



Valorizzazione di PVC riciclato rigido e flessibile

PVC Academy 26/03/2025 – Dr. Marco Badalassi



Chi siamo



MOPI srl è un laboratorio R&D a Pisa attivo dal 2017.

La forza di Mopi è la lunga esperienza dei suoi collaboratori, mettendo insieme competenze avanzate negli ambiti della chimica dei materiali e dell'acustica.

Le nostre attività sono direttamente collegate con il mondo del lavoro, professionisti e industrie.

Siamo attivi principalmente in due diverse divisioni:

- Acustica;
- Materiali:
 - Polimeri;
 - Bitume;
 - Materiali di riciclo;

Competenze speciali sono relative ai test di resistenza al fuoco.



Laboratorio bitumi

Strumentazione presente in laboratorio:

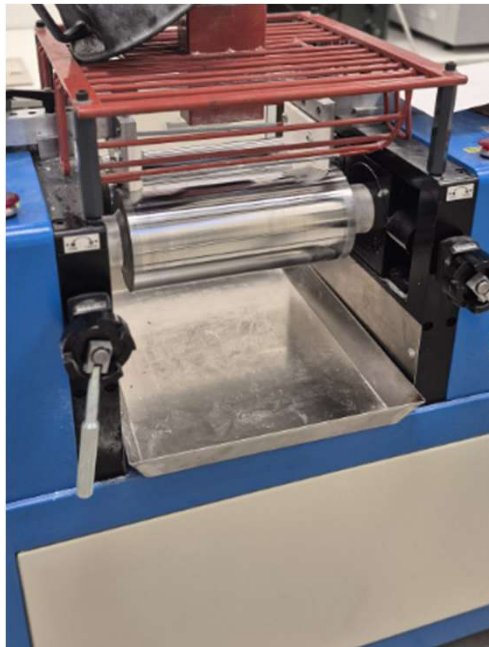
- Miscelatori - Silverson
- Viscosimetro
- Ring & Ball
- Flessione a freddo
- Stufe
- Test alla fiamma
- Microscopio a fluorescenza
- Impianto pilota per ossidazioni
- Melt-flow Index
- Dinamometro
- Flash point



Laboratorio polimeri

Strumentazione presente in laboratorio:

- Miscelatore a rulli
- Estrusore co-kneader
- Estrusore monovite
- Stufe
- Test alla fiamma
- Dinamometro
- Melt-flow Index
- LOI
- Durezza
- Stabilità termica



Laboratorio analitico

TGA



DSC



FT-IR



Il nostro team



MOPI S.r.l.

MOPI s.r.l.

Email: lab@mopilab.com

Registered Office: Via Cocchi, 7 loc. Ospedaletto - 56121 Pisa

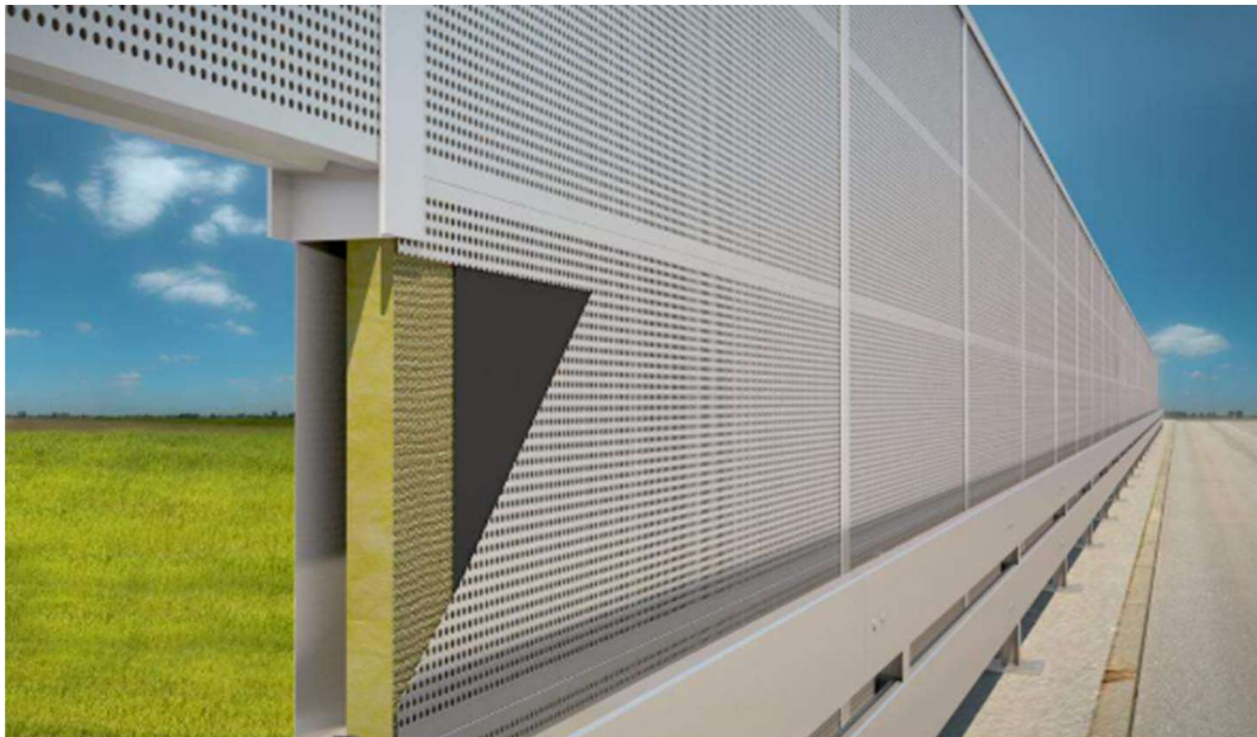
VAT N. 02252920505

Valorizzazione applicativa di PVC riciclato (r-PVC) rigido e flessibile

1. Barriere antirumore a base di r-PVC flessibile
2. r-PVC in compound espanso rigido/semirigido

Barriere antirumore a base di r-PVC

- Utilizzo di PVC di riciclo di diverse tipologie:
 - Rigido: per gli elementi strutturali
 - Flessibile: per il substrato fonoassorbente



PVC di riciclo

PVC flessibile

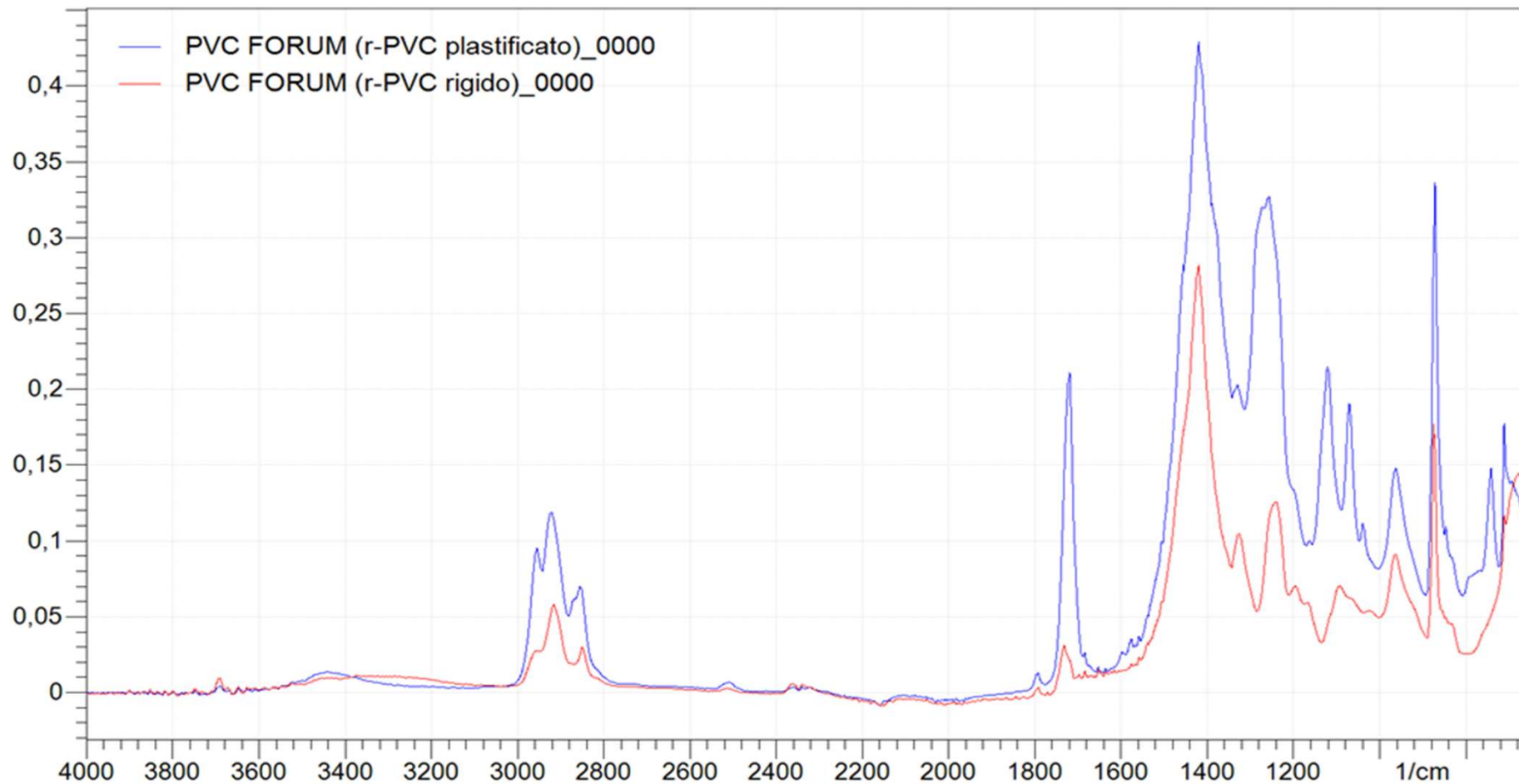


PVC rigido



	Density (g/cm ³)	Tg (°C)	Hardness	Flexural modulus (MPa)	Load at max deflect. (N)
Hard r-PVC	1,499	82 / 84	77 Shore D	1500-2100	370 – 380
Soft r-PVC	1,483	-6 / -7	84 Shore A	26-34	14,5 – 14,0

PVC riciclo



Materiale fonoassorbente

- Selezione del materiale tramite setaccio (5 mm)
- Miscelazione diverse granulometrie
- Aggiunta legante poliuretanico
(ISN83 - 10% in peso)
- Indurimento in stampo: 1h@130°C
- Dimensioni provino:
diametro: 60mm, altezza 50mm
peso campione: 100g
densità: 0,7 g/cm³

Target: necessità di formare fori aperti



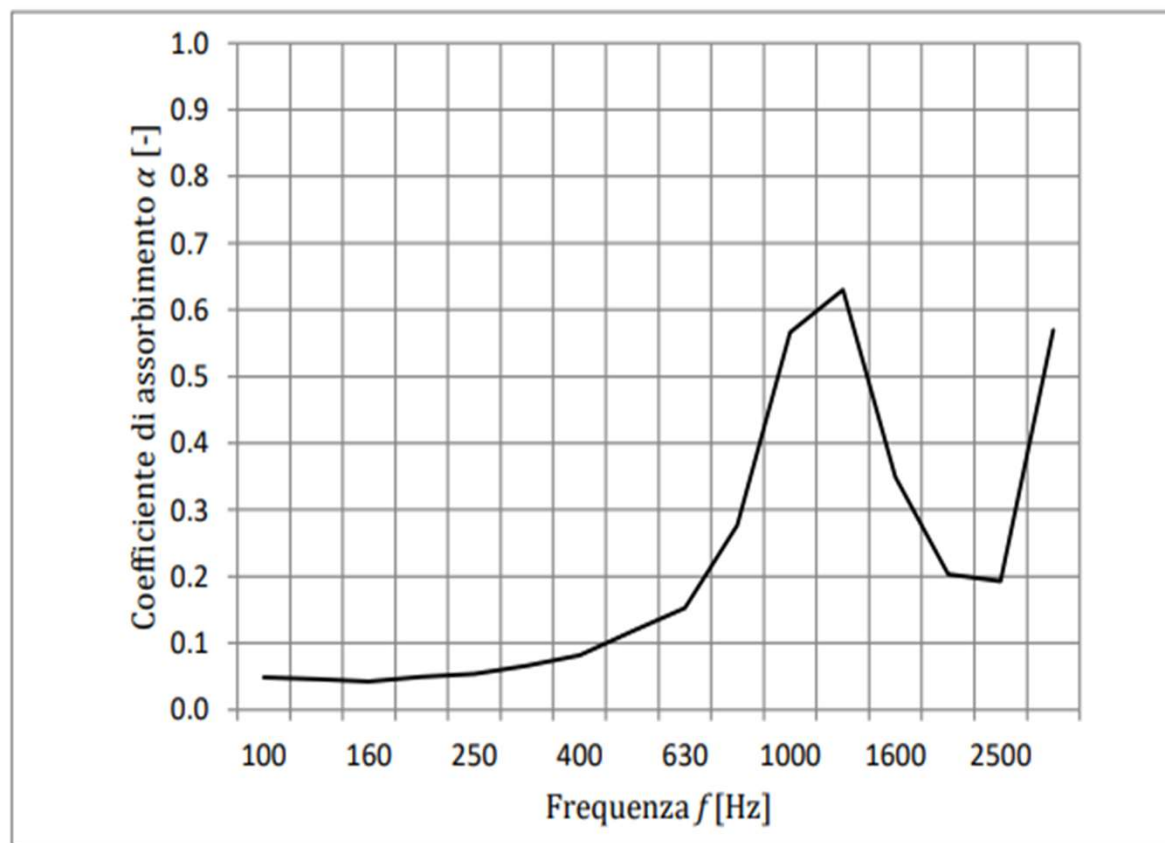
Misure di fonoassorbenza

Tubo ad impedenza: tubo di Kundt
ISO 10534-2: misura delle proprietà acustiche in tubo ad impedenza

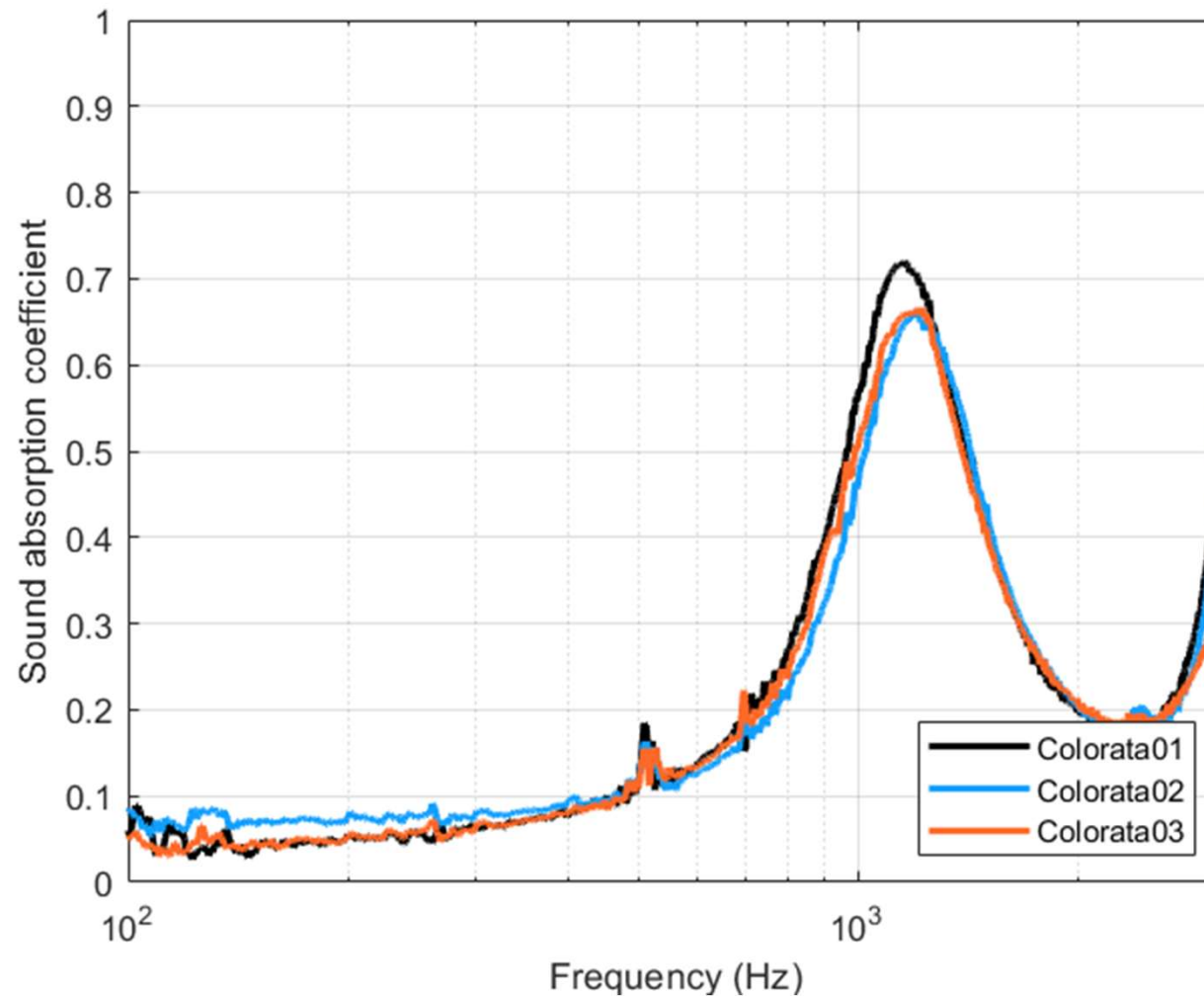


Coefficiente di assorbimento

f [Hz]	α [-]
100	0.05
125	0.05
160	0.04
200	0.05
250	0.05
315	0.07
400	0.08
500	0.12
630	0.15
800	0.28
1000	0.57
1250	0.63
1600	0.35
2000	0.20
2500	0.19
3150	0.57

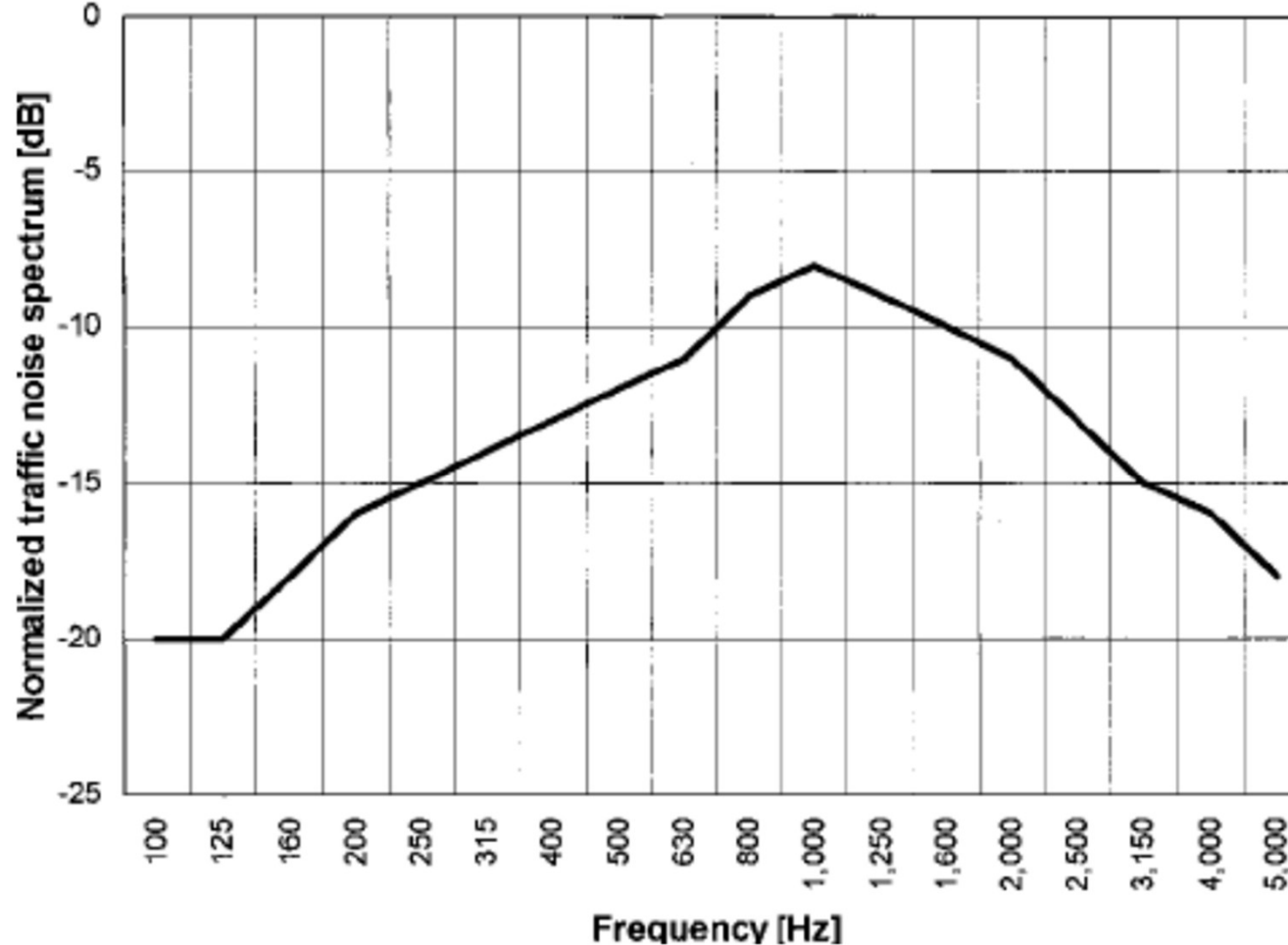


Coefficiente di assorbimento



Profilo acustico traffico

Normalized A-weighted traffic noise spectrum from EN 1793-3



- I pannelli in PVC flessibile mostrano un picco di assorbimento del rumore a circa 1000 – 1250 Hz, frequenze tipicamente del rumore misurato nel traffico leggero
- L'assorbimento risulta essere scarso a basse frequenze, come la maggior parte dei materiali
- Miscele di diverse pezzature hanno mostrato risultati simili
- I risultati ottenuti in test su scala di laboratorio sono promettenti

PVC espanso rigido

Studio della parziale sostituzione della resina PVC con r-PVC



Formulazione PVC espanso

Formulations		phr
PVC k57 resin	PVC base resin	100
Calcium carbonate	mineral filler	30
PE wax	processing aid	0,3
Stearic Acid	processing aid	0,4
Reapack G-LE/6010	Ca/Zn stabilizer	3,5
Reafoam 440	Foaming agent	2
Reamod PA300	High molecular weight for regular cell dimension	5

Test preliminari

Estrusore monovite

Condizioni di processo:

Profilo di temperatura:

160 – 165 – 170 – 175 – 180°C (testa)

Velocità vite: 30 / 50 rpm

Pressione testa: 160 / 220 bar



MOPI S.r.l.

T testa bassa

Bassa espansione



T testa alta

Elevata espansione



Test preliminari – sezione bandelle

T testa: <170°C (non espanso)



T testa: 180°C (celle regolari)



T testa: > 190°C (celle irregolari)



Sample	Density (g/cm3)
Expanded PVC	0,80-0,82
Unexpanded PVC	1,46-1,48

Introduzione r-PVC



Sostituzione parziale di PVC rigido: da 0 a 30 phr

Necessità di avere pezzatura molto sottile per poter disperdere il materiale in estrusore

Separazione parte sottile: setacciatura < 5mm

Test di macinazione in mulino rotazionale

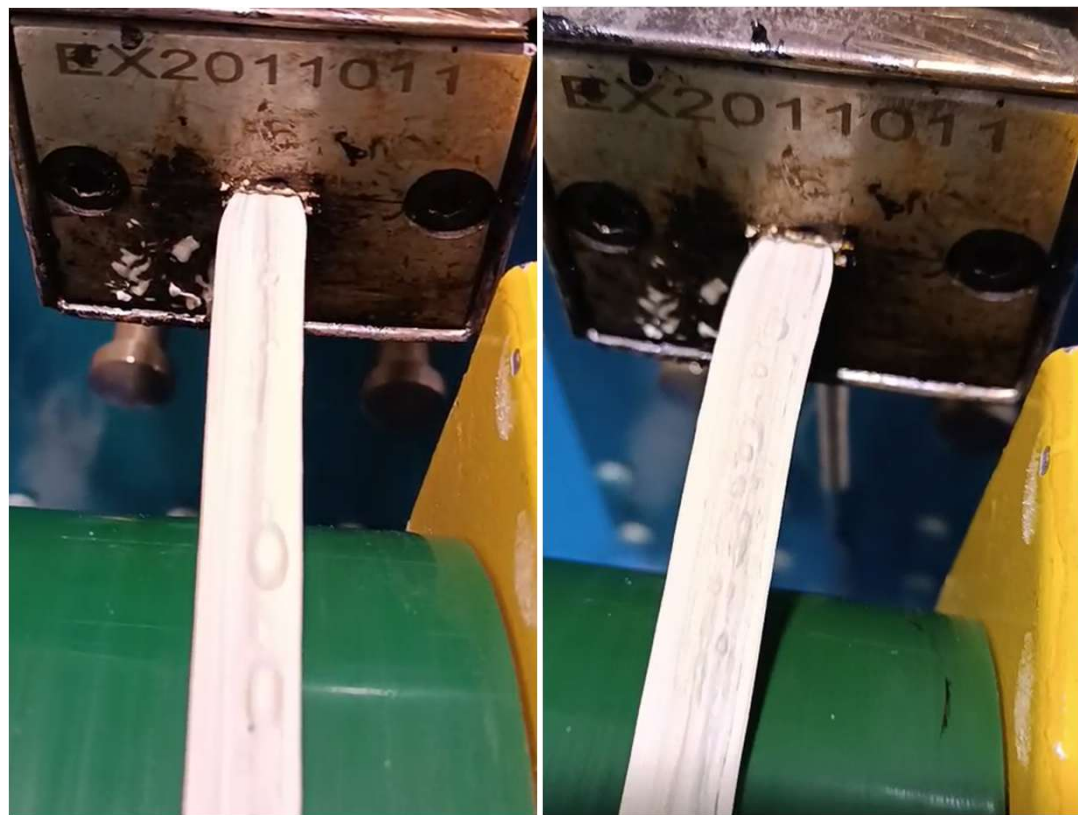
Estrusione r-PVC

Sample	Density (g/cm ³)
PVC reference	0,81
10 phr r-PVC	0,78
20 phr r-PVC	0,77
30 phr r-PVC	0,98

Reference



30 phr r-PVC

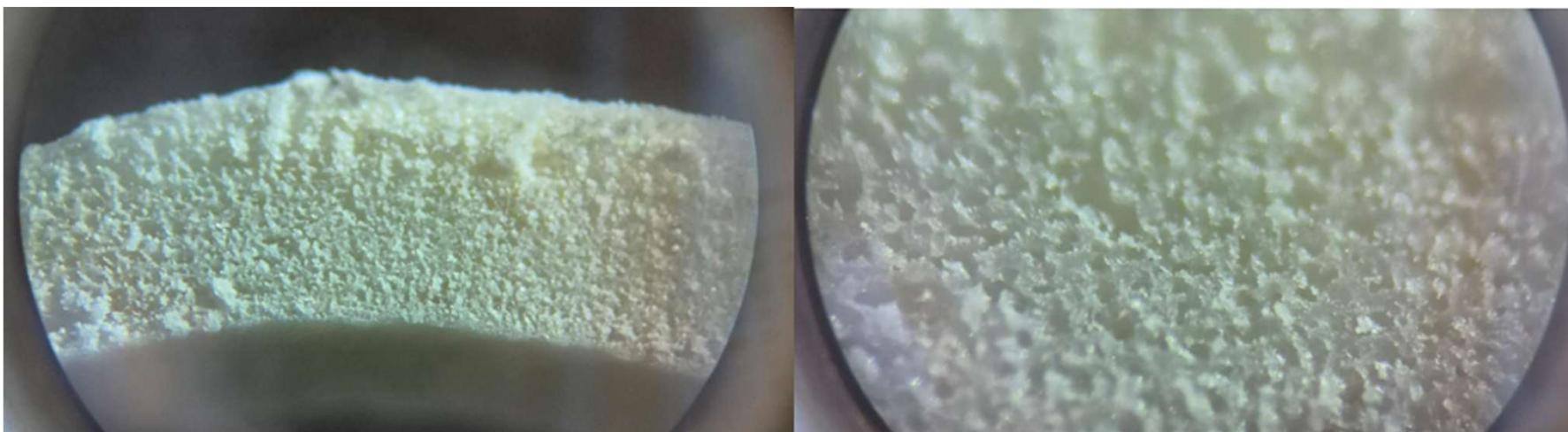


r-PVC: analisi superficiale

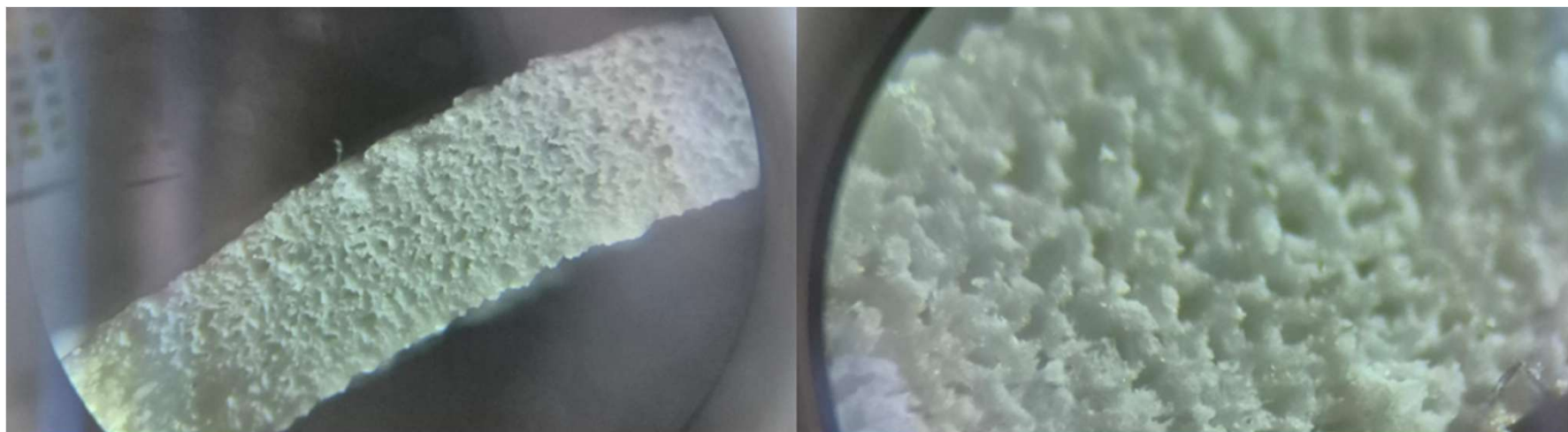


Analisi in sezione: 0-10 phr r-PVC

Reference
0 phr r-PVC



10 phr r-PVC

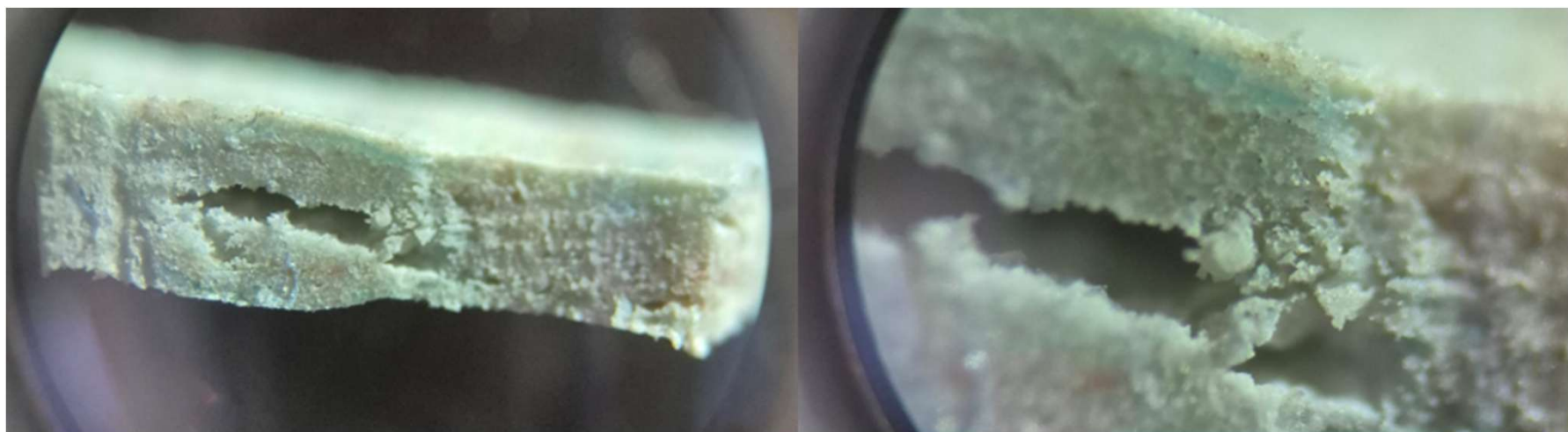


Analisi in sezione: 20-30 phr r-PVC

20 phr r-PVC



30 phr r-PVC



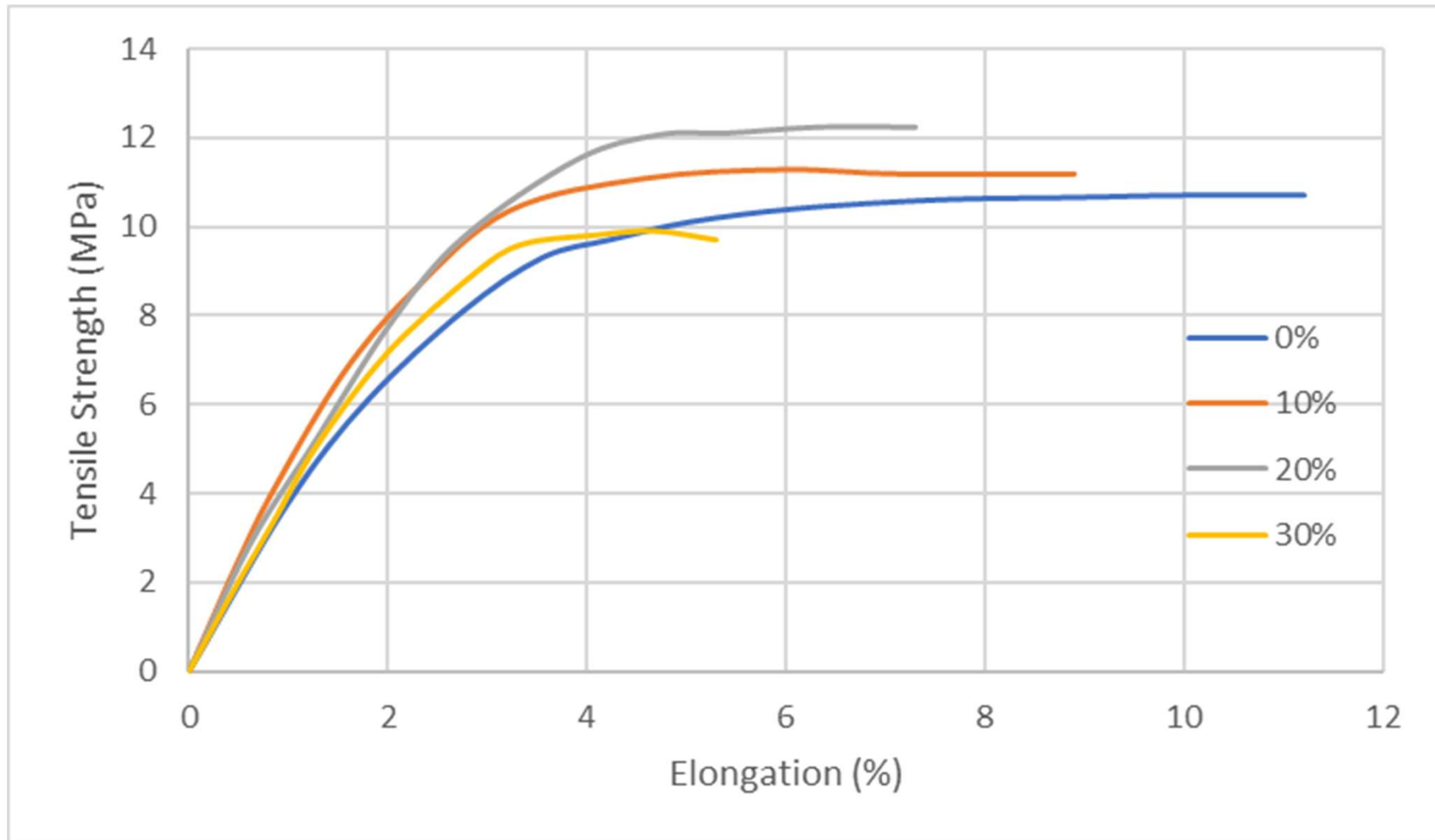
Conducibilità termica

$$\lambda_{mix} = x \cdot \lambda_{PVC} + (1 - x) \cdot \lambda_{air}$$

- λ_{mix} = thermal conductivity of the mixture
- λ_{PVC} = thermal conductivity of pure PVC ($\approx 0.19 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)
- λ_{aria} = thermal conductivity of air ($\approx 0.025 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)
- x= volumetric fraction of PVC in the mixture (between 0 and 1)

Sample	Density (g/cm ³)	Aria (%)	λ_{mix} (W/m·K)
PVC reference	0,81	45	0,12
10 phr r-PVC	0,78	47	0,11
20 phr r-PVC	0,77	47	0,11
30 phr r-PVC	0,98	33	0,14

Proprietà meccaniche



Proprietà meccaniche e invecchiamento

	PVC Ref.	10 phr r-PVC	20 phr r-PVC	30 phr r-PVC
Elongation at break (%)	11,2	8,9	7,3	5,3
Tensile Strength (MPa)	10,7	11,2	12,2	9,7
Accelerated ageing 8 weeks@80°C				
Elongation variation (%)	+5%	-3%	+7%	-23%
Tensile variation (%)	+10%	+5%	0%	-15%

Commenti



- PVC rigido di riciclo necessita di essere di pezzatura più fine possibile al fine di potersi disperdere nel dryblend per applicazione espansa
- Possibili tecniche potrebbero essere setacciatura o frantumazione più spinta
- Con setacciatura a 5 mm è stato possibile aggiungere fino a 20 phr di r-PVC in parziale sostituzione del PVC vergine senza osservare particolari problematiche
- A dosaggi superiori il compound diventa troppo disomogeneo, andando a peggiorare la qualità del materiale

Grazie a tutti per l'attenzione

