

# *Nuove tecnologie per il riutilizzo dei materiali in vetroresina: il processo Polyfem*

- Mario Malinconico, ICTP-CNR, e-mail: [mali@ictp.cnr.it](mailto:mali@ictp.cnr.it)



# DIO RICICLA, Il Diavolo Brucia!!

- *Paul CONNETT, Torino 2008*



# La vetroresina



**Materiale composito, formato da**

**- fibra di vetro, in forma di tessuti o TNT**

**- resina termoindurente liquida a base di poliestere, vinilestere o epossidica,**

**adeguatamente additivata con prodotti chimici (catalizzatori) che ne consentono la polimerizzazione a temperatura ambiente**

# Il processo

La solidificazione delle resine (matrice) ingloba le fibre di vetro (rinforzo) dando luogo alla vetroresina

Con la spalmatura su una sagoma (stampo) della resina e del foglio di fibra di vetro se ne copia il disegno

E' possibile così realizzare manufatti di varie dimensioni, spessori, robustezza (più strati di rinforzo), rigidità, peso .



# Utilizzi



Per le eccellenti doti di leggerezza, solidità, resistenza alla fatica, la vetroresina ha trovato ampie applicazioni, già dalla metà dello scorso secolo, per la costruzione di oggetti esposti agli agenti atmosferici, in particolare per la sua resistenza alla corrosione in acqua marina la vetroresina viene utilizzata per produrre:

tubazioni

silos

imbarcazioni

piscine

serbatoi



# I rifiuti di vetroresina

Si valuta in oltre 40000 tonnellate l'anno il quantitativo di rifiuti da scarti e residui di lavorazione provenienti dal ciclo di fabbricazione della vetroresina in Europa (Tittarelli, UNIVPM)



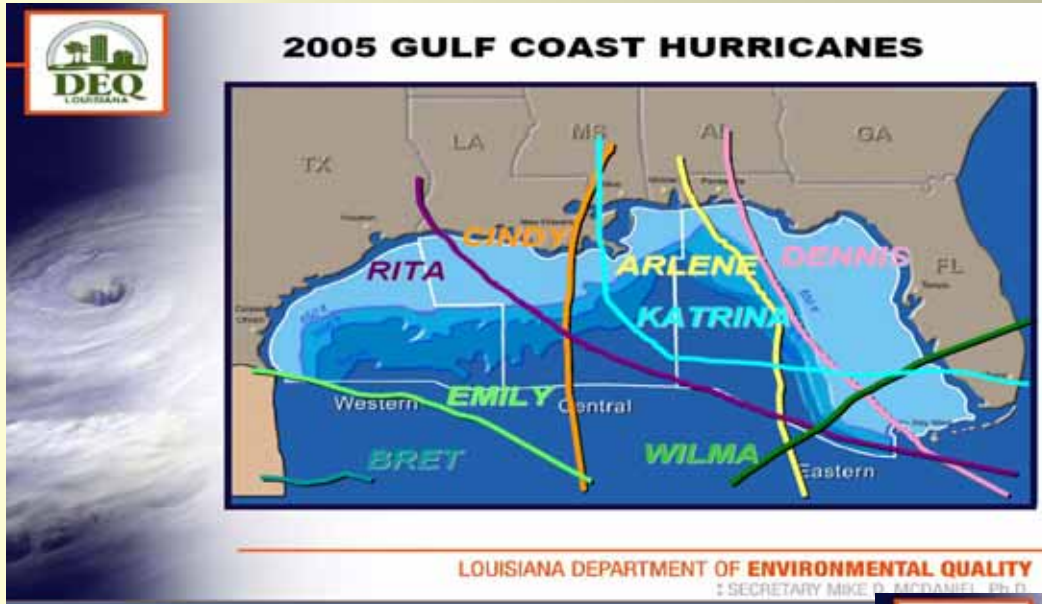
Di gran lunga maggiori i rifiuti di vetroresina provenienti dalla "rottamazione" di prodotti industriali, spesso indotti dal legislatore



## *Accumulo in terra.....*



# Anche a seguito di disastri ambientali





## STORM DEBRIS MANAGEMENT:

### Boat Management



- Boats brought to the storage areas will be site tagged, inventoried by Department of Wildlife and Fisheries registration, make, model, color, and serial number.
- Boats will be staged and site tagged for easy retrieval.
- Site operators will compare boat data with FEMA database registry.
- Site operators will forward boat data to the Department of Insurance for dissemination to insurers.
- Local governments will be responsible for the notification of owners.
- Louisiana State Police will be sending Inspectors. Boats will remain at the staging areas until inspected by the State Police and the National Insurance Crime Bureau.

LOUISIANA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY

SECRETARY MIKE D. MCDANIEL, Ph.D.

Per i materiali a matrice polimerica termoindurente rinforzati con fibre di vetro (vetroresina) le possibili forme di recupero e smaltimento da seguire sono:

***Riciclaggio Chimico - Pirolisi***

***Recupero di energia tramite  
incenerimento***

***Macinazione dei rifiuti per  
riutilizzo come cariche inerti***



## Riciclaggio Chimico - Pirolisi

Attuando un processo di riscaldamento ad altissima temperatura in assenza di ossigeno si ha un processo di pirolisi da cui approssimativamente si ottiene:

- *il 12 ÷ 15 % di sostanze gassose (facilmente combustibili);*
- *il 12 ÷ 15 % di sostanze oleose (combustibili);*
- *la restante parte è costituita da sostanze solide di difficile smaltimento.*

## Recupero di energia tramite incenerimento

Nel caso dei PRFV solo il 25÷30% è costituito da componenti organici, mentre la restante parte è costituita da cariche inerti e vetro



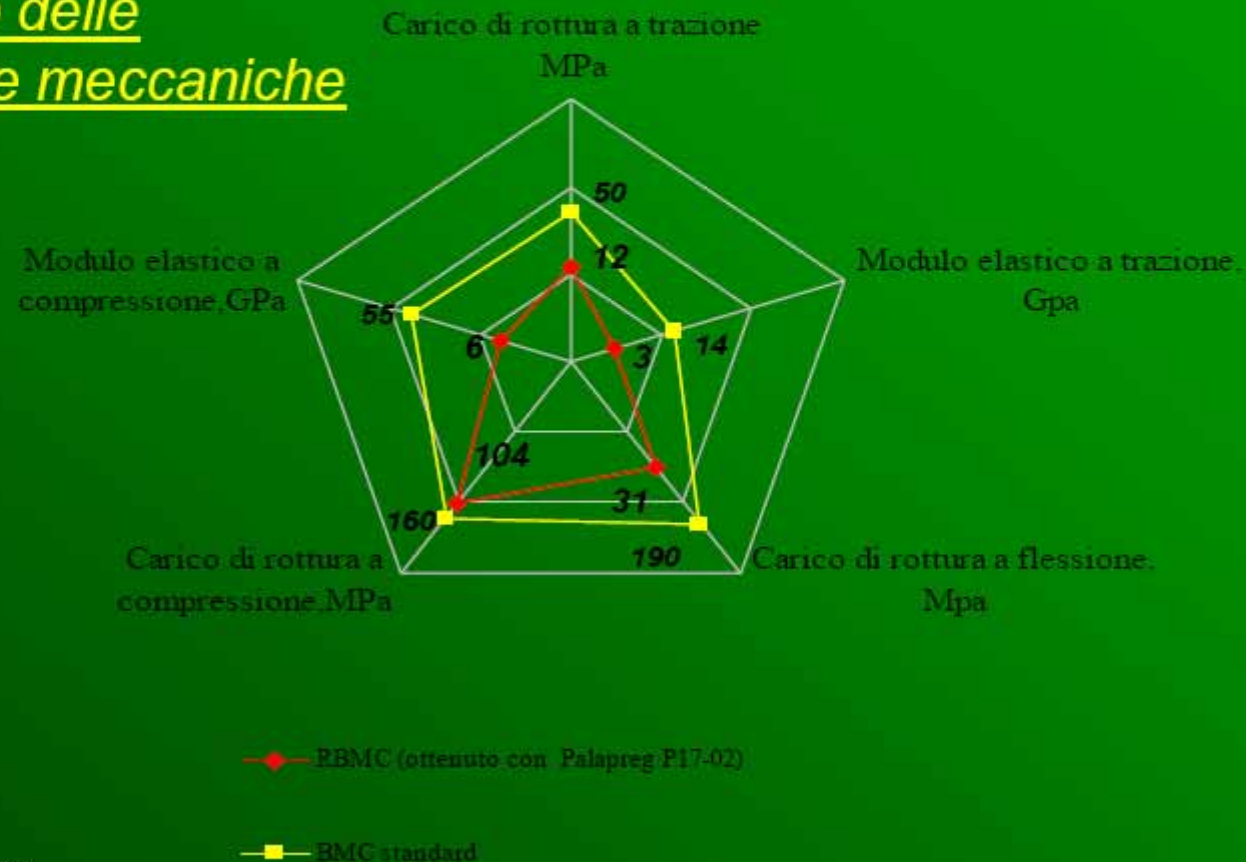
Si riesce a ricavare energia solo dal 25÷30% dello scarto, la restante parte rimane come scoria della combustione

Esperienze di letteratura (aggiunta di 60% di macinato a nuovo vetroresina)

# Nuovo Compound RBMC

## Caratterizzazione meccanica

### Decadimento delle caratteristiche meccaniche



# Ciclo di riduzione granulometrica

Compattazione dei manufatti di grandi dimensioni ed elevato ingombro



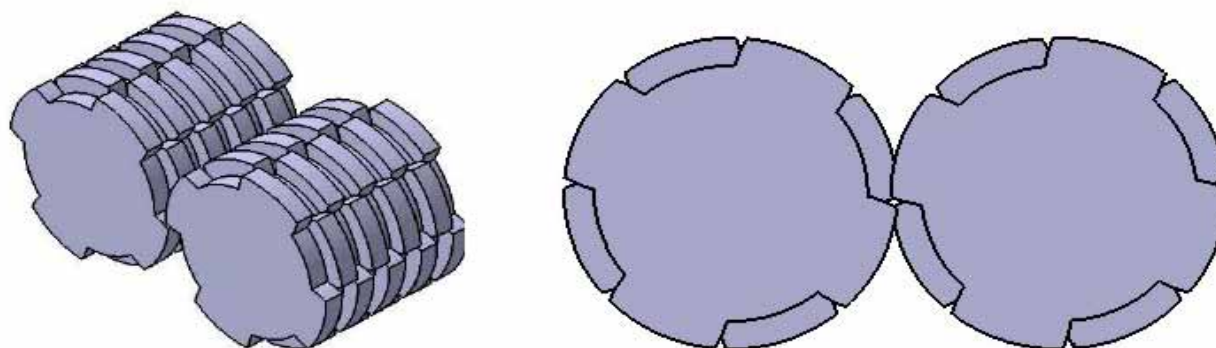
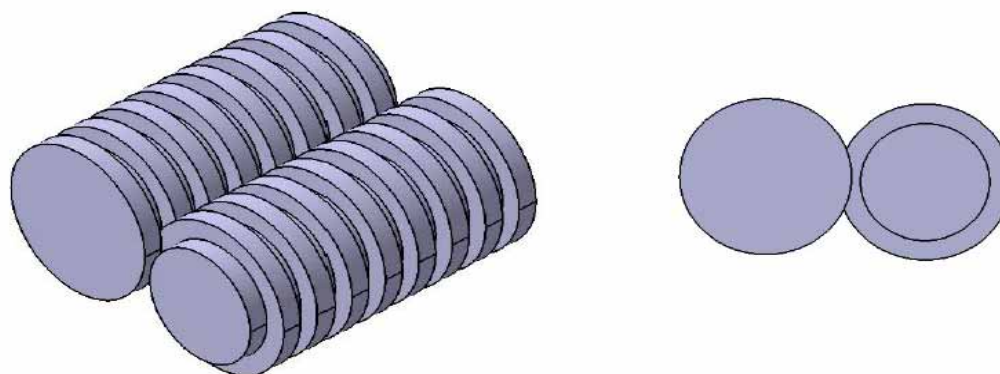
Riduzione dimensioni mediante taglio  
(frantumazione primaria)



Riduzione finale  
(macinazione)

# Frantumazione a cesoia

Le cesoie consentono di ridurre i manufatti a strisce o a tranci con larghezza di 6 – 10 cm . Le potenze necessarie non sono elevate: l'elevata coppia necessaria è compensata dalla rotazione lenta dei rulli (10 -18 rpm)



# Listelli dopo il taglio con cesoie



Residui provenienti da  
sfridi di lavorazione:  
aspetto simile a materiali  
ridotti con cesoie rotative

# Frantumazione

La fase finale di frantumazione (riduzione fino a 1-3 cm) può essere realizzata con mulini a coltelli o a taglienti

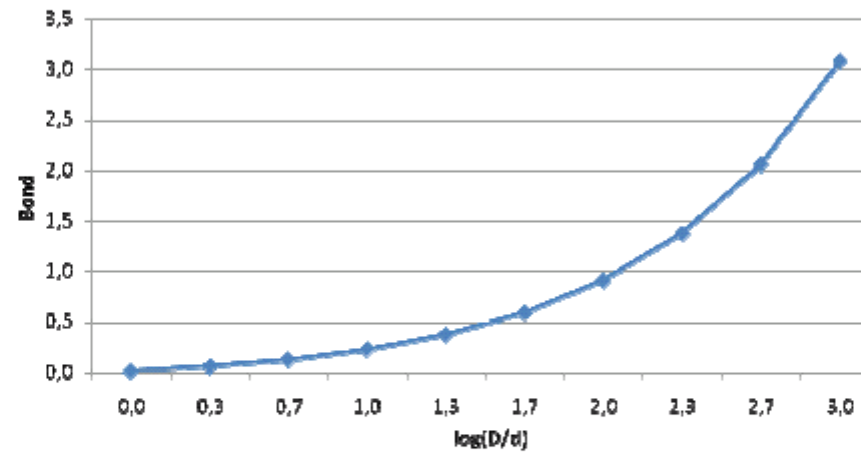


Non è conveniente la ulteriore riduzione granulometrica.

- Macinatore da laboratorio, ICTP (0.1 - 1 mm)



## Diagramma della variazione dei costi di comminuzione in funzione del rapporto di dimensioni



x = 0,7	riduzione da 100 a 20 mm ca.	costo = 0,115
x = 3	riduzione da 100 a 0,1 mm ca.	costo = 3,062

A. Pellegrino – Problemi connessi alla frantumazione e riduzione granulometrica della vetroresina

# Processo Polyfem

Il processo Polyfem, brevettato da ricercatori del CNR in collaborazione con imprenditori del settore dello stampaggio, consente la produzione di masse termoplastiche stampabili ad iniezione con fino all'85 % di carica.

Polyfem sta per Polymer Fillers Emulsified Materials

Avella M., Errico M. E., Fabozzi G., Lucchesi C., Lucchesi G., Malinconico M., Petrucci M., Ponzecchi E, "Process and plant for the production of composite thermoplastics and materials thus obtained", PCT/IT2007/000



# Processo Polyfem

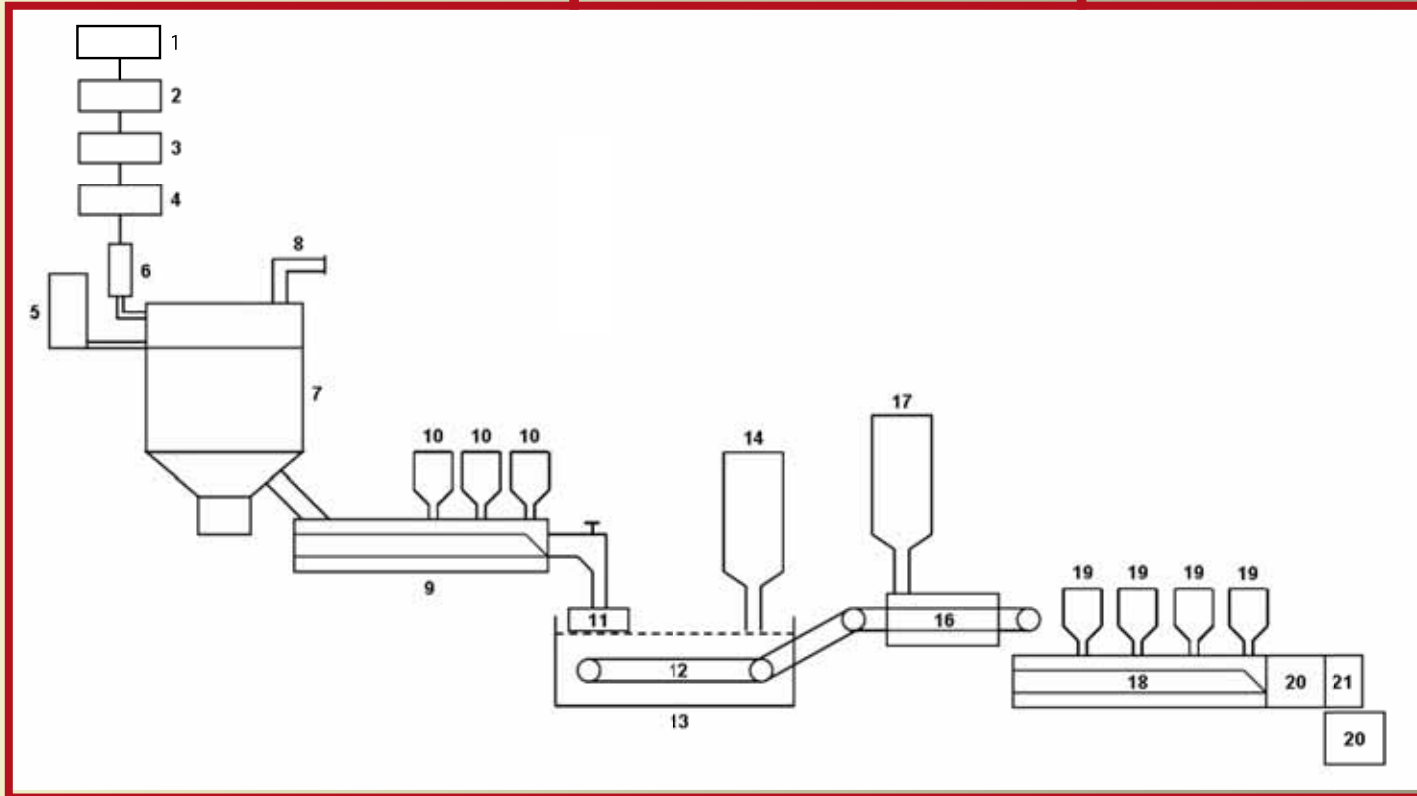
- È un processo fisico che consente di ottenere compositi stampabili ad iniezione aventi alto modulo e buona tenacità a basso costo energetico
- Il prodotto ottenuto non richiede cambiamenti rilevanti negli impianti normalmente usati per lo stampaggio ad iniezione di termoplastici rinforzati con fillers e fibre.

# Processo Polyfem

- **Alla base del processo c'è l'utilizzo di un polimero collante, in genere PS o ABS, che viene fluidificato**
- **In questo fluido possono poi essere miscelate altre plastiche miste (sono state provate fino a dieci differenti tipi di plastiche sminuzzate in dimensioni inferiori ai 100 micron) e cariche minerali della più varia natura, spesso provenienti dalla filiera dei materiali riciclati.**
- **La soluzione ottenuta viene quindi solidificata ottenendo una massa granulabile e stampabile a iniezione, o direttamente una lastra calandrata.**

# Processo Polyfem

## Schema esemplificativo del processo



1,2 trituttore; 3 separazione metalli; 4 macinatore ; 5,6 alimentatori meccanici; 7 silos con miscelatore; 8,14,17 sistemi di aspirazione fumi; 9 miscelatore; 10 alimentazioni cariche; 11 cubettatrice; 12,16 nastri trasportatori; 13 vasca ad acqua; 15 essiccatore; 18 estrusore; 20 raffreddamento

# Processo Polyfem

- Il processo, applicabile su scala industriale, consente il riciclo di plastiche provenienti da circuiti urbani o industriali.
- Il materiale allo stato fluido è anche lavorabile e modellabile a freddo.
- Attraverso il processo a freddo è possibile ottenere anche prodotti finiti di elevata qualità estetica, come, ad esempio, repliche di manufatti artistici.

# Riciclo di plastiche



**E' possibile impiegare il processo Polyfem per trovare una soluzione al riciclo del polistirene espanso, normalmente non riciclabile**

**•Il processo di raccolta e densificazione del PS espanso può essere effettuato nel mezzo mobile di raccolta, o sul sito di stoccaggio.**

# Polyfem (cariche al 70 %)

STANDARDS/PROPERTIES	UNIT	SAMPLES	
		41615 RESINS+FLY ASHES +GFRR	41616 RESINS+ WOLL +GFRR
ESP - Impact resistance IZOD, T = 23 °C			
Broken samples	%	100	100
Fracture energy	KJ/m <sup>2</sup>	12.7 ± 3.5	11.9 ± 3.4
ASTM D-648 - Tensile resistance T=23 °C			
Break strength	N/ m m <sup>2</sup>	58	60
Break deformation	%	0.6	1.0
Elastic modulus	N/ m m <sup>2</sup>	14800	9540
ISO 75 - HDT			
ISO 75Ae	1.80 N/mm <sup>2</sup>	195	158
ISO1183	gr/ c m <sup>3</sup>	2.01	1.18

- Hot processed composites (injection moulded) for the inertization of fly ashes (highly toxic) from ENEL thermo-electrical plants
- Hot processed composites (injection moulded) for the realization of electrical support plaque for automotive sector

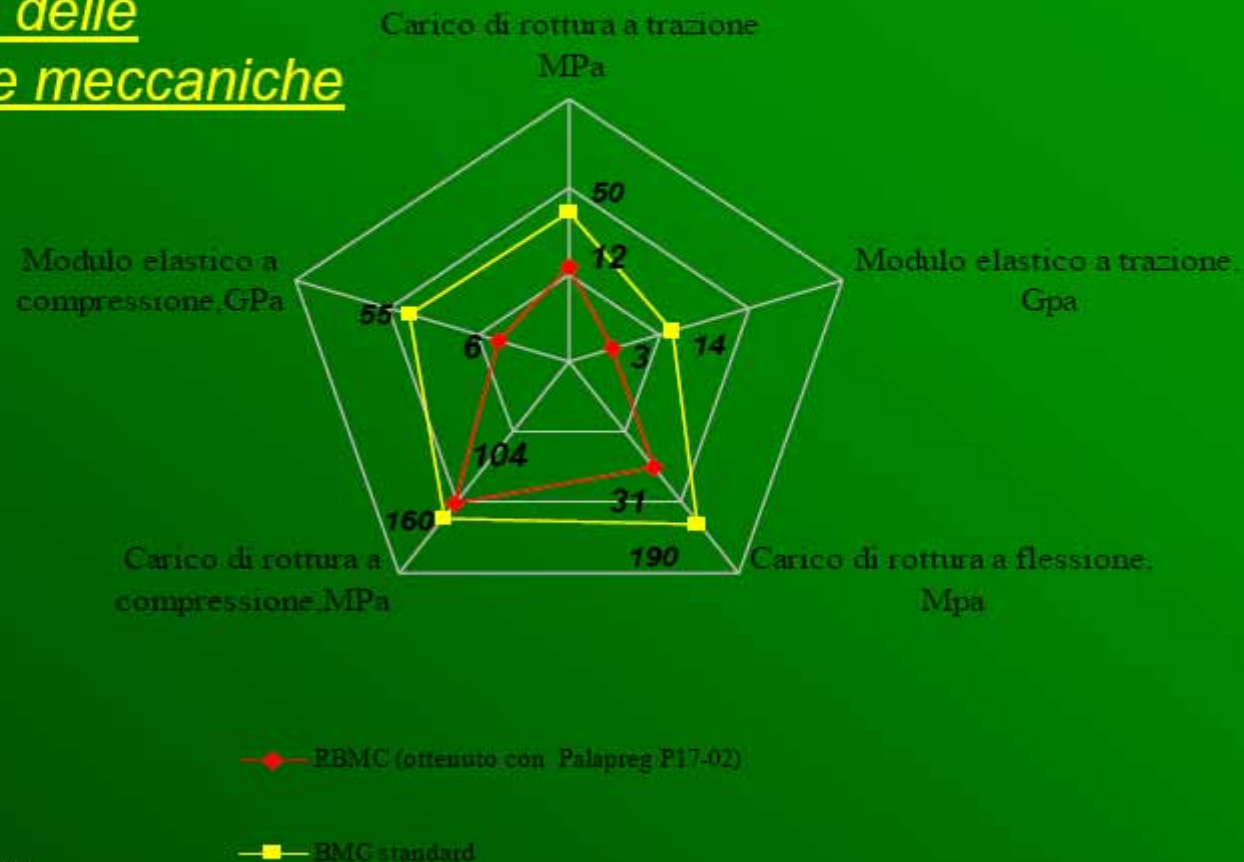


Esperienze di letteratura (aggiunta di 60% di macinato a nuovo vetroresina)

# Nuovo Compound RBMC

## Caratterizzazione meccanica

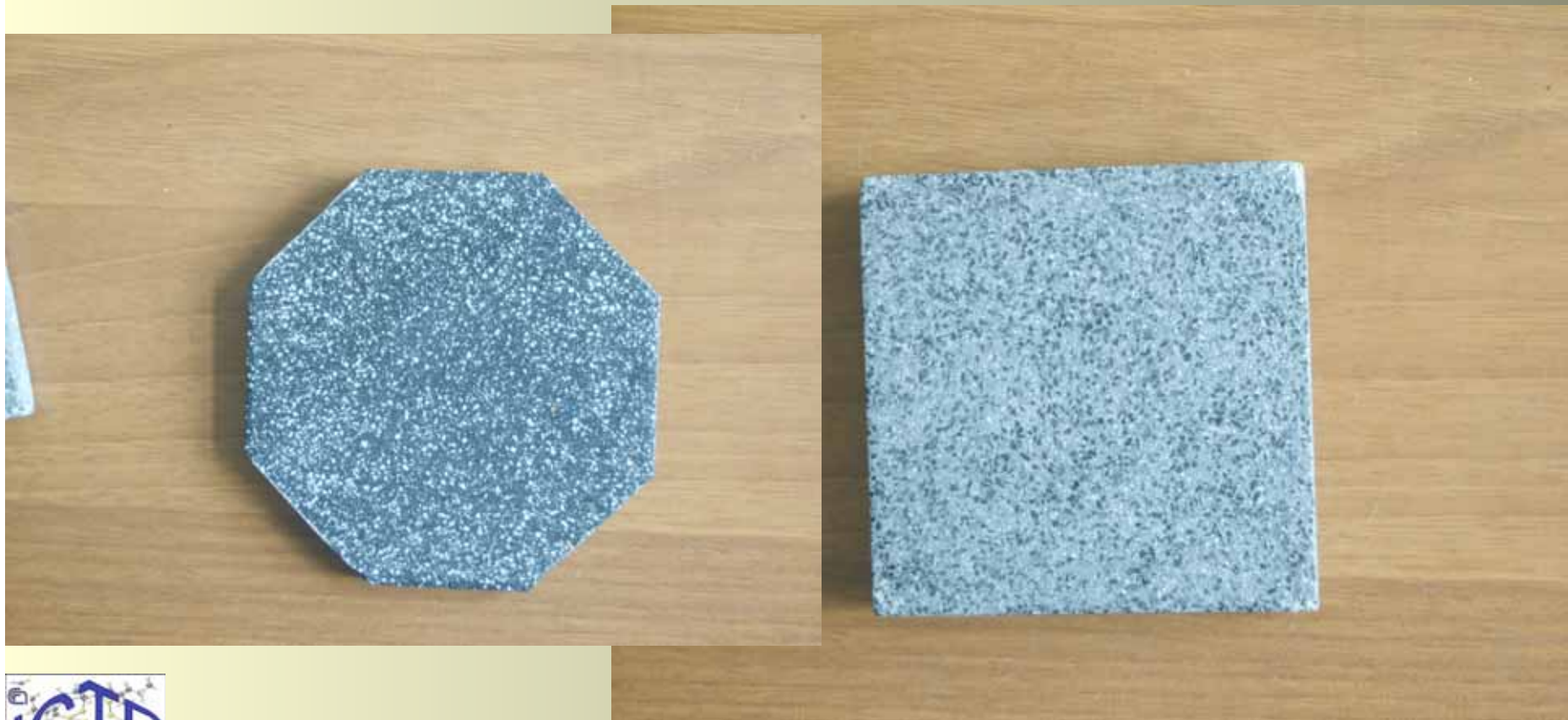
### Decadimento delle caratteristiche meccaniche



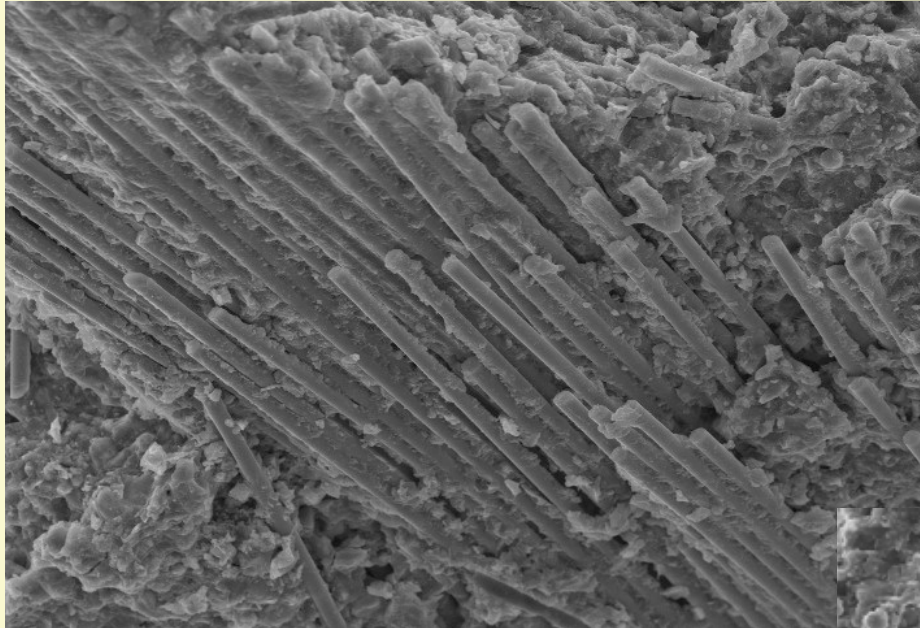
# Polyfem (cariche al 70 %) a confronto con vetroresina termoindurente e con Corian (cariche al 65%)

Typical properties	DMC	SMC	Polyfem con GFRR	Corian Dupont
MECHANICAL	.	.		
Tensile strength (Mpa)	30-70	50-130	50-70	45-50
Tensile modulus (GPa)	8-10	8-12	9-16	8-9
Elongation at break (%)			0.5-1	0.8-1
Flexural strength (Mpa)	80-120	125-225		80
Flexural modulus (GPa)	9-15	9-15		8-9
Impact strength (Charpy unnotched) (KJ/m <sup>2</sup> )	8-14	40-50	12-15	10-11
PHYSICAL	.	.		
Specific Gravity (gm/cc)	1.8-2.1	1.7-2.1	2	1.7
Coefficient of Linear expansion (°C)	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-6}$	
Mould Shrinkage	0-0.2%	0-0.2%		
24Hour water absorption (mg)	<25	<25		
HDT			200 °C	180

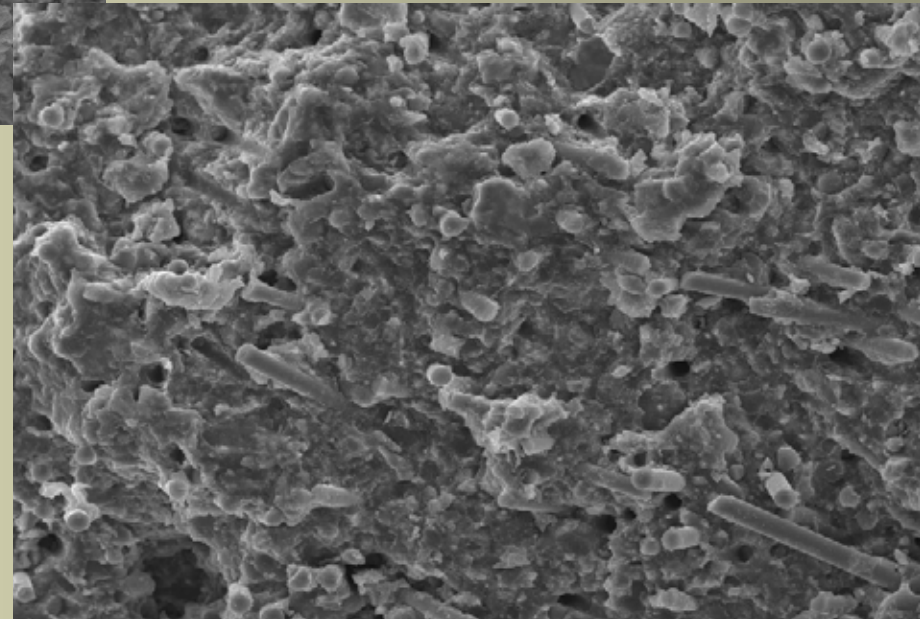
*.....ed è termoplastico!*



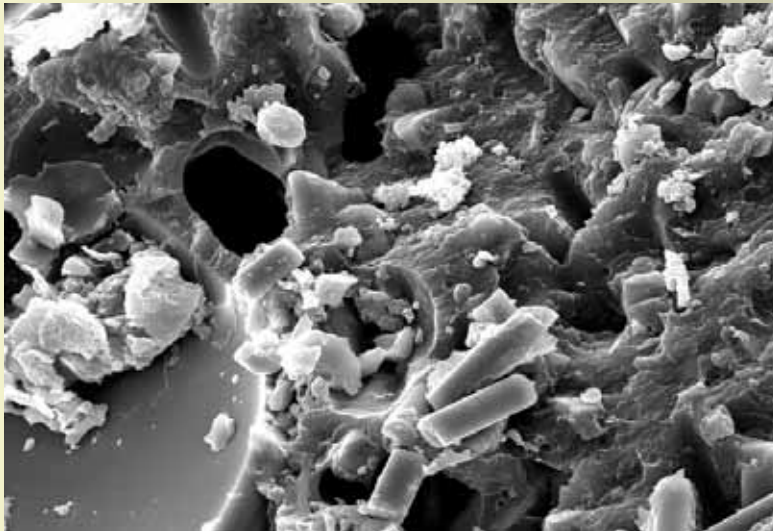
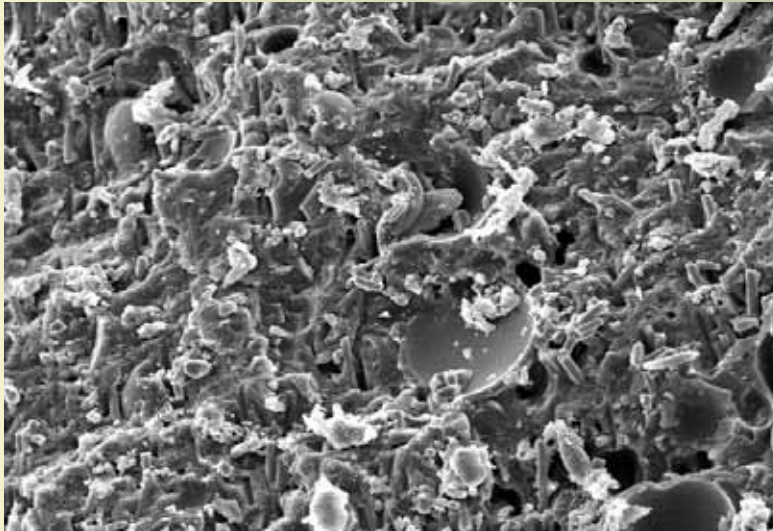
# Processo Polyfem



*Analisi al SEM di un composito  
GFRR e wollastonite secondo  
processo POLYFEM*



# Processo Polyfem



Micrografie SEM di  
un prodotto  
composto da:

ü ABS

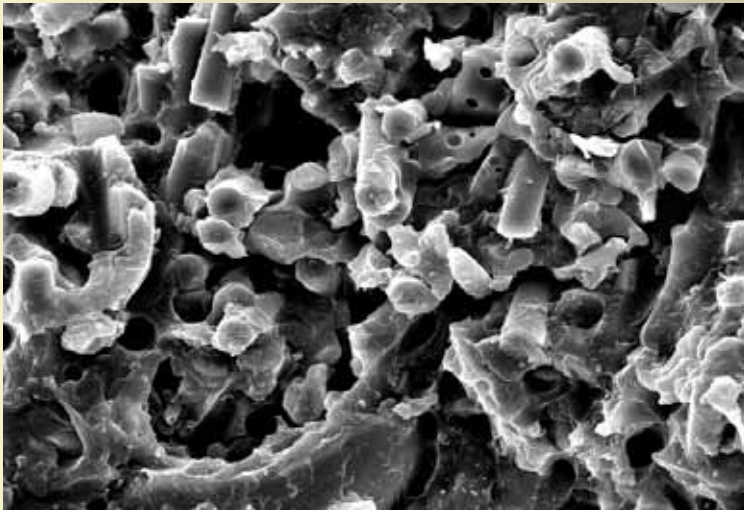
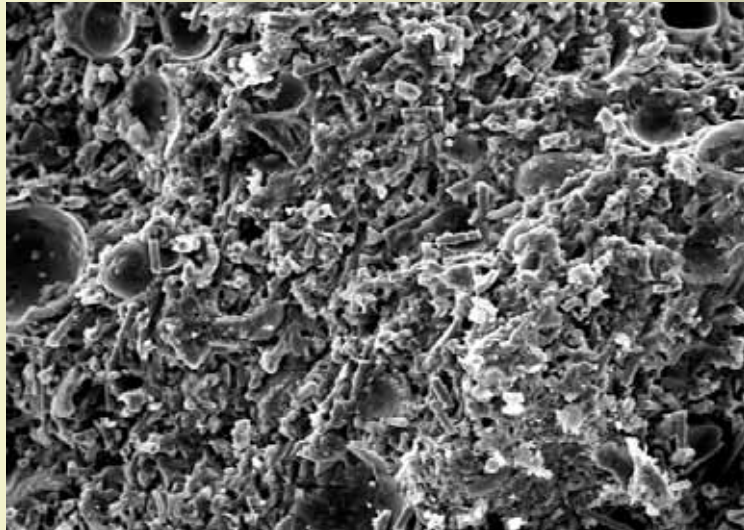
ü Nylon 6

ü PC

ü GFRR

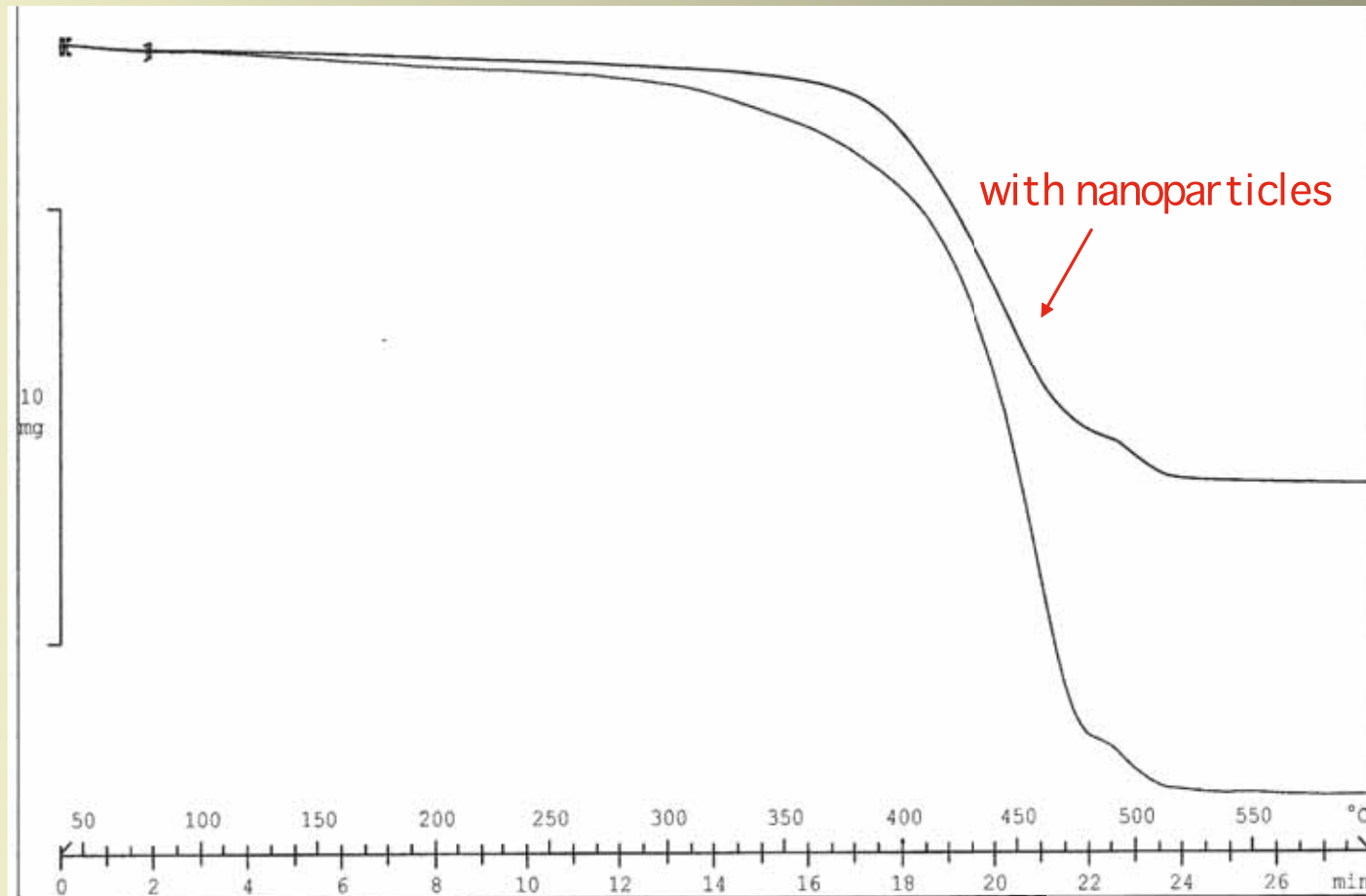
ü Silicati

# Processo Polyfem



Micrografie SEM  
dello stesso  
prodotto con + 3%  
nanofillers

## Effetto dell'aggiunta di nanocariche



**Degradazione termica**

## .....in conclusione

- Il processo Polyfem può fornire un valido contributo alla gestione "corretta" del fine vita delle imbarcazioni in vetroresina in quanto non si limita a spostare il problema in avanti ma lo risolve in maniera definitiva trasformando un termoindurente in un termoplastico rinforzato di valore tecnologico.
- I semilavorati che si ottengono, in forma di lastre o granuli, possono essere impiegati per la produzione di nuovi articoli e quindi consentire lo sviluppo di nuove imprese.
- Il cerchio potrebbe chiudersi sulla stessa nautica con lo sviluppo di un interior yacht design all'insegna della sostenibilità ambientale e senza sacrificare estetica, funzionalità e prestazioni

• **GRAZIE**



**Motor  
Sport**  
EXPOTECH

14 - 15 Ottobre 2009 - ModenaFiere

Mostra convegno internazionale di materiali innovativi,  
tecnologie, prodotti e servizi per il motorismo da competizione

