

polietilene polyethylene

# Greenflex<sup>®</sup>

EVA



versalis



**versalis** gestisce la produzione e la commercializzazione di prodotti petrolchimici (polietilene, elastomeri, stirenici e chimica di base), potendo contare su una gamma di tecnologie proprietarie, impianti all'avanguardia, una rete distributiva capillare ed efficiente.

**versalis** fornisce un portafoglio di marchi affermati e un servizio al cliente altamente personalizzato. A questo punto di forza aggiunge valore il costante impegno nei confronti della qualità e di uno sviluppo sostenibile per l'ambiente e la comunità.

### descrizione del prodotto

**versalis** con il nome **Greenflex®** produce e commercializza copolimeri etilene vinilacetato (EVA). Questi polimeri vengono prodotti con processo ad alta pressione mediante inserimento di vinilacetato (VA) nelle catene di polietilene durante la reazione (copolimerizzazione dell'etilene con vinil acetato). La tecnologia di produzione e il tipo di polimerizzazione (radicalica) rendono i copolimeri EVA una specialty derivante dalla modificazione di polietilene a bassa densità (LDPE). Le proprietà dei copolimeri EVA saranno tanto più diverse da quelle del LDPE quanto più comonomero VA sarà contenuto nelle catene polimeriche. In questo modo si spiega il loro esteso campo di proprietà che spazia da prodotti simili a LDPE, fino a prodotti ad alto contenuto di VA con caratteristiche simili alla gomma.

**versalis** manufactures and sells different petrochemical products (polyethylene, elastomers, styrenics and chemicals). The company activities are based on proprietary technologies, competitive processes, spread and efficient commercial network.

**versalis** supply high quality products, successful brands and greatly customized service to the market. Constant commitment concerning quality and sustainable development, complete versalis' picture.

### product description

**versalis** supply a range of ethylene vinyl acetate copolymers (EVA) under the trademark **Greenflex®**. These copolymers are produced by high pressure polymerization process adding the comonomer (vinyl acetate - VA) into the polyethylene chains during polymerization reaction. The technology and the type of polymerization (radical reaction) make these copolymers a special modification of common LDPE materials. The main properties of EVA copolymers are different from LDPE homopolymers ones and the difference grows by increasing the VA content. This is the reason why EVA copolymers show such large property range that extends from materials similar to lowdensity-polyethylene (LDPE) to rubber-like products for high VA content grades.



# Greenflex® EVA

## fornitura e stoccaggio

**Greenflex®** viene fornito sotto forma di granuli neutri. I diversi gradi presentano contenuti di VA variabili tra 5 e 28% in peso, indice di fluidità (MFR) tra 0,3 e 25 g/10' e densità apparente tra 0,530 e 0,550 g/cm<sup>3</sup> per prodotti non additivati, fino a 0,590 g/cm<sup>3</sup> per gradi contenenti agenti scivolanti. Qualora stoccato all'aperto, senza protezione, il materiale risente gli effetti della luce, del calore e dell'umidità.

## caratteristiche fisiche

I dati riportati nelle tabelle e nei grafici mostrati in questo lavoro sono rappresentativi dei valori medi determinati su campioni ottenuti con criteri standard (film, stampaggio a compressione, etc). In funzione del metodo di preparazione del campione i singoli valori possono differire dai valori medi. Le proprietà dei copolimeri EVA sono determinate principalmente dal tenore di vinilacetato e dal grado di fluidità.

## supply form and storage

**Greenflex®** is supplied as neutral granules with VA contents ranging from 5 up to 28% by wt. and with melt ratio (MFR) ranging from 0.3 up to 25 g/10'. The average bulk density of granules without slip agent is 0.530 - 0.550 g/cm<sup>3</sup>, while pellets added with slip agent have bulk density up to 0.590 g/cm<sup>3</sup>. When stored outdoors, **Greenflex®** should be protected from direct sunlight, heat and moisture.

## physical properties

The data listed in this brochure are average values determined on standard test specimens prepared by different kind of technologies (film, compression moulded sheet, etc). Single measurements may differ from these average values, depending on the conditions that have been set to prepare the test specimens. The properties of EVA copolymers are largely determined by vinyl acetate content and melt flowratio.



## tenore di VA

Assieme al MFR, il contenuto di VA è una delle caratteristiche più importanti in copolimeri EVA, in quanto ad esso è correlata la frazione di materiale cristallino presente nel prodotto. In particolare, all'aumentare del tenore di comonomero la cristallinità decresce, influenzando di conseguenza numerose proprietà dei copolimeri EVA. Un incremento del contenuto di VA aumenta la densità, la trasparenza e flessibilità del materiale, mentre ne riduce il punto di fusione e la durezza. La tab. 1 e le fig. da 1 a 9 riassumono il variare delle principali proprietà dei copolimeri EVA in funzione del contenuto di VA.

## vinyl acetate content

Melt Flow Rate and VA content are the main properties of EVA copolymers. In particular VA percentage is related to the crystalline fraction, that decreases by enhancing the comonomer content, and therefore, it influences many properties of EVA copolymers. An increase in the comonomer content improves the density, transparency and flexibility of the product, while it reduces its melting point and hardness. Tab. 1 and fig. from 1 to 9 show some of the properties of EVA copolymers that are affected by VA content.

tab. 1

### principali proprietà di Greenflex® in funzione del contenuto di VA main properties of Greenflex® vs. VA content

all'aumentare del vinil-acetato  
increase of vinyl acetate

aumentano growth of	diminuiscono decrease of
<b>resistenza al freddo</b> toughness at low temperature	<b>durezza</b> hardness
<b>resistenza all'urto</b> Impact resistance	<b>rigidità</b> rigidity
<b>flessibilità</b> flexibility	<b>punto di fusione</b> melting point
<b>resistenza alla tensocorrosione</b> ESCR	<b>Vicat</b>
<b>trasparenza</b> transparency	<b>carico di snervamento</b> yield stress
<b>densità</b> density	
<b>adesività</b> tackiness	
<b>potere di assorbimento di cariche</b> filler retention	
<b>saldabilità</b> sealability and weldability	
<b>reticolabilità alle radiazioni</b> ability to crosslink	
<b>resistenza a flessione alternata</b> flexural strength	

fig. 1

**densità vs. contenuto di VA**  
effect of Vinyl Acetate content on density

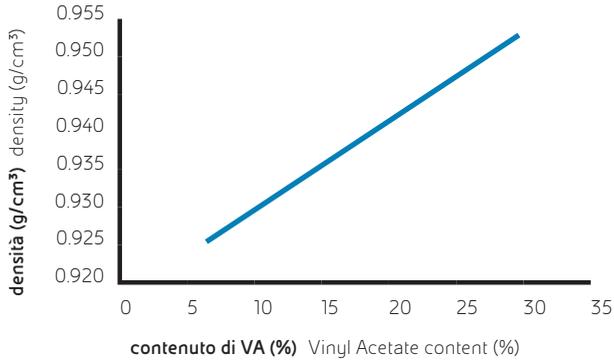


fig. 2

**punto di fusione vs. contenuto di VA**  
effect of Vinyl Acetate content on crystalline melting point

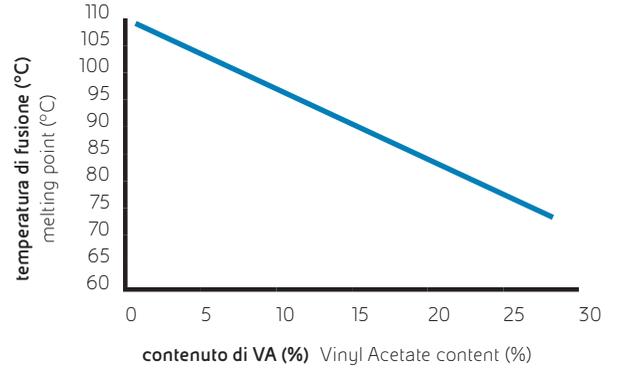


fig. 3

**punto di rammolimento Vicat (intervallo) vs. contenuto di VA**  
effect of Vinyl Acetate content on Vicat softening point

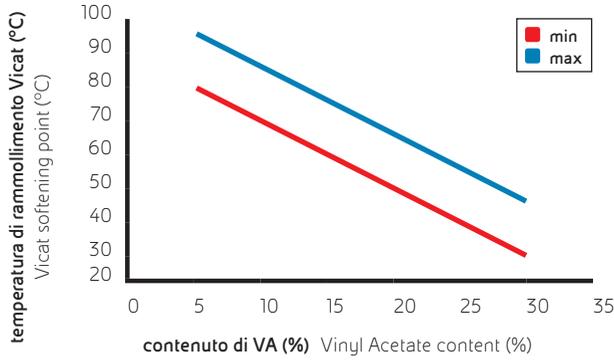


fig. 4

**durezza shore A e shore D vs. contenuto di VA**  
effect of Vinyl Acetate content on hardness shore A and D

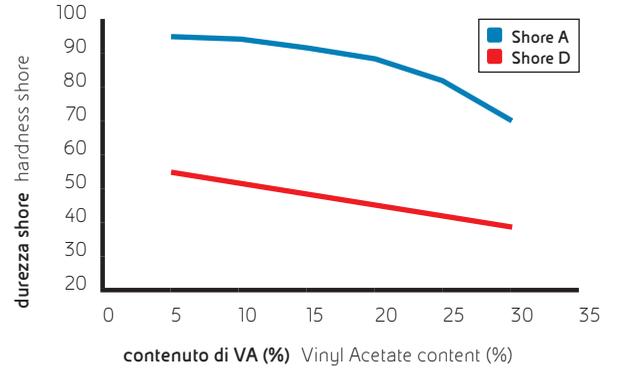


fig. 5

**modulo secante vs. contenuto di VA (a diverse temperature)**  
effect of Vinyl Acetate content on secant modulus at different temperatures

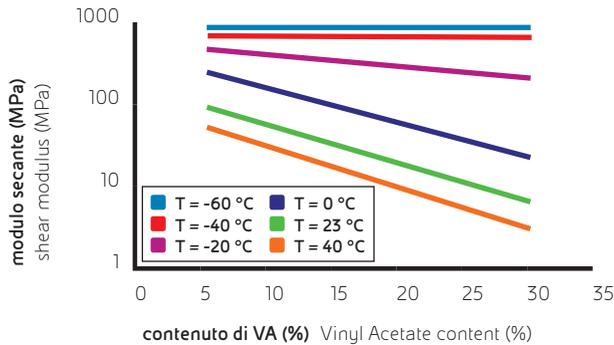


fig. 6

**sforzo a snervamento e sforzo a rottura vs. contenuto di VA**  
effect of Vinyl Acetate content on ultimate tensile strength and yield stress

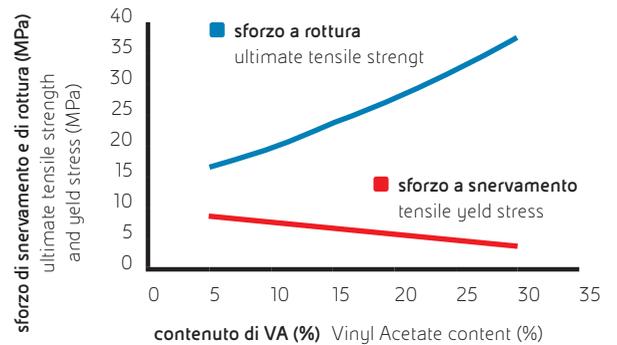


fig. 7

cristallinit  vs. contenuto di VA  
effect of Vinyl Acetate content on crystallinity

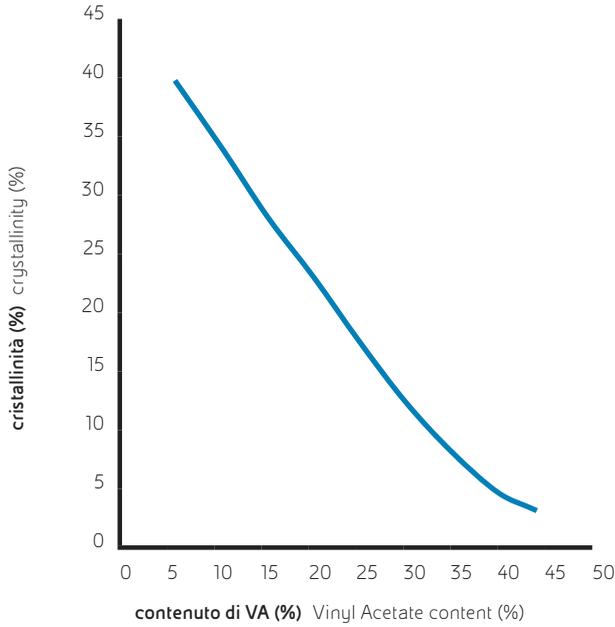


fig. 8

effetto del contenuto di VA sulla temperatura di inizio de-acetilazione  
(TGA in N<sub>2</sub> - 10  C/min, dati relativi al 1% di perdita in peso)  
effect of VA content on deacetylation initiation temperature  
(TGA in N<sub>2</sub> - 10  C/min, data equivalent to 1% of weight loss)

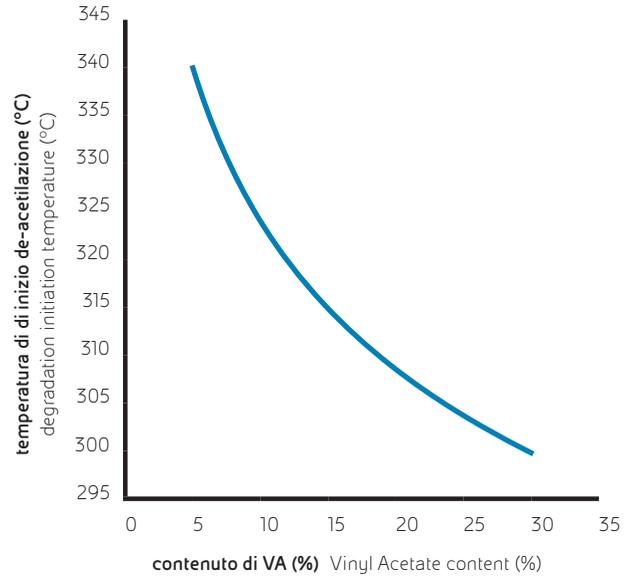
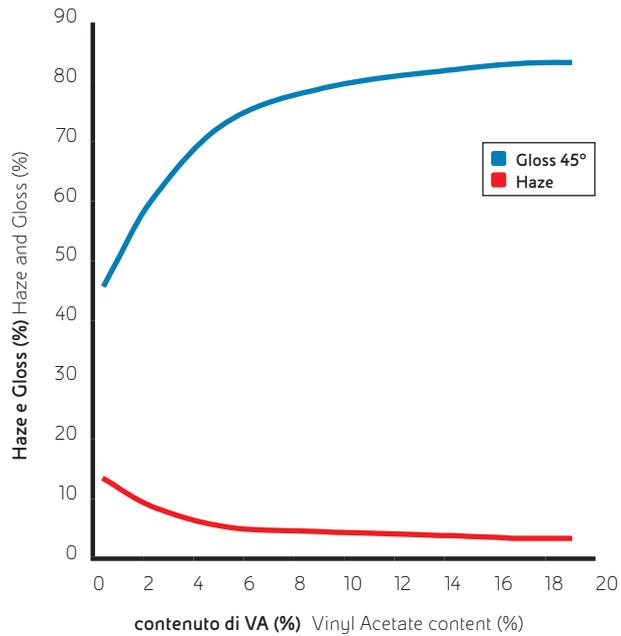


fig. 9

propriet  ottiche (Haze e Gloss 45 ) vs. contenuto di VA  
effect of Vinyl Acetate content on optical properties



## Melt Flow Rate (MFR)

Le proprietà meccaniche, il comportamento reologico e la resistenza ai tensioattivi (ESCR) variano nei copolimeri EVA con il grado di fluidità (MFR).  
Se MFR cresce:

## Melt Flow Rate (MFR)

For EVA copolymers mechanical properties, rheological behaviour and environmental stress cracking resistance (ESCR) depend on product's fluidity index (MFR).  
An increase in MFR causes:

tab. 2	
aumento di growth of	riduzione di decrease of
fluidità della massa fusa flowability of the melt	peso molecolare molecular weight
	viscosità del fuso melt viscosity
	tenacità del fuso melt strength
	sforzo a rottura ultimate tensile strength
	resistenza ai tensioattivi ESCR

## dipendenza dalla temperatura

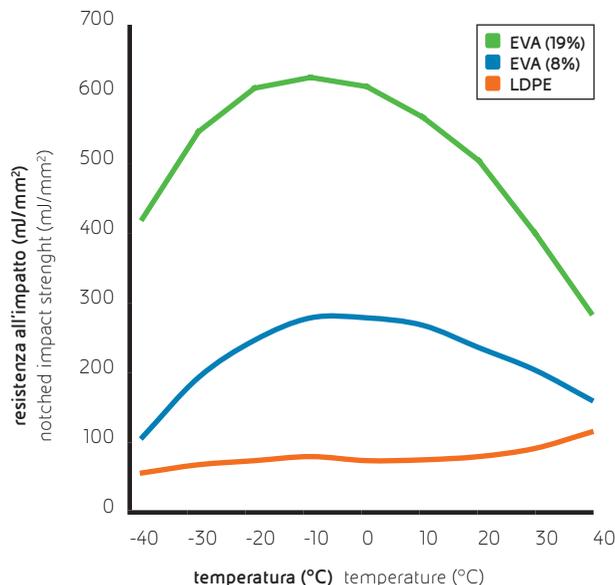
La resilienza del polimero in funzione della temperatura è influenzata fortemente dal tenore di VA e dal grado di fluidità. In confronto con gli omopolimeri LDPE, a freddo i copolimeri EVA hanno elevata resistenza all'urto (fig. 10). Questo identifica un comportamento caratteristico dei copolimeri EVA che li rende perfetti per applicazioni in cui i comuni omopolimeri LDPE non sono sufficienti.

## effect of temperature

The dependency of tensile impact strength of EVA copolymers versus temperature is strongly influenced by the MFR and VA content. Fig.10 shows very clearly the better low temperature impact strength of EVA copolymers compared with the common LDPE homopolymer grades. This is one of the main reasons why EVA copolymers are considered as the perfect material to be used for some critical applications where common LDPE properties are not satisfactory.

fig. 10

resistenza all'impatto vs. temperatura (effetto contenuto di VA a MFR costante)  
effect of Vinyl Acetate content on notched impact strength as a function of temperature (at the same MFR)



## proprietà termiche

Il punto di fusione dei **Greenflex®** diminuisce all'aumentare del contenuto di VA. Pertanto le temperature d'uso dei copolimeri risultano più basse rispetto al corrispondente omopolimero (LDPE).

Il valore massimo per la temperatura d'uso di un manufatto è inferiore alla temperatura di rammollimento Vicat. Le temperature d'esercizio, come per tutti i polimeri termoplastici, dipendono dalla durata e dal livello di sollecitazioni meccaniche a cui i manufatti sono sottoposti quando esposti al calore.

Prove pratiche dovrebbero essere effettuate con opportune integrazioni. Un riscaldamento di breve durata, oltre la temperatura d'impiego, senza sollecitazione meccanica è senz'altro possibile anche in prossimità del punto di fusione. La resistenza al calore dei manufatti può essere aumentata mediante reticolazione (chimica o fisica).

## conducibilità termica

All'aumentare della temperatura, la conducibilità termica diminuisce fino a raggiungere un plateau in prossimità del punto di fusione. La conducibilità termica della massa fusa è invece praticamente indipendente dalla temperatura (fig. 11).

## thermal properties

Melting points of **Greenflex®** grades, decrease when VA content increases. Melting ranges and hence service temperatures of EVA copolymers are therefore lower respect to LDPE.

A useful guide to service temperature and dimensional stability is the Vicat softening point. However, as with all thermoplastics, the service temperature depends very much on the duration and magnitude of the mechanical stress occurring under heat.

It is therefore advisable to carry out practical tests as well. Short term heating above the service temperature without mechanical stress is possible right up to temperatures near the melting point. Thermal stability under load can be increased by chemical or physical crosslinking.

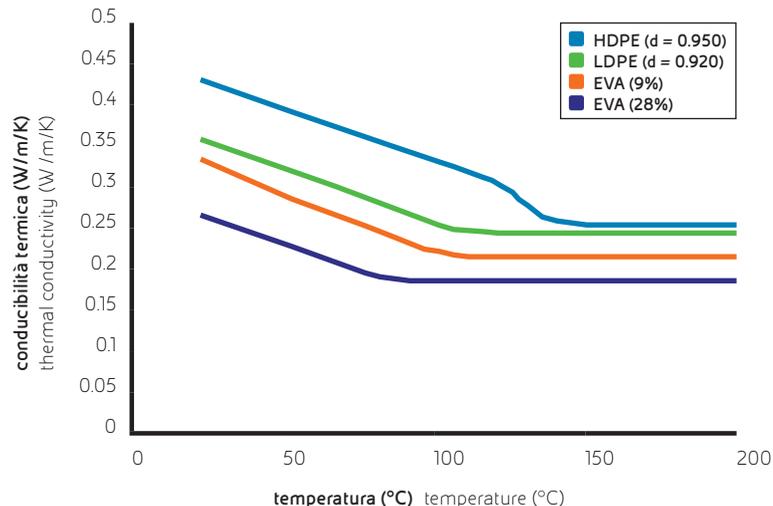
## thermal conductivity

Thermal conductivity decreases by rising the temperature up to the crystalline melting point and then it reaches a stable value. The thermal conductivity of the melt is almost independent of temperature (fig. 11).

fig. 11

conducibilità termica vs. temperatura (effetto contenuto di VA)

thermal conductivity as a function of temperature (effect of VA content)



## proprietà viscoelastiche

### comportamento alle sollecitazioni di lunga durata

Una caratteristica tipica dei polimeri termoplastici è lo scorrimento a freddo o deformazione nel tempo del materiale sotto sforzo.

Questo comportamento si valuta in funzione di diversi valori di carico e di tempo di applicazione. La fig. 12 mostra la deformazione di gradi di **Greenflex®** caratterizzati da diverso contenuto di VA in funzione della durata del carico applicato.

## viscoelastic properties

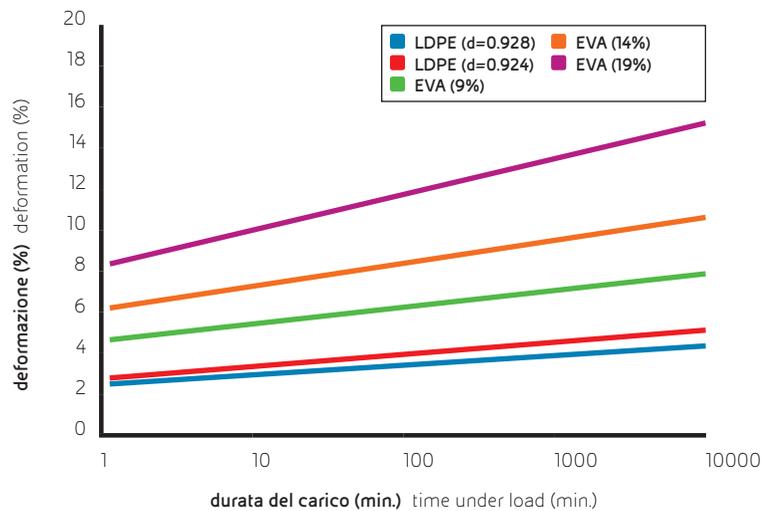
### behaviour under long term stress

A typical property of thermoplastics is creep (cold flow) while the material is subjected to mechanical stress and undergoes continuous deformations that keep growing in time.

This behaviour may be evaluated by varying the magnitude of stress and the loading time. The graph in fig. 12 shows the elongation (strain) of **Greenflex®** grades with different VA contents as a function of time under load.

fig. 12

deformazione sotto carico (a 23 °C e 3N/mm<sup>2</sup>) vs. tempo (effetto contenuto di VA)  
in confronto con LDPE di differente densità  
deformation of EVA with different VA contents as a function of time under load  
(at 23 °C and 3N/mm<sup>2</sup> load) in comparison with LDPE of different densities.



## comportamento reologico

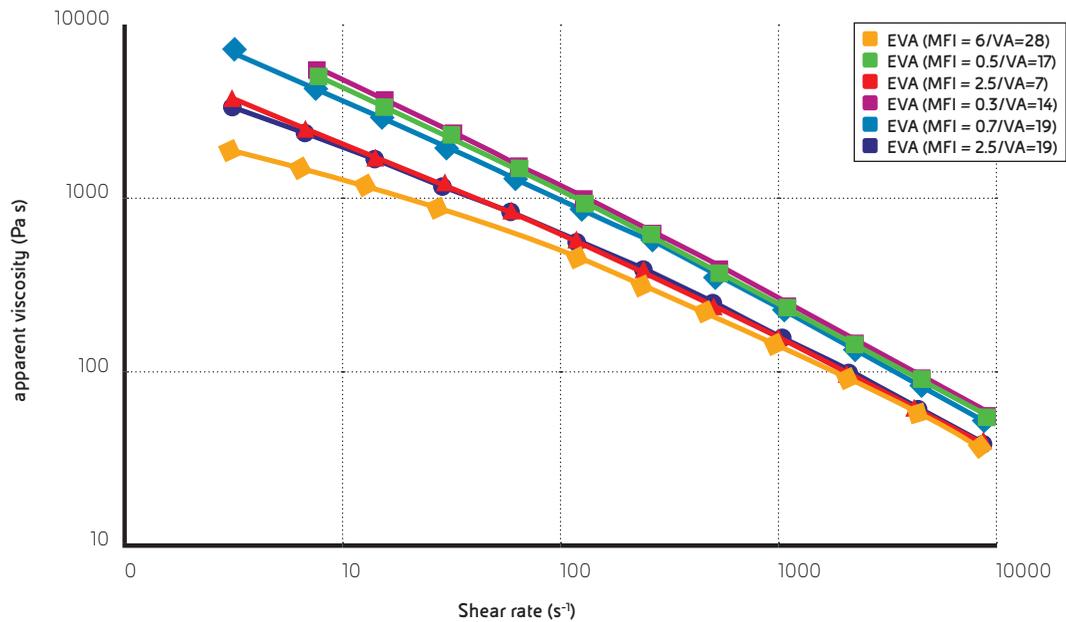
Le masse fuse di polimeri sono liquidi non newtoniani che, all'aumentare della sollecitazione di taglio, mostrano una forte diminuzione della viscosità, elemento da considerare nella progettazione delle macchine per la lavorazione del prodotto. Le curve ottenute con il viscosimetro capillare alla temperatura di 190 °C per differenti gradi di **Greenflex®** mostrano la variazione della viscosità di questi prodotti sottoposti a sforzo di taglio crescente e anticipano il loro comportamento in estrusione (fig. 13).

## rheological behaviour

Polymer melts are non newtonian liquids which exhibit a sharp decline in viscosity with increasing shear stress. This has to be taken into account in designing processing machines and moulds for thermoplastics. The following curves are obtained using capillary viscometer at 190 °C for different **Greenflex®** grades. The graph in fig. 13 shows the variation of the viscosity under rising shear rates and it gives useful information about the behaviour of those grades during extrusion processing.

fig. 13

curve reologiche di diversi tipi di Greenflex® alla temperatura di 190 °C  
flow curves of different Greenflex® at the temperature of 190 °C



## proprietà elettriche

L'introduzione di un comonomero polare all'interno di catene di polietilene influenza le proprietà elettriche del polimero finale: il coefficiente di perdita dielettrica e la costante dielettrica relativa di copolimeri EVA dipendono dal tenore di VA (fig. 14). MFR invece, non influenza le proprietà elettriche. I copolimeri EVA, nonostante siano caratterizzati da proprietà isolanti inferiori all'omopolimero (LDPE), trovano applicazione nell'industria dei cavi grazie alla loro buona resistenza alla tensocorrosione, la facile reticolabilità e buona flessibilità. Inoltre, l'elevata capacità di copolimeri EVA di incorporare cariche, come il nerofumo, li rende molto utilizzati per la fabbricazione di mescole semiconduttrici.

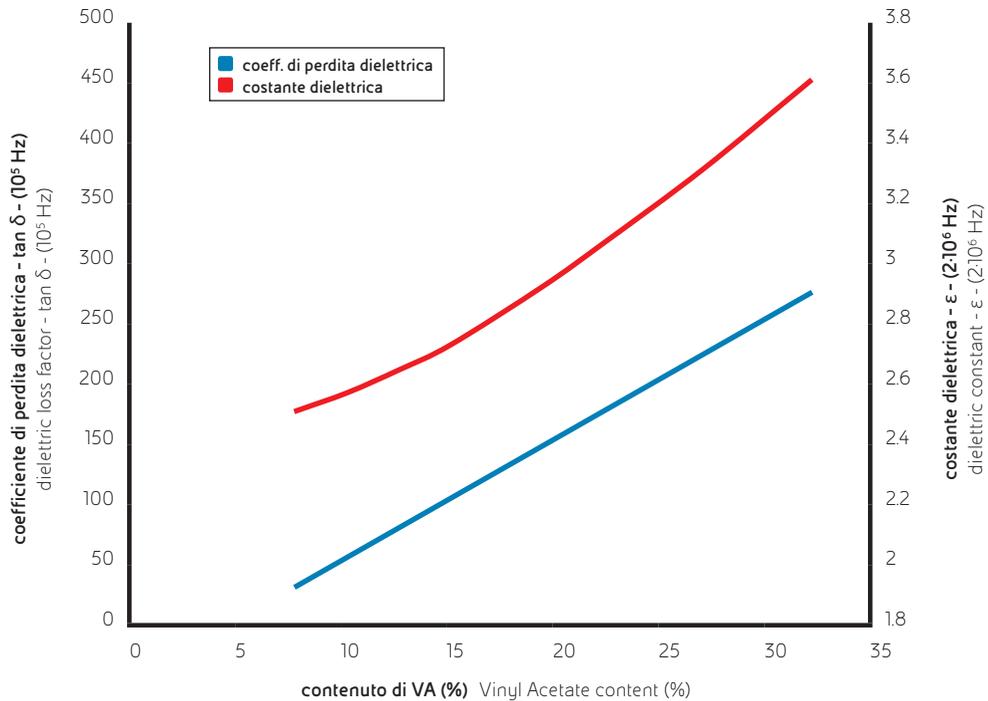
## electrical properties

The insertion of a polar comonomer into polyethylene chains influences the electrical properties of the final polymer: dielectric loss factor and dielectric constant are governed by VA content (fig. 14). The MFR, on the other hand, has practically no effect on electrical properties. Despite having poorer electrical properties than LDPE, EVA copolymers are used in the cable industry because of their good stress cracking resistance, suitability to crosslink and flexibility. Finally EVA high tolerance for fillers, such as carbon black, makes these copolymers highly used for the production of semi conductive compounds.

fig. 14

coefficiente di perdita dielettrica (a  $10^5$  Hz) e costante dielettrica relativa (a  $2 \cdot 10^6$  Hz) di copolimeri EVA in funzione del contenuto di VA.

dielectric loss factor (at  $10^5$  Hz) and dielectric constant (at  $2 \cdot 10^6$  Hz) of EVA copolymers as functions of VA content



### proprietà chimiche

I copolimeri EVA a causa del loro carattere polare, assorbono piccole quantità di umidità. L'assorbimento di acqua aumenta con l'aumentare di VA (fig. 15).

### resistenza ai tensioattivi

La resistenza ai tensioattivi, misurata tramite Bell test (ASTM D 1963-B), cresce sia all'aumentare del contenuto di VA che al diminuire del grado di fluidità. Pertanto, nei copolimeri EVA questa proprietà è più elevata rispetto agli omopolimeri di pari grado. Formazione di fessurazioni da tensioni interne, in prodotti stampati, può verificarsi per effetto di carichi esterni e/o di tensioni interne per effetto di alcuni agenti chimici (agenti bagnanti, sostanze polari e diversi liquidi organici).

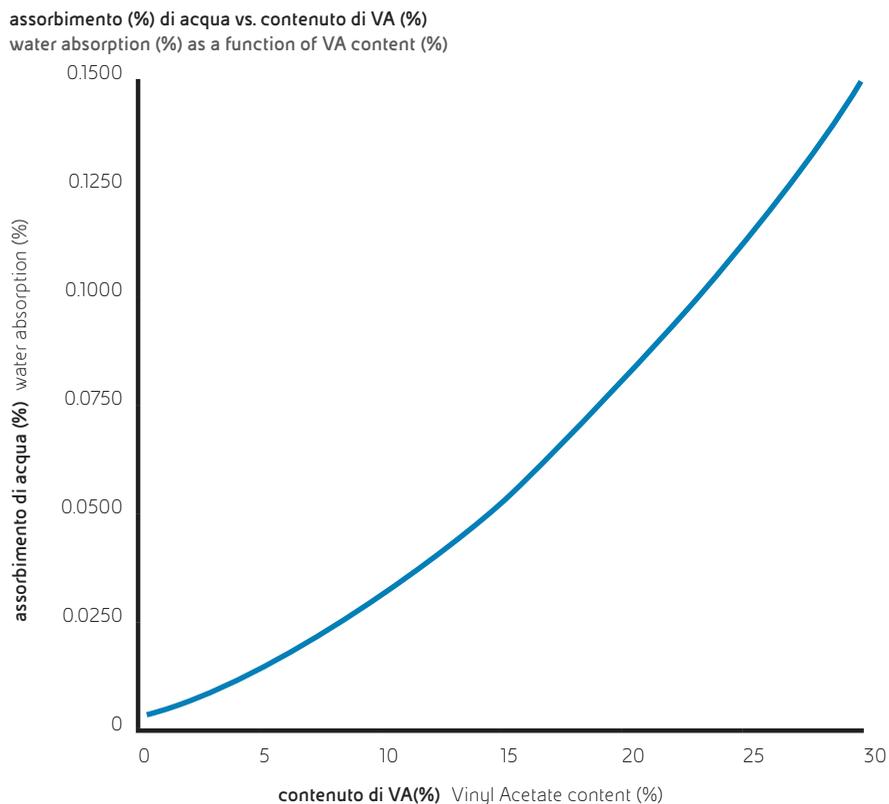
### chemical properties

Due to their polar nature, EVA copolymers absorb small amounts of moisture. Water absorption increases by increasing VA content (fig. 15).

### resistance to stress cracking

Resistance to stress cracking is usually measured according to Bell test (ASTM D 1963-B) and it increases by enhancing VA content and by decreasing melt index. Therefore EVA copolymers have a higher stress cracking resistance than comparable LDPE homopolymer grades. Environmental stress cracking in moulded articles can occur under the influence of external loads and/or internal strains in the presence of certain chemicals (e.g. wetting agents, polar solvents and various organic solvents).

fig. 15



### permeabilità a gas e vapori

I copolimeri EVA sono permeabili a gas e vapori. La permeabilità è legata in modo inversamente proporzionale alla frazione di materiale cristallino nel polimero. Pertanto, a causa della minore cristallinità, i copolimeri EVA presentano permeabilità maggiore rispetto a LDPE, e questa cresce con l'aumentare del tenore di VA. In letteratura si trovano dati sulla permeabilità ai gas, anche se per prodotti finiti, ad esempio film, non viene indicato in generale il coefficiente di permeabilità P, bensì la permeabilità Q, senza ridurre i valori all'unità di spessore.

La tab. 3 e la fig. 16, mostrano la permeabilità a diversi gas e vapori, misurata su film di 100 micron di spessore di copolimeri EVA con diverso contenuto di VA a confronto con un grado LDPE di densità 0,918 g/cm<sup>3</sup>. Oltre al tenore di VA ed allo spessore del film, anche la natura chimica di eventuali cariche e la temperatura di stoccaggio influenzano la permeabilità. In caso di carica sconosciuta è buona pratica verificare l'idoneità di **Greenflex**<sup>®</sup> con una prova di stoccaggio. A causa dell'alta dipendenza dalla temperatura, una misura a 40 °C, dopo breve durata, può simulare il comportamento per un tempo di stoccaggio più lungo a 20 °C.

### permeability to gas and vapour

EVA copolymers are permeable to gases and vapours. Permeability is related to the polymer crystalline fraction and it increases by decreasing the amount of crystals in the polymer. Therefore EVA copolymers are more permeable than LDPE and permeability is enhanced by improving VA content. Literature provides data on gas permeability, even if results aren't often expressed per unit of thickness and transmission values (Q) are usually given for end products, e.g. films, not permeability coefficients (P).

Tab.3 and fig.16 show the permeability of 100 microns films of EVA copolymers having different VA content and of a LDPE grade (density 0.918 g/cm<sup>3</sup>) to several gases. Besides VA content and film thickness, also the chemical nature of fillers and the storage temperature influence product's permeability. Whether unknown fillers might be present, it is advisable to determine the suitability of **Greenflex**<sup>®</sup> grades first in a storage trial. Since permeability depends strongly on temperature, short tests at 40 °C, may give useful information about the material's transmission behaviour, when the product is stored for longer periods at 20 °C.

tab.3

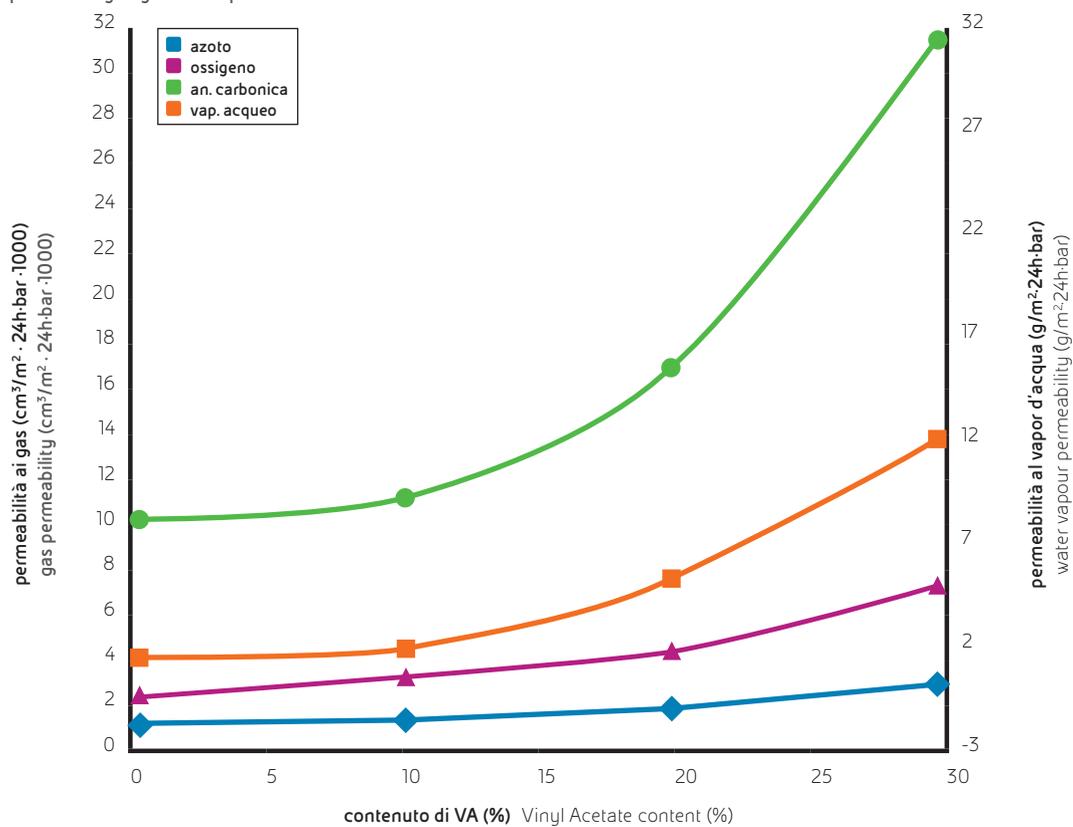
**permeabilità a gas e vapori in funzione del contenuto di VA**  
permeability to gas and vapour as a function of VA content

tipo di gas type of gas		contenuto di VA (%) Vinyl Acetate content (%)			
		valori di permeabilità permeability values			
		0	10	20	30
azoto nitrogen	cm <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> · 24h · 1000	0.7	0.85	1.4	2.5
ossigeno oxigen	cm <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> · 24h · 1000	2.0	2.8	4.0	7.0
anidride carbonica carbon dioxide	cm <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> · 24h · 1000	10	11	17	32
vapore acqueo water vapour	g / m <sup>2</sup> · 24h	1.0	1.5	5.0	12



fig. 16

permeabilità a gas e vapori in funzione del contenuto di VA  
permeability to gas and vapour as a function of VA content



### **resistenza agli agenti atmosferici**

I copolimeri EVA possono essere danneggiati da agenti atmosferici e in particolare dalle radiazioni ultraviolette della luce solare. La fotodegradazione di un manufatto si manifesta col decadimento delle caratteristiche fisiche quali la tenacità, l'allungamento a rottura e la variazione del colore. Nei prodotti contenenti scivolanti il calore può causare la degradazione dell'additivo con conseguente cambiamento di colore e in alcuni casi con lo sviluppo di odore.

I copolimeri EVA possiedono peggiore stabilità agli agenti atmosferici dell'omopolimero LDPE, e per l'esposizione all'esterno devono sempre essere formulati con aggiunta di stabilizzanti U.V. che aumentano la resistenza alla radiazione ultravioletta. La miglior protezione alla luce viene ottenuta per aggiunta di nerofumo.

### **comportamento all'azione della fiamma**

Se esposto alla fiamma il copolimero EVA s'incendia e continua a bruciare con fiamma poco luminosa anche se allontanato dalla fonte di calore.

### **weathering resistance**

When they are stored outdoors for a long time, ethylene copolymers may be damaged by weathering agents, especially by the combined effects of ultraviolet radiations and atmospheric oxygen. Photodegradation may be followed by monitoring the decline of various properties such as toughness, elongation at break, and yellowing of the final article. Heat exposure of grades containing slip agents may deteriorate the additives, possibly causing yellowing and smell formation.

EVA copolymers have poorer weathering resistance than common LDPE homopolymers, and for outdoor applications the addition of U.V. stabilizers is always recommended in order to improve the weathering resistance. By far, the best protection against light is obtained by adding special grades of carbon black to the polymer.

### **flammability**

EVA copolymers ignite in contact with flames, and they keep burning by producing a faintly luminous flame, even when the ignition source has been removed.



## idoneità al contatto con alimenti

I **Greenflex®**, nella confezione sigillata e nella forma originale, usati secondo tecniche e condizioni di trasformazioni corrette, consentono di ottenere articoli finiti conformi alle leggi ed alle normative che regolano la disciplina igienica degli imballaggi, recipienti, utensili destinati a venire in contatto con alimenti o con sostanze d'uso personale. Per informazioni dettagliate sulle condizioni di uso e per l'ottenimento di dichiarazioni di conformità, vi invitiamo a contattare la nostra assistenza tecnica.

## lavorazione

### indicazioni generali

I **Greenflex®** possono essere lavorati secondo i procedimenti usuali per materiali termoplastici, con condizioni paragonabili a quelle di LDPE, ma con temperature di lavorazione più basse. Le condizioni di lavorazione sono influenzate sia dal grado di fluidità che dal tenore di VA (ad es. un alto indice di fluidità ed un alto contenuto in VA richiedono una bassa temperatura).

Per evitare la degradazione del polimero e la formazione di acido acetico, il tempo di permanenza della massa fusa nelle macchine di trasformazione deve essere limitato e le temperature di lavorazione non devono superare i valori critici di degradazione del polimero.

Per lo stesso motivo, dopo la lavorazione di copolimeri EVA è opportuno pulire l'impianto con LDPE.

Per ogni chiarimento di dettaglio, si prega di voler far riferimento alle nostre funzioni competenti.

## assessment under food legislation

The grades supplied under the name **Greenflex®**, stored in closed original packaging and used according to the most proper conditions and technologies, allow to obtain finished items in respect of the official regulations for food contact. For more information about the processing conditions and certification of **Greenflex®** grades, please contact our competent technical service.

## processing

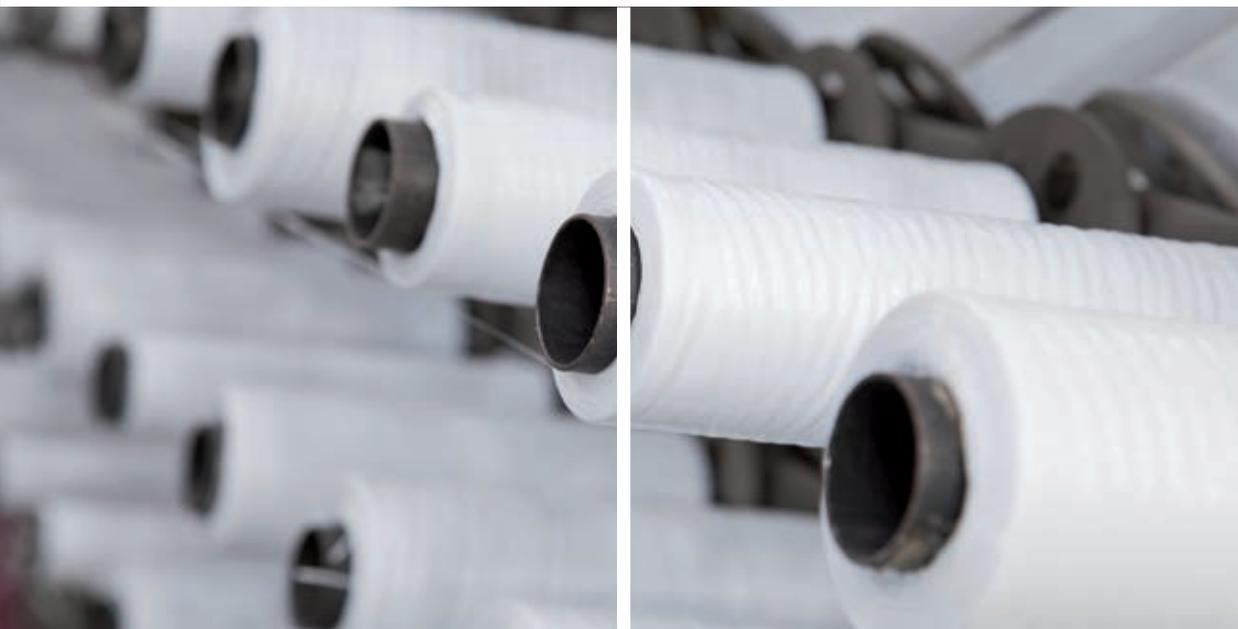
### general notes

**Greenflex®** grades are suitable for processing by all the methods normally used for thermoplastics under similar conditions to LDPE, even if processing temperatures are generally lower than for lowdensity-polyethylene.

It should be noted that processing temperatures depend greatly on melt flow ratio and VA content (i.e. the higher MFR and VA content the lower the required processing temperature).

To prevent thermal degradation and release of acetic acid, it is advisable not to leave polymer melts inside the machines for too long or to heat them above critical temperatures.

For the same reason, machines should be purged with LDPE in the event of a production stoppage. For any other detailed information, please refer to our competent technical service department.



## colorazione e additivazione

Mediante l'aggiunta di masterbatch in granuli si possono ottenere con facilità oggetti colorati. Si possono adottare vari metodi di colorazione in funzione della tecnologia di lavorazione.

Per colorazione a secco esistono miscele standardizzate di pigmenti. I coloranti in masterbatch facilitano l'uniformità del colore e sono particolarmente indicati per impianti a miscelazione automatica continua.

Particolari miscele, ad es con stabilizzanti U.V., possono essere preparate dal trasformatore stesso tramite additivi standard.

## coloration and additives

**Greenflex®** grades can be coloured by adding masterbatches that contain pigments: in this way it's possible to obtain easily items of different colours than the natural one. Different ways of coloring may be adopted according to the process.

For dry coloration pure pigments and standard mixtures are available on the market. Colouration via masterbatch addition allows to better mix the colour to the polymer matrix and it's strongly suggested in case of automatic mixing systems.

Special mixtures, for example with U.V. stabilizers, may be prepared by processors by using suitable additives.



## stampaggio ad iniezione

Per la trasformazione di **Greenflex®** si possono usare le più moderne macchine da stampaggio ad iniezione. Per impedire che il materiale, sotto l'azione del calore, aderisca alla zona inferiore della tramoggia e alla zona di alimentazione, è opportuno utilizzare una camicia di alimentazione raffreddata, soprattutto per la lavorazione di copolimeri con circa 30% di VA. Quando il raffreddamento non è possibile, dopo l'avviamento, il riscaldamento dovrebbe essere disinserito nella zona di alimentazione, in modo che la temperatura non superi i 100 °C. La temperatura dello stampo è normalmente mantenuta tra 20 e 30 °C. Utilizzando raffreddamenti troppo energici (al di sotto di 15-20 °C) si peggiora la finitura superficiale del pezzo stampato. Nei copolimeri EVA il tempo relativo al ciclo di lavorazione è più breve che in LDPE. In caso di cicli prolungati possono insorgere difficoltà di estrazione dallo stampo. Tali problematiche possono essere ridotte mediante aggiunta di masterbatch con agenti scivolanti ed antiblocking. La pressione di iniezione nei copolimeri EVA è generalmente compresa tra 350 e 1200 bar (paragonabile a LDPE), a seconda anche del tipo di preparato e di macchina. Pressioni di iniezione e di stampaggio troppo elevate e prolungate devono essere evitate, affinché il pezzo stampato non presenti forti tensionamenti interni e fenomeni di deformazione. Il ritiro nei copolimeri EVA è inferiore a LDPE e varia fra lo 0.5 ed il 2%; i gradi con tenore di VA più elevato presentano ritiri inferiori.

## injection moulding

All the best machines and technologies can be used for processing **Greenflex®** via injection moulding. To prevent pellets from sticking in the lower hopper region and in the feed zone, a well cooled grooved entry zone bushing is recommended, in particular when 30% VA content grades are processed. If it is not possible to cool the feed bushing, the heating in this section should be switched off after start up to ensure that the temperature does not exceed 100 °C. The temperature of the mould is generally set around 20-30 °C. Using stronger cooling (temperatures lower than 15-20 °C) it is possible to produce defects on the surface of the final item. Moulding cycles for EVA copolymers are usually shorter than for LDPE. In case of prolonged moulding cycles it might be difficult to detach the item from the mould. These problems may be overcome by adding suitable slip agents and antiblock additives via masterbatch to the polymer. The injection pressure for EVA copolymers should preferably be between 350 and 1200 bar (similarly to LDPE), depending also on the item and type of machine. Injection and holding pressures should be carefully chosen to ensure that no sink marks or flow lines are visible on the surface of the moulded article. EVA copolymers shrink less than LDPE. On average, shrinkage is between 0.5 and 2% and EVA grades with higher VA content show less shrinkage.

## **estrusione**

Per l'estrusione di **Greenflex®** si possono usare gli stessi impianti adottati per la lavorazione di LDPE. Le temperature suggerite sono indicative e variano in funzione del tenore in VA, MFR e altre condizioni di lavorazione.

## **film**

I copolimeri EVA sono estrusi con gli stessi impianti di LDPE. Particolare attenzione deve essere posta al profilo termico utilizzato durante l'estrusione, in quanto i copolimeri EVA sono sensibili alle temperature in funzione del contenuto di VA. Un buon raffreddamento è indispensabile per impedire l'adesione del film ai rulli, specialmente durante la lavorazione di gradi ad alto contenuto di VA. Per ridurre l'appiccicosità dei prodotti può essere necessario aggiungere al materiale un master di antiblocking e scivolante, specialmente durante la preparazione di film sottili o la lavorazione di gradi ad elevato tenore di comonomero.

## **reticolazione ed espansione**

I copolimeri EVA, in virtù della loro struttura chimica, si possono reticolare più facilmente rispetto all'omopolimero LDPE. La reticolazione chimica (con l'ausilio di perossidi reperibili in commercio), nel caso di articoli espansi, richiede l'osservanza di precise condizioni di lavorazione. La reticolazione fisica (di manufatti, tramite radiazioni ad alta energia) al contrario, è facilmente realizzabile, perché non deve essere modificato il processo. Manufatti espansi vengono realizzati tramite aggiunta di opportuni agenti espandenti chimici o fisici.

## **extrusion**

Machines suitable for LDPE processing can be used for extrusion of **Greenflex®**. The suggested temperatures are meant only as guidelines and they will vary according to VA content, MFR and other processing conditions.

## **films**

EVA copolymers are extruded by using the same plants for LDPE processing. During extrusion processors should pay close attention to the thermal profiles, as EVA copolymers are sensitive to temperature according to their VA content. An adequate cooling is essential to prevent adhesion of the film to take-off rolls, particularly during processing of high VA content EVA grades. To avoid stickiness it may be necessary to add slip agents and anti-blocking masterbatches, especially if thin films are being produced and relatively high VA content EVA grades are being processed.

## **crosslinking and foaming**

Thanks to their chemical structure, EVA copolymers are more easily crosslinked than common LDPE homopolymers. Chemical crosslinking (by using peroxides available on the market) requires particular processing conditions, in case of foamed articles. On the other hand, physical crosslinking (of finished articles by using radiations) is deemed more feasible because it does not require any change in the processing conditions. Foamed articles may be produced by adding suitable chemical or physical expanding agents.

### **profili, tubi flessibili, lastre e rivestimento cavi**

Profili e tubi flessibili, come per LDPE, vengono raffreddati in bagno d'acqua. Le lastre vengono raffreddate da cilindri a temperatura controllata (fra 20 e 50 °C). Per il rivestimento di cavi vengono impiegate mescole speciali (EVA con diverse additivazioni). La lavorazione avviene su impianti tradizionali con temperature variabili da 150 a 240 °C.

### **corpi cavi**

La temperatura di estrusione dovrebbe essere la più bassa possibile, quella dello stampo inferiore a 40 °C e la pressione di soffiaggio compresa tra 2 e 6 bar.

### **stampabilità, rivestimento e incollaggio**

Grazie alla loro struttura polare i gradi **Greenflex®** si possono stampare e verniciare meglio degli omopolimeri. In generale è però necessario un pretrattamento della superficie, ad esempio mediante trattamento corona. La natura polare di copolimeri EVA favorisce l'adesione di questi materiali ad altre resine termoplastiche.

### **profiles, tubes, sheets, cable sheathing**

Profiles and tubes are cooled in water baths as for LDPE. Sheets are normally extruded onto chill rolls (chill roll's temperature from 20 °C to 50 °C). For cable sheathing, special compounds are used (EVA with various additives). Processing is carried out on usual machines at 150-240 °C.

### **containers**

The extrusion temperature should be as low as possible and the mould temperature should be lower than 40 °C. The blowing pressure is normally between 2 and 6 bar.

### **printing, painting, bonding**

Thanks to their polarity, **Greenflex®** grades are more suitable for printing and painting than LDPE homopolymer grades. However, surface pretreatments are generally required (e.g. by corona discharge). The polar nature of EVA favours adhesive bonding with other plastics.



### **saldatura**

I **Greenflex®** sono particolarmente apprezzati per le buone proprietà di saldabilità a bassa temperatura. All'aumentare del contenuto di VA diminuisce la temperatura di saldabilità di copolimeri EVA.

### **assorbimento di cariche**

I copolimeri EVA possiedono un'elevata capacità di assorbimento di cariche che aumenta con il tenore di VA. Fino al 10% in peso di aggiunta di cariche, le caratteristiche meccaniche del polimero rimangono invariate. Con il 30% di carica i valori della tenacità di copolimeri EVA sono ancora nel campo degli LDPE.

L'utilizzo di cariche speciali consente l'applicazione di copolimeri EVA in impieghi che erano solitamente riservati ad altri prodotti, come gomma o PVC (ad esempio guarnizioni, chiusure magnetiche, mescole semiconduttive, masse antirombo).

In questi campi l'aggiunta di cariche può aumentare fino all'80%, senza che si riscontrino problemi in lavorazione. Alcuni vantaggi dell'aggiunta di cariche sono: aumento della resistenza alla temperatura, diminuzione della permeabilità, risparmio di materiale base, migliore estrazione dagli stampi, conferimento di minore appiccicosità. Occorre osservare che una buona omogeneizzazione di prodotti altamente caricati viene ottenuta solo mediante impiego di un mescolatore statico o di un impianto bivate.

### **welding**

**Greenflex®** grades are particularly appreciated for the good welding properties at low temperature. The sealing temperature of EVA copolymers decreases by increasing the VA content.

### **filler retention**

EVA copolymers are able to include high levels of fillers: this ability increases by enhancing the VA content. Fillers contents up to 10% by wt. do not cause any important change in the polymer's mechanical properties. Even with 30% filler's content, toughness values of EVA copolymers are still in the same range as LDPE grades.

The use of fillers in EVA products allows the application of these copolymers in areas that were previously reserved for other products such as rubber or PVC (e.g. seals, magnetic locks, semiconductive compounds, sound deadeners). For these specific application fields compounds having filler contents up to 80% may be processed without any problem. Some advantages that stem from adding fillers to polymer resins are: increase of temperature resistance, reduction of permeability, saving of material, easier detachment of the mould during injection moulding process, reduction of stickiness. It should be noted, that highly filled products require effective kneaders or twin screw extruders to reach good homogeneity.



### miscelazione con LDPE

I gradi **Greenflex®** possono essere miscelati con LDPE allo scopo di ottenere un prodotto con minore tenore in VA. È opportuno miscelare prodotti con simile fluidità.

Nella tab. 4 sono riportate le compatibilità di EVA con i principali polimeri.

### blending with LDPE

**Greenflex®** grades can be blended with LDPE homopolymer products to obtain lower VA contents. Products that have the same flowability should be mixed.

In tab. 4 some of the main polymers are classified by their compatibility to EVA.

tab. 4

compatibilità di EVA con altri polimeri  
EVA compatibility with different polymers

polimero polymer	compatibilità compatibility		
	buona good	scarsa poor	necessità di un adesivo adhesive is necessary
EVOH		X	
PA		X	X
PVC		X	X
PP		X	
HDPE	X		
LDPE	X		
LLDPE	X		
VLDPE	X		
ionomer	X		
acid copolimers	X		



## **misure di sicurezza nella lavorazione**

### **sicurezza contro gli incendi**

I materiali plastici, come quasi tutti i prodotti organici, sono infiammabili. Nell'interesse dell'utilizzatore è necessario assumere provvedimenti per la prevenzione di incendi in fase di stoccaggio, lavorazione e confezionamento. Ogni nazione ha sue leggi in materia di norme antincendio; è necessario assicurarsi di agire conformemente alle leggi locali. Compete ai trasformatori conoscere ed osservare le suddette norme.

### **aerazioni dei locali di lavoro**

Sebbene non siano stati accertati danni alla salute da parte di vapori prodotti nella lavorazione corretta di materiali sintetici termoplastici, si raccomanda di provvedere ad una buona aerazione dei locali di lavorazione, in particolare nel caso di surriscaldamenti dovuti ad avarie meccaniche, o nel caso in cui sia necessario smontare le macchine ancora calde e pulire i componenti tramite combustione.

## **safety precautions in processing**

### **fire precautions**

Plastic materials are combustible, as almost all organic products. For their own safety, users should take necessary actions for fire prevention during polymers' storage, processing or packaging. All countries have their own fire prevention regulations; particular care should be taken to observe local specific regulations. Users have the responsibility to ascertain and observe such requirements.

### **ventilation of processing rooms**

Although vapours that have been produced during correct processing of thermoplastics have not been proved harmful, it is however advisable to ensure a good ventilation of the processing rooms, as good industrial hygiene practice. This is particularly important in the event of material overheating during accidental stoppage, opening of heated machines or cleaning of machine parts by combustion.



### confronto con prodotti di caratteristiche simili

I copolimeri EVA nel campo dal 10 al 30% di VA hanno caratteristiche simili a quelle del PVC plastificato (da 30 a 40% di plastificante) e degli elastomeri. In confronto al PVC i copolimeri EVA hanno i seguenti vantaggi:

- più elevata resistenza al freddo (il PVC diventa rigido ed infragilisce)
- nessuna migrazione di plastificante (elasticità permanente)
- più elevata resistenza a flessione alternata
- migliore resistenza ai prodotti chimici
- migliori proprietà di isolamento elettrico
- più elevata elasticità di rimbalzo
- idoneità al contatto con alimenti (assenza di plastificanti)

Al contrario sono inferiori le proprietà di barriera ai gas, la resistenza alla luce (per materiali non stabilizzati), all'abrasione ed alla graffiatura.

I copolimeri EVA a confronto con gli elastomeri presentano i seguenti vantaggi:

- più elevata resistenza all'ozono (a seconda del tipo di elastomero)
- si lavorano come i termoplastici
- non è necessaria la vulcanizzazione

I punti sfavorevoli sono la minore resistenza alla temperatura, quando sottoposti a sforzi, e le inferiori proprietà elastomeriche, ad esempio, minore elasticità di rimbalzo.

### comparison with other products having similar properties

EVA copolymers ranging from about 10 to 30% VA content have properties similar to plasticized PVC (grades having about 30 to 40% plasticizer content) and elastomers. EVA copolymers have the following advantages over PVC:

- higher toughness at low temperature (PVC becomes hard and brittle)
- no plasticizer migration (permanent elasticity)
- higher flexing resistance
- better chemical resistance
- better electrical insulation properties
- higher resilience
- suitability for food contact (no plasticizers)

On the other hand, gas barrier properties (aroma sealing properties) light resistance (for unstabilized material) and abrasion and scratch resistance are poorer.

EVA copolymers display the following advantages in comparison with elastomers (rubbers):

- higher ozone resistance (depending on elastomer grade)
- suitable for thermoplastics processing
- vulcanization is not required

Disadvantages include lower thermal stability under load and poorer elastomeric properties, for example slightly lower resilience.



## esempi di applicazione

Principali campi d'applicazione sono il settore dello stampaggio ad iniezione, dell'estrusione di film (film per agricoltura, serre, stretch hood) e di profili.

### manufatti stampati ad iniezione

Assorbitori di vibrazioni (ad esempio nell'uso ferroviario impediscono il contatto fra rotaie e traversine), lastre insonorizzanti, stuoi, tamponi per porte ed arresti per porte, supporti per fusti birra, protezioni per piegatura cavi, diverse parti per automobili (anche reticolate, come ad es. parafranghi), dischi di tenuta, guarnizioni per tappi a corona, anelli di tenuta (ad esempio per industria elettrica ed elettronica), giocattoli, chiusure (mobili e fisse), calotte protettive, maschere (ad esempio maschere per polvere e narcosi), cinghie per carrozzelle per bambini ed elmi protettivi, parti di bambole e manichini.

### profili estrusi

Tubi flessibili per aspirapolvere e per trasporto materiali sfusi, tubi flessibili per bevande, apparecchi per narcosi e diverse applicazioni mediche, profili di tenuta, rivestimenti per cavi (in parte reticolati) e lastre per rivestimenti.

### manufatti espansi

Espansi per imballaggi e per coibentazione termica ed acustica in edilizia, profili a tenuta, parti per l'industria automobilistica (rivestimenti portiere, soffitti auto, visiere parasole), salvagente, giubbetti di salvataggio, tappeti per ginnastica, parabordi di imbarcazioni, soles da scarpe (reticolate) e lastre per rivestimenti.

## examples of applications

The main applications are injection mouldings, films (i.e. films for agriculture, greenhouses, stretch hood) and extruded profiles.

### injection mouldings

Railway pads (vibration and friction dampers between rails and railway sleepers), sound absorbing panels, under-lays for office machines, doormats, feet for equipment, door stops, beer barrel stops, cable protectors, various automotive parts (that in some cases are crosslinked like for example mud flaps), sealing discs, crown top seals, sealing rings (e.g. for the electrical and electronics industries), toys, closure (loose and fixed), protective caps, masks (e.g. dust masks and anesthetic masks), straps for prams and protective helmets, doll parts and mannequins.

### extruded profiles

Flexible hoses for vacuum cleaners and bulk solids transfer, flexible hoses for drinks, anesthetics equipments and various medical applications, sealing profiles, cable sheathing (in some cases crosslinked), sheets for linings.

### foams

Foams for packaging and for acoustic and thermal insulation for buildings and pipelines, impact sound insulation, sealing profiles, automotive parts (door panels, head linings, sun visors), lifebuoys, life jackets, gymnastic mats, yacht fenders, shoe soles (crosslinked), sheets for linings.



### corpi cavi

Piccoli corpi cavi, tubi, recipienti ripiegabili, soffietti di intercomunicazione, parti di bambole, manichini e giocattoli.

### materiale di base per mescole

Masse insonorizzanti mediante incorporazione di diversi additivi, base per mescole, adesivi hot melt.

### resistenza a prodotti chimici

**Greenflex®** è resistente alla maggior parte degli acidi non ossidanti, nonché alle soluzioni di sali ed alcali. Non è resistente ad acidi ossidanti, alogeni, composti aromatici, idrocarburi liquidi, alcoli, esteri, chetoni e prodotti simili.

La minore cristallinità e le caratteristiche polari dei copolimeri EVA determinano una minore resistenza in confronto a LDPE che peggiora con l'aumentare del VA. Oltre al tenore di comonomero anche la temperatura influenza la resistenza chimica.

Lo scopo di questa monografia è fornire le linee guida per l'utilizzo di copolimeri EVA. Il dettaglio dei risultati delle prove di resistenza ad agenti chimici e/o aggressivi è rimandato a documentazione tecnica di dettaglio disponibile presso la nostra assistenza tecnica.

### containers

Small containers (i.e. squeeze bottles, etc.), tubes, collapsible containers, bellows, doll parts, mannequins and toys.

### Compound base material

Sound insulating compounds (through incorporation of different additives), base material for masterbatches, adhesives, hot melts.

### resistance to chemicals

**Greenflex®** is resistant to most (non-oxidizing) acids, to alkalis and salt solutions. It is not resistant to oxidizing acids, halogens, aromatics, liquid hydrocarbons, alcohols, esters, ketones and similar products.

The lower crystallinity and polarity of EVA copolymers account for their lower chemical resistance respect to LDPE, that deteriorates by increasing VA content. In addition to the comonomer content, temperature influences the chemical resistance as well.

The aim of this brochure is just to give some guidelines for a proper usage of EVA copolymers. Results of specific tests that were performed to evaluate EVA chemical resistance have been described in detail in other technical documents. In case of interest, please refer to our technical service.



## film

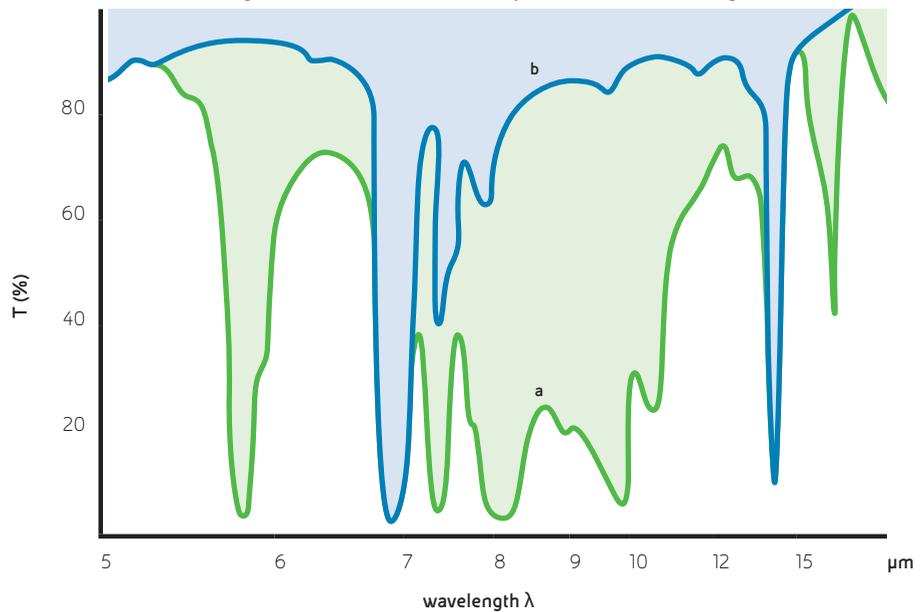
Film estensibile per imballaggio di pedane o cappuccio elastico (stretch hood), in alternativa a film termoretraibili. Per questa applicazione sono richieste buona adesione, alta tenacità, resistenza alla puntura, buona stirabilità ed allungamento. Film autocollanti per usi domestici (anche in mescola con altri materiali), film per rivestimenti, laminati e film per cibi congelati. Altri campi di applicazione: produzione di pannelli fotovoltaici e coperture per serre. Vantaggi: buona trasparenza alla luce, buona capacità di ritenzione del calore e buona resistenza per anni agli agenti atmosferici (con stabilizzanti U.V.). I copolimeri EVA presentano buona trasparenza nella regione del visibile (radiazione solare) e buona capacità di trattenere il calore. La fig. 17 mostra l'assorbimento di un film di un copolimero EVA nella regione infrarossa dello spettro elettromagnetico a confronto con un prodotto LDPE.

## film

Stretch films and wrapping films for pallet wrapping (stretch hood) as useful alternatives to shrink films. For this application good adhesion, high toughness, high puncture resistance, good drawdown and stretchability are required. Self-adhesive films for household use (also blends with other materials are used), film for sheathing, laminates and frozen food packaging. Other applications are: production of photovoltaic devices and green house covering. Advantages: high transparency, good efficiency in retaining heat and very good weathering resistance (when U.V. stabilizer are added to the polymer). EVA copolymers show good transparency in the visible spectrum (sunlight) and good heat retention. Fig. 17 shows the Infrared absorption spectra of an EVA copolymer film respect to an LDPE product.

fig. 17

trasmissione di film EVA (a) e LDPE (b), spessore 100  $\mu$  nella zona di ritenzione del calore  
transmittance of radiation by EVA (a) and LDPE (b) film 100  $\mu$  in the heat retentions region



**Greenflex® portfolio**

type		MFR	VA (%)	antioxidant (ppm)	slip (ppm)	AB (ppm)	mould releasing agent (ppm)
Germany	France (F)						
FC 45	FC 45 F	0.3	14	500			
FD 20	FD 20 F	0.5	5.5				
FD 23	FD 23 F	0.5	5		800(E)	2000	
FD 50	FD 50 F	0.4	17	700			
FF 35	FF 35 F	0.7	9				
FF 45	FF 45 F	0.7	17	500			
FF 55	FF 55 F	7	19	400			
FL 45		2.5	14	400			
FL 55		2.5	19	400			
FL 65		2.5	28	600			
HN 70	HN 70 F	6.5	28	500			
HS 70		25	28	500			
MH 40	MH 40 F	1.8	17	400			
ML 20	ML 20 F	2.5	7				
ML 21		2.5	6	700			16000
ML 30	ML 30 F	2.5	9				
ML 31		2.5	9		1050(O)		17000
ML 40	ML 40 F	2.5	14	400			
ML 50	ML 50 F	2.5	19	400			
ML 60	ML 60 F	2.5	28	600			
MP 34	MP 34 F	8	9	400			
MP 35	MP 35 F	9	12	700			
MQ 40	MQ 40 F	12	19	400			







versalis

**versalis** spa

piazza Boldrini,1

20097 San Donato Milanese (MI) - Italy

ph. 0039 02 520.1

**[info.polyethylene@versalis.eni.com](mailto:info.polyethylene@versalis.eni.com)**

**[versalis.eni.com](http://versalis.eni.com)**

---

**technical service:**

piazza Boldrini,1

20097 San Donato Milanese (MI) - Italy

ph. 0039 02 520.32087 - fax 0039 02 520.52052

via Taliercio,14 - 46100 Mantova - Italy

ph. 0039 0376 305667 - fax 0039 02 520.52043

4531 Route des Dunes - CS 20060 Mardyck -

59279 Dunkerque - France

ph. 0033 3 2823.5515 - fax 0033 3 2823.5520

