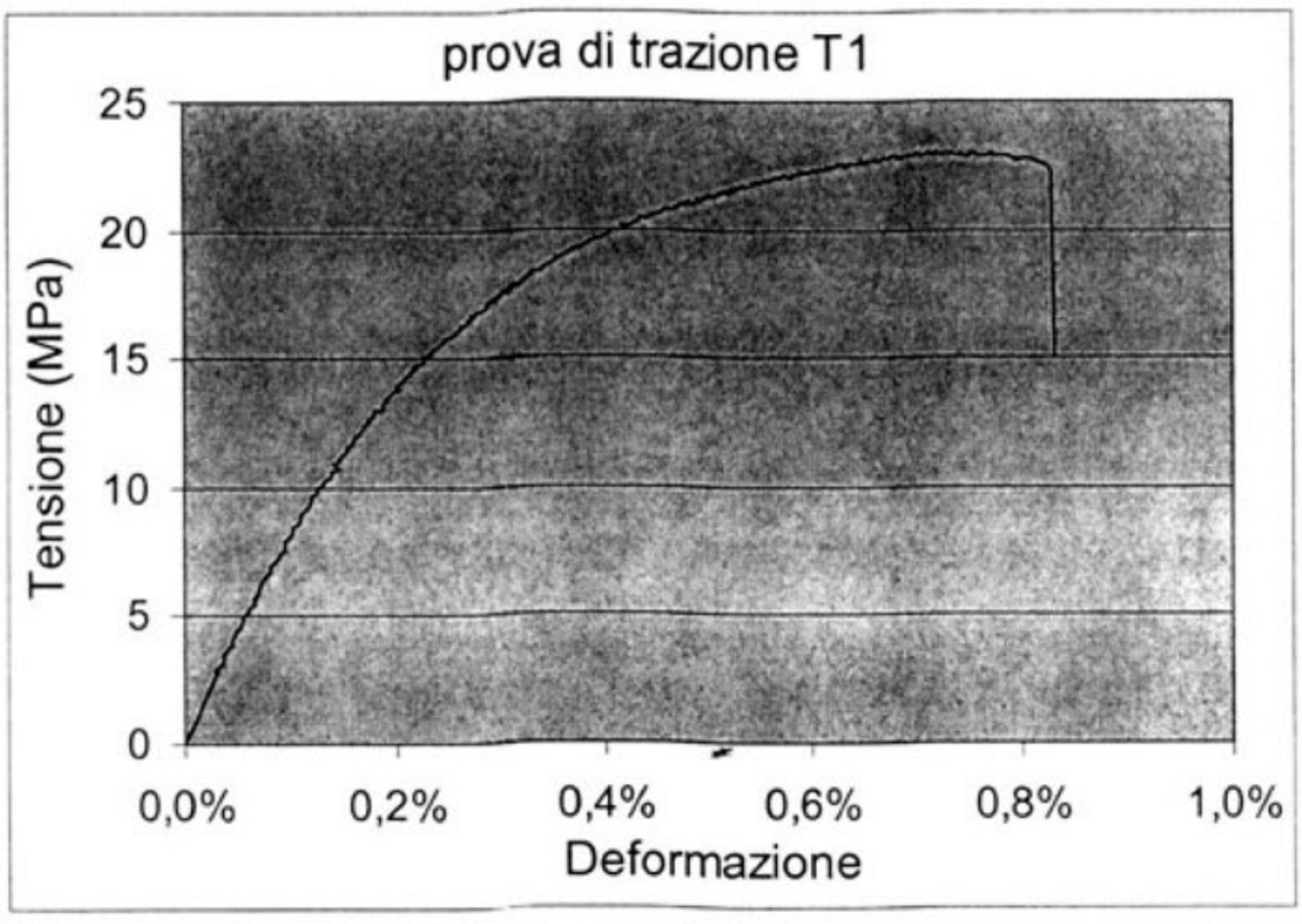

Fig. 2 - Prova di trazione del campione T1

provino	carico di rottura (MPa)	deformazione % a rottura	modulo di elasticità (MPa)
T1	22,1	0,60%	6967
T2	23,0	0.58%	5769
T3	23,8	0,59%	7852
T4	23,4	0,57%	7247
T5	22,4	0,51%	5707
media	**23,0**	**0,57%**	**6708**

Tab. 1 - Risultati delle prove di trazione a temperatura ambiente su provini non invecchiati.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Dipartimento di Meccanica
e Tecnologie Industriali
50139 FIRENZE - VIA DI S. MARTA, 3

provino	carico di rottura (MPa)	deformazione % a rottura	modulo di elasticità (MPa)
TV1	25,0	0,74%	6560
TV2	26,0	0,86%	8853
TV3	24,9	0,87%	8616
TV4	22,4	0,77%	5543
TV5	24,3	0,85%	7721
media	**24,5**	**0,81%**	**7458**

Tab. 2 - Risultati delle prove di trazione a temperatura ambiente su provini preventivamente invecchiati.

provino	carico di rottura (MPa)	deformazione % a rottura	modulo di elasticità (MPa)
TF1	28,0	0,28%	10471
TF2	27,3	0,24%	10697
TF3	25,4	0,13%	10599
TF4	27,7	0,18%	10974
TF5	26,4	0,28%	10497
media	**27,0**	**0,22%**	**10648**

Tab. 3 - Risultati delle prove di trazione a -20 °C su provini non invecchiati.

provino	carico di rottura (MPa)	deformazione % a rottura	modulo di elasticità (MPa)
TVF1	28,9	0,27%	10817
TVF2	28,8	0,31%	11170
TVF3	27,8	0,25%	10547
TVF4	28,5	0,27%	11389
TVF5	30,6	0,33%	11201
media	**28,9**	**0,28%**	**11025**

Tab. 4 - Risultati delle prove di trazione a -20°C su provini preventivamente invecchiati.

Prove di flessione su provini

Le prove di flessione a tre punti sono state condotte secondo quanto specificato dalla norma UNI EN ISO 178. Per ogni condizione sono stati provati 5 campioni a sezione rettangolare, di dimensioni nominali 80 x 30 x 3 mm; la velocità della macchina di prova è stata di 1 mm al minuto e la distanza tra gli appoggi 64 mm. E' stato effettuato un tracciamento diretto della curva carico-freccia nella sezione centrale in modo da poter determinare il carico unitario a flessione e il modulo di elasticità a flessione. L'applicazione del carico è stata interrotta a rottura o dopo il raggiungimento di un valore della freccia pari a 20 mm. A titolo di esempio in fig. 3 e in fig. 4 sono

riportati i diagrammi relativi al campione FI (temperatura ambiente) e al campione FF1 (temperatura -20°C). Nelle prove effettuate a temperatura ambiente, in nessun caso si è avuta la rottura del provino ma solo una deformazione permanente dello stesso. Nelle prove effettuate a -20°C, tutti i campioni si sono rotti nella sezione centrale con rottura provocata in superficie da tensioni di trazione. I risultati ottenuti sono riportati nella tabelle 5-8. Il valore della tensione elastica in corrispondenza del carico massimo risulta maggiore del valore reale della tensione a causa della grandi deformazioni riscontrate nei campioni.

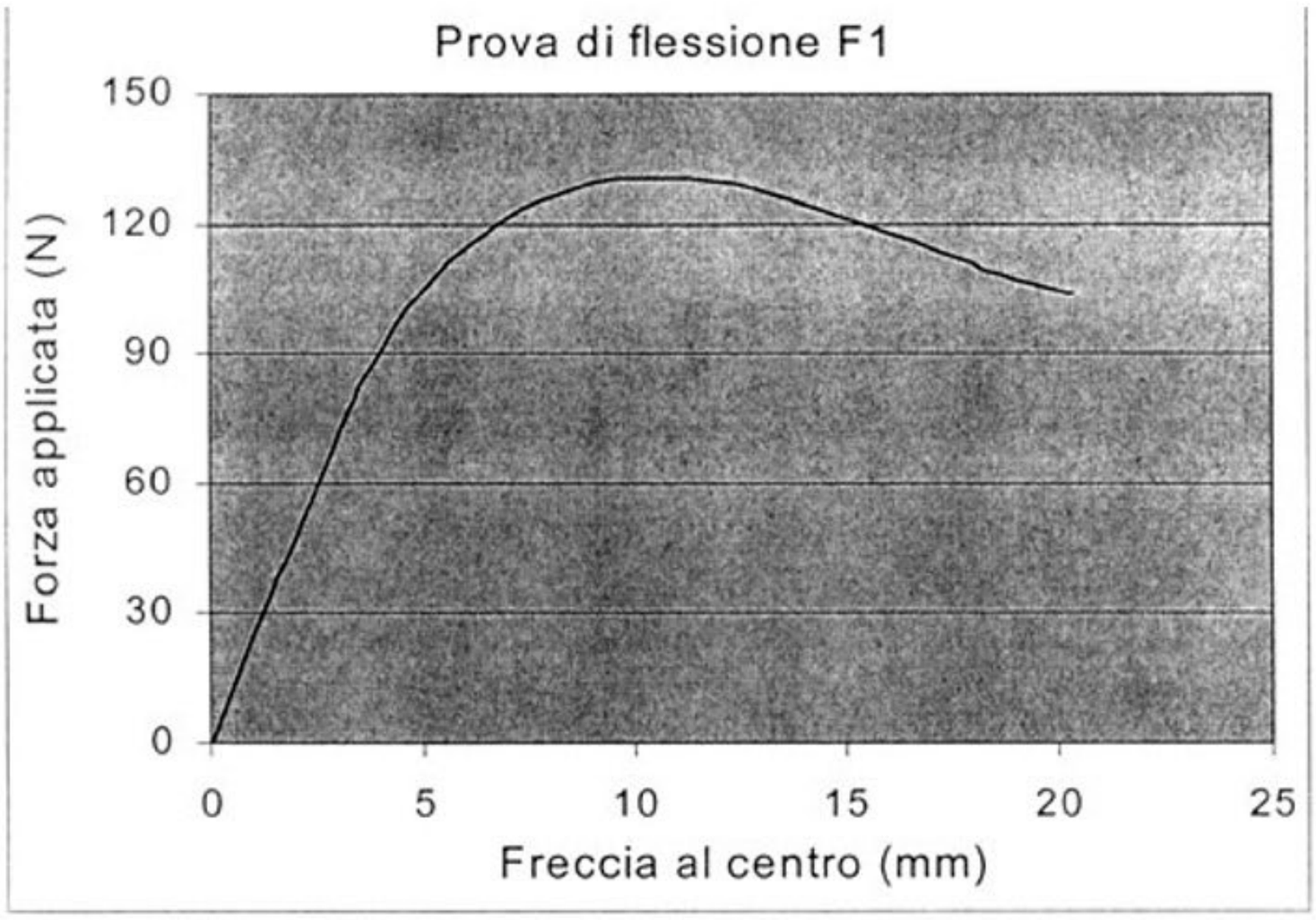

Fig. 3 - Prova di flessione a temperatura ambiente del campione FI

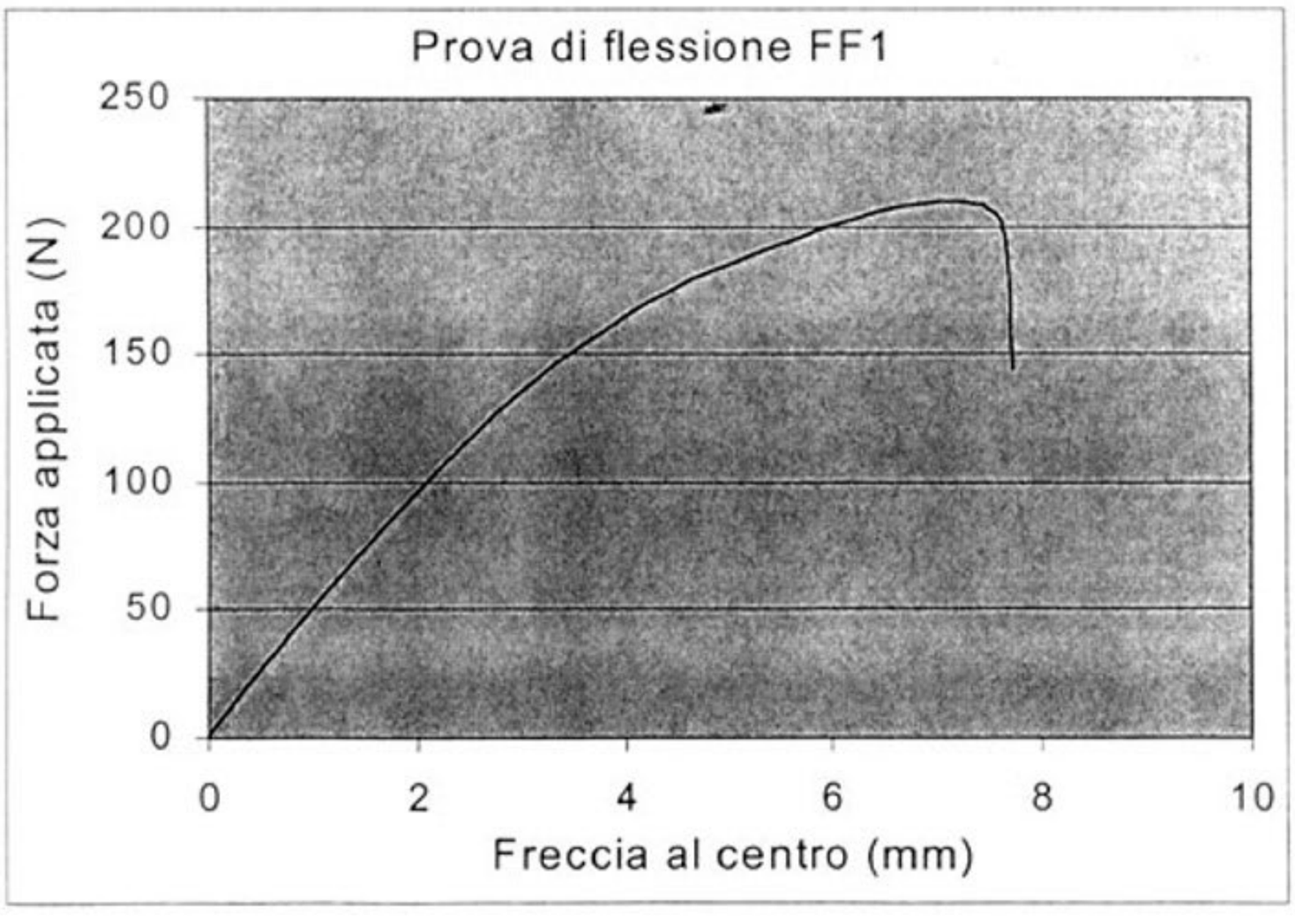

Fig. 4 - Prova di flessione a -20°C del campione FF1

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Dipartimento di Meccanica
e Tecnologie Industriali
50139 FIRENZE - VIA DI S. MARTA, 3

provino	carico massimo applicato (N)	tensione elastica al carico massimo (MPa)	modulo di elasticità (MPa)	freccia al carico massimo (mm)
F1	144,0	51,2	2127	10,3
F2	135,7	48,2	2169	9,6
F3	143,0	50,9	2041	9,7
F4	142,9	50,8	2262	9,2
F5	146,3	52,0	2115	9,5
media	**142,4**	**50,6**	**2143**	**9,7**

Tab. 5 - Risultati delle prove di flessione a temperatura ambiente su provini non invecchiati.

provino	carico massimo applicato (N)	tensione elastica al carico massimo (MPa)	modulo di elasticità (MPa)	freccia al carico massimo (mm)
FV1	150,7	53,6	2510	9,8
FV2	151,2	53,8	2596	10,1
FV3	153,6	54,6	2621	9,7
FV4	151,3	53,8	2540	9,5
FV5	156,1	55,5	2615	9,8
media	**152,6**	**54,3**	**2576**	**9,8**

Tab. 6 - Risultati delle prove di flessione a temperatura ambiente su provini preventivamente invecchiati.

provino	carico massimo applicato (N)	tensione elastica al carico massimo (MPa)	modulo di elasticità (MPa)	freccia al carico massimo (mm)
FF1	215,7	76,7	3739	7,3
FF2	220,6	78,6	3859	6,5
FF3	248,8	88,4	3697	6,8
FF4	222,1	79,0	4020	7,3
FF5	237,3	84,4	3964	7,1
media	**228,9**	**81,4**	**3856**	**7,0**

Tab. 7 - Risultati delle prove di flessione a -20 °C su provini non invecchiati.

provino	carico a rottura (N)	tensione elastica al carico massimo (MPa)	modulo di elasticità (MPa)	freccia a rottura (mm)
FVF1	271,5	96,5	4436	5,3
FVF2	258,5	91,9	4023	5,6
FVF3	279,0	99,2	3976	6,1
FVF4	240,2	85,4	4359	5,2
FVF5	287,6	102,3	5183	5,0
media	**267,4**	**95,1**	**4395**	**5,4**

Tab. 8 - Risultati delle prove di flessione a -20°C su provini preventivamente invecchiati.

Prove di flessione su tegole

Sono state condotte prove di flessione su tegole facendo riferimento per analogia alla norma UNI EN 538: "Tegole di laterizio per coperture discontinue. Prova di resistenza alla flessione", al fine di verificare la capacità di una tegola, appoggiata su due sostegni, di resistere ad un carico applicato al centro della tegola stessa. Il principio di prova è illustrato in fig. 5. La macchina di prova MTS 810 è stata attrezzata opportunamente realizzando i sostegni e la sagoma di applicazione del carico in legno duro. Le prove sono state condotte a temperatura ambiente fino al manifestarsi del primo cedimento della tegola; la velocità di applicazione del carico è stata pari a 500 N/s. Per ogni tegola è stata registrata la curva carico applicato-freccia al centro. A titolo di esempio in fig. 6 è riportato il diagramma relativo al campione TEG1. I risultati ottenuti sono riportati nelle tab. 9-10. La rigidezza è stata valutata effettuando una regressione lineare sulle coppie di valori carico-freccia comprese nell'intervallo 500 - 1000 N.

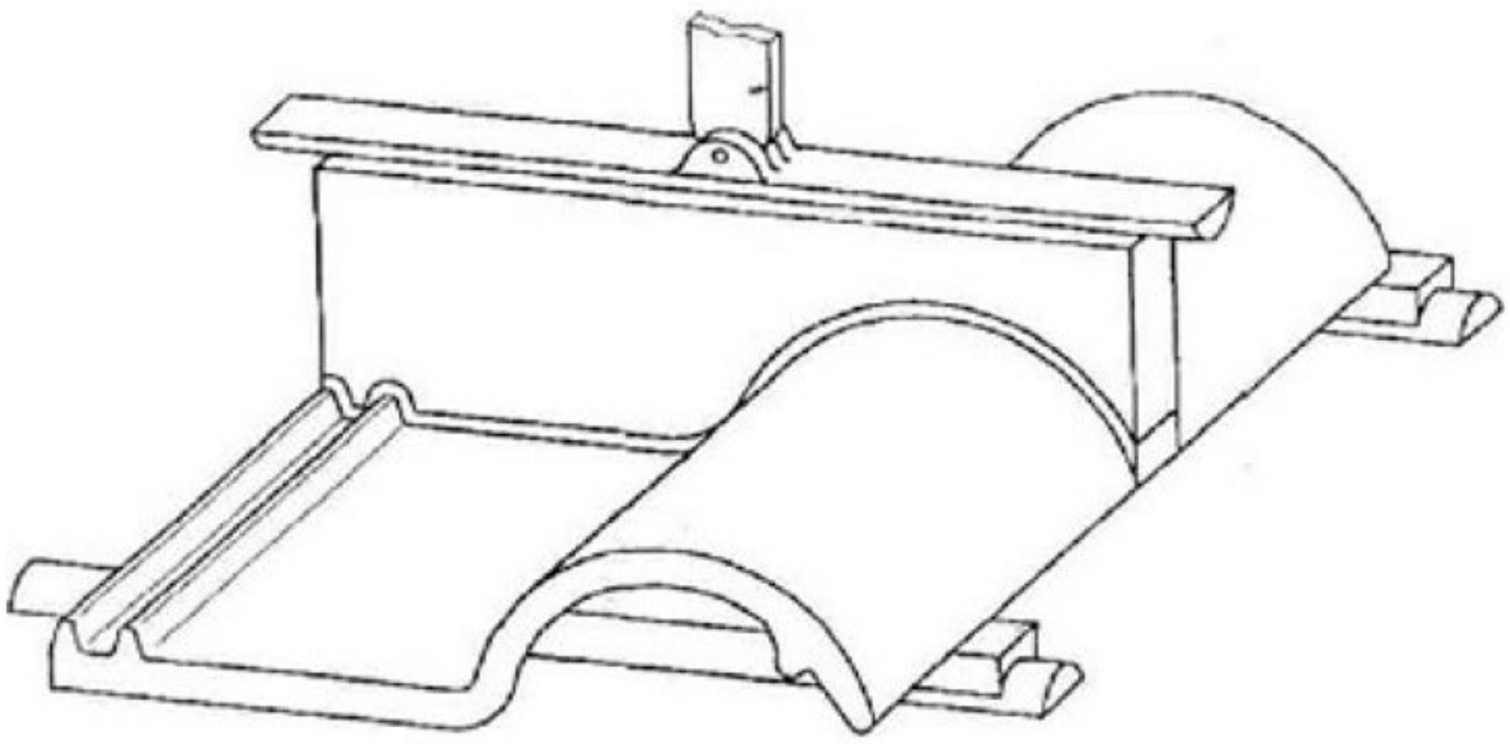

Fig. 5 - Principio di prova e schema di carico della tegola.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Dipartimento di Meccanica
e Tecnologie Industriali
50139 FIRENZE - VIA DI S. MARTA, 3

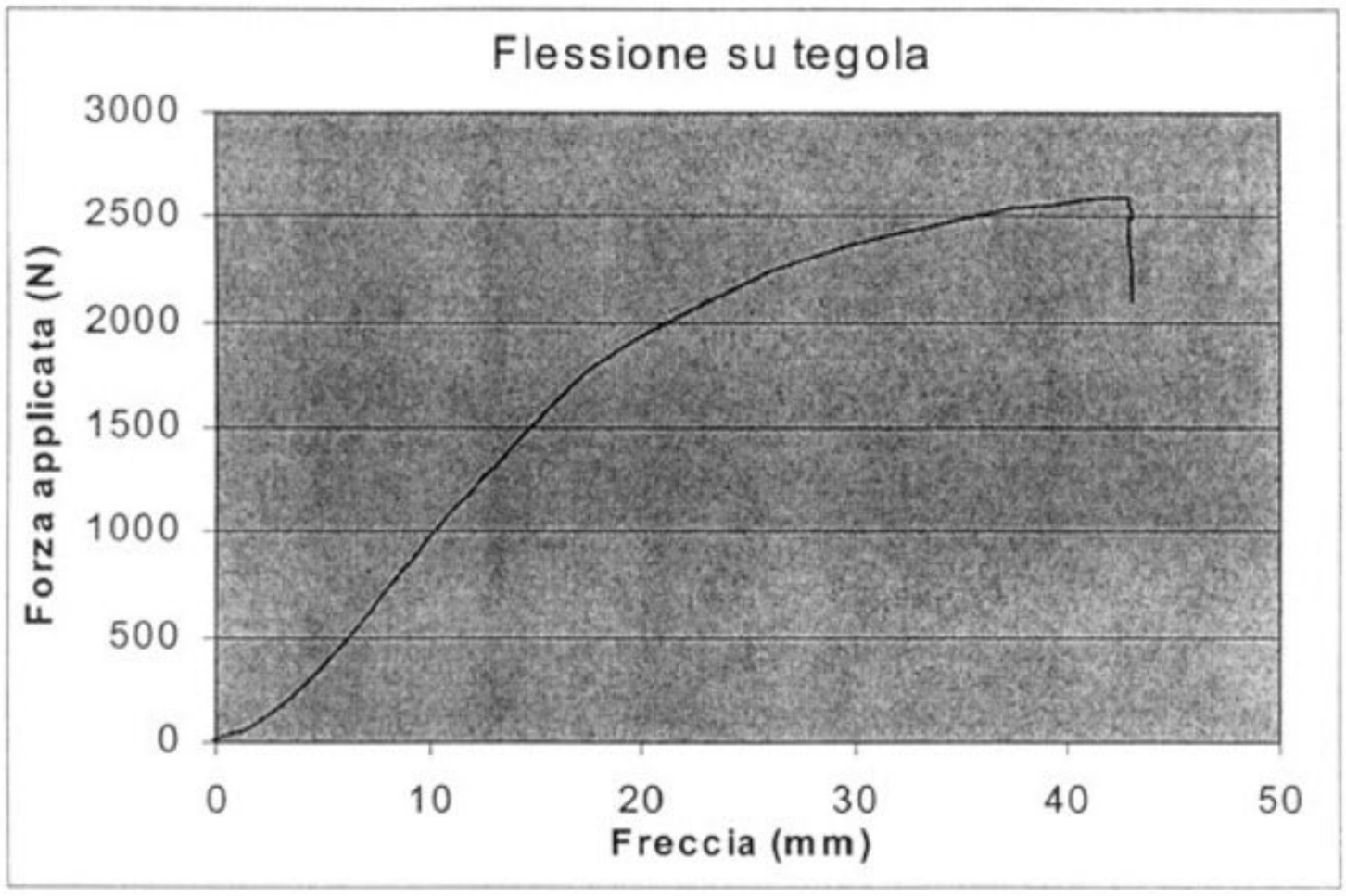

Fig. 6 - Prova di flessione a temperatura ambiente della tegola TEG1.

tegola	carico massimo (N)	freccia al carico massimo (mm)	rigidezza a flessione (N/mm)
TEG1	2630	42,7	126
TEG2	2510	41,8	115
TEG3	2559	40,8	119
TEG4	2579	42,5	124
TEG5	2558	40,1	123
media	**2567**	**41,6**	**121**

Tab. 9 - Risultati delle prove di flessione a temperatura ambiente su tegole non invecchiate.

tegola	carico massimo (N)	freccia al carico massimo (mm)	rigidezza a flessione (N/mm)
TEGV1	2680	43,1	128
TEGV2	2616	46,9	122
TEGV3	2594	41,3	124
TEGV4	2888	40,9	124
TEGV5	2886	44,4	130
media	**2733**	**43,3**	**126**