



# Analisi LCA della riqualificazione del Municipio di Fiorano Modenese (MO)

Martina Pini

*In collaborazione con il Comune di Fiorano Modenese (MO)*



# Inquadramento

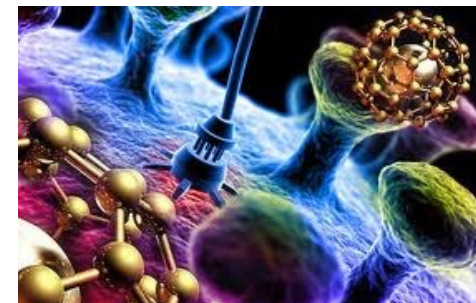
- Progetto  ARACNE

- tre aziende emiliano-romagnole (operanti nel settore della fornitura all'industria delle costruzioni)
- Università di Modena e Reggio Emilia (INTERMECH and EN&TECH)
- Università di Bologna (MATMEC)
- ACIMAC

- **Obiettivo:**

eco-design di nuovi materiali per l'edilizia funzionalizzati con nanoparticelle (nano-TiO<sub>2</sub>) aventi proprietà tecnologiche superiori a quelle tradizionali.

*Bando Regione Emilia Romagna  
"Dai distretti produttivi ai distretti  
tecnologici - 2" DGR n. 1631/2009*

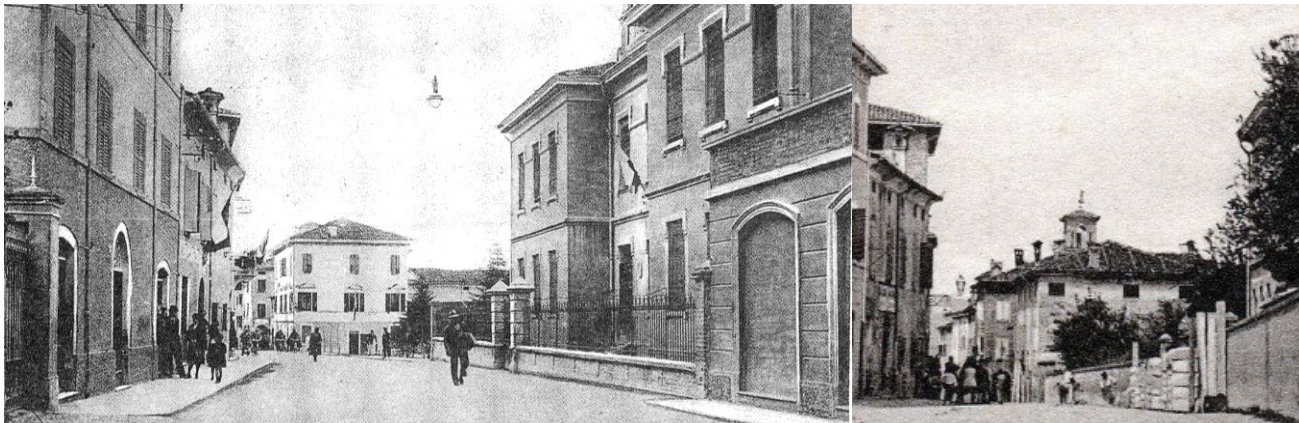




# Caso studio (1)

*Progetto di riqualificazione della Villa Cuoghi–Vignocchi,  
sede attuale Municipio di Fiorano.*

- 1850: nasce come villa privata.





## Caso studio (2)

*Progetto di riqualificazione della Villa Cuoghi–Vignocchi,  
sede attuale Municipio di Fiorano.*

- 1929: acquisizione da parte del comune. La villa era composta dalla casa padronale e da terreni e giardini nei quali viene ricavata la piazza dedicata a **Ciro Menotti**.







## Caso studio (3)

*Progetto di riqualificazione della Villa Cuoghi–Vignocchi,  
sede attuale Municipio di Fiorano.*

- 1939: ampliamento della villa con una nuova ala verso nord e con una torretta e viene inaugurata come nuova sede del Municipio.





# Il progetto di riqualificazione (1)

*Le indicazioni sono state fornite dall'ufficio tecnico del Municipio di Fiorano.*

Miglioramento delle prestazioni di sostenibilità dell'edificio attraverso interventi di **riorganizzazione di tutti gli spazi interni**:

- riduzione dei consumi di energia elettrica dovuti all'illuminazione: open-space, pareti vetrate;
- eliminazione delle barriere architettoniche (accessibilità totale per i disabili): ascensore interno, rampe per il livellamento uniforme della pavimentazione;
- costruzione di bagni per disabili (uno per piano) e ridefinizione di quelli esistenti;
- sostituzione della caldaia con pompa di calore;
- definizione di un sistema sostenibile per la raccolta dei rifiuti e della loro gestione all'interno dell'edificio;
- definizione di un area ristoro per permettere agli impiegati di socializzare e rilassarsi durante i momenti di pausa;

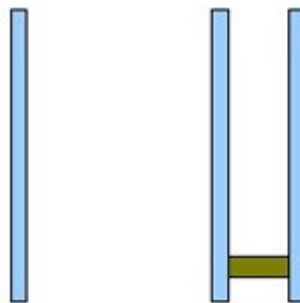


# Il progetto di riqualificazione (2)



Inserimento di nuovi **materiali funzionalizzati** con nanoparticelle di  $\text{TiO}_2$ :

- ❖ sostituzione dei vetri singoli con doppi vetri aventi proprietà autopulenti,



- ❖ applicare sulle pareti delle stanze aventi maggiore affluenza (es. la sala riunioni), pannelli in alluminio sui quali viene applicata resina poliurea e aventi proprietà antibatteriche.





# Life Cycle Assessment

**Obiettivo dello studio:** la valutazione dell'impatto ambientale del progetto di ristrutturazione del Municipio di Fiorano Modenese.

**Unità funzionale:** 1 p → sistema edificio nell'arco di tempo che intercorre dalla sua costruzione (1850) fino alla sua dismissione finale (2113). Si ipotizza che la riqualificazione avvenga nell'anno 2013 e si considera un tempo di vita utile dell'edificio riqualificato di 100 anni.

**Qualità dei dati:** utilizzo di dati primari qualora disponibili, quando mancanti utilizzato di dati derivanti da banca dati e realizzazione di processi ad hoc quando necessario.

**Software di calcolo:** Simapro 8

**Metodo di valutazione:** IMPACT 2002+ modificato





Indicatori sociali e storico culturali

'Social' category	Substances	Characterization factor	'Benefit' category	Input data
<b>Cultural value of building [p]</b>	Age of the building	1	<b>Maintenance of cultural assets</b>	0.036 p
	Historical evidence	1		0.6 p
	Aesthetic value	0.8		0.5 p
<b>Human well-being [p]</b>	Alimentation	1	<b>Human well-being</b>	
	Education	0.8		
	Relax	0.8		
	Sexuality	1		
	Listening to music	0.5		
	Reading	0.5		
	Figurative art	0.5		
	Sport	0.4		
	Interpersonal relationship	0.8		
	Institutional relations	0.8		1 p
<b>Function [p]</b>	Housing	1	<b>Function</b>	
	Social building	0.6		
	Hospital and Health building	0.9		
	Scholastic building	0.8		
	Public building	0.7		1 p
	Religious building	0.7		
	Cultural building	0.6		
	Sport building	0.5		
<b>Urban value [p]</b>	Building location outside the urban center	0.1	<b>Maintenance of urban fabric</b>	
	Building location inside the urban center	1		1 p
	Building location in the outskirts	0.4		



# Indicatori impatto nano-TiO<sub>2</sub>

## Potential damage of nano-TiO<sub>2</sub> nano-TiO<sub>2</sub> rilasciato in atmosfera

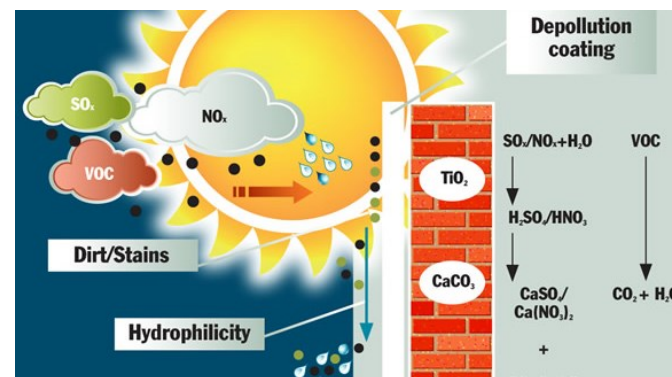
*Carcinogens* impact category:

Nuova sostanza: *Particulates, <100 nm, in air*

Characterization factor: 0.109 kg<sub>C2H3Cl</sub>/kg nanoTiO<sub>2</sub>

*Human Health* [DALY] damage category

Damage assessment factor: 2.8E-6 DALY/kg<sub>C2H3Cl</sub>



## nano-TiO<sub>2</sub> inalata dall'uomo

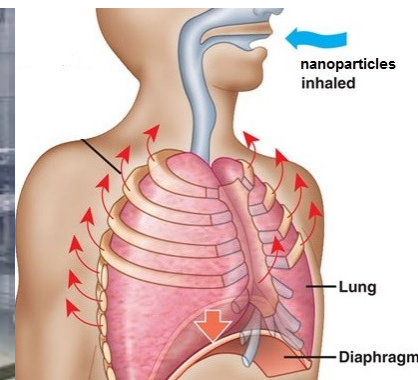
*Carcinogens inhaled* new impact category:

Nuova sostanza: *Particulates, <100 nm inhaled*

Characterization factor: 1kg/kg

*Carcinogens indoor* [DALY] nuova damage category.

Damage assessment factor: 5.56 DALY/kg



Pini M., Neri P., Ferrari A.M., **1° SEMINARIO TECNICO**, *Il contributo del dipartimento di scienze e metodi dell'ingegneria nello sviluppo del Life Cycle Assessment (LCA) per la gestione della sostenibilità ambientale*, Reggio Emilia, September 18, 2013

Pini M., Neri P., Montecchi R., Ferrari A.M., *Life Cycle Assessment of nanoTiO<sub>2</sub> functionalized porcelainized stoneware tiles*, **247th ACS National Meeting & Exposition**, Dallas, Texas, March 16-20, 2014



# Indicatori benefit nano-TiO<sub>2</sub>

## Benefit nano-TiO<sub>2</sub> outdoor

### Reduction of NO emissions in air

4.01 mg h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> of NO removal

Poon CS et al., *Construction and Building Materials* 2006;  
21(8):1746–53

Categoria impatto: Respiratory inorganics

### Reduction of VOC (Toluene) emissions in air

100 mg h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> of Toluene removal

Demeestere et al., *Building and Environment* 2008;43(4):406–14

Categoria impatto: Respiratory organics

## Benefit nano-TiO<sub>2</sub> indoor

### Reduction of NO<sub>2</sub> emissions

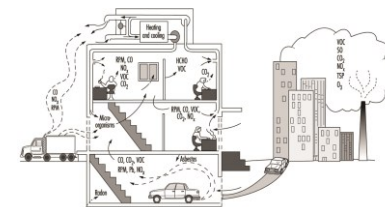
Reference: Studio dell' ARPA Lombardia, 2004.

Riduzione del 37% della concentrazione di NO<sub>2</sub>.

Respiratory inorganics indoor nuova benefit category.

Nuova sostanza: *Nitrogen dioxide indoor*

Damage assessment factor: **31.96E-2DALY/kgNO<sub>2</sub>**



### Reduction of Escherichia Coli

Reference: Caballero et al., 2009: the survival ratio of E. Coli is 16.83%.

Non carcinogens indoor nuova benefit category.

Nuova sostanza: *Escherichia coli*

Damage assessment factor: **1.92E-5DALY/CFU/pers**

Pini M., Neri P., Ferrari A.M., 1° **SEMINARIO TECNICO**, *Il contributo del dipartimento di scienze e metodi dell'ingegneria nello sviluppo del Life Cycle Assessment (LCA) per la gestione della sostenibilità ambientale*, Reggio Emilia, September 18, 2013

Pini M., Neri P., Montecchi R., Ferrari A.M., "*Life Cycle Assessment of nanoTiO<sub>2</sub> functionalized porcelainized stoneware tiles*", **247th ACS National Meeting & Exposition**, Dallas, Texas, March 16-20, 2014



# Analisi di inventario (LCI) (1)

- analisi dell'intero sistema tecnologico (materiali e tecniche costruttive)
- rappresentazione fedele dell'intero edificio e dei suoi componenti (1850 e 1939):
  - Murature, volte, archi, solai e copertura, pavimentazioni, corpi finestrati, porte
  - Impianti e arredi
- rappresentazione dei nuovi materiali e componenti aggiunti in fase di restauro (2013):
  - Murature mancanti, parti deteriorate dal tempo, pareti vetrate, ascensore e struttura di supporto, rampe, nuovi bagni per disabili o mancanti
  - Doppi vetri aventi quello esterno funzionalizzato con nano-TiO<sub>2</sub>
  - Pannello di alluminio rivestito con resina poliurea funzionalizzato con nano-TiO<sub>2</sub> (sala riunioni)
- allocazione diversificata per i materiali risalenti a diversi periodi di realizzazione (1850 e 1939) e per i nuovi materiali e componenti aggiunti durante la fase di riqualificazione dell'edificio (2013):
  - 1850:  $100\text{anni}/(100\text{anni}+163\text{anni}) = \mathbf{0.38}$  [163 anni = 2013-1850]
  - 1939:  $100\text{anni}/(100\text{anni}+174\text{anni}) = \mathbf{0.5747}$  [174 anni = 2013-1939]
  - 2013:  $100\text{anni}/100\text{anni} = \mathbf{1}$





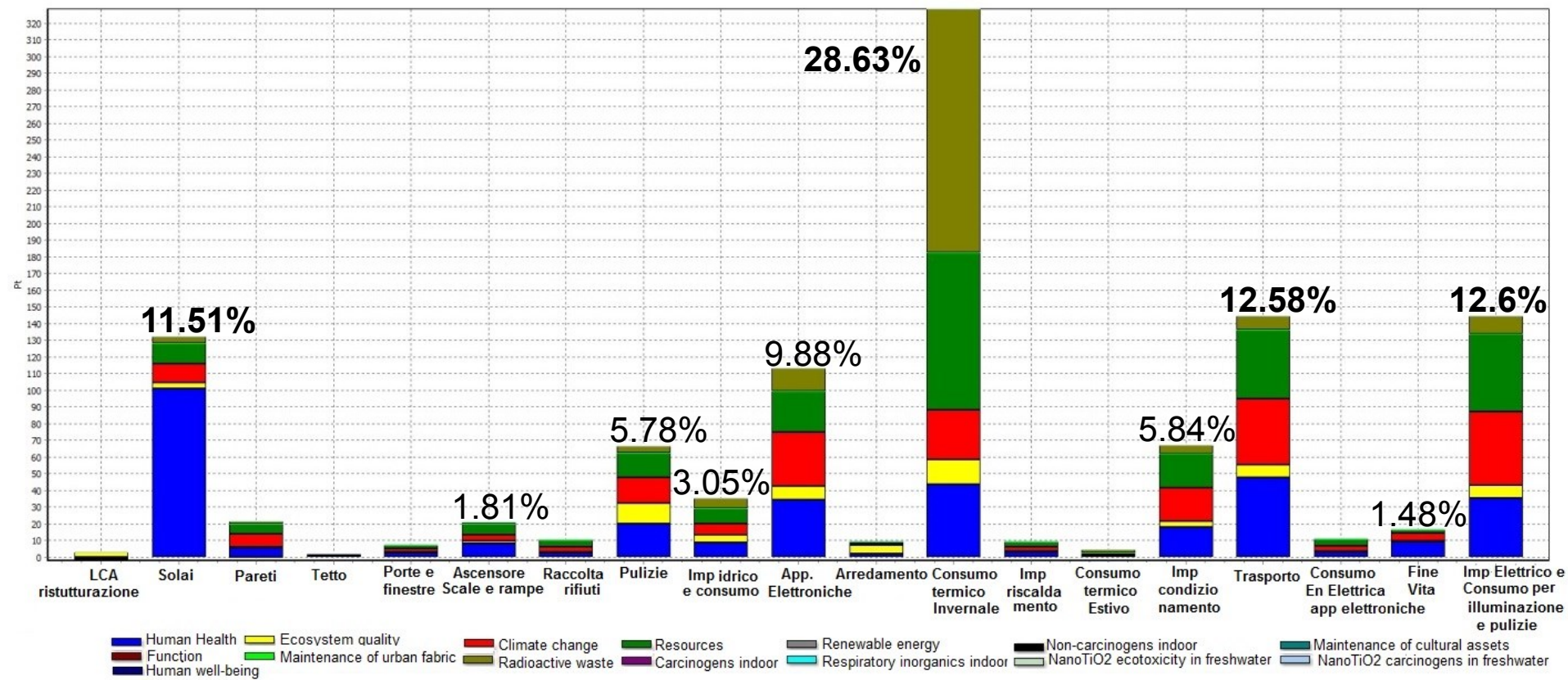
# Analisi di inventario (LCI) (2)

- fine vita dei materiali dismessi in fase di ristrutturazione, considerando le modalità attualmente meno inquinanti (riciclo).
- valutazione dei trasporti dai siti produttivi fino al cantiere.
- fase d'uso:
  - Calcolo delle energie di riscaldamento invernale e raffrescamento estivo
  - Calcolo fabbisogno energetico per illuminazione artificiale e per l'alimentazione di varie utenze (stampanti, computer, ascensore)
  - Calcolo del fabbisogno idrico
  - Pulizie dell'edificio
- dimensionamento e determinazione dei materiali costituenti l'impianto idrico, di illuminazione, di condizionamento (attualmente non esistente).
- Trasporti: viabilità per il collegamento tra centro urbano e l'edificio. Numero di visitatori medio settimanale e numero di auto e mezzi pubblici necessari per il loro trasporto.



# Analisi del danno ambientale della ristrutturazione del Municipio di Fiorano (2)

Danno Totale: 1147.5 Pt





# Analisi del danno ambientale della ristrutturazione del Municipio di Fiorano (2)

<b>Damage category</b>	<b>%</b>	<b>Emission and Process</b>
Human Health	29.88	<i>Particulates, &lt; 2.5 μm</i> in aria: Solai (produzione piastrelle ceramiche)
Resources	25.66	<i>Uranium, in ground</i> : Consumo termico invernale (produzione rame per la pompa di calore)
Climate change	19.92	<i>Carbon dioxide, fossil</i> : Impianto elettrico e consumo energia (produzione di gas naturale)
Radioactive waste	18.05	<i>Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste</i> : Consumo termico invernale (produzione di energia elettrica)
Ecosystem quality	6.69	<i>Aluminium</i> in aria: Consumo termico invernale (produzione di energia elettrica)
Carcinogens inhaled	13.8E-3	<i>Particulates, &lt; 100 nm</i> : Vetrocamera funzionalizzato
<b>Social category</b>	<b>%</b>	<b>Emission and Process</b>
Maintenance of cultural assets	-8.72E-2	<i>Hystorical evidence</i>
Maintenance of the urban fabric	-8.72E-2	<i>Building location inside the urban center</i>
Function	-61E-3	<i>Public building</i>
Human well-being	-9.82E-3	<i>Institutional relations</i>
<b>Benefit category – nanoTiO<sub>2</sub></b>	<b>%</b>	<b>Emission and Process</b>
Respiratory inorganics indoor	-0.01	<i>Nitrogen dioxide indoor</i> : Pannelli rivestiti con resina poliurea funzionalizzata
Non-carcinogens indoor	-0.83E-3	<i>E. Coli</i> : Pannelli rivestiti con resina poliurea funzionalizzata

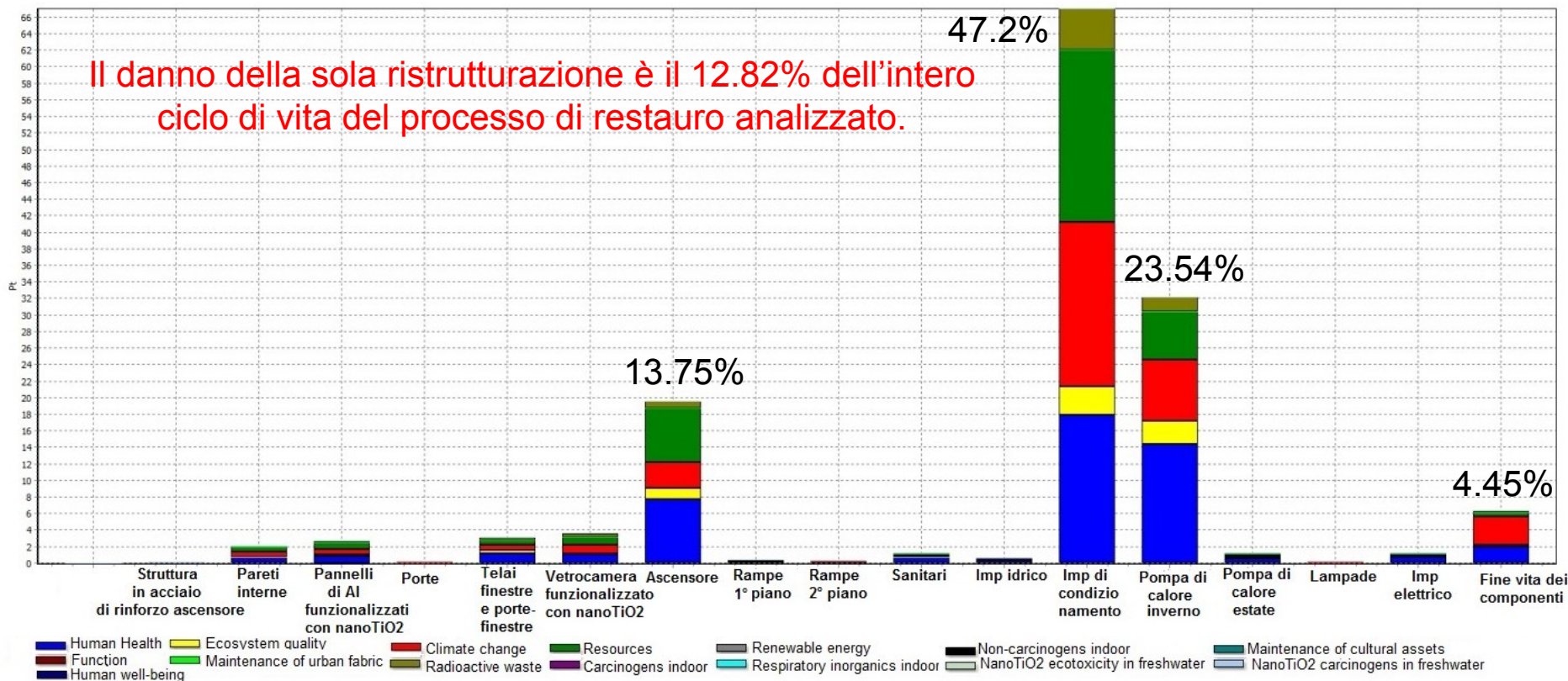




# Analisi del danno ambientale della SOLA ristrutturazione

*Sono stati considerati solo i processi relativi ai componenti nuovi usati per la ristrutturazione e al loro fine vita.*

Danno totale: 142 Pt







# Calcolo dei costi esterni con EPS 2000 e con IMPACT 2002+ modificato

Metodo	Human Health [ELU] [€]	Ecosystem production capacity [ELU]	Abiotic stock resource [ELU] Resource [€]	Biodiversity [ELU] Ecosystem quality [€]	Climate change [€]	Radioactiv e waste [€]	Carcinoge ns inhaled [€]	Respiratory inorganics indoor [€]	Non-carcinoge ns indoor [€]	Totale [€]
EPS 2000	4.61E5	7.9843E5	2.5139E6	7958.6	/	/	/	/	/	<b>3.78E6</b>
IMPACT 2002+	75712	/	9.2974E5	4823.2	17662	209103	1.76E-5	-0.0513	-0.306	<b>1.24E6</b>

- Il costo esterno calcolato secondo IMPACT è il 32.72% di quello calcolato con EPS.
- I due metodi usati usano una filosofia diversa sia nella definizione delle categorie di impatto e di danno, sia per i criteri usati per l'attribuzione dei costi ai danni.
- EPS è un Metodo della Svezia, IMPACT2002+ è stato modificato dal gruppo di studio, LCA Working Group del DISMI (Università di Modena e Reggio Emilia).



# Conclusioni

- il processo che produce il danno massimo è quello del *riscaldamento*, seguito dal *trasporto* dei dipendenti e dei visitatori, dal *consumo di energia elettrica*, dai *solai* e dalle *apparecchiature elettroniche*.
- Il danno prodotto riguarda principalmente la salute dell'uomo, seguita dall'esaurimento delle risorse e dal cambiamento climatico.
- L'analisi dei risultati conferma quello ottenuto in precedenti studi: i danni nell'edificio sono soprattutto dovuti al riscaldamento e all'energia elettrica per l'illuminazione e l'uso di apparecchiature elettroniche.
- Il vantaggio dovuto agli indicatori socioculturali è dello 0.19% e quello dovuto ai benefit generati dalla nano-TiO<sub>2</sub> è dello 0.0108%. Tali vantaggi sono piccoli ma il loro valore dipende dalle scelte dei fattori peso che sono stati attribuiti ad essi.
- Il danno dovuto alla ristrutturazione è pari al 12.38% del totale.





# Grazie per l'attenzione

Martina Pini

*[martina.pini@unimore.it](mailto:martina.pini@unimore.it)*

