

# LIFE CYCLE ASSESSMENT DI UN TRASFORMATORE DI POTENZA

**Laura Corsini**

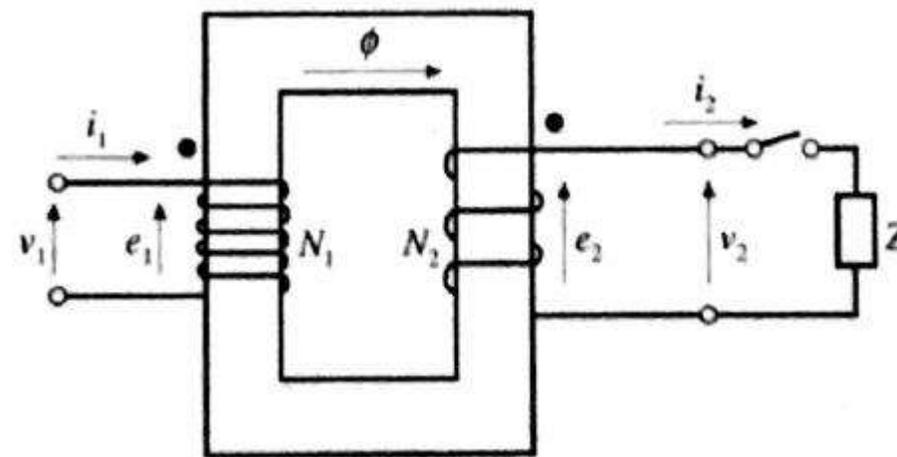
# Elettromeccanica Tironi Srl

- ▶ Fondata nel 1960 a **MODENA**, diventa una società di capitali nel 1974;
- ▶ L'obiettivo aziendale è quello di produrre **TRASFORMATORI** e **REATTORI** di grande qualità e affidabilità ponendo attenzione alla sostenibilità ambientale dei suoi prodotti;
- ▶ Certificata **ISO 14001**;
- ▶ Ricerca di **NUOVE SOLUZIONI ECOSOSTENIBILI** in linea con la ricerca scientifica europea.



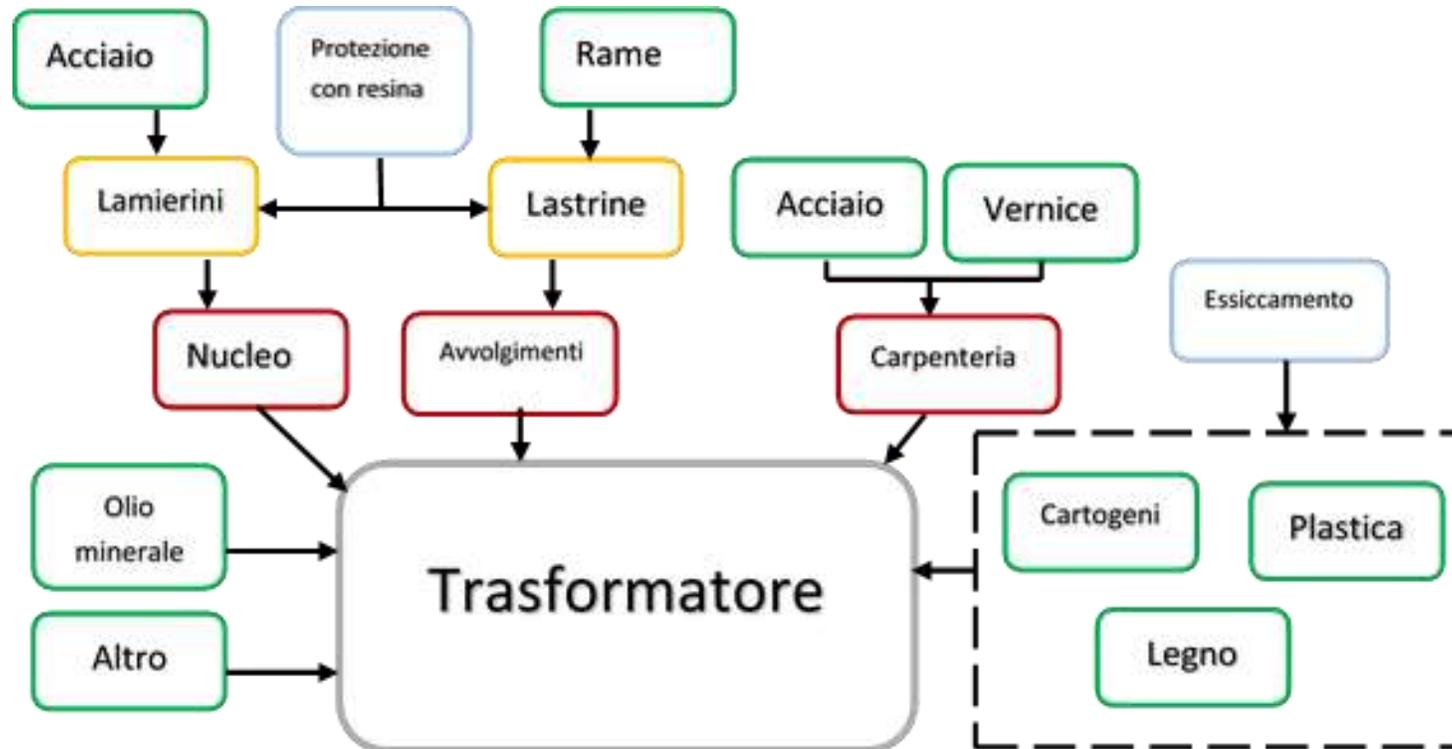
# Il trasformatore di potenza

- ▶ È la macchina elettrica più utilizzata nella distribuzione e trasmissione della corrente alternata;
- ▶ È composto da un **NUCLEO FERROMAGNETICO** a cui sono avvolte delle spire di **RAME Elettrolitico**;
- ▶ È governato dalla **LEGGE P=VI**, per cui, a parità di potenza, tanto è maggiore uno dei fattori, tanto è minore l'altro.

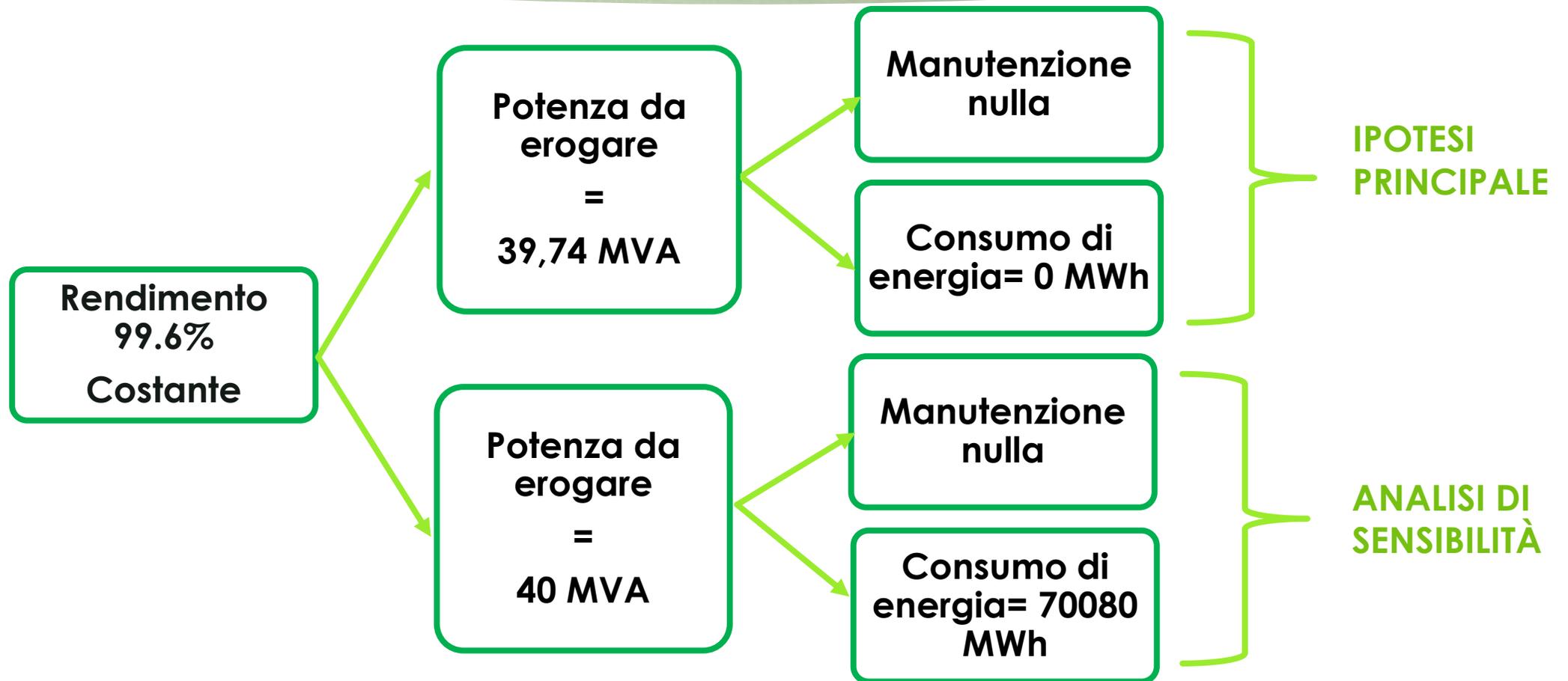


# La produzione di un trasformatore

- Unità funzionale: un **TRASFORMATORE DI POTENZA** da **40 MVA** durante i **50 ANNI** di esercizio;

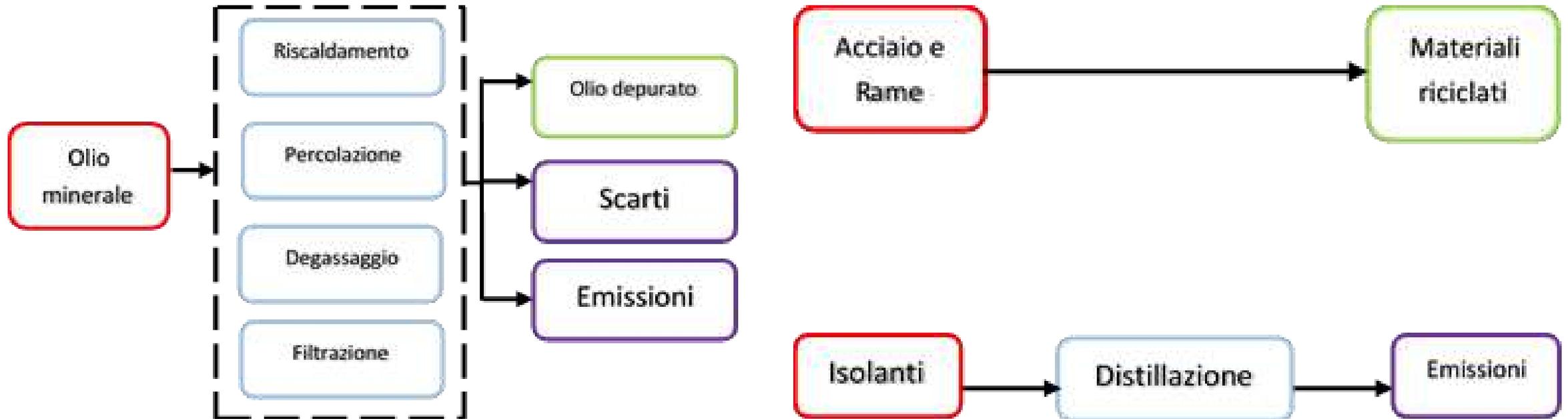


# L'uso di un trasformatore



# Il fine vita di un trasformatore

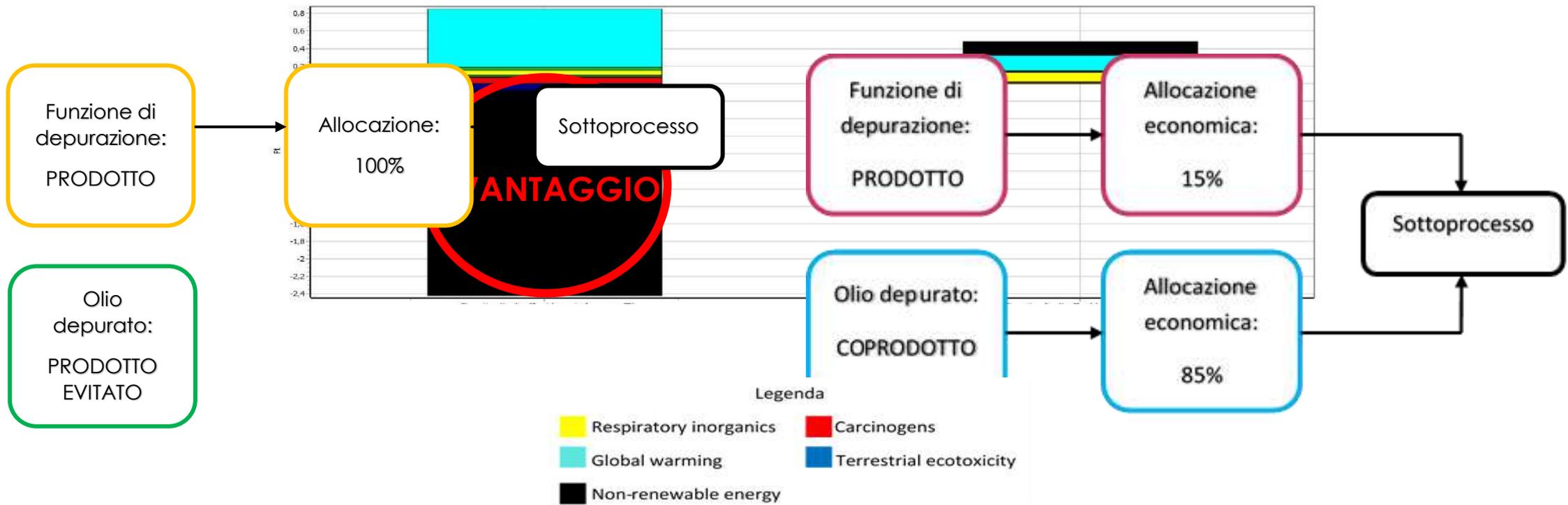
Il fine vita del trasformatore prevedere **TRE DIVERSI TIPI DI FINE VITA**:



# Processo di depolarizzazione dell'olio minerale: confronto tra modello multi-output e con espansione del sistema

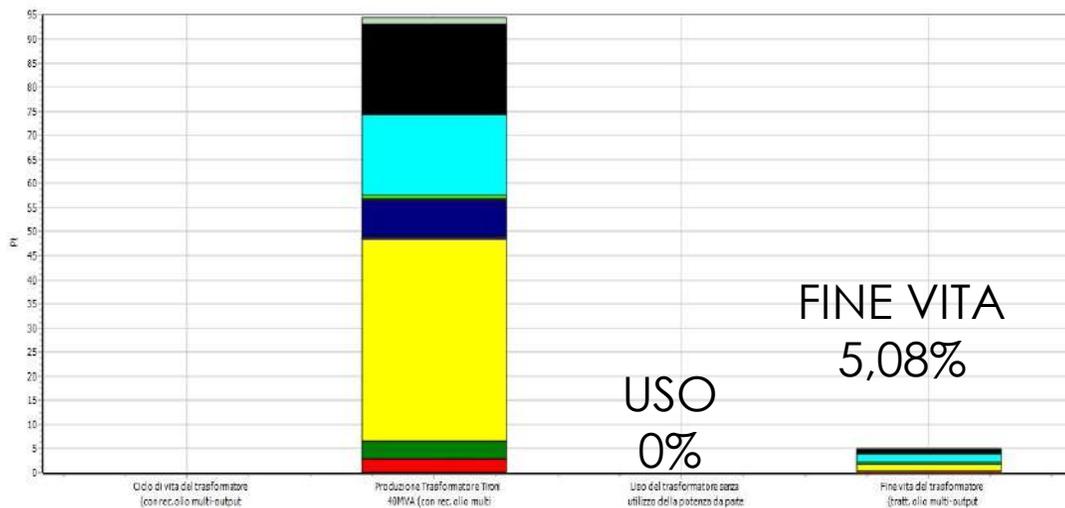
## ► MODELLO CON ESPANSIONE DEL SISTEMA

## ► MODELLO MULTI-OUTPUT

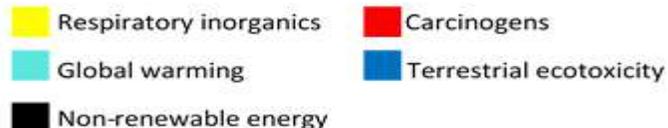


# Ciclo di vita del TR: modello multi-output

PRODUZIONE  
94,92%



Legenda



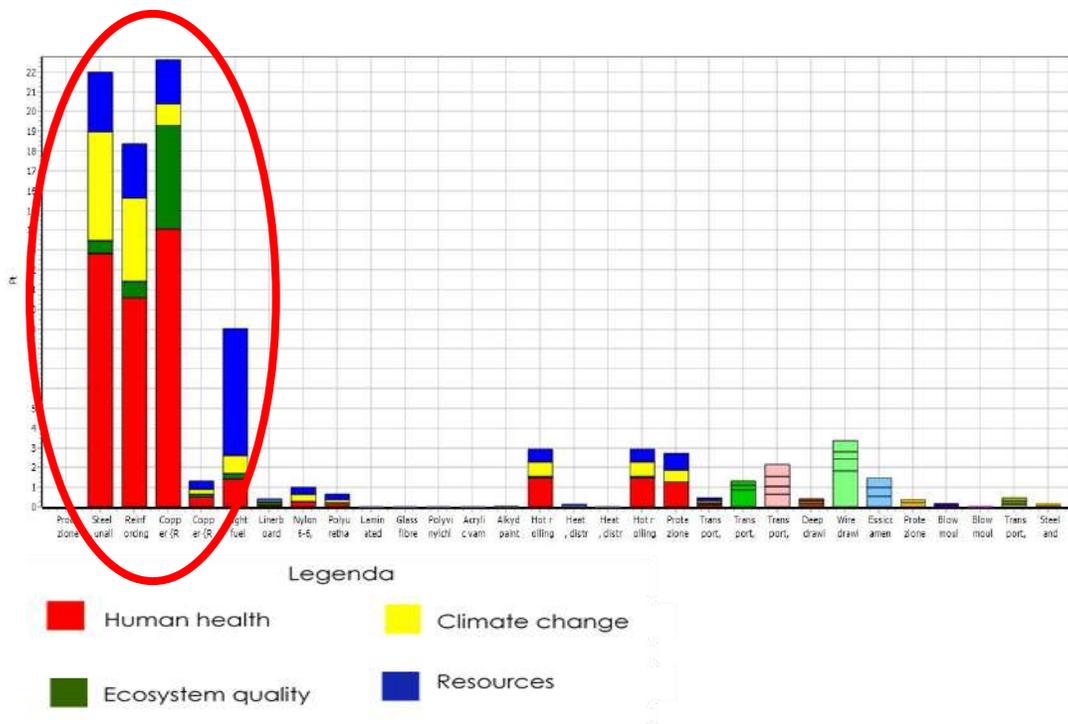
**DANNO TOTALE: 99.541 Punti**

Categoria di danno	%	Categoria di impatto
Human health	50,72	Respiratory inorganics
Resources	21,38	Non-renewable energy
Climate change	18,58	Global warming
Ecosystem quality	9,26	Terrestrial ecotoxicity

# Ciclo di vita del TR: modello multi-output

Materiale	Produzione		Fine vita		Ciclo di vita	
	Punti	%	Punti	%	Punti	%
	94,488	100,00	5,053	100	99,541	100
<b>Acciaio del nucleo</b>	<b>46,49076</b>	<b>49,203</b>	<b>0,782</b>	<b>15,476</b>	<b>47,27276</b>	<b>47,491</b>
Produzione acciaio	33,3	35,243		0,000	33,3	33,454
Lavorazioni sul nucleo	13,19076	13,960		0,000	13,19076	13,252
<b>Acciaio della carpenteria</b>	<b>18,6</b>	<b>19,685</b>	<b>0,676</b>	<b>13,378</b>	<b>19,276</b>	<b>19,365</b>
<b>Rame primario</b>	<b>26,19315</b>	<b>27,721</b>	<b>0,221</b>	<b>4,374</b>	<b>26,41415</b>	<b>26,536</b>
Produzione rame primario	22,7	24,024		0,000	22,7	22,805
Lavorazioni sul rame primario	3,49315	3,697		0,000	3,49315	3,509
<b>Rame secondario</b>	<b>1,67385</b>	<b>1,771</b>	<b>0,0116</b>	<b>0,230</b>	<b>1,68545</b>	<b>1,693</b>
Produzione rame secondario	1,49	1,577		0,000	1,49	1,497
Lavorazioni sul rame secondario	0,18385	0,195		0,000	0,18385	0,185
<b>Olio minerale</b>	<b>9,02</b>	<b>9,546</b>	<b>0,806</b>	<b>15,951</b>	<b>9,826</b>	<b>9,871</b>
<b>Isolanti</b>	<b>1,903958</b>	<b>2,015</b>	<b>2,0717</b>	<b>40,999</b>	<b>3,975658</b>	<b>3,994</b>
<b>Nylon</b>	<b>1,03</b>	<b>1,090</b>	<b>0,283</b>	<b>5,601</b>	<b>1,313</b>	<b>1,319</b>
<b>Poliuretano</b>	<b>0,789</b>	<b>0,835</b>	<b>0,206</b>	<b>4,077</b>	<b>0,995</b>	<b>1,000</b>
<b>Vernice acrilica</b>	<b>0,0222</b>	<b>0,023</b>	<b>0</b>	<b>0,000</b>	<b>0,0222</b>	<b>0,022</b>
<b>Vernice alchidica</b>	<b>0,0546</b>	<b>0,058</b>	<b>0</b>	<b>0,000</b>	<b>0,0546</b>	<b>0,055</b>
<b>Fibre di vetro</b>	<b>0,0131</b>	<b>0,014</b>	<b>0</b>	<b>0,000</b>	<b>0,0131</b>	<b>0,013</b>

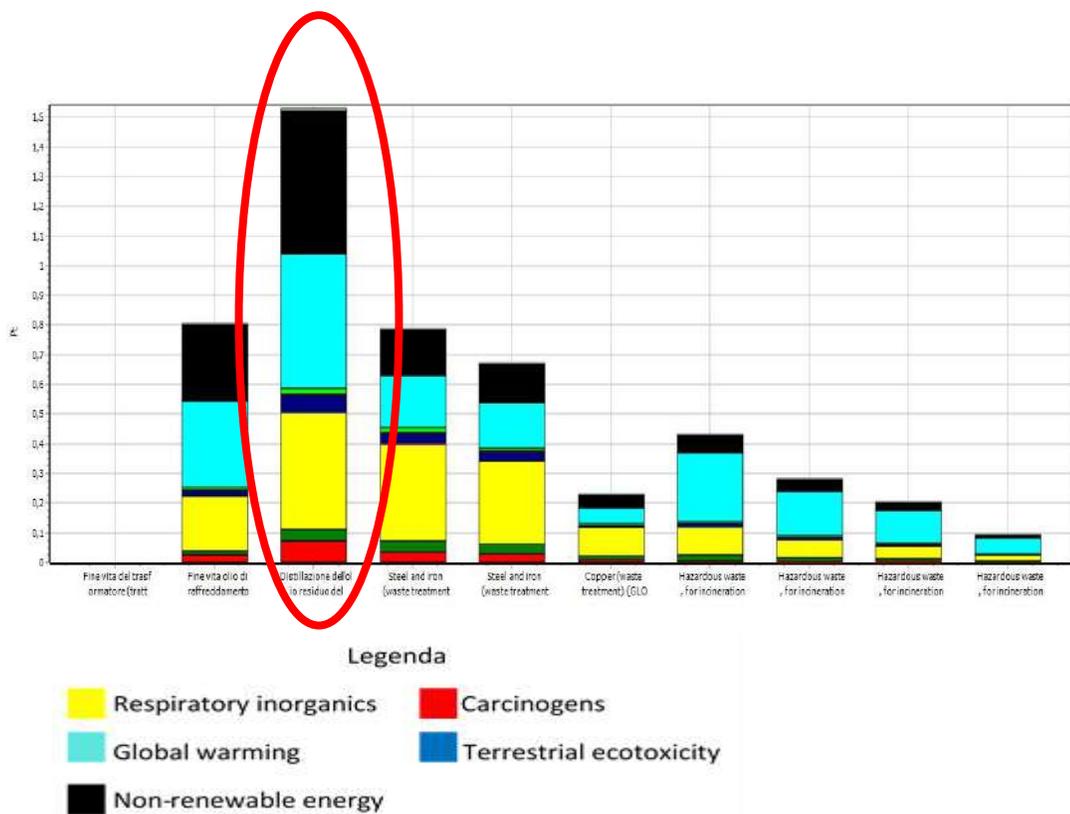
# Produzione del TR: modello multi-output



Categoria di danno	%	Categoria di impatto	Causa principale	Processo
Human health	51,46	Respiratory inorganics	Particulates <2,5 µm	Prod. Rame
Resources	21,29	Non-renewable energy	Oil, crude	Prod. Olio minerale
Climate change	17,77	Global warming	Carbon dioxide, fossil	Prod. Acciaio
Ecosystem quality	9,47	Terrestrial ecotoxicity	Aluminium	Prod. Rame

**DANNO TOTALE: 94.488 Punti**

# Fine vita del TR: modello multi-output



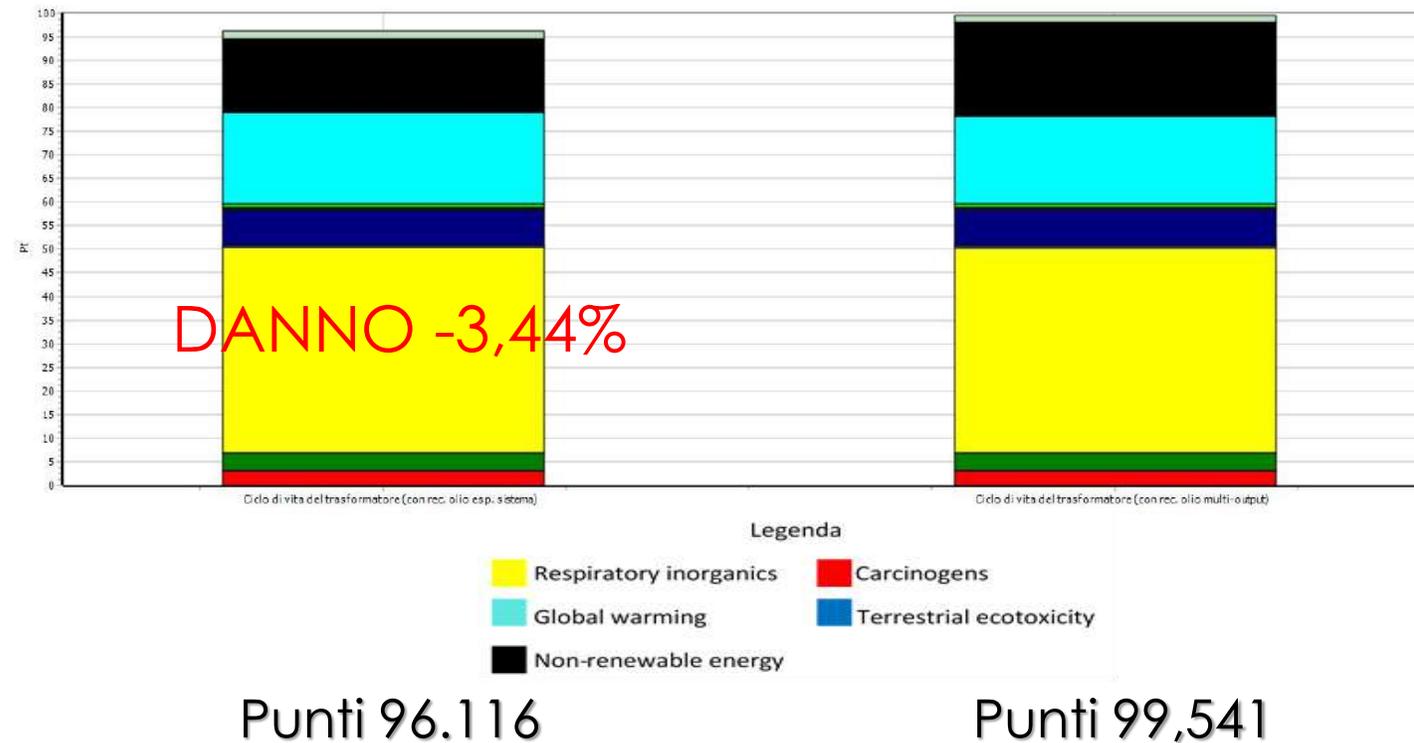
**DANNO TOTALE: 5.053 Punti**

Categoria di danno	%	Categoria di impatto
Human health	37,02	Respiratory inorganics
Climate change	32,8	Global warming
Resources	24,79	Non-renewable energy
Ecosystem quality	5,39	Terrestrial ecotoxicity

# Confronto ciclo di vita con diversa modellizzazione

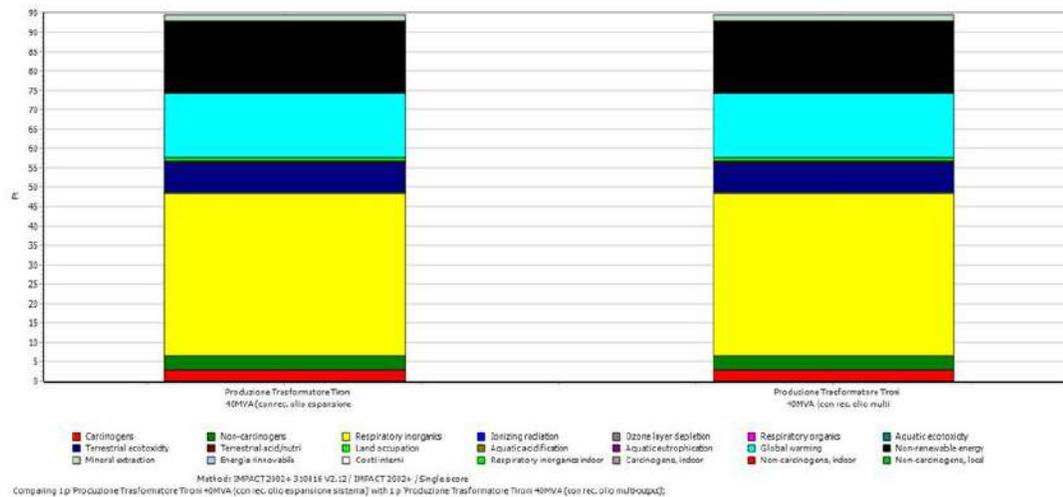
► MODELLO CON ESPANSIONE DEL SISTEMA

► MODELLO MULTI-OUTPUT



# Confronto della produzione e del fine vita con diversa modellizzazione

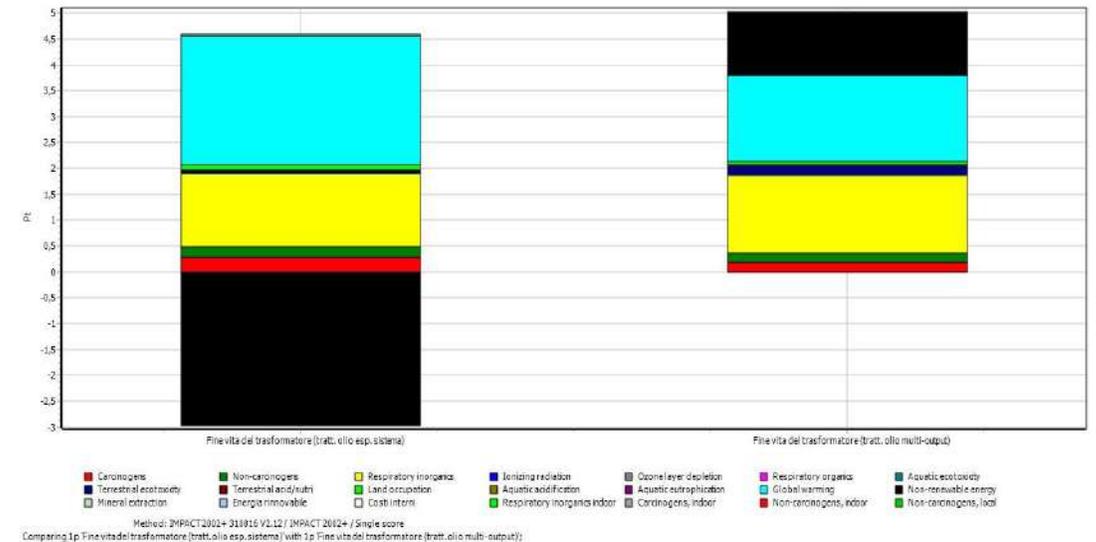
## ► CONFRONTO DELLA PRODUZIONE DEL TRASFORMATORE



94.488 Punti

94.488 Punti

## ► CONFRONTO DEL FINE VITA DEL TRASFORMATORE



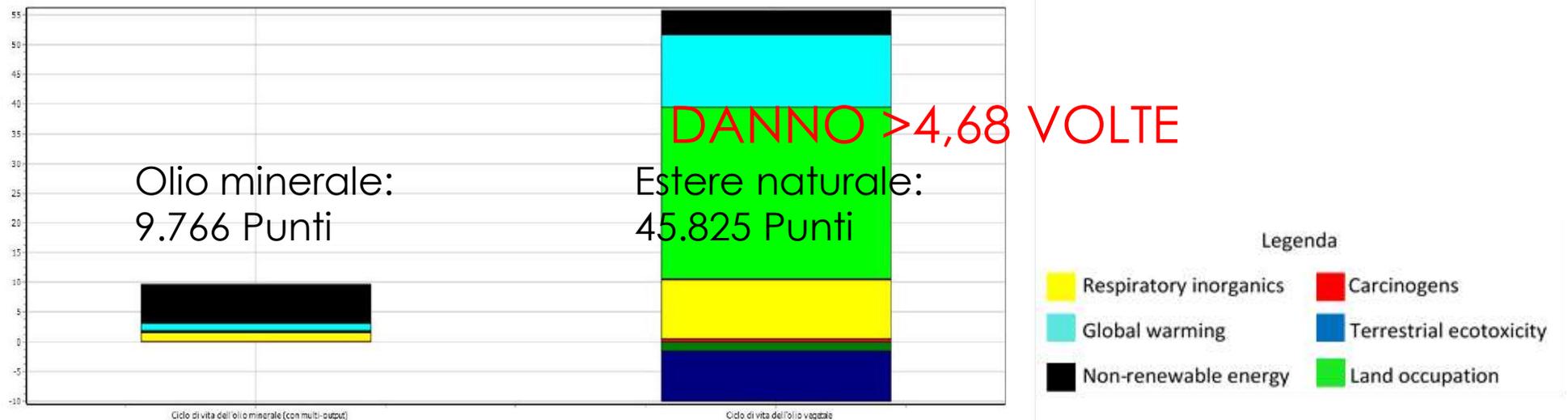
1,628 Punti

5,053 Punti

# Analisi di sensibilità: estere naturale

Ipotesi:

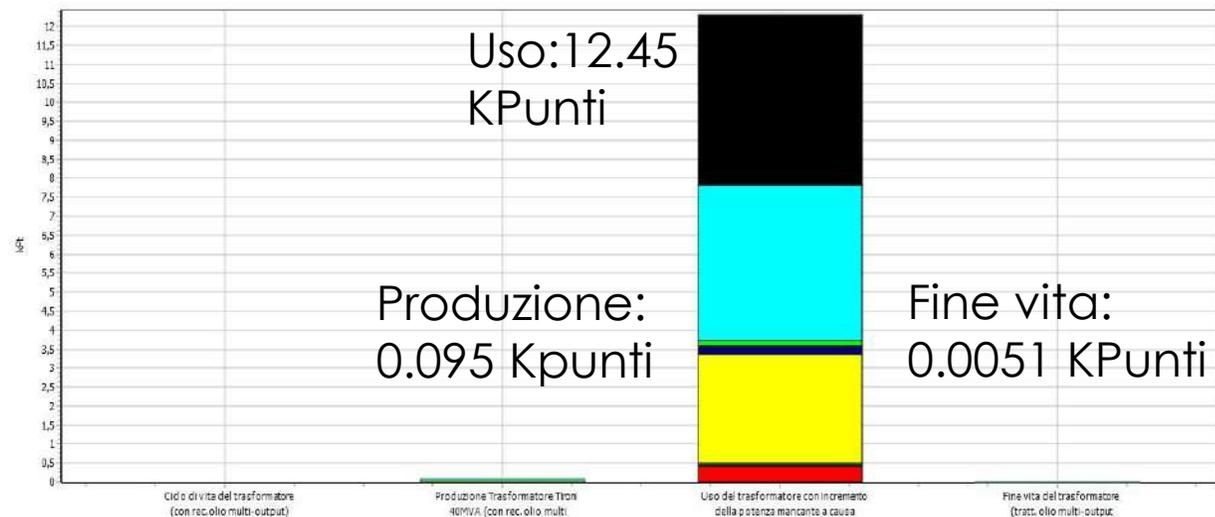
1. Sono confrontate 17011 tonnellate di olio;
2. Il ciclo di vita dell'olio minerale considera il **MODELLO MULTI-OUTPUT**;
3. L'estere naturale è ottenuto dai **SEMI DI SOIA** e il suo fine vita è l'**INCENERIMENTO**.



# Analisi di sensibilità: diverso uso

## ► Ipotesi:

1. **RENDIMENTO COSTANTE** e pari al **99,6%**;
2. La **POTENZA EROGATA** deve coincidere con la **POTENZA NOMINALE**;
3. L'energia deve essere integrata di  $40 \times 0,004 \times 50 \times 365 \times 24 =$  **17080 MWh**.



# Analisi dei costi esterni

- Il **COSTO ESTERNO** è il costo sostenuto dalla Comunità per rimediare al danno prodotto sull'ambiente.

Metodo	Human Health [ELU]	Ecosystem Production Capacity [ELU]	Abiotic stock Resources [ELU]	Biodiversity [ELU]	Climate Change [€]	Totale [€]
EPS 2000	0.059337E6	0.00024014	1.7895E6	0.00035559	-	<b>1.849E6</b>
Metodo	Human Health [€]	Ecosystem Production Capacity [€]	Resources [€]	Ecosystem Quality [€]	Climate Change [€]	Totale [€]
IMPACT 2002+	10742	-	63602	562.86	1298.6	<b>76205.46</b>

# Conclusioni e sviluppi futuri

- Diversa modellizzazione del fine vita dell'olio minerale impone una diversa modellizzazione dell'intero ciclo di vita del trasformatore.

	Modello	
	Multi-output	con espansione del sistema
Produzione	94,488	94,488
Uso	0	0
Fine vita	5,053	1,628
<b>Ciclo di vita</b>	<b>99,541</b>	<b>96,116</b>

- **PROPOSTA 1:** Aumento della % di rame riciclato;
- **PROPOSTA 2:** Utilizzo di olio minerale depolarizzato nei trasformatori nuovi (mancanza di una normativa e caratteristiche stringenti)

# Conferme e risultati

- ▶ **OTTOBRE 2017:** una rete nazionale estera emette un bando per assegnare un contratto di fornitura pluriennale di Trasformatori di Potenza.
  - punteggi elevati sono attribuiti a **sostenibilità, circolarità e vision** aziendale in materia ambientale.
- ▶ **GENNAIO 2018:** durante il processo di selezione, ETM mostra alla commissione estera:
  - ▶ Soluzioni di efficacia «chirurgica» nella riduzione degli impatti ambientali;
  - ▶ Una conoscenza analitica delle opportunità di sostenibilità estese all'intero ciclo di vita;
  - ▶ Una «vision» di circolarità innovativa e trasversale (Supply chain e Utilities).
- ▶ **FEBBRAIO 2018:** anche grazie allo studio LCA eseguito, Elettromeccanica Tironi Srl si aggiudica il contratto battendo la concorrenza europea.

# Ringraziamenti

- ▶ Hanno collaborato alla realizzazione di questo progetto:
- ▶ Laura Corsini
- ▶ Anna Maria Ferrari
- ▶ Paolo Neri
- ▶ Andrea Lugli