

Materiale di supporto al toolkit:

Riciclo di moduli FV a base di silicio

Università di Milano – Bicocca
RM@School

Simona Binetti
Alessia Le Donne
Giorgio Tseberlidis
Stefania Riva
Lorenzo Mezzomo

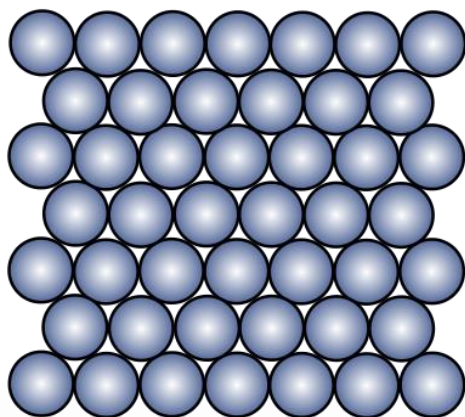
I pannelli fotovoltaici:



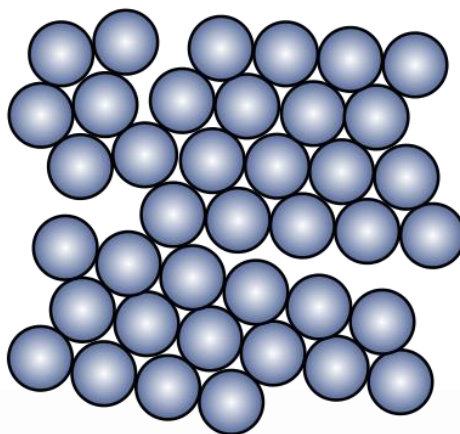
- Efficienza attorno al 20-22% (a seconda della tipologia).
- Vita media fino a 30 anni.
- Emissioni di CO₂ ripagate in 1-2 anni e investimento in massimo 10 anni.

I pannelli fotovoltaici:

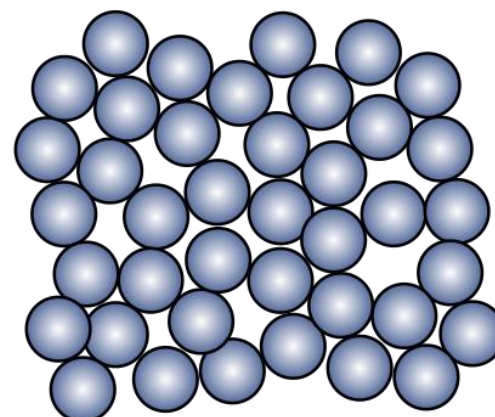
Monocrystalline



Polycrystalline



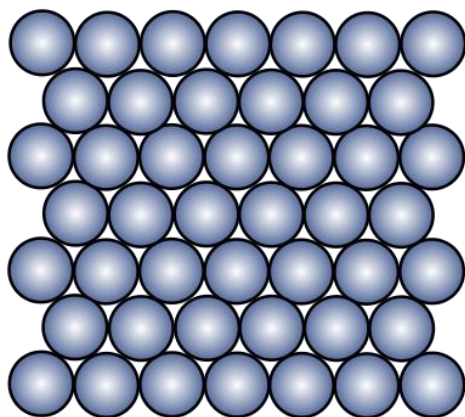
Amorphous



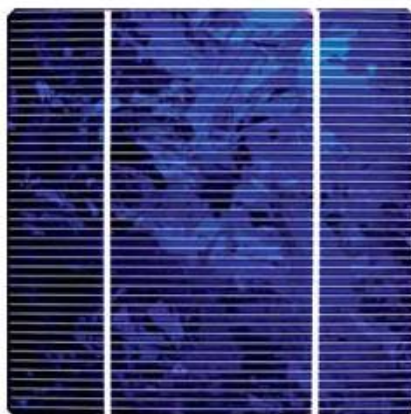
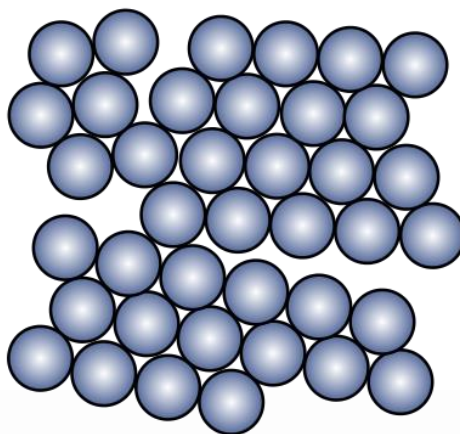
- Non esiste un solo tipo di cella solare al silicio!

I pannelli fotovoltaici:

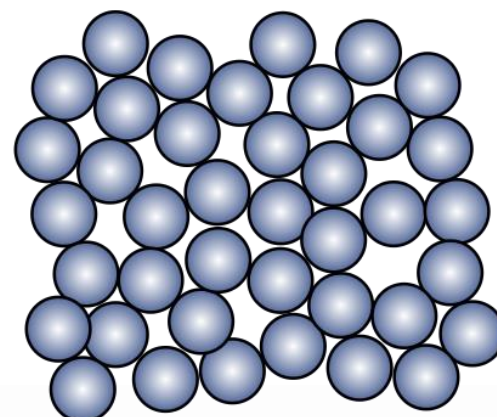
Monocrystalline



Polycrystalline



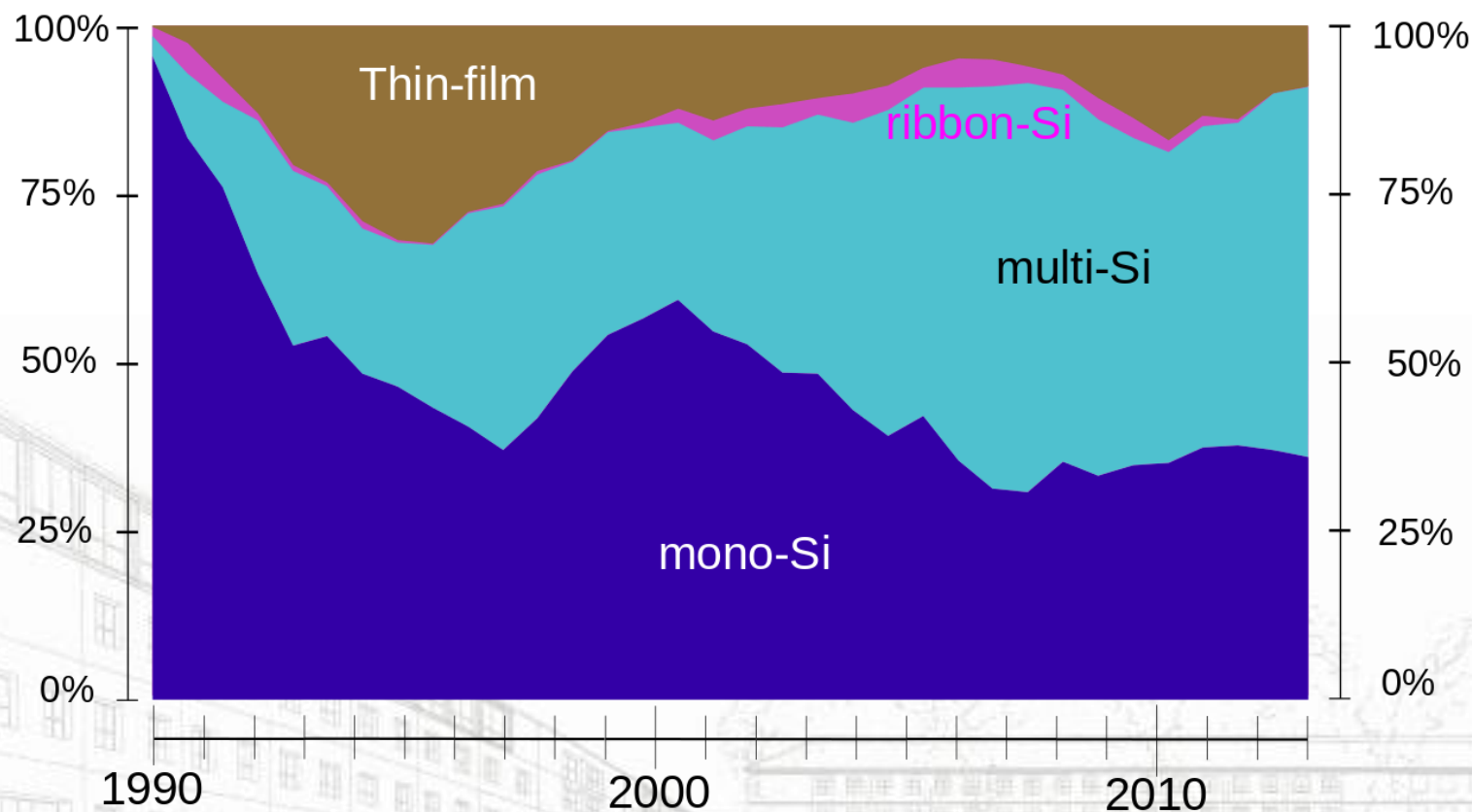
Amorphous



- Non esiste un solo tipo di cella solare al silicio!

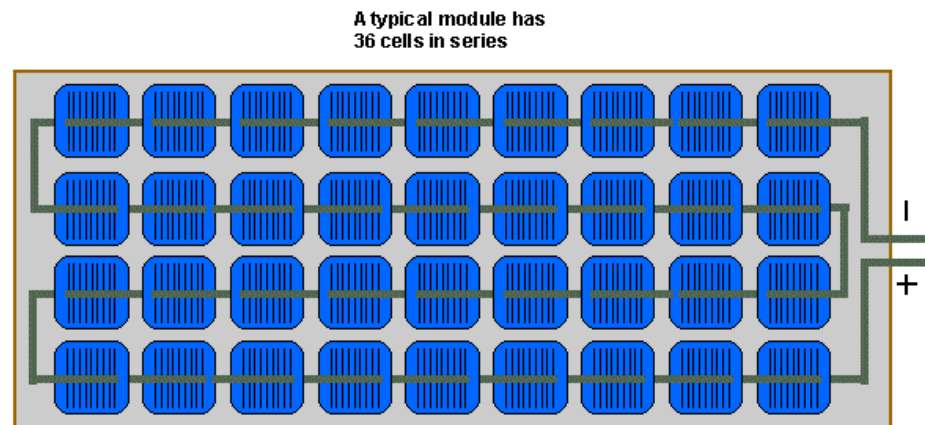
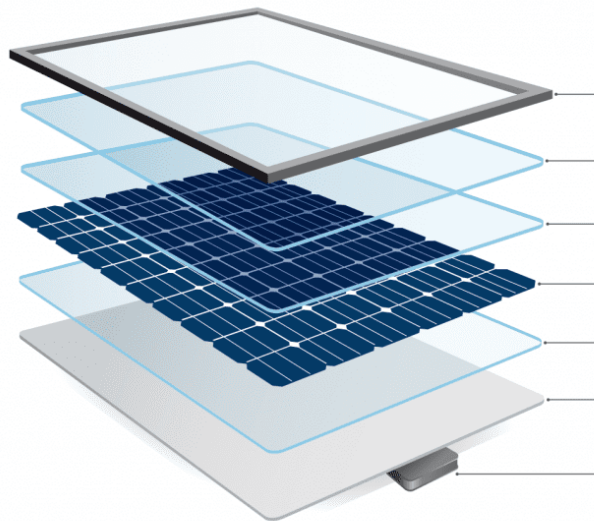
I pannelli fotovoltaici:

Global Market Share by PV Technology
from 1990 to 2013



- Non esiste un solo tipo di cella solare al silicio!

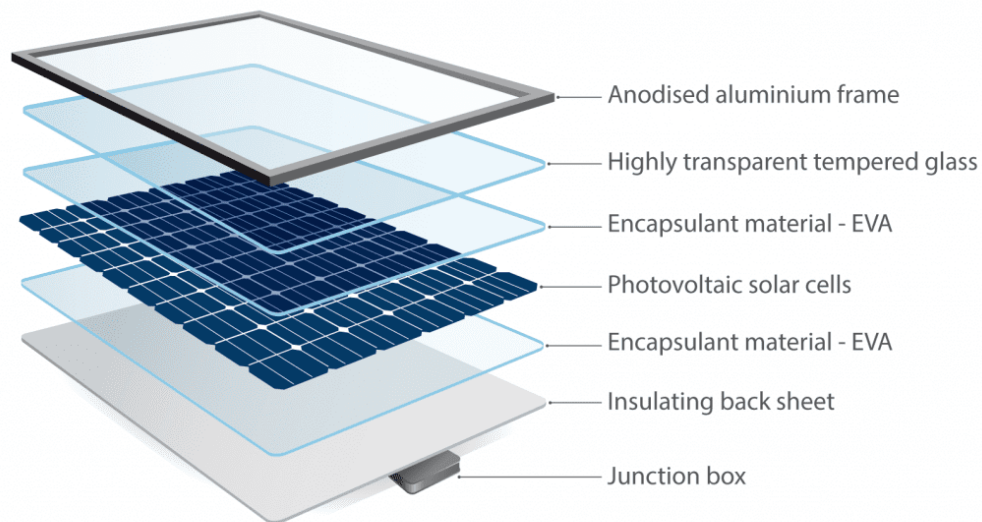
I pannelli fotovoltaici:



- Ma non solo Silicio:



I pannelli fotovoltaici:

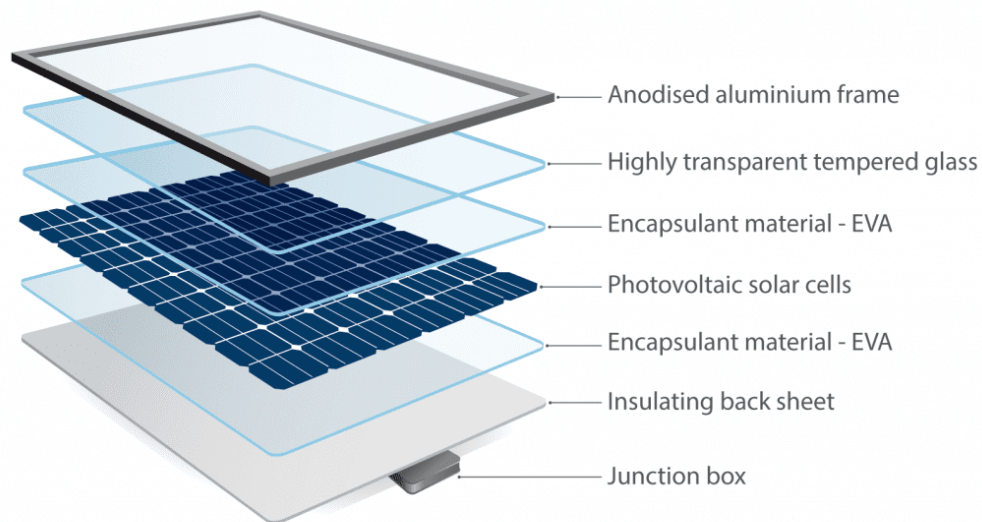


Panel component	Weight (kg)	Weight (%)	€ per kg	Value (€)	Value (%)
Glass	14.7	72.6%	0.05	0.74	5,8%
Aluminium	2.5	12.3%	1	2.5	20%
Silicon	0.61	3.0%	10	6.1	48%
Silver	0.0066	0.03%	500	3.3	26,2%
Other	2.44	12.2%	-	-	-
Total	20.3	100%		12.6	100%

- Ma non solo Silicio:

- Argento
- Alluminio
- Rame, ...

I pannelli fotovoltaici:



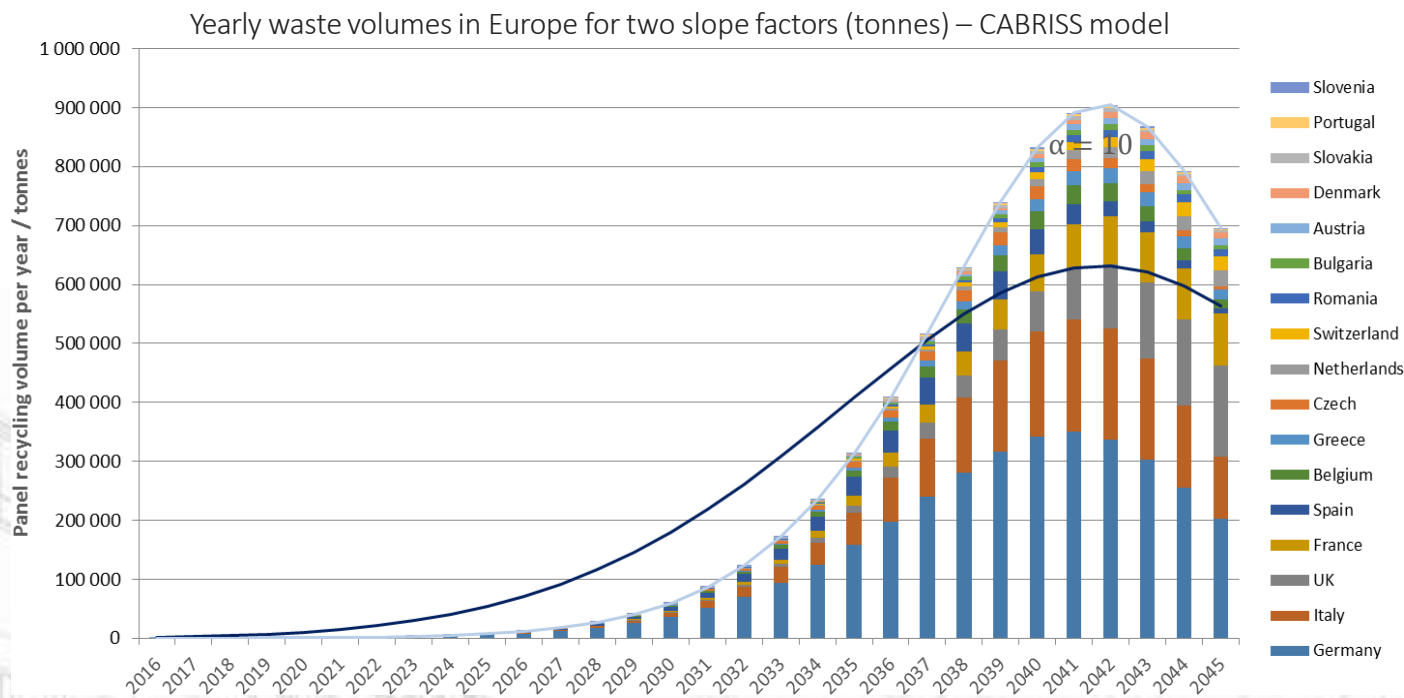
Panel component	Weight (kg)	Weight (%)	€ per kg	Value (€)	Value (%)
Glass	14.7	72.6%	0.05	0.74	5,8%
Aluminium	2.5	12.3%	1	2.5	20%
Silicon	0.61	3.0%	10	6.1	48%
Silver	0.0066	0.03%	500	3.3	26,2%
Other	2.44	12.2%	-	-	-
Total	20.3	100%		12.6	100%

- Ma non solo Silicio: **ELEMENTI CRITICI!**
 - Argento → **Il 56% dell'argento mondiale è usato per il fotovoltaico!**
 - Alluminio
 - Rame, ...



Problemi futuri:

Con la crescita delle installazioni, aumenterà anche il numero di pannelli solari che raggiunge la fase di fine vita (picco nel 2042).



- I pannelli FV sono inclusi nella nuova direttiva sui RAEE.
- Il riciclo dei rifiuti FV, CHE E' GIA' IN ATTO, è legalmente regolato solo in Europa.

Vale la pena?

Panel component	Weight / kg	% by weight	€ per kg	€	% value
Glass	14.7	72.6%	0.05	0.74	5,8%
Aluminium	2.5	12.3%	1	2.5	20%
Silicon	0.61	3.0%	10	6.1	48%
Silver	0.0066	0.03%	500	3.3	26,2%
Other	2.44	12.2%	-	-	-
Total	20.3	100%		12.6	100%

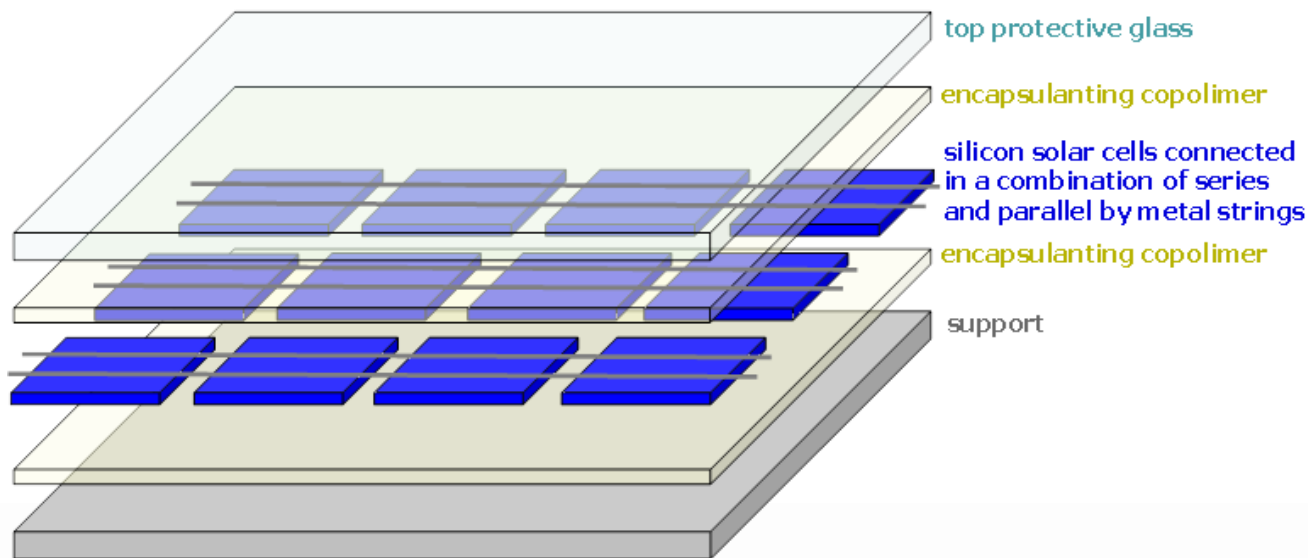
ECONOMICAMENTE SÌ!

- ✓ Entro il 2036 possono essere raccolte in Europa **1.210.000 tonnellate di rifiuti FV!**
- ✓ nel 2045 il valore cumulativo del mercato del Si riciclato sarebbe dell'ordine di **2.5 miliardi di euro** (<10 \$/kg), più altri **500 milioni di euro** all'anno dal riciclaggio di altri elementi (es: Ag, In).

AMBIENTALMENTE SÌ!

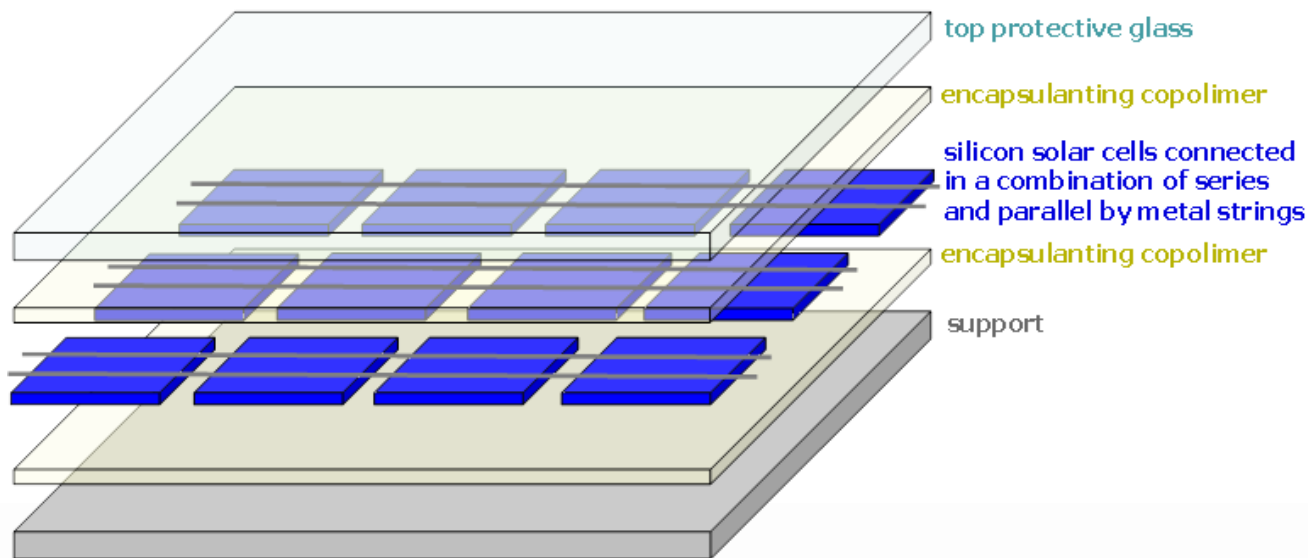
- ✓ L'impatto ambientale della produzione è **molto significativo**
- ✓ Le riserve di Ag e In sono in **rapido esaurimento**.

La tecnologia del riciclo



- Alluminio, vetri e silicio sono oggi riciclati principalmente con metodi termici, meccanici e chimici.
- I processi per il riciclo dei moduli fotovoltaici:
 - pre-smontaggio per la rimozione dei telai
 - eliminazione dell'incapsulante dalla struttura laminata (è il processo più difficile)
 - recupero dei metalli dalla cella in silicio.

La tecnologia del riciclo



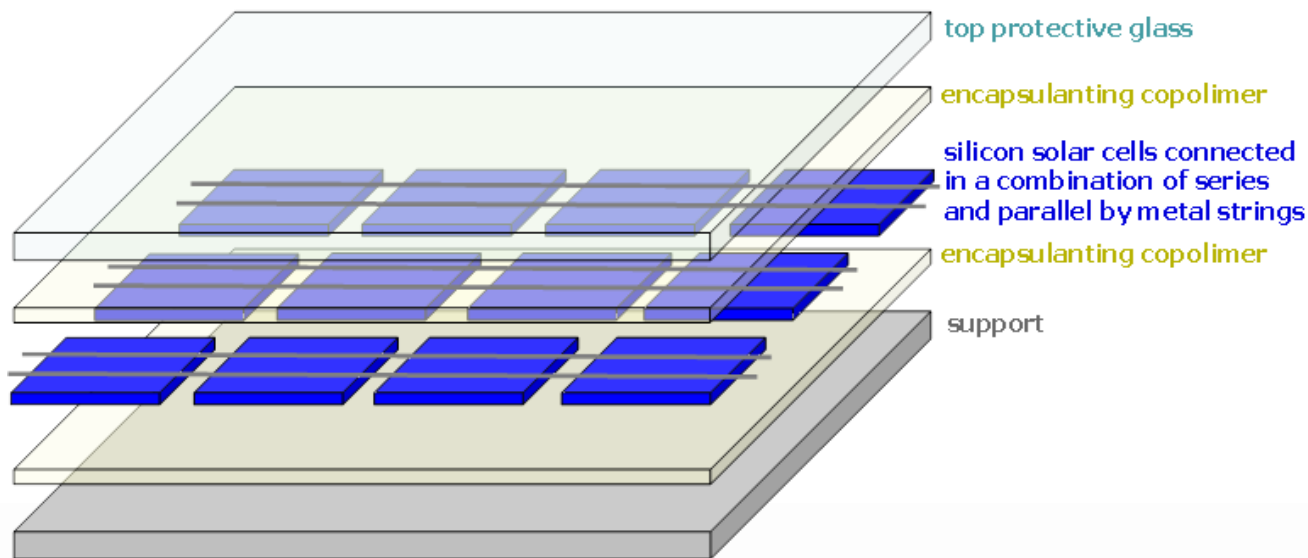
Per eliminare l'incapsulante dalle strutture laminate, è possibile utilizzare:

- APPROCCIO MECCANICO (taglio, frantumazione e macinazione): (NB: un processo meccanico consuma meno energia rispetto a un processo termico che coinvolge temperature fino a 450°C).

La tecnologia del riciclo



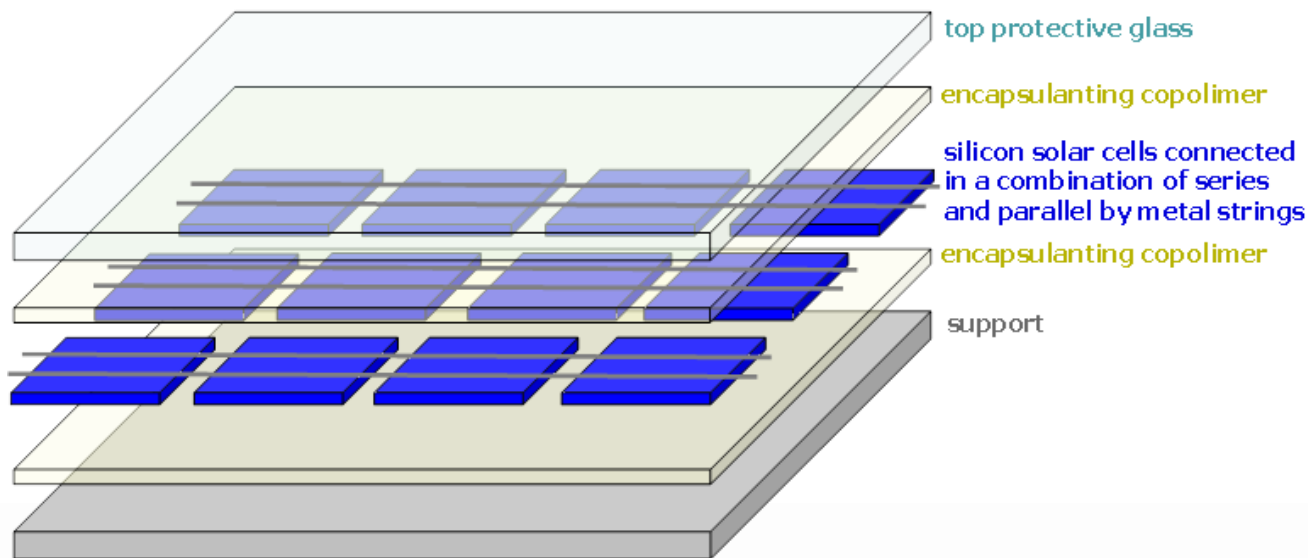
La tecnologia del riciclo



Per eliminare l'incapsulante dalle strutture laminate, è possibile utilizzare:

- **APPROCCIO TERMICO** (processo di combustione): i materiali recuperati sono vetro, celle in Si e elettrodi a nastro. I vetri e le celle di Si possono essere recuperati senza rotture, il che rappresenta il vantaggio di questo approccio.

La tecnologia del riciclo



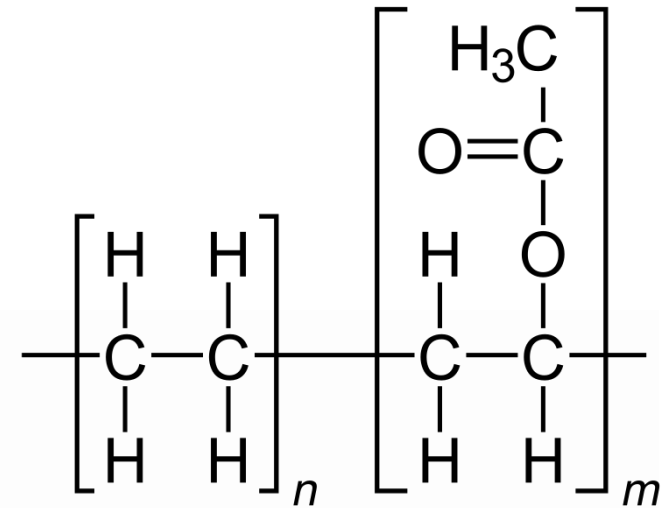
Per eliminare l'incapsulante dalle strutture laminate, è possibile utilizzare:

- **APPROCCIO TERMICO** (processo di combustione): i materiali recuperati sono vetro, celle in Si e elettrodi a nastro. I vetri e le celle di Si possono essere recuperati senza rotture, il che rappresenta il vantaggio di questo approccio.

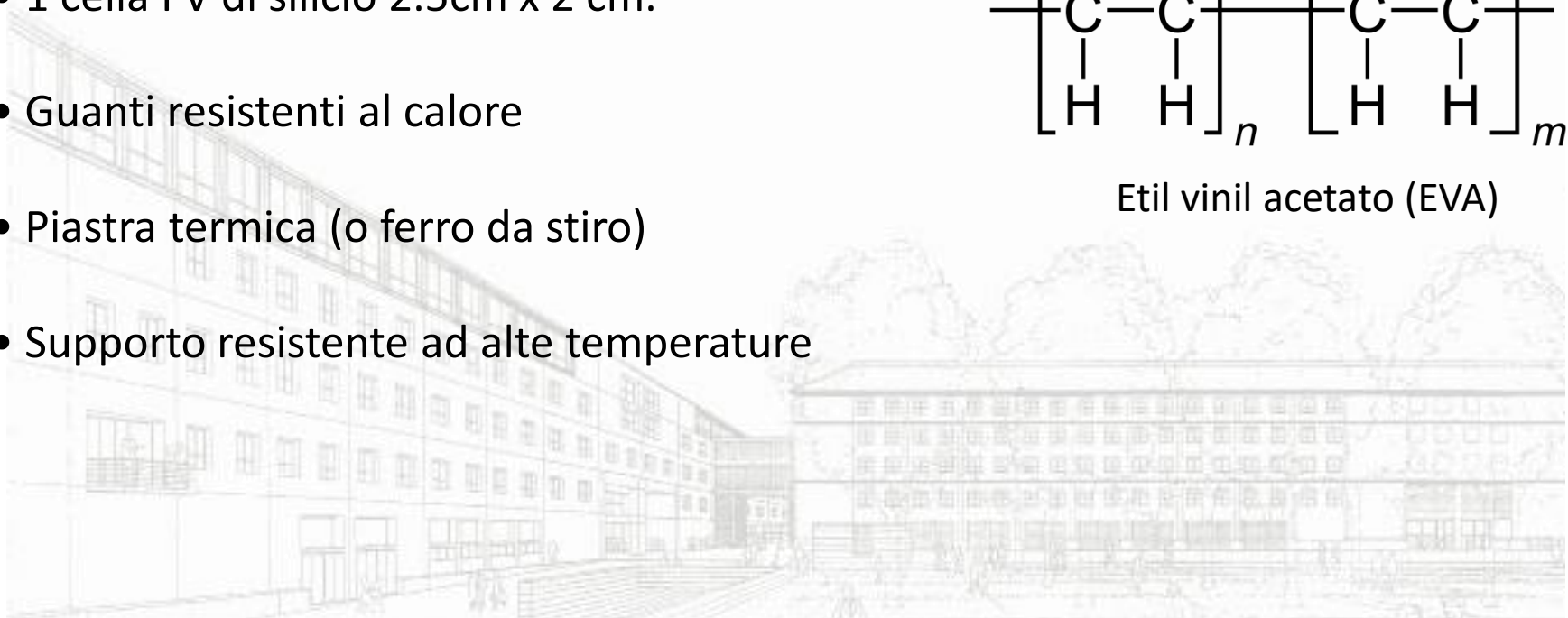
Esperimento:

ELENCO DEI MATERIALI:

- 2 lastre di vetro 5cm x 5cm.
- 2 fogli di EVA 3cm x 3cm.
- 1 cella FV di silicio 2.5cm x 2 cm.
- Guanti resistenti al calore
- Piastra termica (o ferro da stiro)
- Supporto resistente ad alte temperature



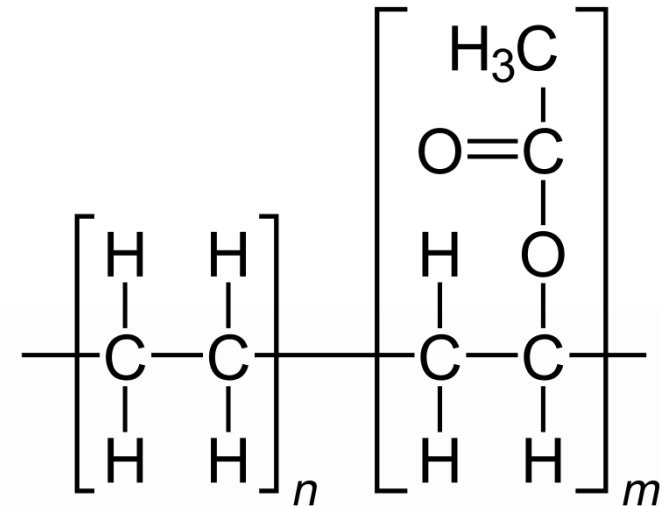
Etil vinil acetato (EVA)



Esperimento:

ELENCO DEI MATERIALI:

- 2 lastre di vetro 5cm x 5cm.
- 2 fogli di EVA 3cm x 3cm.
- 1 cella FV di silicio 2.5cm x 2 cm.
- Guanti resistenti al calore
- Piastra termica (o ferro da stiro)
- Supporto resistente ad alte temperature

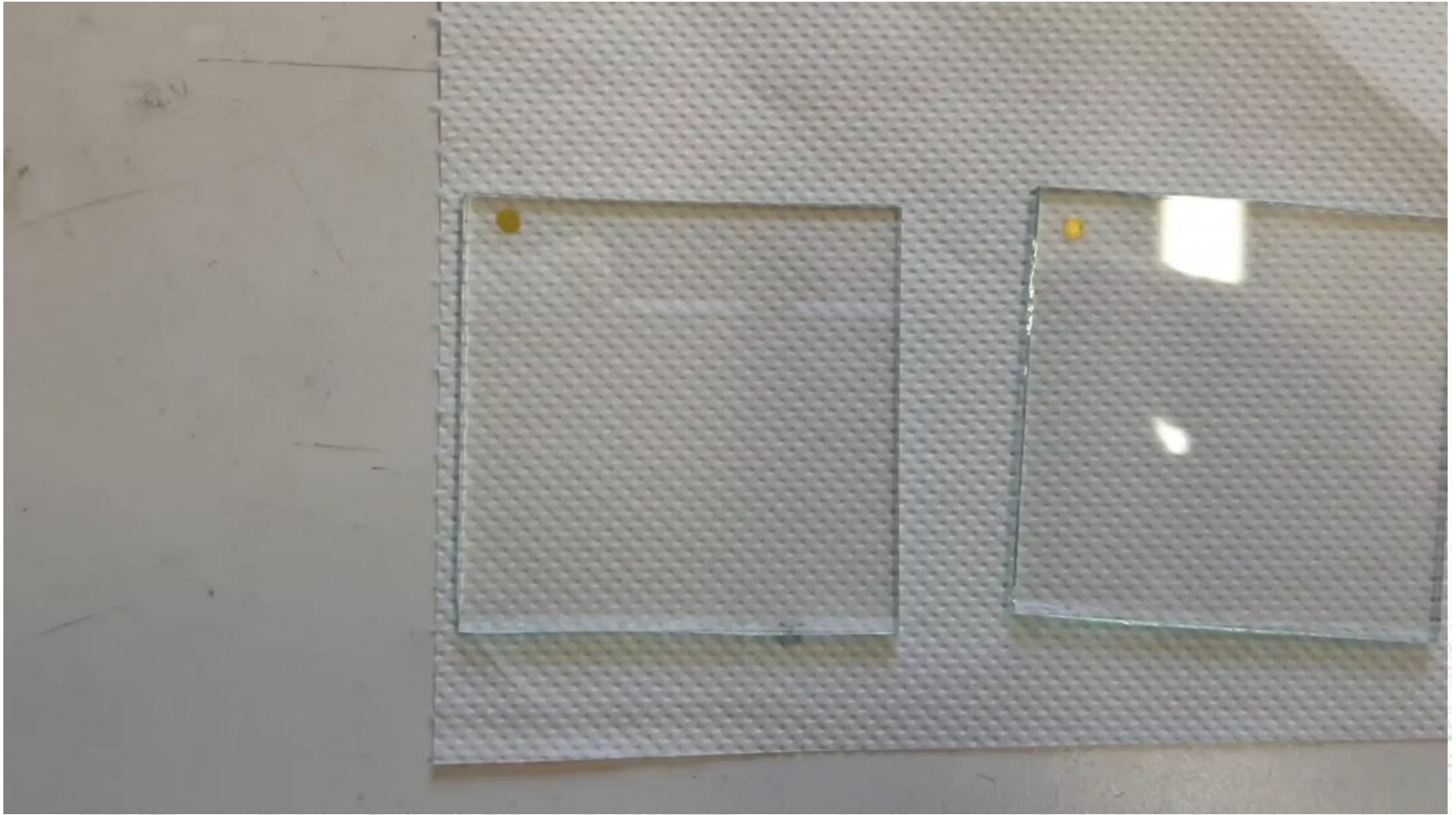


Etil vinil acetato (EVA)

POLIMERO



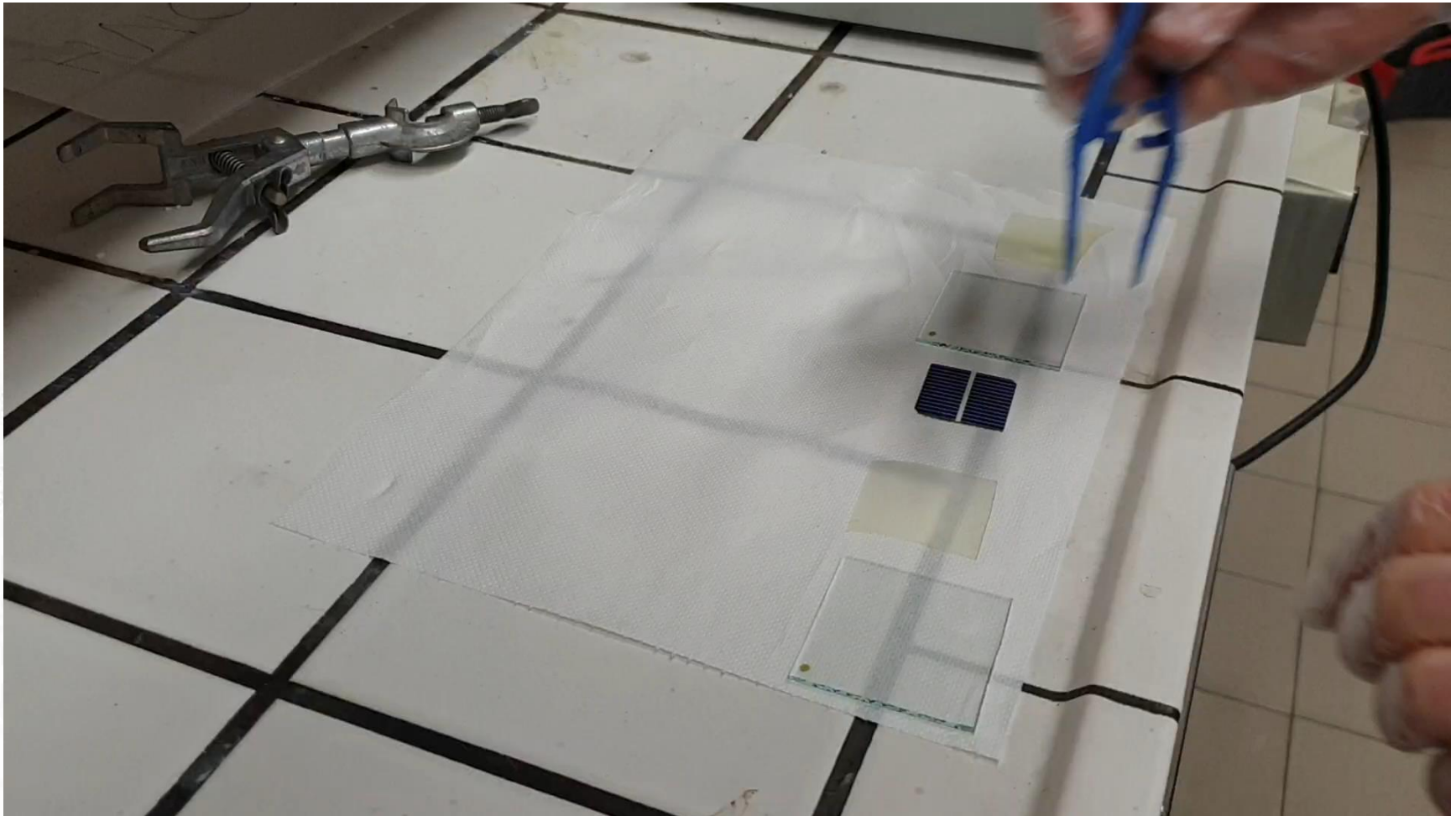
Esperimento:



Esperimento:



Esperimento:

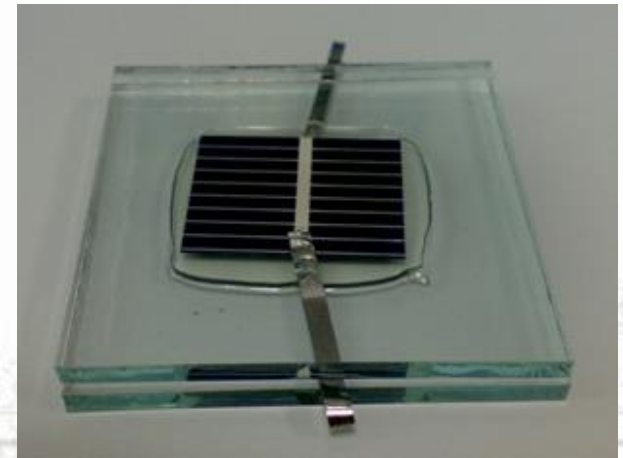
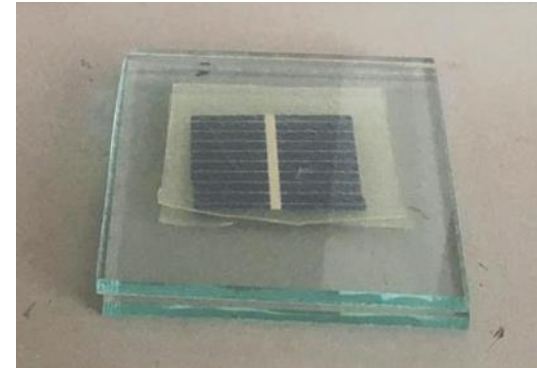


Esperimento:

ASSEMBLAGGIO DELLA CELLA:

La cella va sigillata in modo da evitare l'ingresso dell'acqua o il movimento degli elementi che la compongono.

Per fare ciò, il dispositivo viene scaldato a 150°C: a quella temperatura i fogli di EVA rammolliscono e polimerizzano, andando a connettere fisicamente tutti gli elementi



Esperimento:



Esperimento:



Esperimento:



Esperimento:

SMONTAGGIO DELLA CELLA:

Scaldando ad alte temperature (250°C in laboratorio, 450°C in industria) il polimero EVA rammollisce ulteriormente e permette la separazione dei vari componenti

Risulta quindi possibile recuperare i materiali ancora intatti e destinarli a nuova vita!



Esperimento:



