

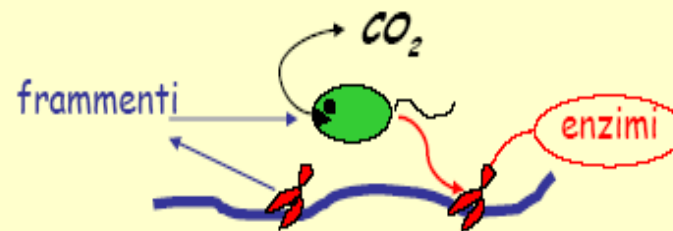
Coltivare la Plastica nel dopo-petrolio

Dr. Mario Malinconico, Istituto di Chimica e
Tecnologia dei Polimeri del CNR, Via Campi
Flegrei, 34 – Pozzuoli (Na)

Giornata di Studio

***"No food: agricoltura di frontiera",
Roma – Palazzo Rospigliosi – 14
marzo 2006.***

BIODEGRADAZIONE



Polimeri naturali vengono 'riconosciuti', frammentati ed assimilati

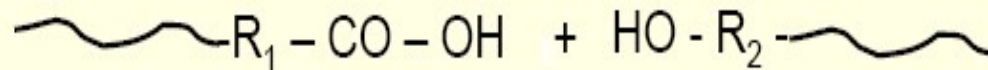
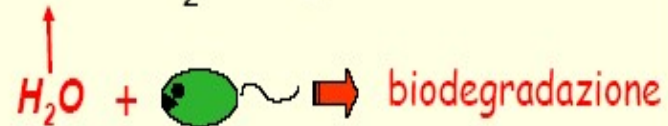
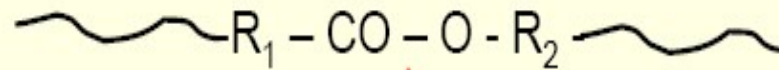
10¹¹ tonnellate/anno di **cellulosa** → 15 tonnellate a persona

I polimeri sintetici devono possedere **legami labili** nella catena



esempio:

Poliesteri



Plastiche
biodegradabili

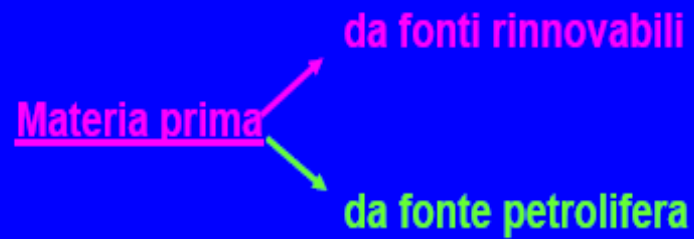


Impianto
compostaggio



fertilizzante

Plastiche biodegradabili disponibili commercialmente



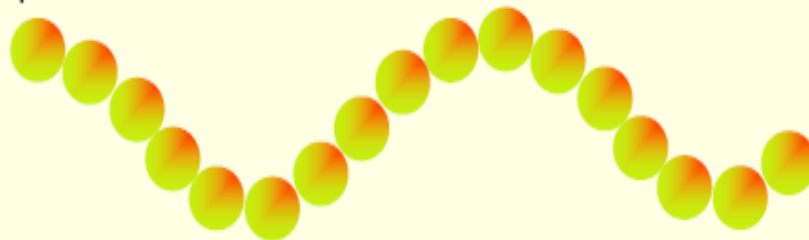
Mater-Bi

Amido (polisaccaride) + altri componenti
da fonte rinnovabile

PLA Natureworks

Acido polilattico (poliestere)
monomero da fermentazione

polimerizzazione chimica



PLA



★ 2 possibilità: D, L

(monomero **L** da fermentazione)

P(**L**)LA omopolimero

P(**D,L**)LA copolimero

P(L)LA catena regolare



può cristallizzare



P(D,L)LA catena irregolare

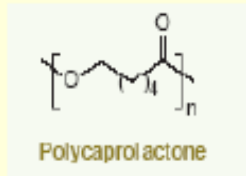


*D introduce irregolarità
cristallizzazione **inibita***



amorfo

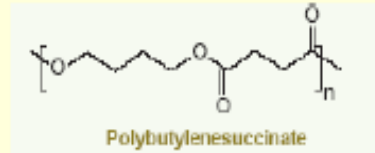
Altri Poliesteri Biodegradabili disponibili in commercio
(da fonte petrolifera)



PCL

Union Carbide (TONE)
Daicel

$T_{\text{fusione}} = 60^{\circ}\text{C}$

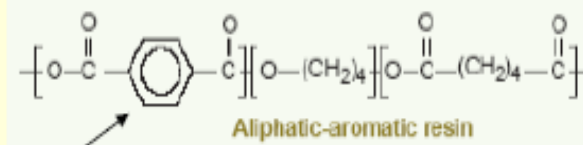


Bionolle
Showa

ac. succinico/ac. adipico ($T_{\text{fusione}} \text{ ca. } 100^{\circ}\text{C}$)

Eastar Bio
Eastman (Novamont 09/04)

Ecoflex
BASF



aromatico

($T_{\text{fusione}} \text{ ca. } 120^{\circ}\text{C}$)

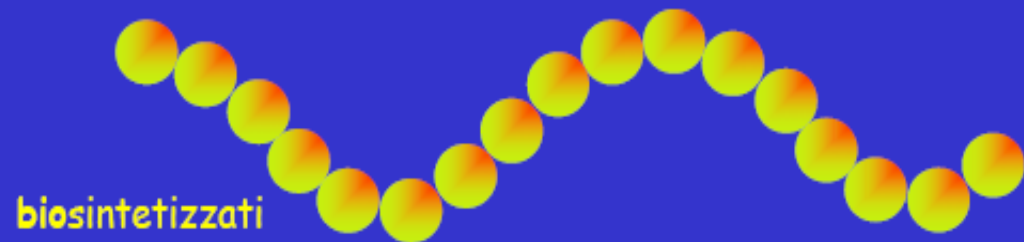
Tutti certificati
come compostabili



Applicazioni nell'imballaggio

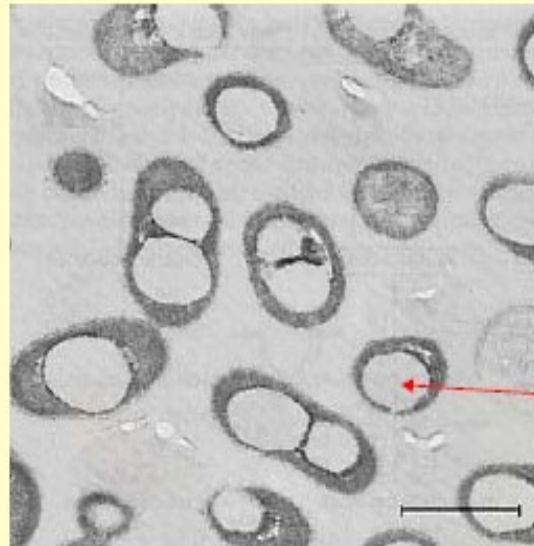
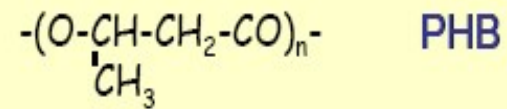
Da fonti rinnovabili (**BIOPOLIMERI**)

POLIESTERI NATURALI



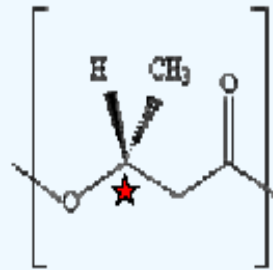
Poliesteri Batterici

Poli(3-idrossibutirrato)



sintetizzato da numerosi
microorganismi come materiale di
riserva sotto forma di
granuli intracellulari

ICI (crisi petrolifera anni '70)



★ Alto peso molecolare ($10^5 - 10^6$ Da)

★ 100% purezza ottica (→ cristallinità elevata)

PHB

★ Termoplastico

★ Biodegradabile (biopolimero!)

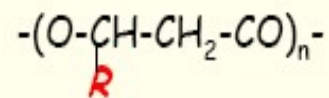
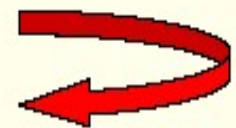
★ Biocompatibile

**alcuni microorganismi sono
BIOREATTORI molto versatili**

Se alimentati con fonti di Carbonio adatte



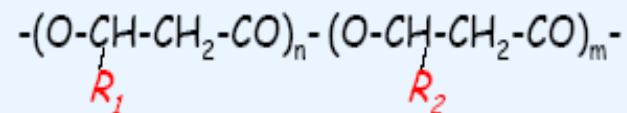
possono accumulare **Poli(3-idrossialcanoati), PHA**



dove $\text{R} = (\text{CH}_2)_m-\text{CH}_3$

e $m = 0 \dots 8$

Le **proprietà** dei co-poliesteri batterici **variano enormemente**
al variare del tipo di unità ripetitiva e della composizione



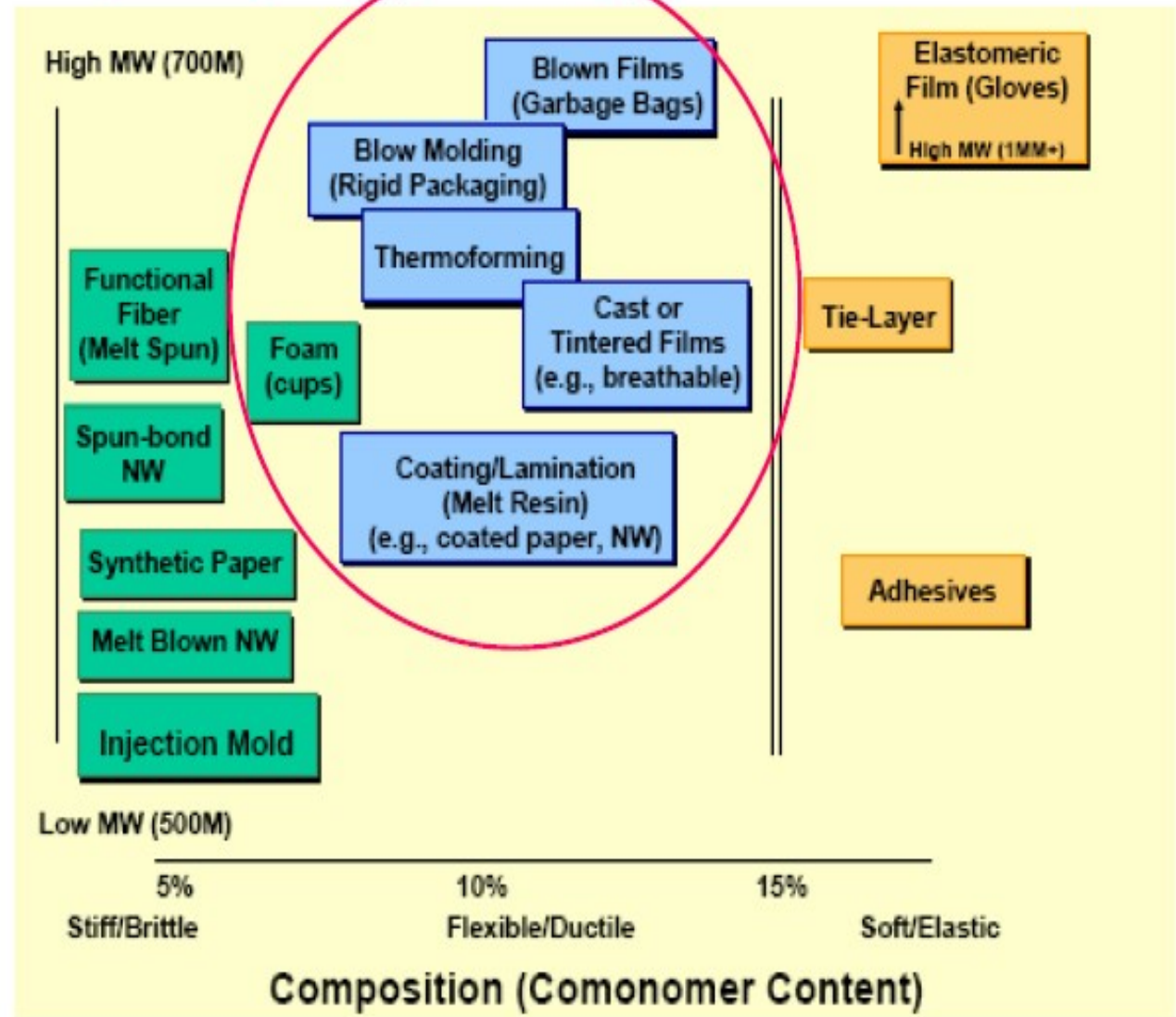
materiali rigidi ad alto modulo → → → → gomme

Sviluppati a livello commerciale

PHBV (Biopol '80-'90)
(ICI, Zeneca, Monsanto.....Metabolix)

Nodax (2005)
(Procter & Gamble)

NODAX



Il mercato dei biopolimeri sta crescendo mediamente del 20% all'anno nel mondo ma con un volume ancora molto ridotto (45.000-50.000 tonnellate), pari allo 0,1% del mercato mondiale di tutte le materie plastiche.

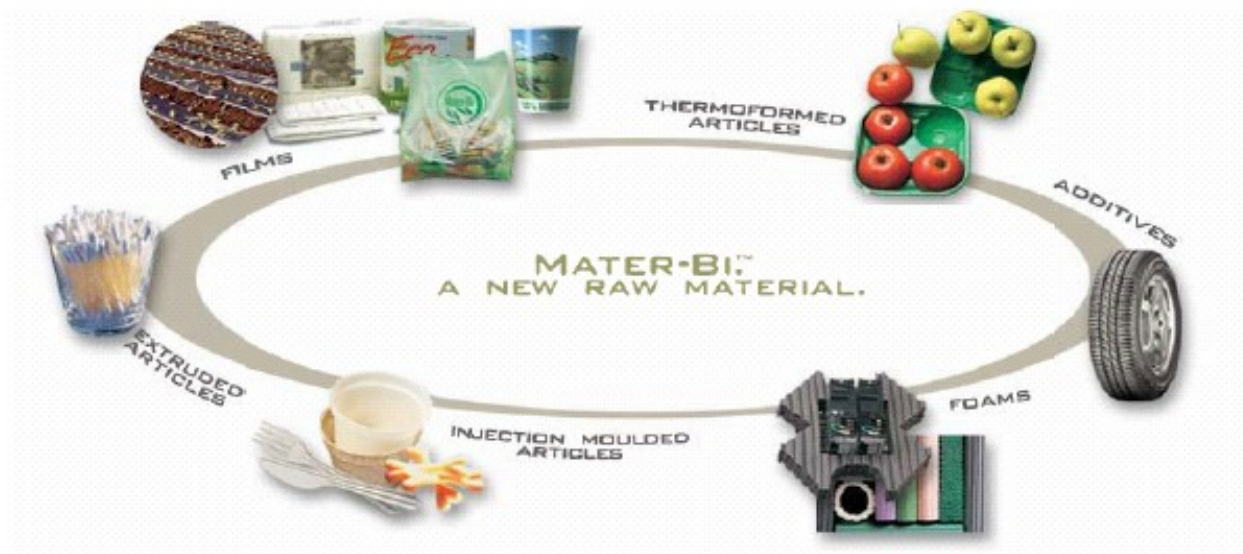


Fig. 2.2: Alcuni esempi di applicazione del Mater-Bi prodotto da Novamont S.p.a.

l'uso di film biodegradabili potrebbe modificare il quadro ecologico gravemente deturpato dai problemi di post-utilizzo dei film plastici tradizionali



Valutazione economica

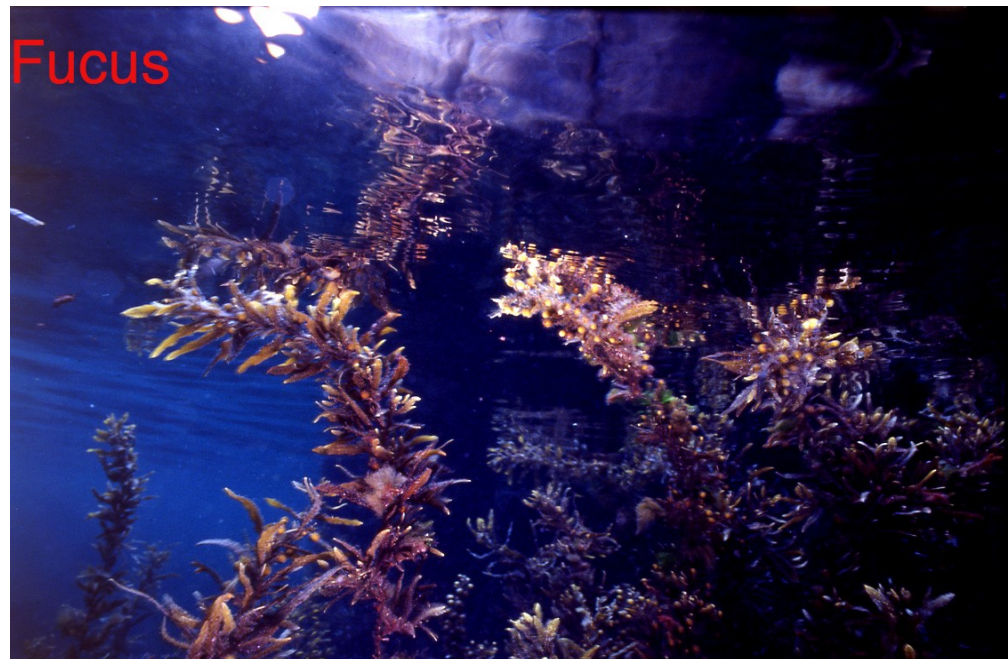
| | |
|--|--------------|
| LDPE granuli | 0.9 euro/kg |
| ✓ LDPE film per pacciamatura | 2.00 euro/kg |
| Amido | 0.5 euro/kg |
| ✓ film biodegradabili per pacciamatura | 5.00 euro/kg |

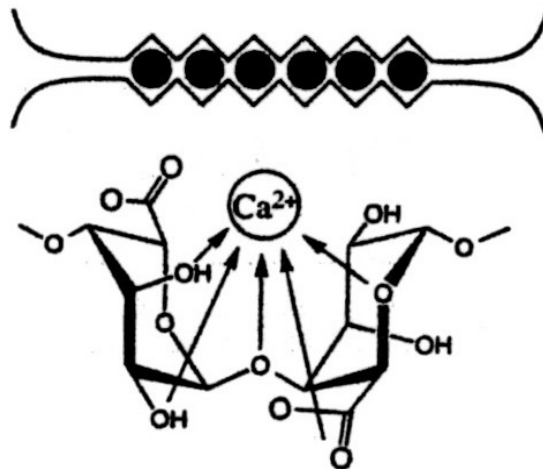
→ insostenibili costi di processo

FILM PACCIAMANTI

- Preparazione e caratterizzazione di film biodegradabili a base polisaccaridica

- Polisaccaridi provenienti da fonti facilmente reperibili e rinnovabili: **sale sodico dell'acido alginico** proveniente dalla famiglia delle *Phaeophyceae*





Modello di interazione degli alginati con ioni bivalenti.



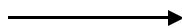
Test in campo



Valutazione economica

| | |
|---------------------------------|------------------|
| LDPE granuli | 0.9 euro/kg |
| ✓ LDPE film per pacciamatura | 2.00 euro/kg |
| Amido | 0.5 euro/kg |
| ✓ film biodeg. per pacciamatura | 5.00 euro/kg |
| ✓ Alginato | 1.70 euro/kg |
| ✓ Altri Polisaccaridi | 0.5-2.00 euro/kg |

sostenibili costi di processo



VANTAGGI DERIVANTI DALL'UTILIZZO DELLE FIBRE VEGETALI COME RINFORZI DI MATERIALI COMPOSITI RISPETTO ALLE FIBRE CONVENZIONALI

- **Proprietà specifiche elevate a causa della loro bassa densità;**
- **Bassi costi;**
- **Buone proprietà meccaniche;**
- **Buone proprietà termiche;**
- **Basso impatto ambientale;**
- **Ridotta irritazione respiratoria e cutanea;**
- **Biodegradabilità.**

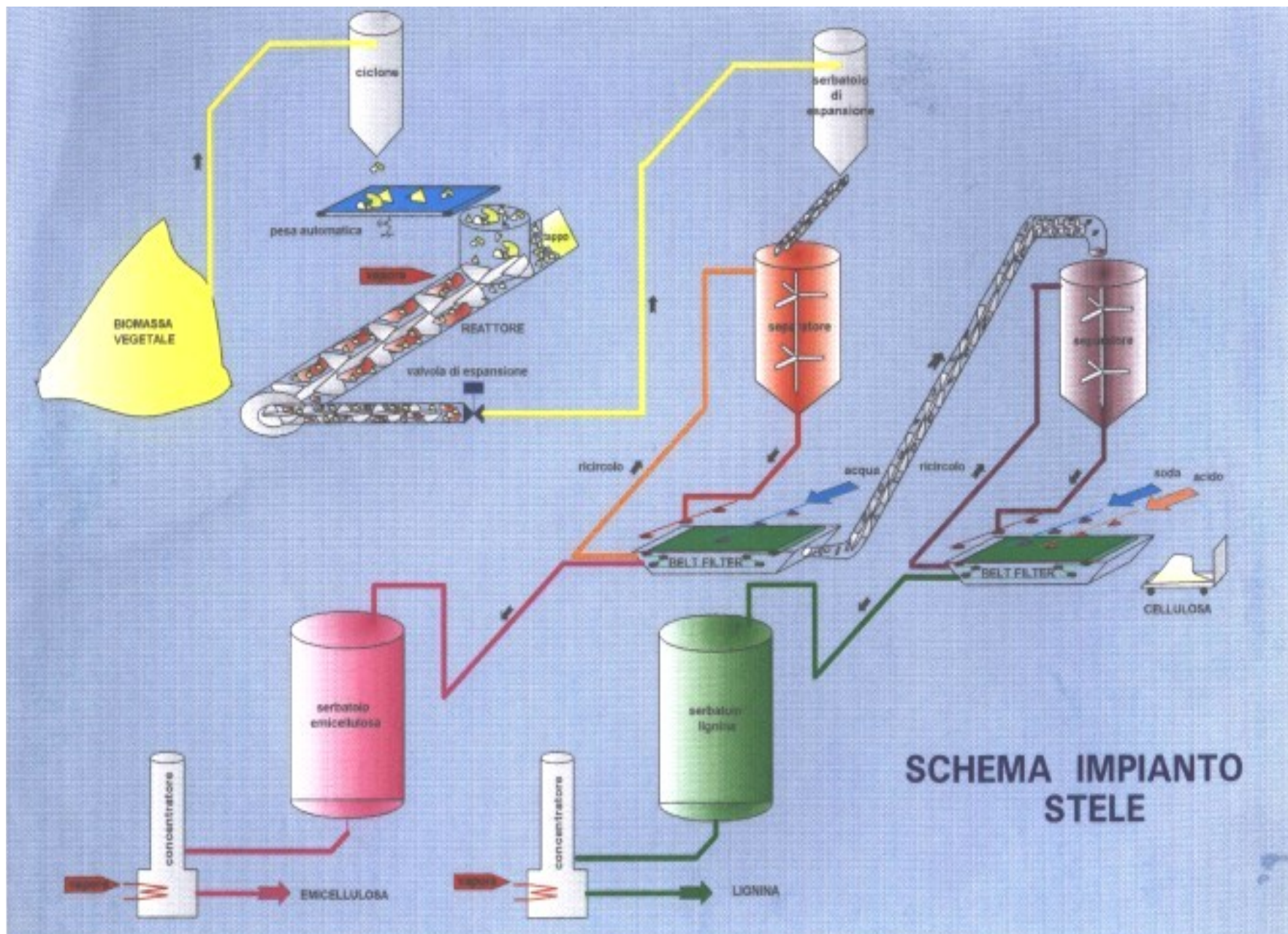
SVANTAGGI DERIVANTI DALL'UTILIZZO DELLE FIBRE VEGETALI COME RINFORZI DI MATERIALI COMPOSITI RISPETTO ALLE FIBRE CONVENZIONALI

- Elevato assorbimento di umidità;
- Dimensioni delle fibre non regolari;
- Scarsa compatibilità con molte matrici polimeriche.

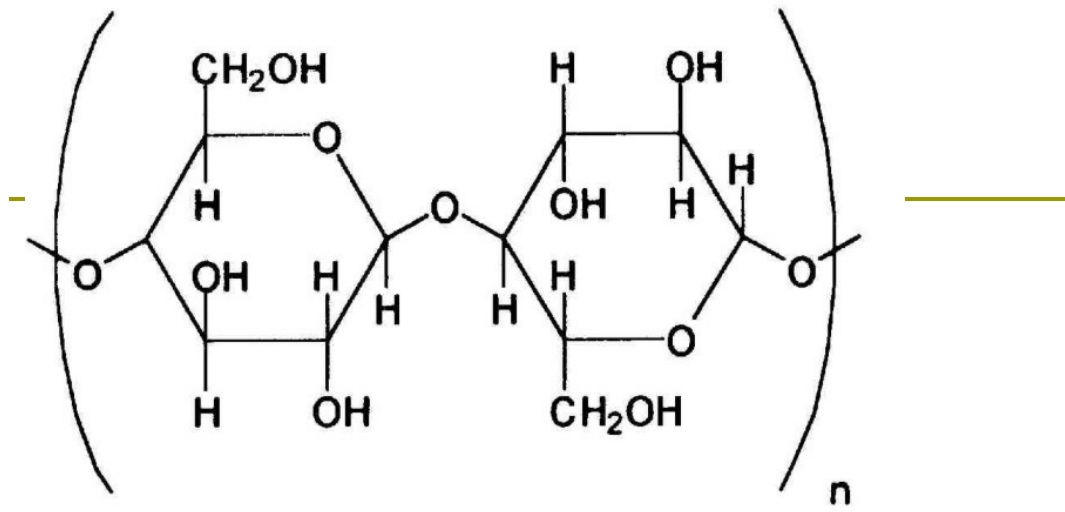
TIPICHE PROPRIETA' DI RESISTENZA SPECIFICA E COSTI DELLE FIBRE SINTETICHE E VEGETALI

| | Specific Gravity | Specific Tensile Strength (Gpa) | Specific Tensile Strength (Gpa) | Cost US\$/tonne |
|--------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Plant fibers | 0.6 – 1.2 | 1.60 – 2.95 | 10 - 100 | 200 – 1,000 |
| Glass | 2.6 | 1.35 | 30 | 1,200 – 1,800 |
| Kevlar | 1.4 | 2.71 | 90 | 7,500 |
| Carbon | 1.8 | 1.71 | 130 | 12,500 |

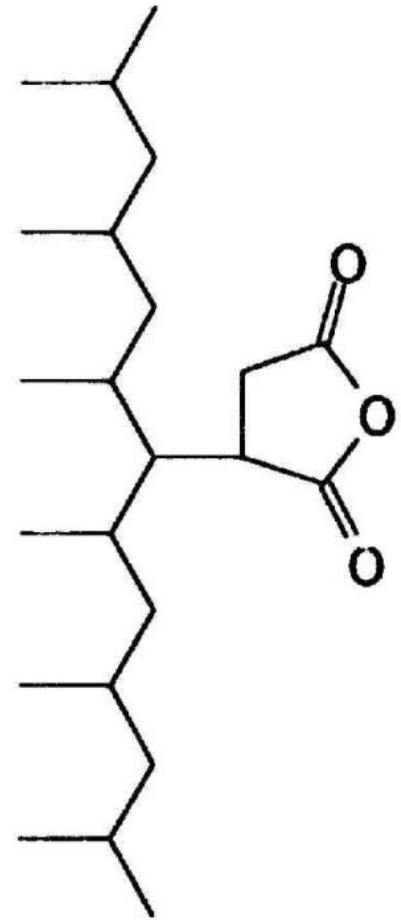




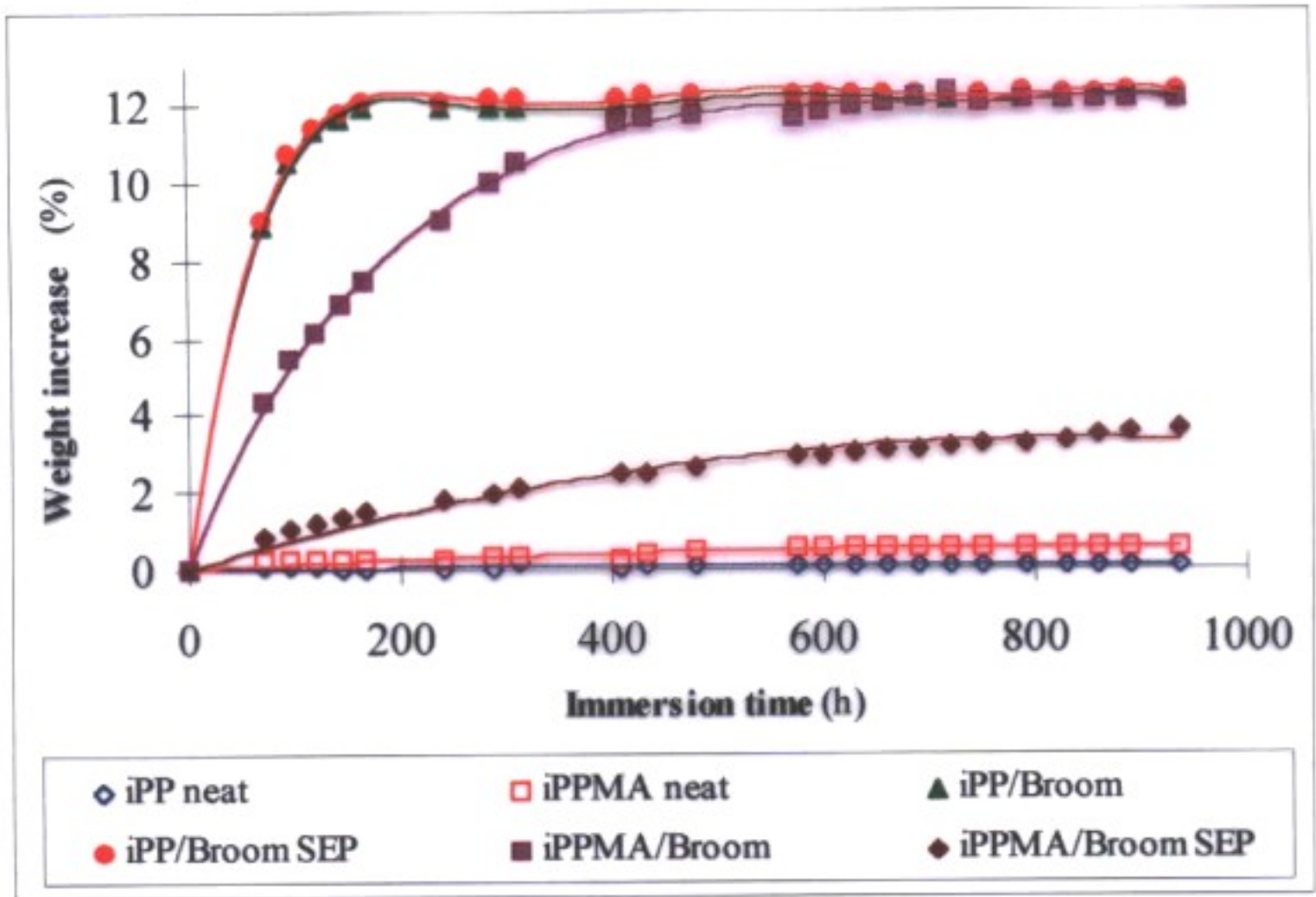
SCHEMA IMPIANTO STEL



Cellulosa

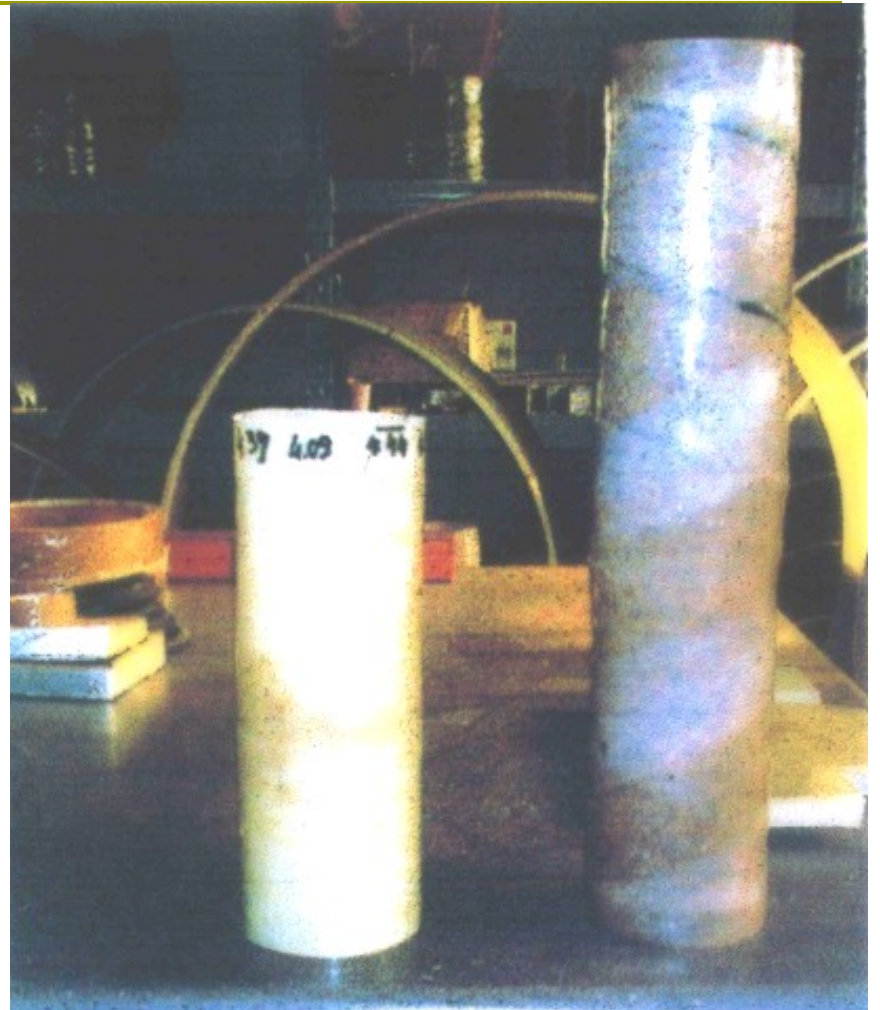


iPPMA



POTENZIALI UTILIZZI DI MATERIALI COMPOSITI RINFORZATI CON FIBRE VEGETALI

- pannelli per componentistica interna di autovetture con funzione isolante e sagomante;
- pannellature varie utilizzabili nel settore trasporto ed edile;
- contenitori, scatole e tubi;
- contenitori biodegradabili (ottenibili con fibre mescolate a polimeri biodegradabili) per utilizzi nel settore agricolo;
- pannelli fonoassorbenti per abitazioni;
- pannelli estrusi termostampabili;
- in sostituzione delle fibre di vetro.



PROBLEMATICHE DA SVILUPPARE PER OTTENERE UN PIU' ESTESO UTILIZZO DELLE FIBRE VEGETALI PER LA FORMULAZIONE DI MATERIALI COMPOSITI A MATRICE POLIMERICA

- **Funzionalizzazione di fibre cellulosiche mediante l'introduzione di gruppi funzionali atti a migliorare la compatibilità tra matrice e rinforzo;**
- **Ottimizzazione dei parametri di processo per la produzione di materiali rinforzati con fibre vegetali;**
- **Approvvigionamento di materiale lignocellulosico avente qualità costante;**
- **Impiego di resine sostenibili da fonti rinnovabili**
- **Adeguamento delle normative esistenti.**

Coltivare la Plastica nel dopo-petrolio

Dr. Mario Malinconico, Istituto di Chimica e
Tecnologia dei Polimeri del CNR, Via Campi
Flegrei, 34 – Pozzuoli (Na)

Giornata di Studio

***"No food: agricoltura di frontiera",
Roma – Palazzo Rospigliosi – 14
marzo 2006.***