



UNIONE EUROPEA



REGIONE BASILICATA



ASSOCIAZIONE ITALIANA  
DI INGEGNERIA AGRARIA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA

# **Impiego in agricoltura di plastiche innovative biodegradabili per la solarizzazione del terreno**

**ESTRATTO**

**Università degli Studi della Basilicata  
Dipartimento Tecnico-Economico**

**Regione Basilicata  
Dipartimento attività Produttive**

**Associazione Italiana di Ingegneria Agraria  
AIIA**

**Patrocinio  
Unione Europea**

**Matera 14-17 Giugno 2000**  
*Sala della Biblioteca Provinciale  
Palazzo dell'Annunziata - Piazza Vittorio Veneto*

Progetto di ricerca finanziato dalla Regione Basilicata  
nell'ambito del programma POP-FESR 1994-96

# CARATTERISTICHE MECCANICHE DI MANUFATTI OTTENUTI DAL RICICLAGGIO DI FILM IN EVA

Carlo MANERA, Pietro PICUNO, Carmela SICA  
Dipartimento Tecnico-Economico per la Gestione del Territorio Agricolo e Forestale  
Università degli Studi della Basilicata  
C.da Macchia Romana – 85100 Potenza  
Tel. 0971-205437 Fax. 0971- 205429 E-mail: picuno@unibas.it

Parole chiave: film di EVA, rifiuti plastici, riciclaggio meccanico.

## Riassunto

Nel presente lavoro allo scopo di indagare le proprietà meccaniche dei manufatti ottenuti tramite riciclaggio di film di EVA, sono state effettuate prove di resistenza a trazione, compressione e flessione su profilati a sezione quadrata di 50 mm di lato ottenuti mediante estrusione di granuli ricavati da film di EVA recuperato dopo essere stato utilizzato per la copertura di tunnel; i risultati ottenuti hanno mostrato che l'impiego del solo EVA in tale riciclaggio non assicura ai profilati così ottenuti sufficienti proprietà meccaniche, per cui appare necessario procedere alla loro realizzazione mediante la formulazione di mescole a base di EVA e di altri materiali plastici.

## 1. Introduzione

I progressi della ricerca scientifica consentono di ottenere ormai continue variazioni nelle tipologie di materiali base e nelle tecnologie utilizzabili per realizzare prodotti di miglior qualità in grado di incrementare le prestazioni e massimizzare i profitti economici. Nel settore agricolo, e nello specifico in quello delle colture protette, nell'ultimo decennio si sono registrate significative variazioni circa i polimeri impiegati per la realizzazione di film plastici da utilizzare per le coperture di serre, serre-tunnel, tinnellini nonché per la pratica della pacciamatura.

In particolare, ad una netta diminuzione dell'utilizzo del PVC, sia rigido che flessibile, ormai quasi del tutto bandito dai mercati occidentali per problemi igienico-sanitari ed ambientali, si registra un continuo e crescente impiego di film in EVA, puro monostrato ovvero sotto forma di laminati a più strati coestrusi, soprattutto con LDPE. Nel 1998 in Italia nel settore agricolo si è registrato un consumo complessivo di materie plastiche pari a circa 272.300 tonnellate; di queste circa 7.700 tonnellate di film in EVA puro sono state impiegate per la copertura di serre e grandi tunnel, mentre mescole di LDPE - PE.IR - EVA per ben 26.000 tonnellate sono state utilizzate per la copertura di piccoli e medi tunnel (Pacini, 1999).

I risultati ottenuti in tali impieghi risultano apprezzabili sotto il profilo economico e produttivo ma generano, al contempo, un particolare problema ambientale connesso allo specifico smaltimento post-consumo di un polimero, quale l'EVA, diffuso solo di recente. Il criterio ormai affermato sulla gestione dei rifiuti plastici risolve il problema non più in termini di semplice smaltimento finale ma, più generalmente, di recupero di materia o di energia; in tale ottica il riciclaggio meccanico delle materie plastiche a base di EVA può costituire una tecnica in grado, attraverso il riutilizzo del materiale post-consumo per la realizzazione di nuovi prodotti mediante opportuni trattamenti meccanici e termici, di contribuire in maniera economicamente conveniente oltre che ambientalmente equilibrata all'ottenimento di un'agricoltura sostenibile.

## 2. Il riciclaggio meccanico di film in EVA di origine agricola

L'incremento del consumo di film in EVA (tab. 1) registrato negli ultimi anni nel settore agricolo

italiano è legato all'esigenza di impiegare, per la copertura di serre e tunnel, laminati flessibili ad elevato "effetto termico" e, come noto, l'EVA possiede una trasmittanza nella banda dell'IR lungo nettamente inferiore a quella del LDPE. I laminati impiegati sono monostrato di EVA (con percentuale di VA pari al 11-18%) o multistrato, a due (LDPE-EVA o EVA<sub>1</sub>-EVA<sub>2</sub>, con percentuale media di VA pari al 5-12%), o tre strati (LDPE-EVA-LDPE o EVA<sub>1</sub>-EVA<sub>2</sub>-EVA<sub>3</sub>, con percentuale media di VA pari al 10-14%) (Falleri e Magnani, 1991).

Grazie alle favorevoli prestazioni in termini di efficienza termica, accoppiate alle migliorate tecniche di produzione che rendono possibili spessori anche molto ridotti (20-25 µm), molti di questi laminati stanno trovando di recente una progressiva diffusione anche in altre applicazioni di protezione delle coltivazioni, quali la pacciamatura o la realizzazione di piccoli e medi tunnel (Manera et al., 1999).

Destinazione d'uso	Materiali	Consumi (t)	Consumi (t)
		1993	1998
Film per serre (capanne, tunnel)	PE	44.000	41.000
	PE.IR	3.000	5.000
	EVA	6.500	7.700
	PVC	1.500	0
Film per tunnel (piccoli, medi)	PVC	2.000	1.000
	PE - PE.IR - EVA	22.000	26.000
Lastre semirigide per serre	PMMA-PVC-PC-PRFV	1.600	1.600
Film per pacciamatura	PE	27.000	40.000
Tessuto non tessuto	PP	600	2.000
Reti	PP - HDPE	4.200	5.000
Film insilaggio	PE	8.000	8.000
Irrigazione	PE - PVC - PRFV	63.000	67.000
Altro	Diversi	66.600	68.000
<b>Totale</b>		<b>250.000</b>	<b>272.300</b>

Tabella 1: Consumi di materiali plastici nell'agricoltura italiana (Pacini, 1999)

Il riciclaggio meccanico di materiali polimerici eterogenei costituisce una tecnica tanto interessante quanto difficile da realizzare poiché, purtroppo, la degradazione che essi hanno subito, le differenti condizioni di lavorazione e, soprattutto, l'incompatibilità reciproca fra una buona parte dei polimeri rende quest'operazione tecnicamente complicata e dà spesso luogo a manufatti con modeste proprietà di resistenza meccanica (Picuno e Scarascia, 1994).

Diversi studi e ricerche sono stati condotti per cercare di ottimizzare le condizioni per un recupero vantaggioso di rifiuti plastici; La Mantia (1991) ha realizzato, con miscele preparate con LDPE e rifiuti plastici urbani eterogenei, manufatti su cui sono state effettuate prove meccaniche per accertarne le proprietà di resistenza, mentre Vinci et al. (1993) hanno studiato l'effetto di agenti modificanti le proprietà meccaniche di miscele PET/HDPE provenienti da bottiglie per bevande gassate.

Un studio specifico, poi, rivolto alle miscele polimeriche costituite da polimeri termoplastici (PET) e polimeri liquido-cristallini, è stato condotto da Incarnato et al. (1995).

Infine, Scarascia et al. (1997) hanno condotto prove sperimentali su manufatti, noti commercialmente come *Synplast*, realizzati mediante riciclaggio all'85% di HDPE ed LDPE provenienti rispettivamente da contenitori per liquidi e film di origine agricola, al 10% di PET, derivato da contenitori per liquidi, e per il rimanente 5% di ABS, proveniente da rifiuti plastici automobilistici (Alfa Edile, 1997); di tali manufatti, prodotti mediante estrusione in forma di

barre a sezione quadrata da un'azienda che opera ordinariamente nel riciclaggio di materie plastiche eterogenee, sono state determinate le caratteristiche di resistenza meccanica, che ne hanno mostrato proponibile un impiego in agricoltura in qualità di elementi portanti di strutture leggere quali, ad esempio, quelle per l'allevamento specializzato di colture arboree.

Gli stessi Autori (Manera et al., 1997) hanno poi proseguito l'indagine facendo appositamente realizzare analoghe barre a sezione quadrata costituite in un primo caso da 100% di LDPE riciclato proveniente esclusivamente da rifiuti di origine agricola ed in un secondo caso da una miscela costituita al 70% da LDPE ed al 30% da PET derivante da contenitori per liquidi. I risultati ottenuti hanno mostrato come vi siano interessanti possibilità di realizzare mescole in cui impiegare polimeri post-consumo di origine agricola per la realizzazione di manufatti dotati di proprietà meccaniche sufficienti per sostenere strutture semplici e non particolarmente caricate.

Data la sua recente diffusione in agricoltura, le ricerche sulle tecniche di recupero e reimpiego dell'EVA sono state sinora limitate dalla scarsità di conoscenze e di studi specifici condotti su tale polimero; allo scopo di indagare le proprietà di resistenza di manufatti ottenuti mediante riciclaggio di film di EVA, nella presente ricerca sono state effettuate prove sperimentali che hanno consentito di individuarne le principali caratteristiche meccaniche.

### **3. Prove sperimentali**

#### **3.1. Materiali e metodi**

I manufatti prodotti mediante riciclaggio di film di EVA (rEVA) sono stati ottenuti attraverso il recupero, in una prima fase operativa, di film plastici in EVA dismessi dopo essere stati precedentemente utilizzati per la copertura di serre-tunnel in un'azienda serricola sita in agro di Nova Siri (MT); quindi, il materiale è stato portato presso una azienda di conferimento, selezione e riciclaggio meccanico di rifiuti plastici eterogenei (Alfa Edile - Brindisi) dove i film plastici, dopo una prima grossolana ripulitura, sono stati triturati in granuli e quindi fusi a circa 220 °C. Alla fusione è seguita la fase di estrusione che ha prodotto dei manufatti, lunghi 1,5 m e di sezione quadrata con lato pari a 50 mm, dai quali sono stati ricavati i provini necessari per le prove di laboratorio.

Nella seconda fase operativa, pertanto, tali provini sono stati sottoposti a test di resistenza a trazione, compressione e flessione, utilizzando una pressa universale computerizzata Galdabini tipo PMA 10, presso il Laboratorio Prove Materiali del Dipartimento Tecnico-Economico dell'Università degli Studi della Basilicata.

Nel corso delle prove le condizioni ambientali sono state: temperatura media pari a 14 °C ed umidità relativa pari al 70%. Per ciascuna tipologia di prova sono stati portati a rottura n° 10 campioni, in modo da poter esprimere le corrispondenti caratteristiche di resistenza in termini di media e corrispondente intervallo di fiducia bilaterale con probabilità del 95% (UNI, 1966).

Le prove a trazione sono state effettuate su campioni, ricavati dalle barre riciclate, di larghezza pari a 50 mm, lunghezza libera tra le morse pari a 70 mm e spessore pari a 5 mm, con velocità costante di deformazione pari a 200 mm/min, esprimendo i risultati in termini di resistenza massima e di allungamento percentuale a rottura, calcolato come rapporto tra l'allungamento massimo e la lunghezza iniziale del provino ( $A\% = \Delta l/l_0 * 100$ ).

Le prove a compressione sono state condotte portando a rottura campioni di forma cubica di lato 50 mm, prelevati direttamente mediante taglio dai profilati, con velocità costante di deformazione pari a 10 mm/min.

Le prove a flessione sono state infine condotte, con velocità costante di deformazione pari a 70 mm/min, su elementi di lunghezza 1,00 m, come previsto dall'apposita Normativa (UNI, 1973), mediante l'applicazione di un carico concentrato in mezzzeria.

I risultati ottenuti nel caso del rEVA sono quindi stati messi a confronto con quelli ottenuti in studi precedenti (Manera et al., 1997).

### 3.2. Risultati e discussione

I risultati ottenuti dalle prove a flessione, compressione e trazione, espressi sotto forma di resistenza massima ( $\sigma_{max}$ ) sono riportati nella tabella 2 in cui, per paragone, sono confrontati con i valori ottenuti mediante studi precedenti (Manera et al., 1997), (Scarascia et al., 1997).

Tipo di prova	$\sigma_{max}$ (N mm <sup>-2</sup> )			
	rEVA	100% LDPE	70% LDPE + 30% PET	Synplast
Trazione	7.8 ± 0.29	9.34 ± 0.45	7.90 ± 0.41	21.60 ± 2.47
Compressione	29.6 ± 2.55	17.11 ± 1.13	13.25 ± 0.25	27.51 ± 3.24
Flessione	Non rilevabile	17.08 ± 0.50	15.66 ± 0.41	32.30 ± 0.81

Tabella 2: Valori di resistenza massima di quattro materiali plastici riciclati

Appare evidente che in termini di resistenze a trazione i materiali plastici di origine agricola pressappoco si equivalgono, mentre rispetto a questi sensibilmente migliore risulta il comportamento del Synplast; nelle prove a compressione, invece, l'rEVA ha dato risultati migliori anche rispetto al Synplast. Per quanto riguarda le prove a flessione dell'rEVA, invece, non è stato possibile rilevare risultati significativi in quanto, a causa dell'elevata deformabilità del manufatto, la corsa massima dell'apparecchiatura utilizzata non è risultata sufficiente per portare a rottura le barre (fig.1).

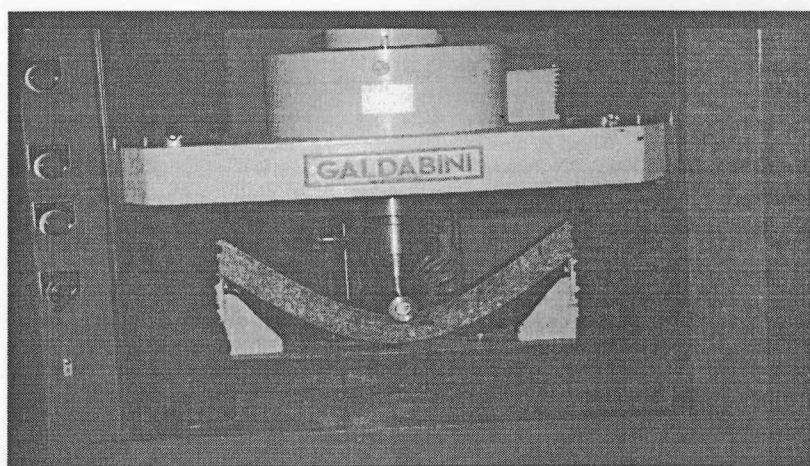


Fig. 1: Prova a flessione su profilato ottenuto da film di EVA riciclato al 100%

In base ai risultati ottenuti si può quindi concludere che il materiale, pur in possesso di sufficienti caratteristiche di resistenza a sforzo normale, presenta una deformabilità tanto elevata da non sembrare idoneo come struttura di sostegno anche nel caso di costruzioni leggere. Infatti, dall'esame della curva ottenuta dal test a trazione (fig 2), è possibile osservare come l'rEVA, a differenza del Synplast, presenta, dopo un primo tratto con comportamento di tipo elastico lineare, una notevole deformazione plastica prima del punto di rottura, che si raggiunge in corrispondenza di un allungamento percentuale pari al 368%; tale valore è stato poi confrontato con quello calcolato su altri manufatti ottenuti da materiale riciclato (tab. 3).

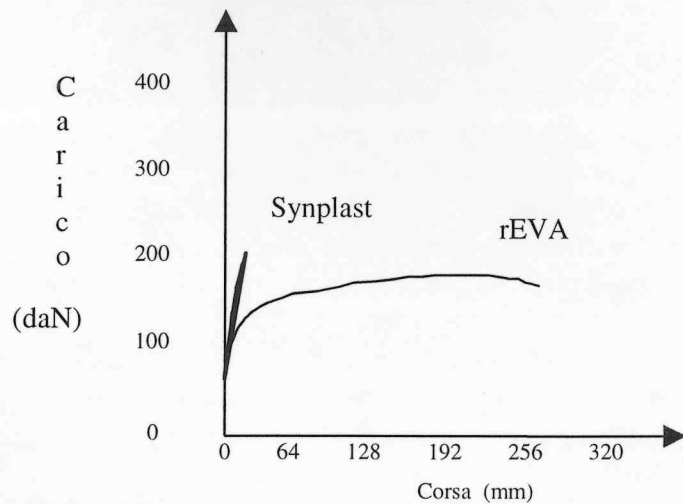


Fig. 2 - Diagramma carico/deformazione per provini soggetti a trazione

	rEVA	100% LDPE	70% LDPE + 30% PET	Synplast
<b>Allungamento percentuale a rottura [%]</b>	368 ± 2.32	19.45 ± 2.96	14.19 ± 2.02	7.12 ± 1.45

Tabella 3 - Valori di allungamento percentuale a rottura di quattro materiali plastici riciclati

I risultati delle prove a compressione riportati infine a titolo di esempio nella figura 3 mostrano che l'rEVA ha un carico massimo di rottura simile a quello del Synplast, ma il comportamento dei due materiali nel corso della prova è evidentemente differente, poiché l'rEVA mostra una limitata fase elastica, con significativi recuperi di resistenza soltanto nella fase immediatamente precedente la rottura. Anche da questo punto di vista, in conclusione, sembra di poter osservare come il materiale che si ottiene dall'estrusione di granuli di EVA puro riciclato manifesta eccessive deformabilità sotto carico, che lo rendono pertanto, come tale, inadatto ad applicazioni di tipo strutturale.

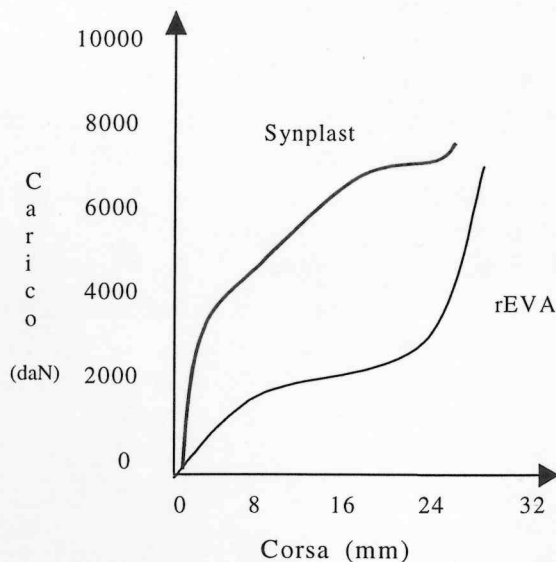


Fig. 3 - Diagramma carico/deformazione per provini soggetti a compressione

#### 4. Conclusioni

Lo smaltimento razionale ed il conseguente riuso dei residui di plastica di origine agricola costituisce un serio problema che deve essere affrontato da produttori, consumatori e legislatori in modo da tutelare l'ambiente; particolare attenzione, in tal senso, va rivolta al riciclaggio dei polimeri di più largo consumo, quale sta ormai diventando l'EVA.

Dalle prove sperimentali condotte è stata rilevata un'elevata deformabilità del materiale ottenuto tramite riciclaggio di EVA puro pur in presenza di sufficienti proprietà di resistenza meccanica; lo studio sta proseguendo attraverso l'analisi delle caratteristiche di elasticità di tale materiale, anche allo scopo di individuare forme di ottimizzazione delle sue caratteristiche mediante la produzione di manufatti ricavati dal riciclaggio di mescole a base di EVA insieme ad altri polimeri in grado di conferire proprietà meccaniche sufficienti per un loro reimpiego.

#### Bibliografia

- Alfa Edile (1997) – Synplast technical brochure – Alfa Edile, via Nobel 16, 72100 Brindisi (Italy);
- Falleri F. & Magnani G. (1991) – Film termici di copertura: valutazione delle caratteristiche principali - *Colture Protette*, 20, (11), 85-93;
- Incarnato L., Di Maio L., Motta O., Acierno D. (1995) – Proprietà meccaniche e di trasporto di film di PET/Rodrun 3000. Atti del XII Convegno italiano di scienza e tecnologia delle macromolecole – Palermo, 19-22/09/1995, 323-326;
- La Mantia F. P. (1991) – Riciclo di rifiuti solidi urbani: miscele di PE. Atti del X Convegno italiano di scienza e tecnologia delle macromolecole – Ferrara, 1991, 937-940;
- Manera C., Margiotta S., Picuno P., Scarascia Mugnozza G. (1997) – Recycling of post-consume plastic films for the realisation of structures for agricultural purposes. Proceedings of the 6<sup>th</sup> National Congress of AIIA – Italian Agricultural Engineering Association – Ancona (Italy), 11-12 September 1997, 53-64;
- Manera C., Malinconico M., Margiotta S., Immirzi B., De Prisco N., Di Muro E. (1999) – Materiali plastici innovativi per l'impiego in agricoltura - Atti del Convegno "Le colture protette: aspetti economici, territoriali e tecno-costruttivi", Ragusa, 24-26 Giugno 1999, in corso di stampa;
- Pacini L. (1999) – Applicazioni delle materie plastiche in agricoltura, Italia - anno 1998. *Notiziario Istituto Italiano dei plastici*; n° 13 – luglio 1999, 7-9;
- Picuno P., Scarascia Mugnozza G. (1994) – The management of agricultural plastic film wastes in Italy. - Proceedings of the AAAE International Agricultural Engineering Conference - Bangkok (Thailand), 6-9 dicembre 1994, 797-808;
- Scarascia Mugnozza G., Manera C., Margiotta S., Picuno P., (1997) – Mechanical characteristics of recycled plastic posts in agricultural light structures – *Plasticulture*, 114, (2), 5-14;
- UNI (1973) – Prove sulle materie plastiche: determinazione delle caratteristiche a flessione delle materie plastiche rigide. UNI 7219-73, Milano;
- UNI (1966) – Metodi statistici per il controllo della qualità: UNI 5309, Milano;
- Vinci M., Pilati F., La Mantia F. P., Toselli M. (1993) – Riciclo di miscele PET/HDPE. Atti del XI Convegno italiano di scienza e tecnologia delle macromolecole – Torino, 27-30/09/1993, 292-296.

---

Il contributo all'impostazione ed allo svolgimento del lavoro va suddiviso in maniera paritetica tra gli Autori