



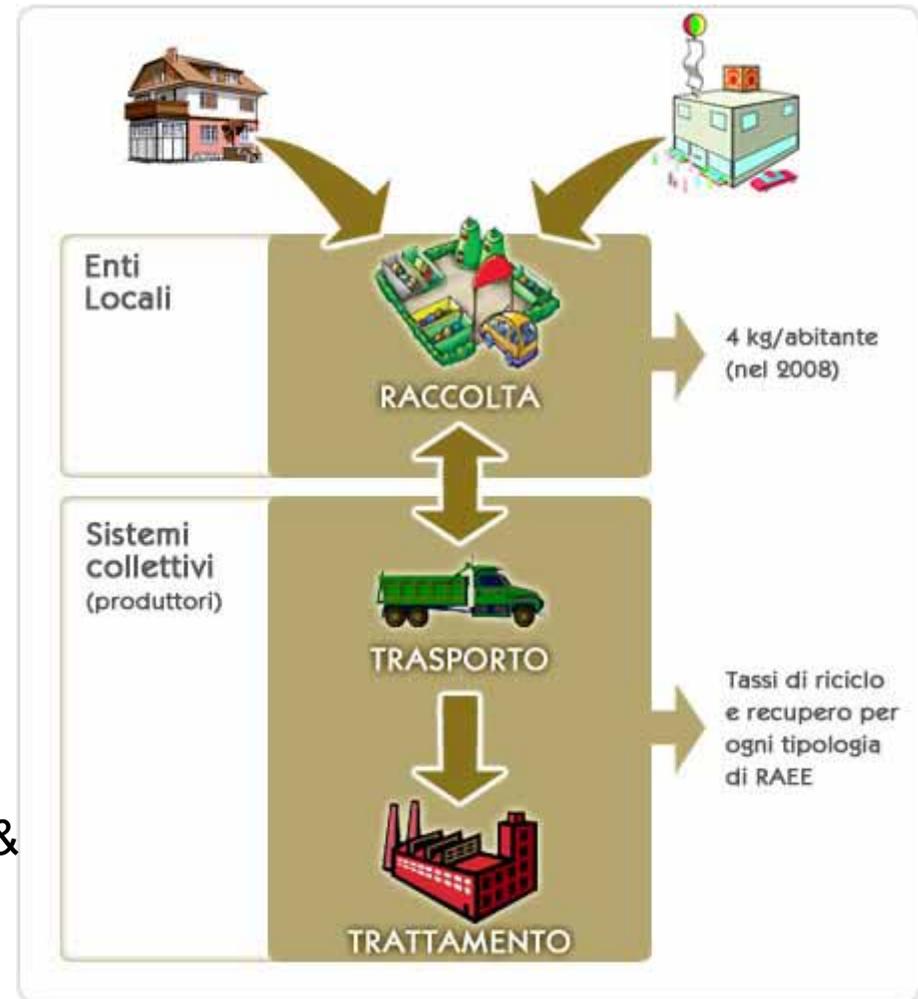
## La filiera della raccolta e del trattamento dei RAEE: il caso del vetro

Biella, 19 Marzo 2010

F. Schivo, F. Magalini, L. Barbieri

# Il Decreto 151/2005: Gestione dei RAEE

- I PRINCIPI:
  - prevenzione produzione RAEE
  - riduzione uso sostanze pericolose
  - promozione recupero
- DEFINIZIONI:
  - RAEE domestico/professionale
  - le apparecchiature di illuminazione
  - RAEE storico e nuovo
- RACCOLTA SEPARATA (COMUNI; DISTRIBUTORI; IL RITIRO 1/1; PRODUTTORI)
- IL TRATTAMENTO E IL RECUPERO DEI RAEE RITIRATI
- LE MODALITA' DI FINANZIAMENTO & GARANZIE (DOMESTICI STORICI/NUOVI; PROFESSIONALI)



# Il Sistema RAEE

**R.A.E.E. : Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche**

Raccolta gestita attraverso un sistema multi-consortile di libera concorrenza:

- 15 Consorzi costituiti dai Produttori
- 1 Centro di Coordinamento



Raggrupp.		Consorzio leader	Quota
R1	Freddo&clima	Ecodom	61,27%
R2	Altri grandi bianchi	Ecodom	67,26%
R3	TV e monitor	Raecycle	53,75%
R4	Piccoli elettrodomestici	Ecolight	35,31%
R5	Sorgenti Luminose	Ecolamp	64,55%



# I numeri della raccolta

## La produzione....

Ogni italiano produce mediamente 15 kg/anno di rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche

## La raccolta....

Raggrupp.	Anno 2008	Anno 2009	Variazione
R1	24.076	56.958	137%
R2	13.541	46.590	244%
R3	18.062	57.937	221%
R4	9.814	30.861	214%
R5	204	653	220%
<b>Totale</b>	<b>65.697</b>	<b>192.999</b>	<b>194%</b>

REGIONE	Media Procapite Totale
Abruzzo	1,65
Basilicata	1,27
Calabria	1,86
Campania	1,93
Emilia Romagna	5,44
Friuli Venezia Giulia	5,28
Lazio	2,29
Liguria	2,60
Lombardia	3,96
Marche	3,39
Molise	1,54
Piemonte	4,82
Puglia	1,14
Sardegna	5,42
Sicilia	0,80
Toscana	3,66
Trentino Alto Adige	6,58
Umbria	5,97
Valle d'Aosta	3,54
Veneto	4,35

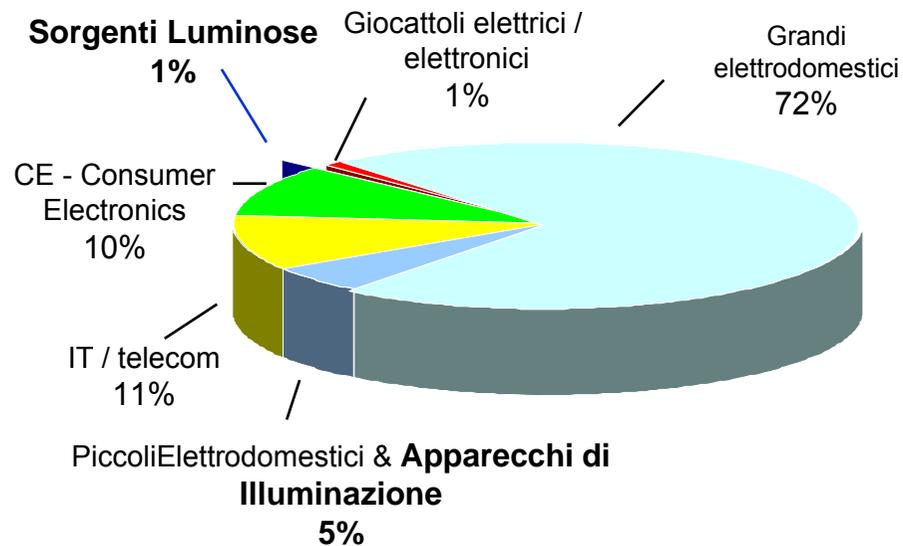
---

# Il caso delle lampade

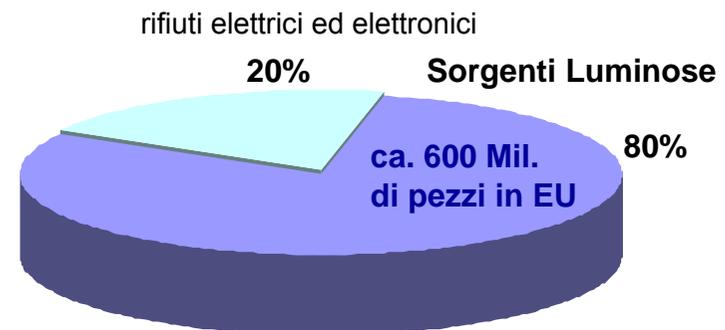
---

# Il mercato delle sorgenti luminose

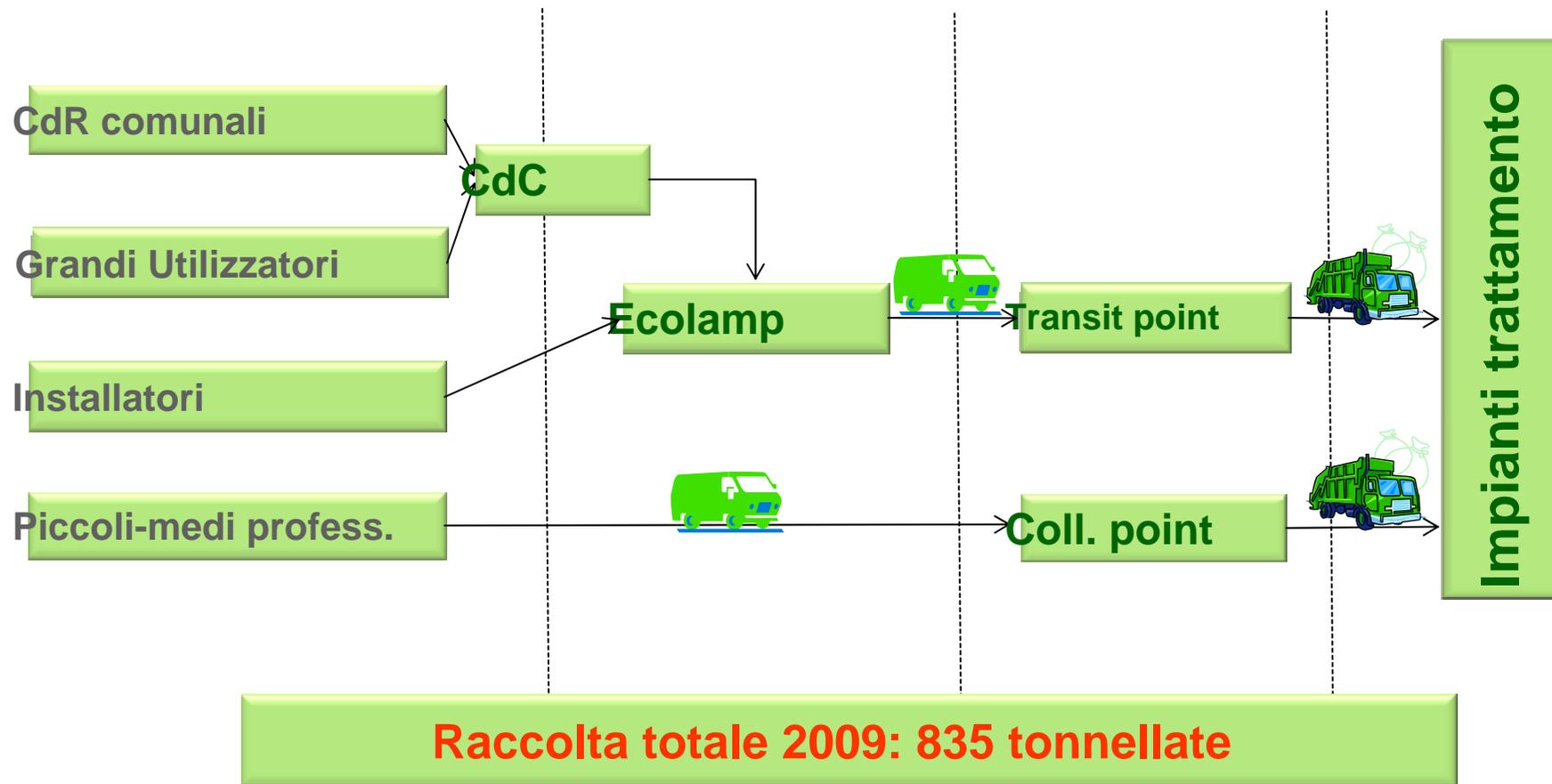
**Quantità e volumi: Il mercato europeo ca. 600 mil. pezzi  
1% del peso, 80% delle quantità di rifiuti elettrici/elettronici**



**Ripartizione in pezzi**



# La raccolta delle lampade Ecolamp



# Il trattamento delle lampade



Impianti di trattamento sorgenti  
luminose:

ITALIA: 8



I rifiuti raccolti confluiscono presso gli impianti preposti al trattamento e destinati alle successive fasi di lavorazione.

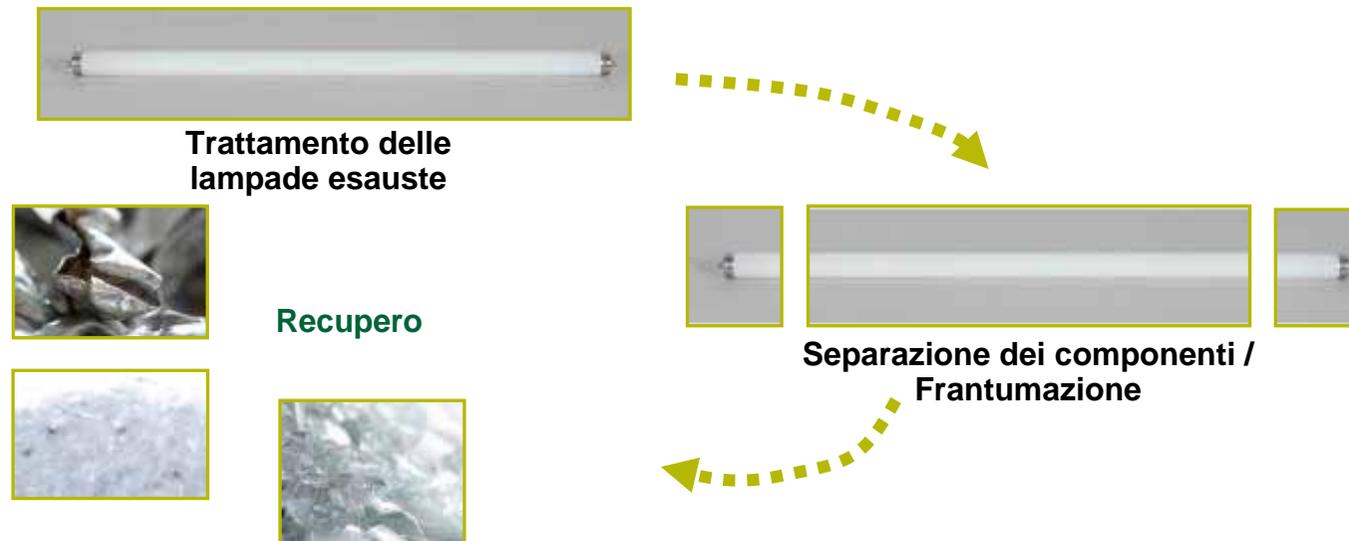
1. Il primo step del riciclo comporta la **messa in sicurezza delle componenti pericolose** presenti all'intero dei RAEE ed il successivo **stoccaggio dei rifiuti**. Le apparecchiature di illuminazione dismesse vengono selezionate, ed in seguito suddivise in relazione alla lunghezza e dimensione di ciascun rifiuto.
2. Il processo di trattamento prevede la **triturazione** delle sorgenti luminose, la **separazione**, il trattamento delle singole componenti (vetro e metallo) e la cattura tramite processi di **aspirazione/filtrazione**, del mercurio e delle componenti fluorescenti.

# Il trattamento delle lampade

Dal trattamento delle lampade è possibile recuperare la totalità del mercurio e recuperare circa il 95% delle componenti vetrose e metalliche presenti nelle sorgenti luminose.

Il trattamento delle sorgenti luminose:

- “Taglio e separazione dei componenti”, “End cut technology”;
- “Frantumazione e separazione”, “Crush and Separation Tecnology”



# Il trattamento delle lampade

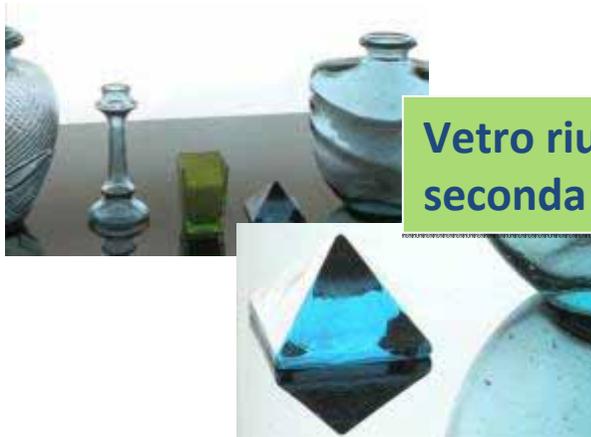
## Obiettivi del trattamento:

1. Tutela ambientale
2. Risparmio energetico
3. Risparmio di risorse naturali
4. Riduzione dei rifiuti avviati a smaltimento



**Nel 2009 Ecolamp ha recuperato dalle sorgenti luminose raccolte circa 750 tonnellate di vetro**

# I prodotti ottenuti



**Vetro riutilizzato come Materia prima seconda nell'industria del vetro**

**Valorizzazione come MPS nel settore dei materiali**



**Il caso Relux: la piastrella "ecologica" nata dalla collaborazione dell'Università di Modena e i laboratori Relight e Polis Ceramiche**

---

# Il caso del CRT

---

## CRT: scenari & significato alternative



# CRT: scenari & significato alternative

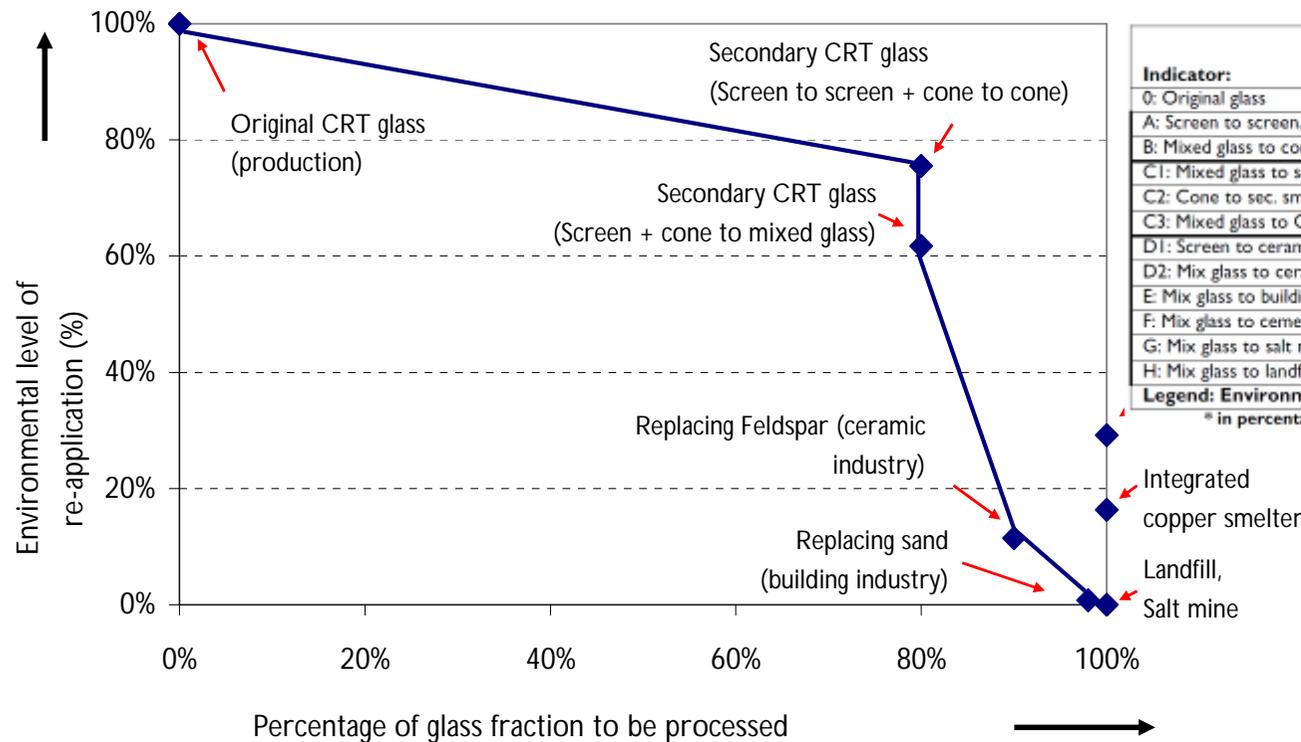


Table I. Environmental results

Indicator:		Eco-indicator 99 H/A v203	Global warming (GWP100)
0: Original glass		100%	100%
A: Screen to screen, cone to cone	To CRT's	81%	76%
B: Mixed glass to cone glass		57%	75%
C1: Mixed glass to sec. smelter	To smelters	41%	9%
C2: Cone to sec. smelter, screen to building ind.		37%	6%
C3: Mixed glass to Cu-smelter		19%	4%
D1: Screen to ceramic ind., cone to cement	To other	3%	4%
D2: Mix glass to ceramic ind. (feldspar)		4%	6%
E: Mix glass to building ind (as gravel in bricks)		0%	0%
F: Mix glass to cement ind. (in concrete)		1%	2%
G: Mix glass to salt mine (prepared)		2%	3%
H: Mix glass to landfill		2%	3%

Legend: Environmental score % >75% >25% >10% <10%  
\* in percentages compared to the best (100%) and worst environmental option (0%)



J. Huisman, 2008 UNU

**NON TUTTE LE RE-APPLICAZIONI HANNO LO STESSO SIGNIFICATO AMBIENTALE**

---

## Il ruolo dei Consorzi RAEE

---

- Selezione di fornitori qualificati & affidabili
- Ricerca continua migliori alternative per valorizzazione frazioni
  - VETRO
  - ..ma anche Plastiche, ed altre frazioni critiche
- Ricerca e sviluppo con partner d'eccellenza per re-impieghi Materie Prime
  - Progetto di ricerca per la valorizzazione del vetro e delle polveri fluorescenti da lampade esauste bonificate (Ecolamp – Università di Modena)

---

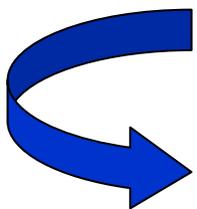
# Il vetro RAEE come MPS

---

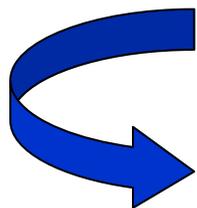
---

## Il vetro RAEE come MPS

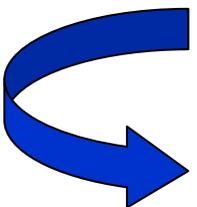
---



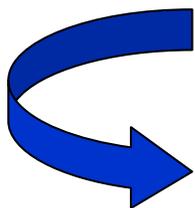
**VETROCERAMICI**



**SMALTI CERAMICI**

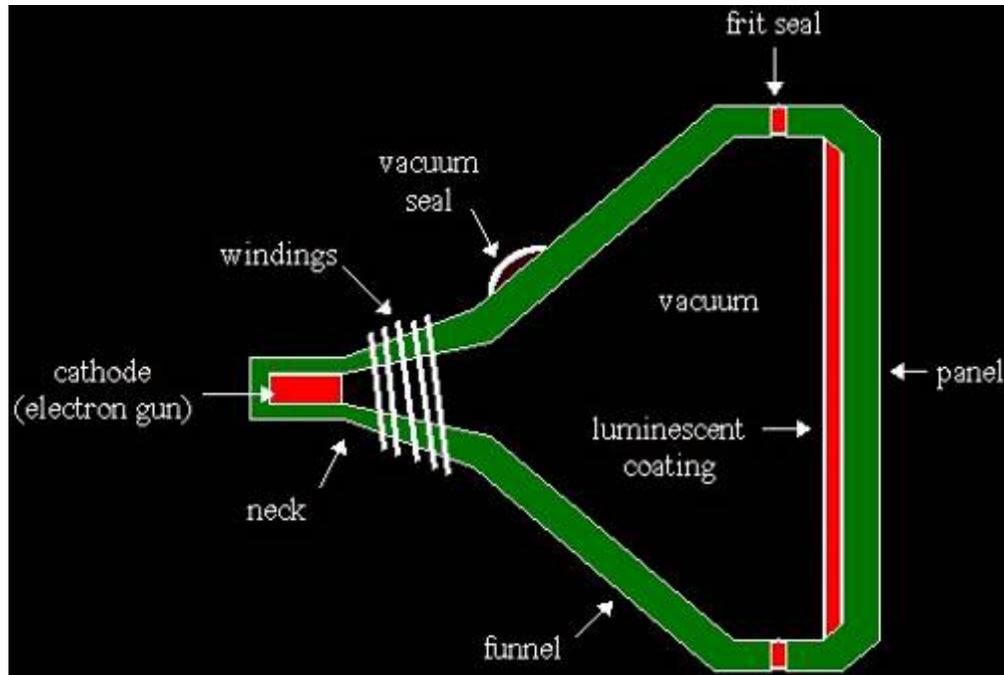


**IMPASTI CERAMICI**



**FIBRE/SFERE**

# Cinescopio (60-65% del TV)



## Cinescopio - CRT (tubo catodico)

tubo fluorescente  
(85% vetro) per  
convertire un segnale  
elettrico in  
un'immagine visiva

### TIPOLOGIE DI VETRO NEL CINESCOPIO:

65% vetro esterno → SCHERMO (Ba: 8-10%, Sr: 5-8%)

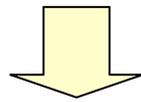
30% vetro interno → CONO (Pb: 17-20%)

5% vetro retro e saldature → COLLO + FRITTA (Pb: ~35%)

# Trattamento cinescopio



**CER 16 02 15\***  
**(pre- bonifica)**



**Pb**

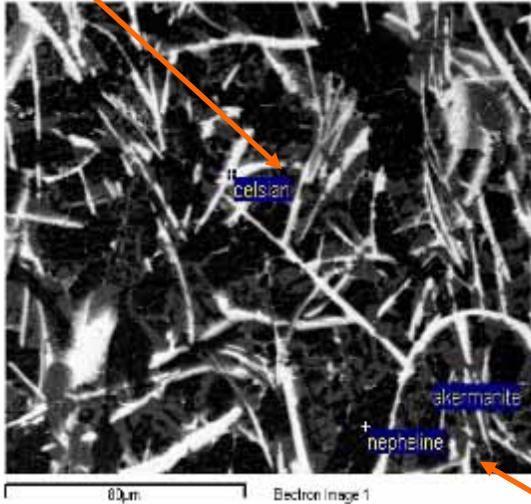


**Ba,  
Sr**

**CER 19 12 05**  
**(post- bonifica)**

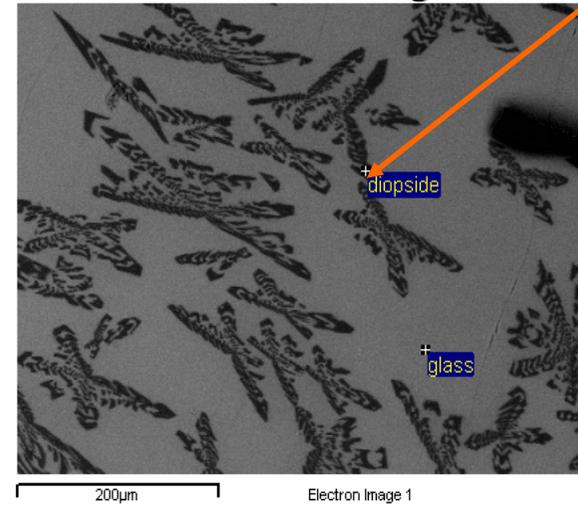
# Vetroceramici

**CELSIANA**  
**BaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>**



**AKERMANITE**  
**Ca<sub>2</sub>MgSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**

**DIOPSIDE**  
**CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>**



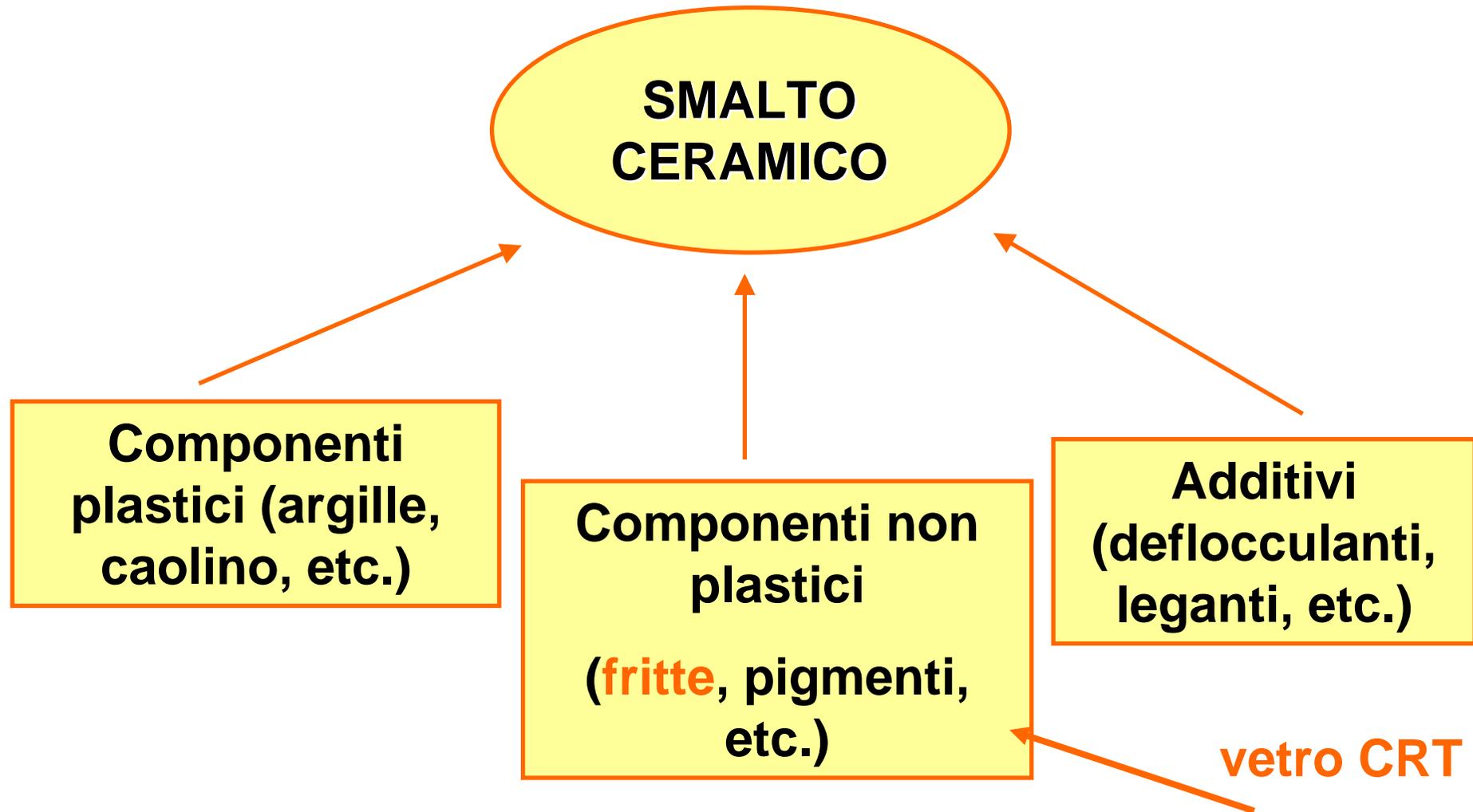
**P5 1100°C, 2 ORE**

**F1 1000°C, 2 ORE**

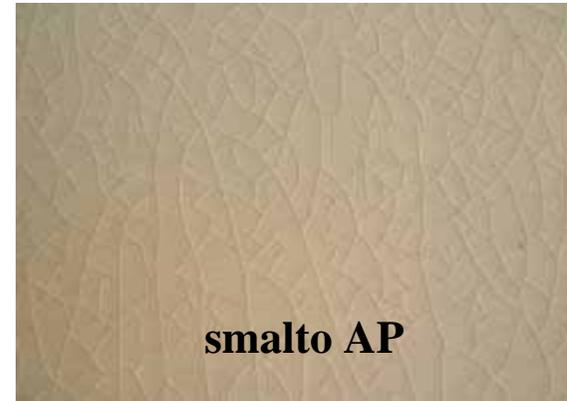
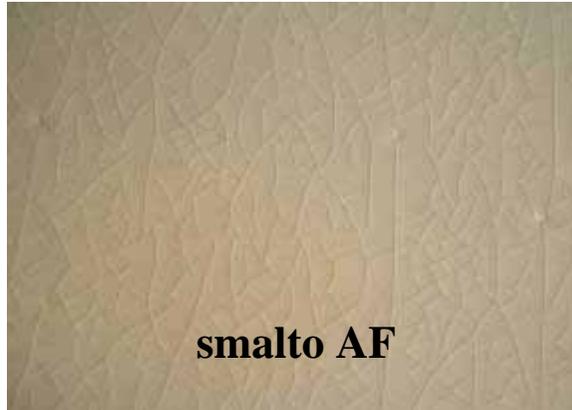
**NEFELINA**  
**(Na,K)AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>**

**FASI CRISTALLINE PRESENTI IN VETROCERAMICI  
COMMERCIALI COME SITALL, PYROCERAM, SLAGCERAM**

# Smalti



# Formulazioni di laboratorio



- Buon ricoprimento trasparente
- Tono più scuro negli smalti con vetro pannello

## PROBLEMA

- Effetto cricche (minore nelle formulazioni con BP e BF ( $\alpha: 9-10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ))

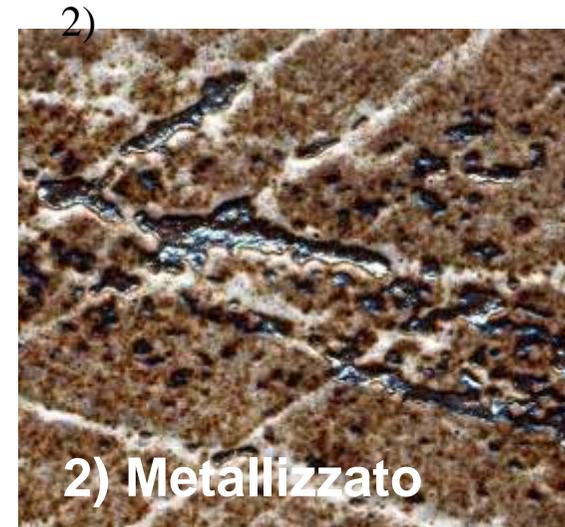
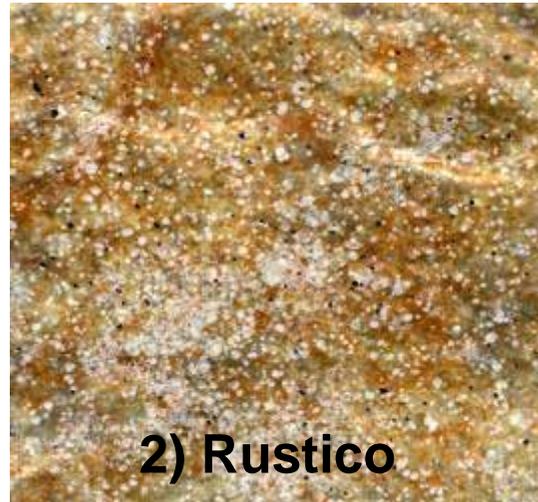
Composizione	Resistenza alle macchie
Enamel P	2
Enamel F	3
Enamel AP	1
Enamel AF	2
Enamel BP	1
Enamel BF	2
Enamel NBS	1

Riformulando è stato possibile evitare l'effetto delle cricche abbassando il coefficiente  $\alpha: 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e quindi migliorare la resistenza alla macchiabilità.

# Prototipi di smalti industriali

1) Monocottura bianca (1150 – 1180°C)

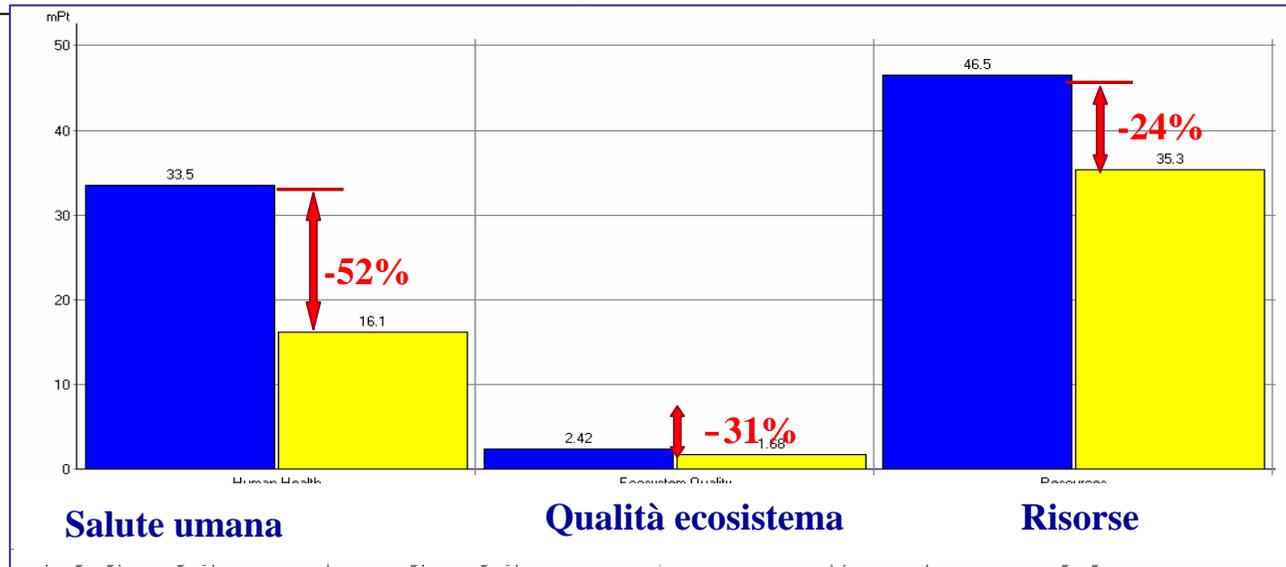
2) Gresporcellanato (1200 – 1250°C)



Il vetro CRT non modifica:

- 1) resistenza alla macchia
- 2) resistenza all'attacco acido/basico
- 3) resistenza all'abrasione

# LCA (Life Cycle Assessment)



■ Smalto standard (1 kg)

■ Smalto con CRT (1 kg)

**L'evitata produzione della fritta, sostituita da vetro CRT, comporta:**

<b>RISPARMIO</b>	<b>RIDUZIONE EMISSIONI</b>
materie prime	polveri
energia	CO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub>

# Apparecchiature di illuminazione



- L'illuminazione incide per il **19%** sui **consumi globali di energia elettrica** ed è responsabile dell'emissione di **1.325 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>**
- Le spese per l'illuminazione rappresentano, per una famiglia tipo, l'**8-10%** delle **spese totali di energia elettrica**
- **Italia, da settembre 2009\***: messa al bando delle lampadine ad incandescenza

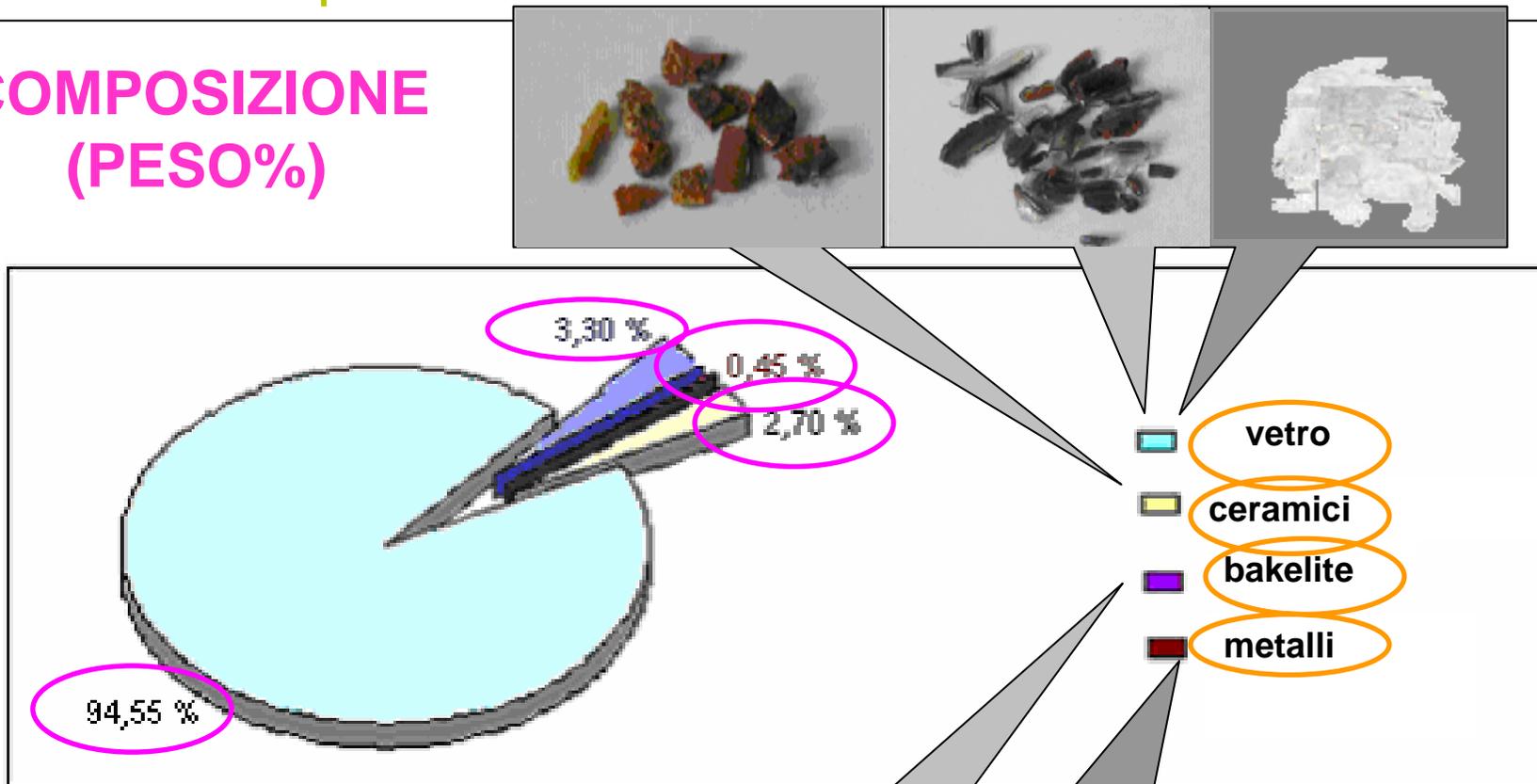
**\*Da Settembre 2009: trasparenti da 100 W e smerigliate di qualsiasi potenza;  
Da Settembre 2010: trasparenti da 75 W;  
Da Settembre 2011: trasparenti da 60 W;  
Da Settembre 2012: trasparenti di qualsiasi potenza.**

- Una lampadina tradizionale ad incandescenza dura mediamente **1.000 ore**. Una lampada a risparmio energetico dura invece in media **10.000 ore**
- Le lampadine a risparmio energetico abbattano i consumi di energia elettrica dell'**80%**
- Utilizzare **lampade a risparmio energetico** garantisce un risparmio medio a famiglia di **63 euro all'anno**
- Le lampade fluorescenti a risparmio energetico possono essere **riciclate per il 99%**

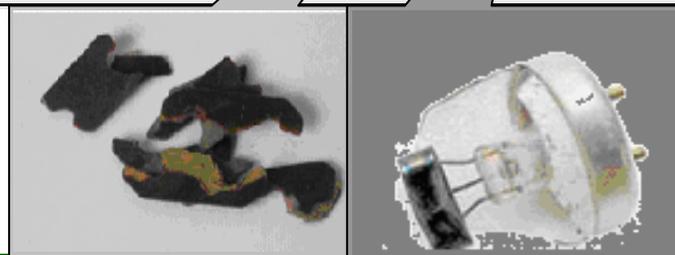


# Lampade fluorescenti a fine vita

## COMPOSIZIONE (PESO%)



Raccolta italiana: da 160 tonn nel 2008 a quasi un migliaio nel 2009



# Processo di bonifica lampade esauste

✗ NEL MONDO

✗ IN ITALIA

LAMPADA FLUORESCENTE  
CER: 20 01 21\*

TAGLIO TERMINALE  
(END CUT)

FRANTUMAZIONE  
(CRUSH & SIEVE)

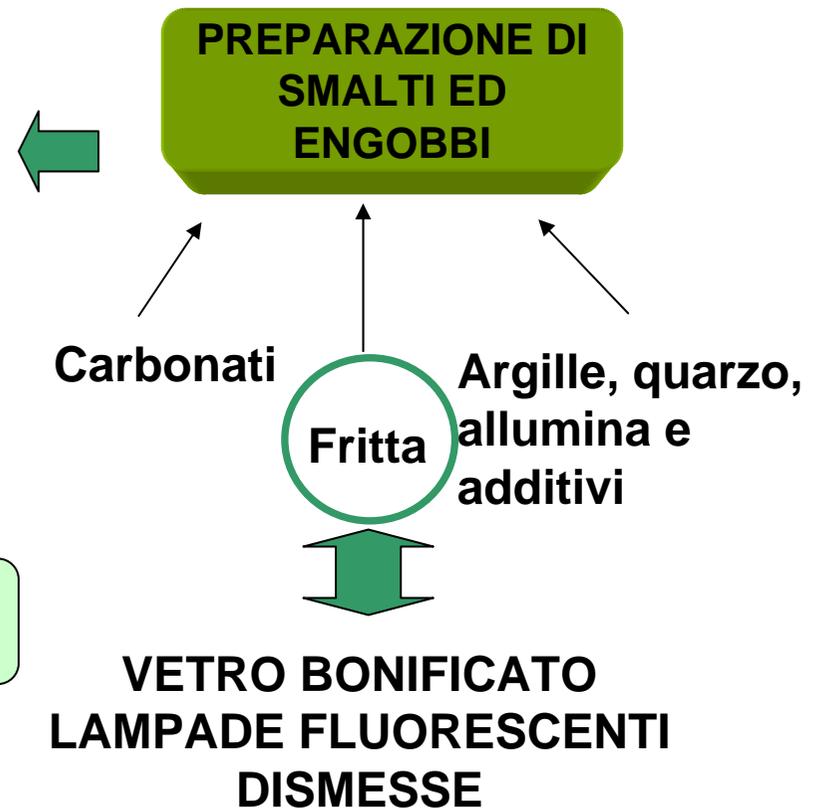
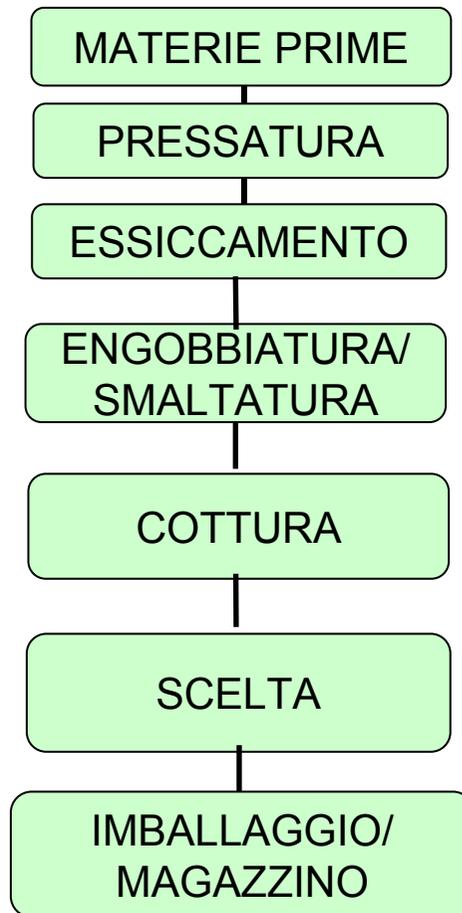
SEPARAZIONE POLVERI FLUORESCENTI

DISTILLAZIONE MERCURIO

VETRO BONIFICATO  
(CER: 19 12 05)



# Recupero in campo ceramico

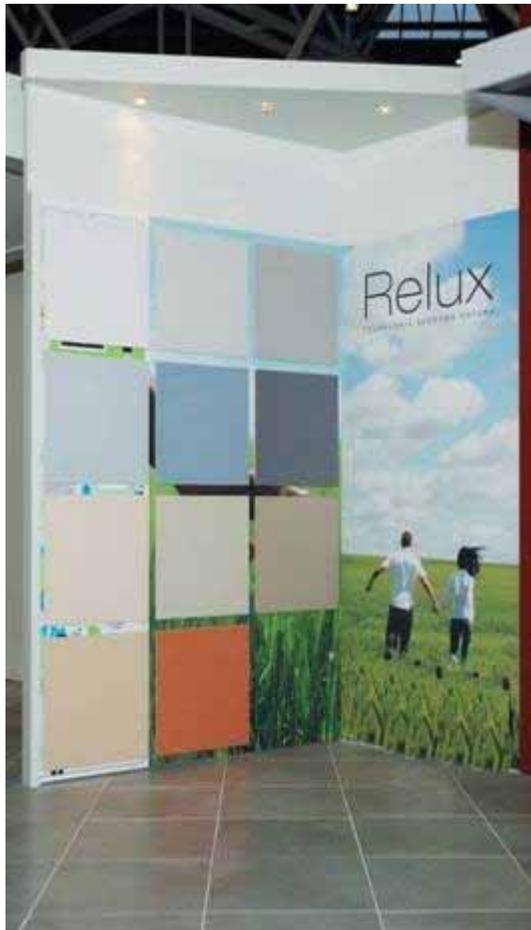


Riciclare il vetro comporta **risparmi e vantaggi** notevoli per tutti:

- **RISPARMIO DI RISORSE** → da **100 kg** di frammenti vetrosi si ricavano **100 kg** di prodotto nuovo ma servono **120 kg** di materie prime per produrre **100 kg** di vetro vergine.
- **RISPARMIO DI ENERGIA** → utilizzando frammenti vetrosi, si riduce la quantità di combustibile utilizzato nella fase di fusione, la temperatura necessaria e, quindi, anche la quantità di emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera.



# Applicazione su scala industriale



piastrella in gres porcellanato smaltato, certificata Ecolabel, producibile in diversi formati e spessori, contenente uno smalto composto dal 40% di vetro ad alte prestazioni tecniche di lampade fluorescenti bonificate, che unisce l'alta qualità del prodotto con un ridotto impatto ambientale



---

# Smalto commerciale: smalto cuoio

---



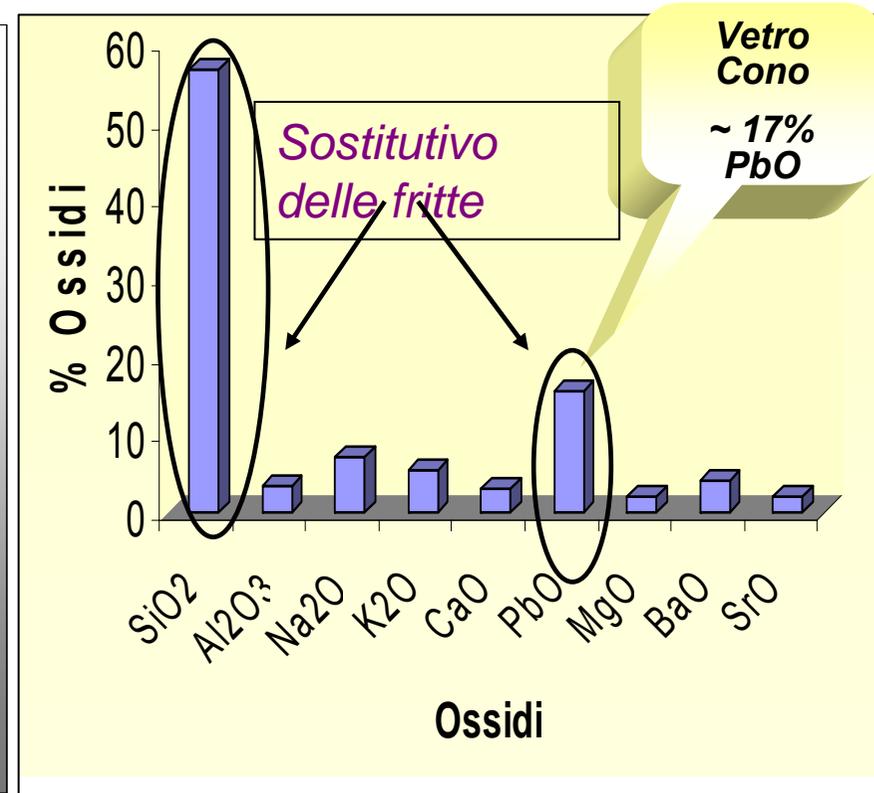
**3 fritte commerciali (Pb)**

**Olivina ( $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ )**

**Altre materie prime in  
ossidi**

***Piastrelle di Monocottura Bianca***

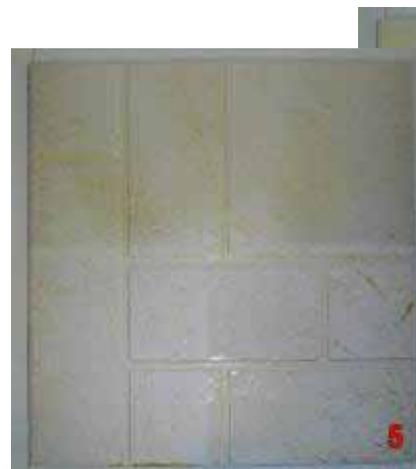
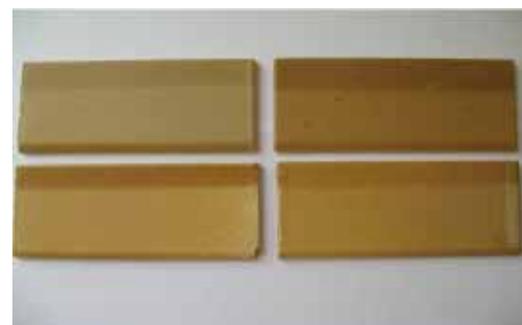
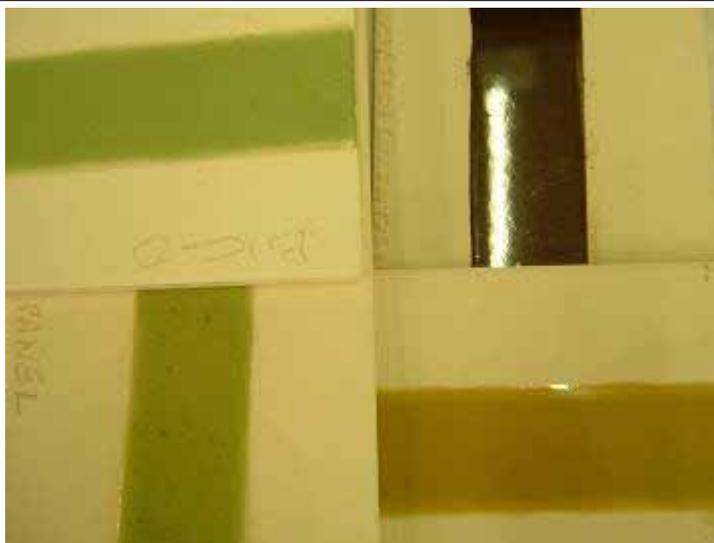
# Formulazione progettata



**Scorie da inceneritore pre trattate**

**Vetro cono bonificato**

# Esempi di prototipi semi-industriali



# Verifica ambientale

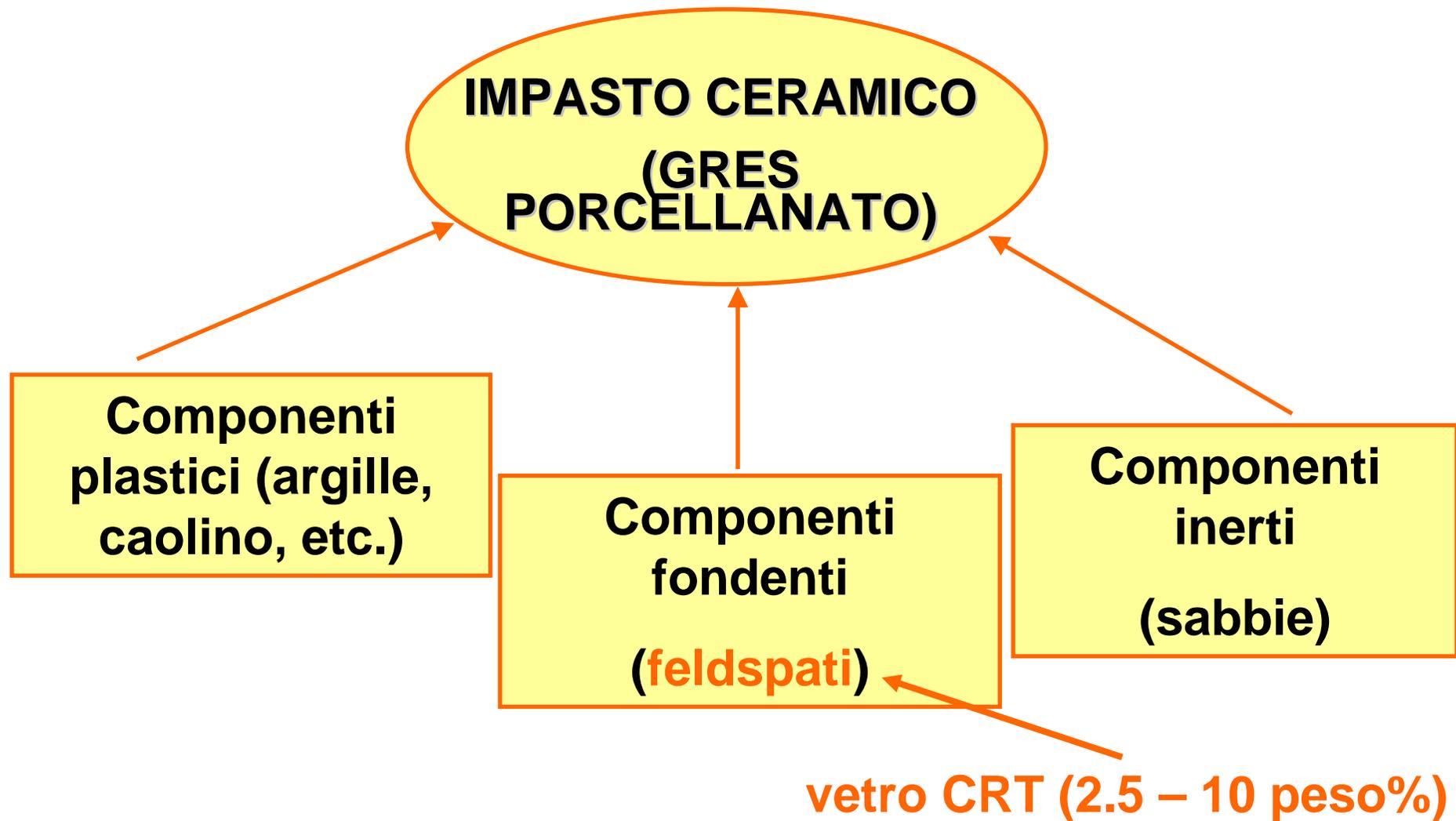
Test di Rilascio di Pb  
(sol. ac. acetico 4% v/v, 24 ore)

<b>Smalto</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>% Rilascio</b>
<b>STD</b>	<b>50.66</b>	<b>0.167</b>
A	0.68	0.013 (13)
B	1.51	0.033 (5)

**UNI EN ISO 10545.15**

*Le formulazioni di smalti A e B presentano un rilascio di Pb 5 e 13 volte inferiore rispetto alla composizione commerciale*

# Impasti



## COMPOSIZIONI MISCELE

Impasto	Argilla1	Argilla2	F-K	F-Na	S1	S2	Vetro
C0	25	15	8	35	10	7	---
C1	25	15	7.5	33	10	7	2.5
C2	25	15	7	31	10	7	5
C3	25	15	6	27	10	7	10

## PARAMETRI SINTERIZZAZIONE, PROPRIETÀ MECCANICHE, POROSITÀ TOTALE ( $P_T$ ), APERTA ( $P_A$ ) E CHIUSA ( $P_C$ )

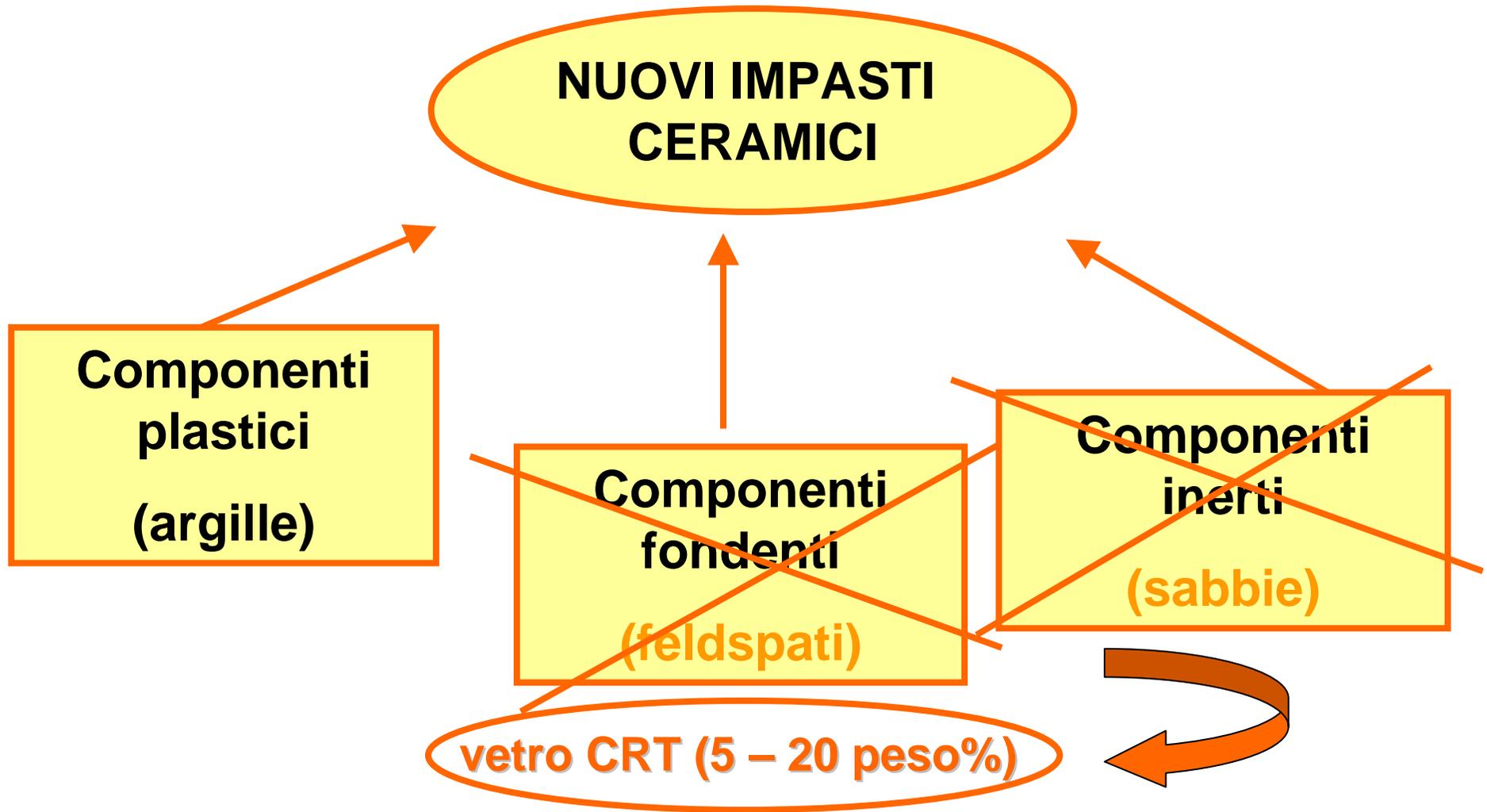
Campione (peso% vetro)	C0 (0.0)	C1 (2.5)	C2 (5.0)	C3 (10.0)
ritiro %	7.67	7.85	7.60	7.34
assorbimento acqua %	0.017	0.002	0.003	0.006
densità apparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.38	2.40	2.40	2.39
Modulo Young (GPa)	70.64	72.60	71.78	68.65
Modulo taglio (GPa)	29.5	30.22	29.7	28.45
Rapporto Poison ( $\mu$ )	0.19	0.20	0.20	0.21
$P_T$	6.02	4.92	4.99	5.36
$P_C$	4.67	4.28	4.26	4.51
$P_A$	1.35	0.64	0.73	0.85

tolleranza industriale

Ritiro %:  $\pm 0.5\%$

Assorbimento  
acqua %:  $\leq 0.05\%$

# Impasti



## COMPOSIZIONI MISCELE

MISCELA	VETRO	ARGILLA	SABBIA
1	5	95	/
2	10	90	/
3	15	85	/
4	20	80	/

MISCELA	MODULO ROTTURA (MPa)
1	80.70
2	60.71
3	55.45
4	43.71
PRODOTTO INDUSTRIALE	53.59

## PARAMETRI SINTERIZZAZIONE

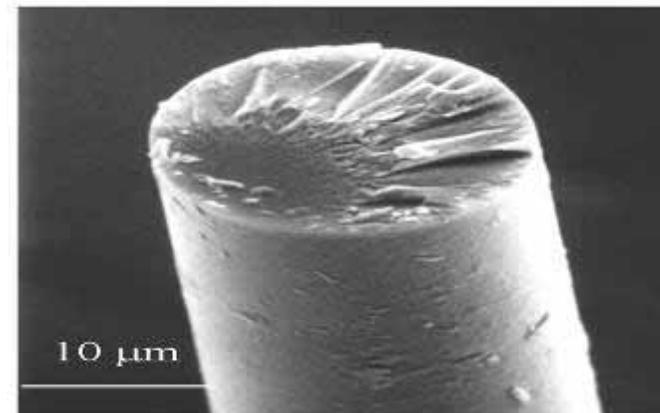
MISCELA	RITIRO LINEARE %	ASSORBIMENT O ACQUA %	POROSITA' % (porosimetro Hg)
1	9.11 ± 0.32	0.09 ± 0.01	5.98
2	9.11 ± 0.20	0.07 ± 0.01	3.79
3	7.81 ± 0.17	0.04 ± 0.01	3.32
4	5.52 ± 0.16	0.05 ± 0.01	4.01

*Valori industriali  
Bla prodotti*

*ritiro lineare %: 7.5-8.5  
assorbimento acqua %: ≤ 0.5  
modulo rottura: 54-55 MPa*

# Fibre continue per rinforzo

Campione	$\sigma$ (GPa)	E(GPa)	$\phi$ ( $\mu\text{m}$ )
Vetro industriale	0,69-5,5	60-90	10-15
Vetro schermo	1,32	72,4	15



Le fibre prodotte su scala di laboratorio possono essere paragonate sia come indice di filabilità, sia come proprietà meccaniche alle fibre continue commerciali

# UNIBO - UNIMORE (brevetto)

Vetro bonificato di lampade fluorescenti



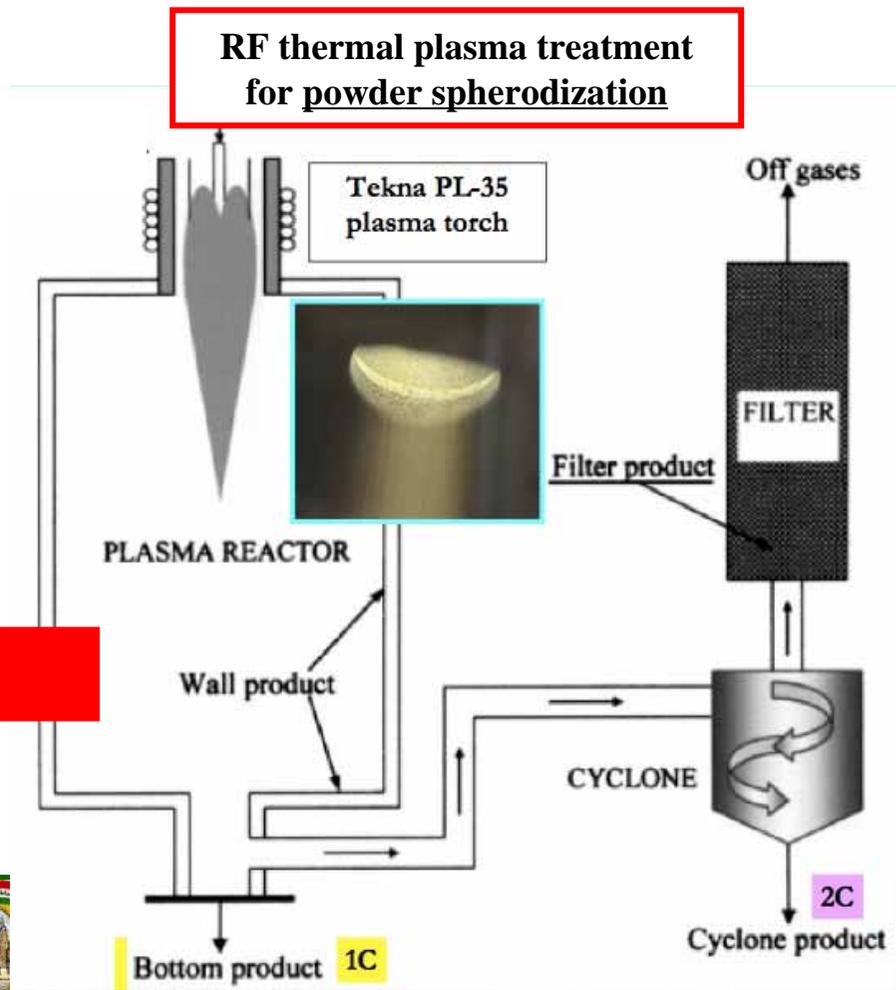
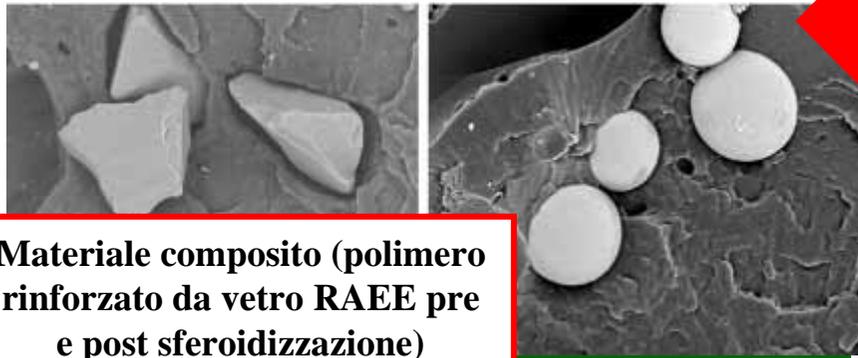
Plasma termico ad induzione: trattamento di vetro RAEE e suo utilizzo in materiali compositi

RF thermal plasma treatment for powder spherodization

Polveri di vetro RAEE pre e post sferoidizzazione



Materiale composito (polimero rinforzato da vetro RAEE pre e post sferoidizzazione)



---

# CONCLUSIONI

---

- 😊 **Riduzione estrazione materie prime**
- 😊 **Riduzione smaltimento rifiuti**
- 😊 **Riduzione inquinamento**
- 😊 **Riduzione consumi energetici**
- 😊 **Utilizzo materiali ecocompatibili e riciclati**
- 😊 **Maggior salvaguardia dei valori ambientali**

---

---

***GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE !!!***

[schivo@ecolamp.it](mailto:schivo@ecolamp.it)

[federico.magalini@ecoped.org](mailto:federico.magalini@ecoped.org)

[luisa.barbieri@unimore.it](mailto:luisa.barbieri@unimore.it)