

5a Giornata di studio “Rifiuti e Life Cycle Thinking”

09 Marzo 2021

Valutazione del ciclo di vita di una parete a base di pula di farro come aggregato alleggerente

Grazia Maria Cappucci

Università di Modena e Reggio Emilia – Dipartimento di Scienze e Metodi dell’Ingegneria - En & Tech

E-mail: graziamaria.cappucci@unimore.it

Materiali isolanti alternativi nel settore del *building*



Fonte immagine: Fraunhofer LBF,
<https://www.lbf-jahresbericht.de/en/services/project-overview/polymer-technology/sustainable-flame-retardant-insulating-materials-for-facades/>

Scarti vegetali:

- Calcestruzzi leggeri
- Bassa conducibilità termica

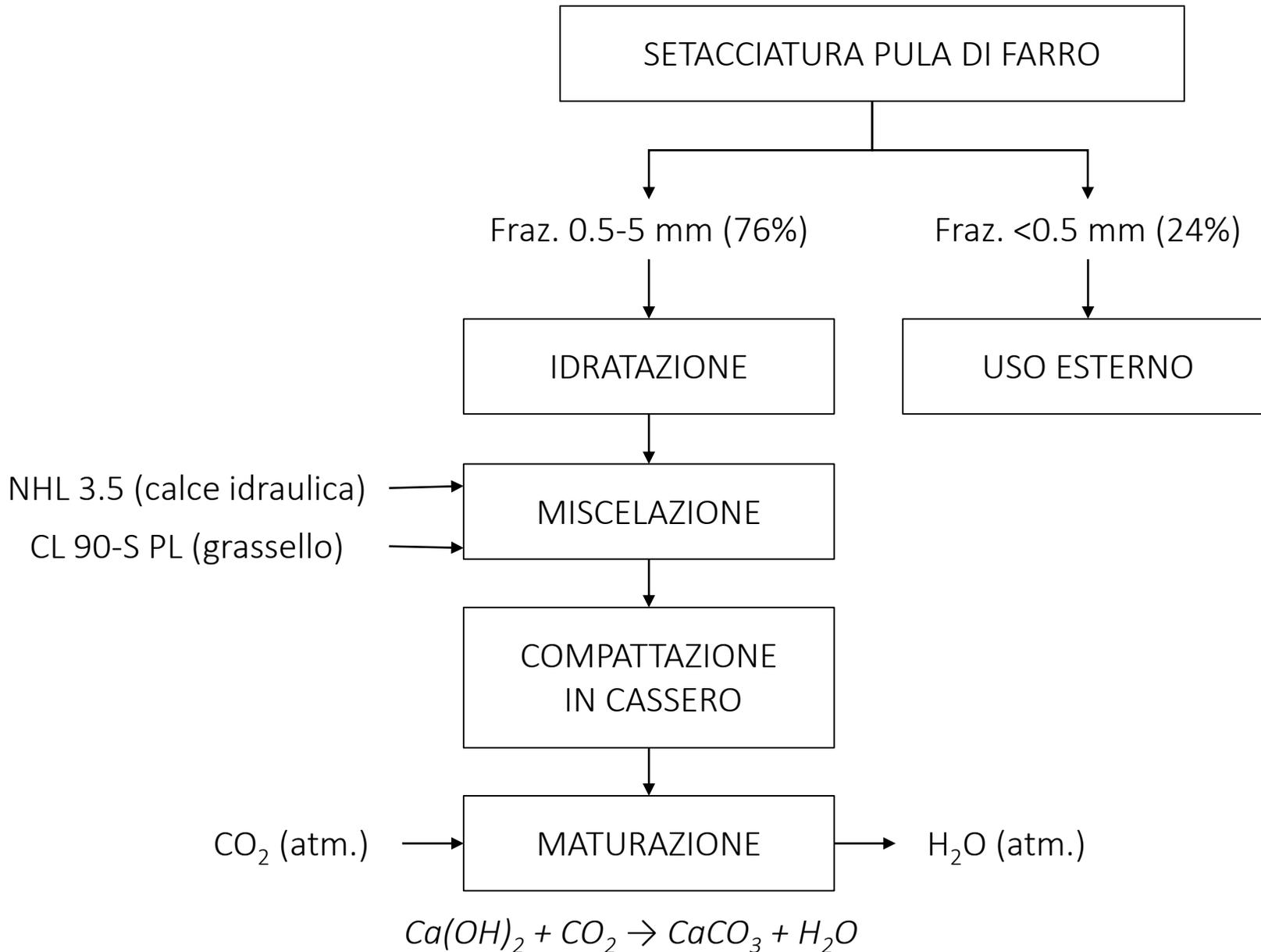
Esempi:

- canapa
- pula di farro
- lino
- iuta

Caso studio: calcestruzzo leggero con pula di farro



Fonte immagine: Tessiland.com

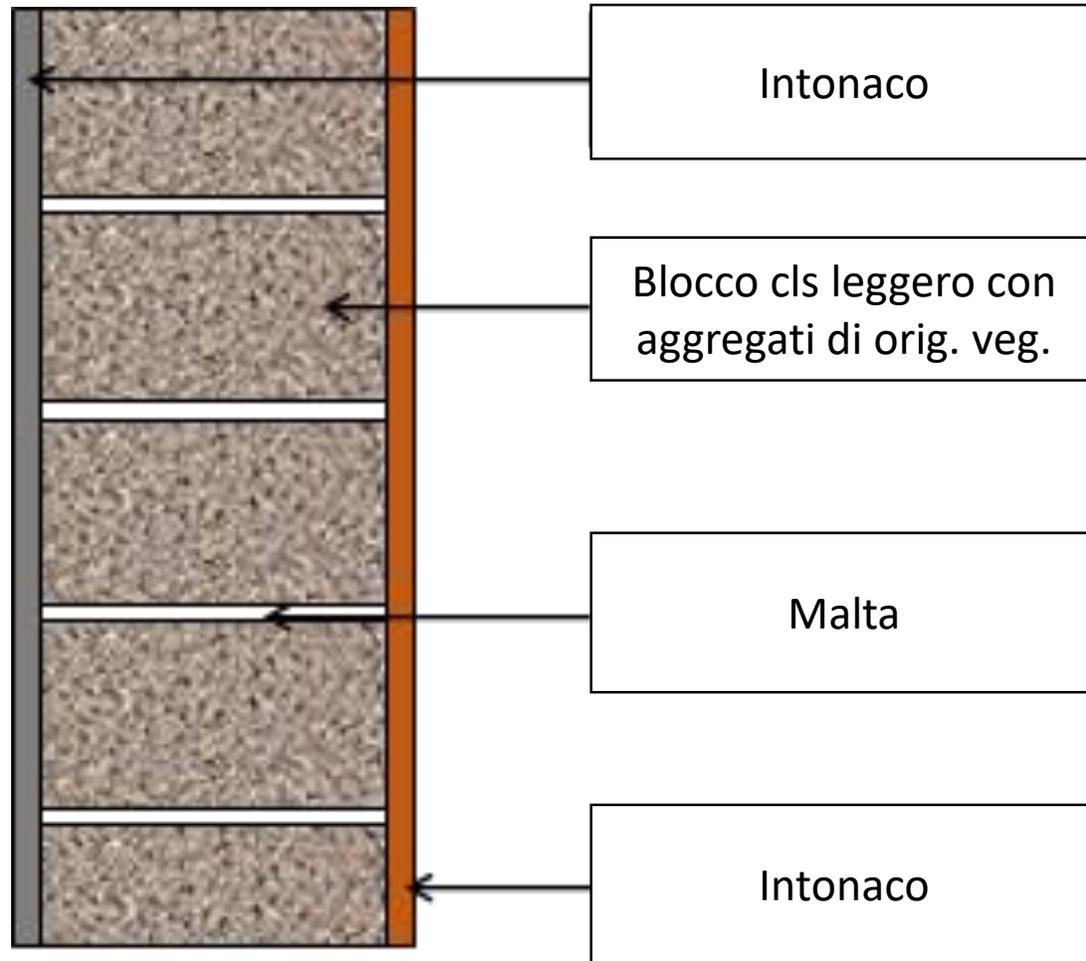


Prove sperimentali @ Dipartimento di
Ingegneria Enzo Ferrari, Università di
Modena e Reggio Emilia

Life Cycle Assessment (LCA)

- **Obiettivo:** valutazione d'impatto ambientale attraverso la metodologia LCA dell'intero ciclo di vita di un muro di tamponamento esterno composto da blocchi di calcestruzzo leggero con aggregati di origine vegetale.
- **Unità funzionale:** 1 m² di muratura nel suo tempo di vita (100 anni)
- **Confini del sistema:**
 - Produzione: setacciatura dello scarto del farro per ottenere la frazione desiderata di pula (co-prodotto), realizzazione della miscela del calcestruzzo leggero, posa in opera;
 - Uso: produzione di energia termica in estate e in inverno
 - Fine vita: riciclo per materiali da costruzione
- **Qualità dei dati:** dati primari (scala di laboratorio) e secondari.
- **Modello LCI:** attribuzionale con partizione, allocazione di massa nel processo di setacciatura.
- **Software di calcolo e banca dati:** SimaPro 9.1, Ecoinvent 3.6
- **Metodo di valutazione:** IMPACT 2002+ modificato (categoria introdotta: Human health, indoor).

Fase di produzione: stratigrafia della parete



Parametro	Blocco cls leggero	Intonaco (est+int)	Malta
Conducibilità (W/mK)	0.108	0.55	-
Spessore (m)	0.4	0.03	0.005
Peso (kg)	197.44	42	7.92

Fase d'uso: calcolo della conducibilità termica reale

Valore a disposizione: λ (W/(mK)) di laboratorio (23 °C, 50% RH)

Valore da trovare: λ_p di progetto, condizioni reali ((UNI EN ISO 10456:2008, categoria: calcestruzzi leggeri)

Vincolo: $U < 0.26$ W/(m²K) (Zona Climatica E, DM 26/06/2015)

$$\lambda \text{ (W/(mK))} = s \text{ (m)} \cdot U \text{ (W/(m}^2\text{K))}$$

λ_D assunto come λ_p , per principio di cautela

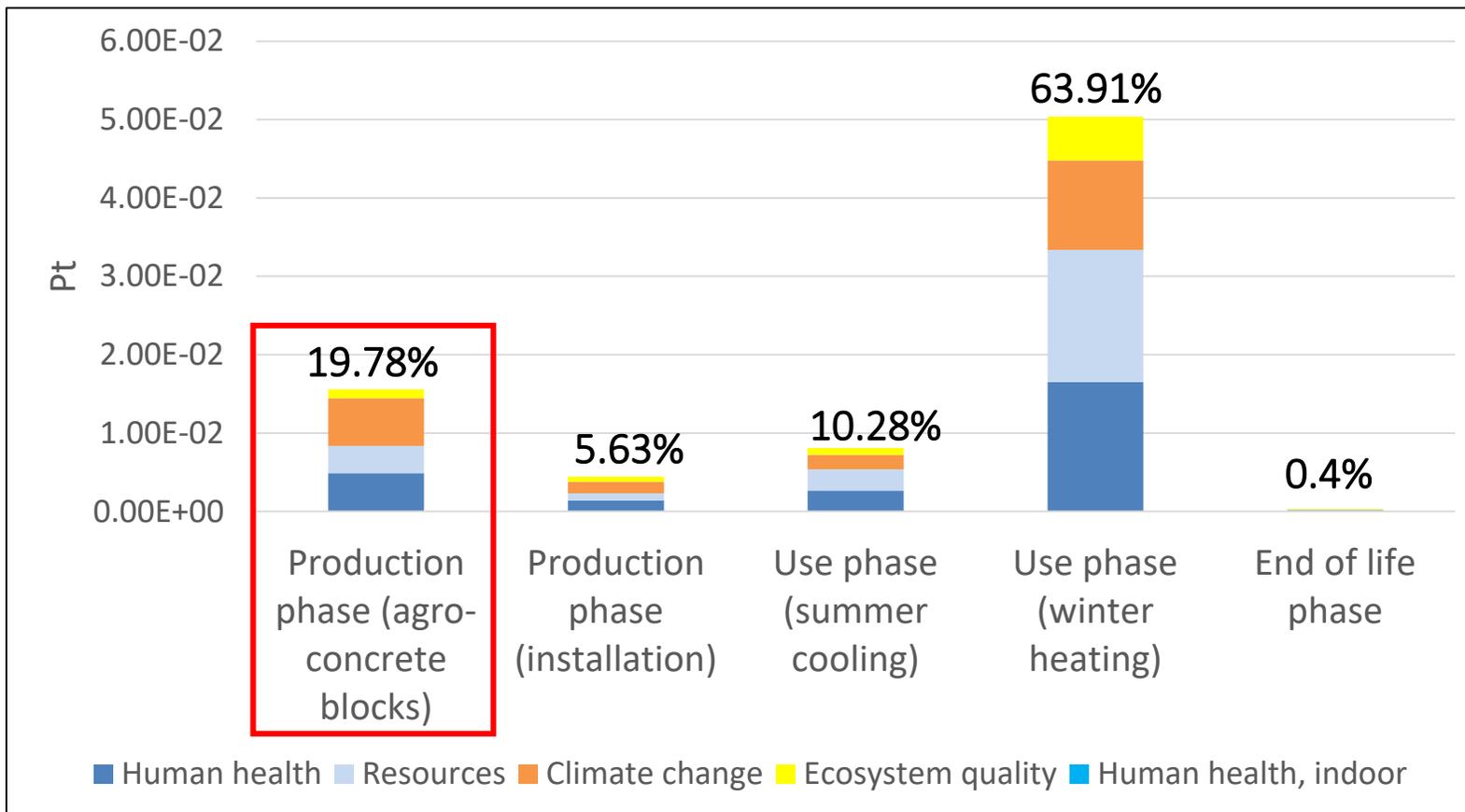
Verifica del rispetto del vincolo della trasmittanza:

$$\lambda_D = 0.108 \text{ W/(mK)}$$

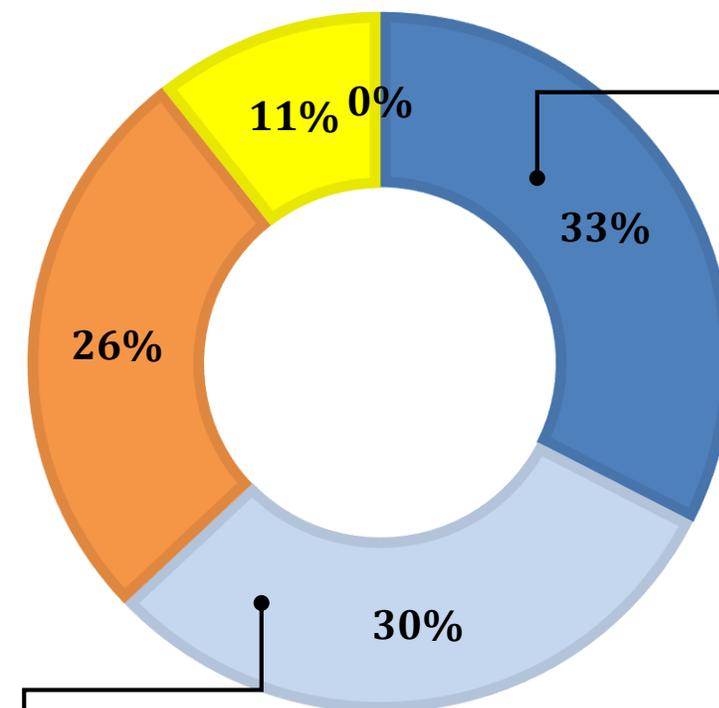
$$R_{\text{tot}} = 3.93 \text{ (m}^2\text{K)/W} \rightarrow U = 1/R_{\text{tot}} = 0.254 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Analisi del danno: ciclo di vita di 1 m² parete con mattoni a base di pula di farro

Danno totale: 7.88 E-2 Pt



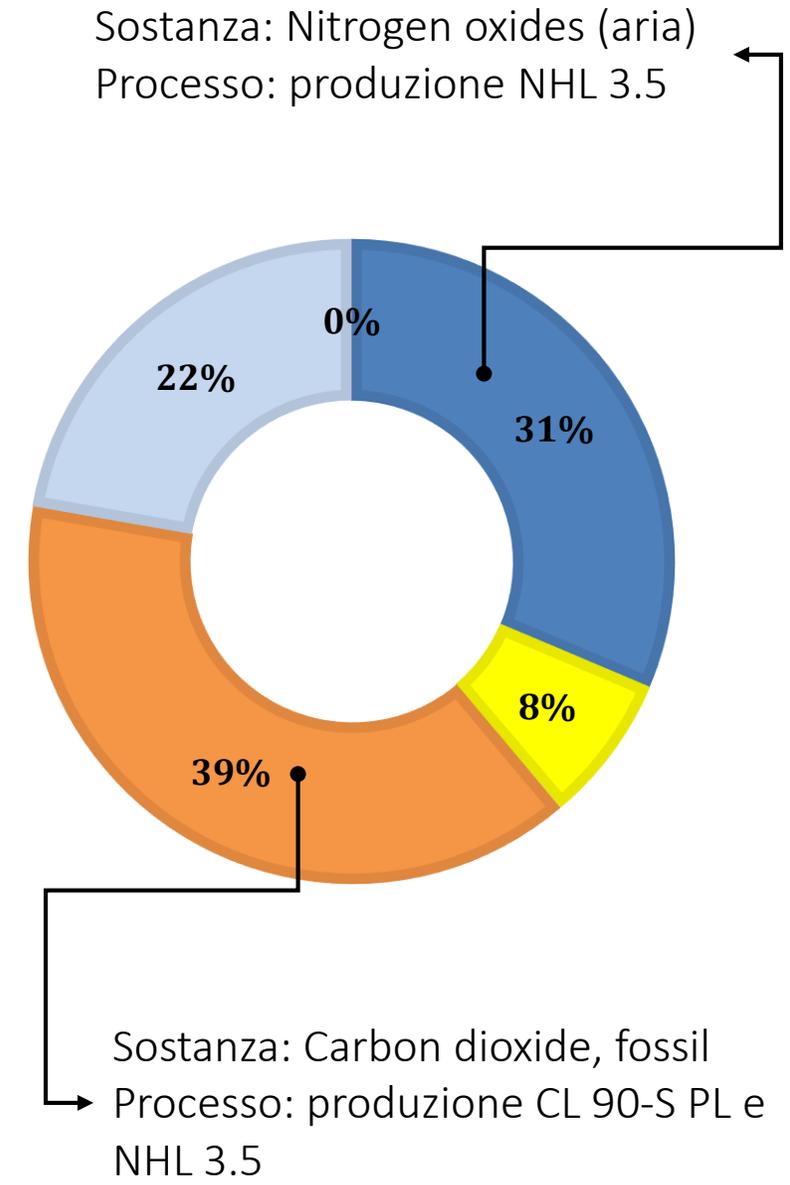
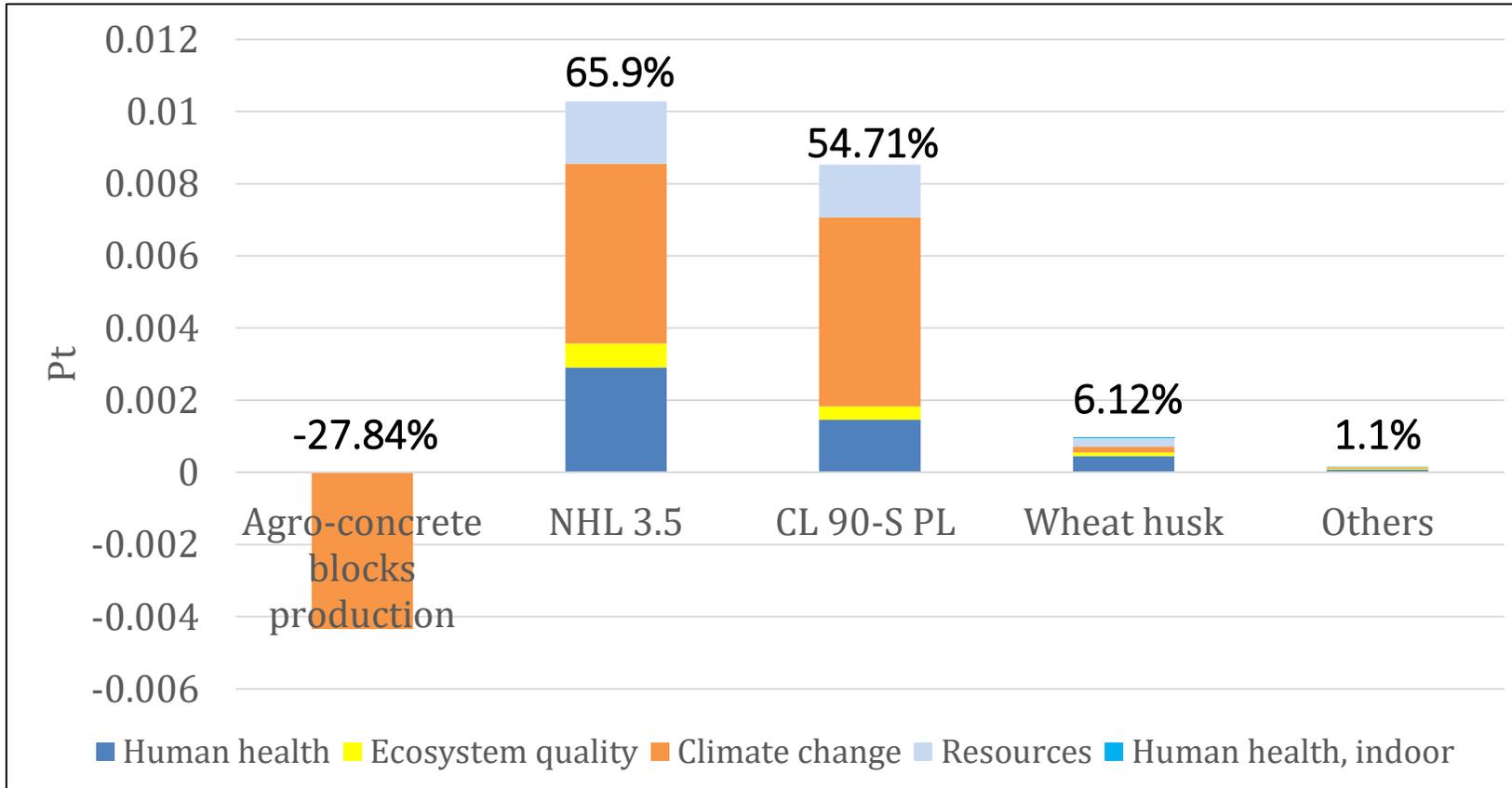
Sostanza: Particulates, <2.5 μm
 Processo: elettricità con lignite per il riscaldamento nel periodo invernale



Sostanza: Uranium
 Processo: elettricità per il riscaldamento nel periodo invernale

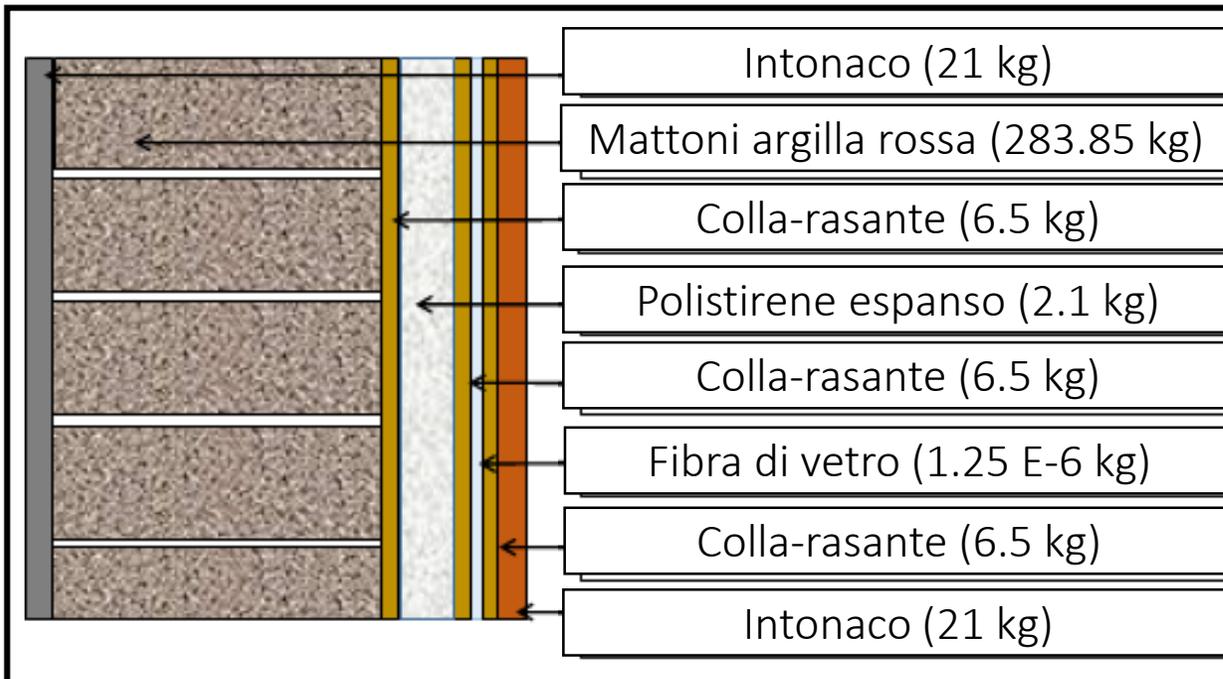
Analisi del danno: produzione dei mattoni a base di pula di farro per 1 m²

Danno totale: 1.56 E-2 Pt

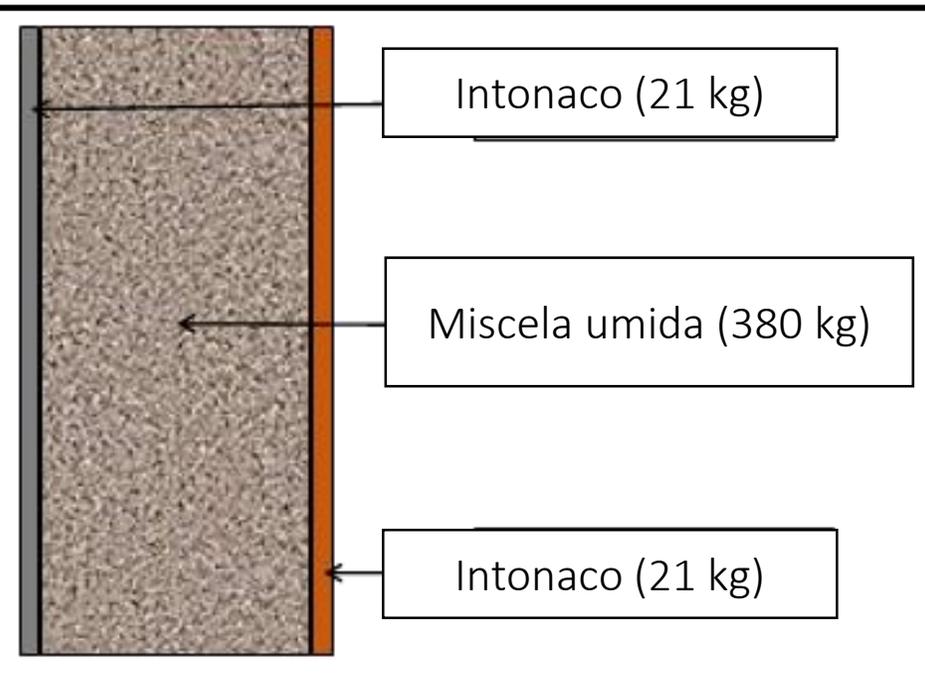


Analisi di sensibilità

1. Parete tradizionale



2. Parete con unica colata bio-composito



Produzione

Uso

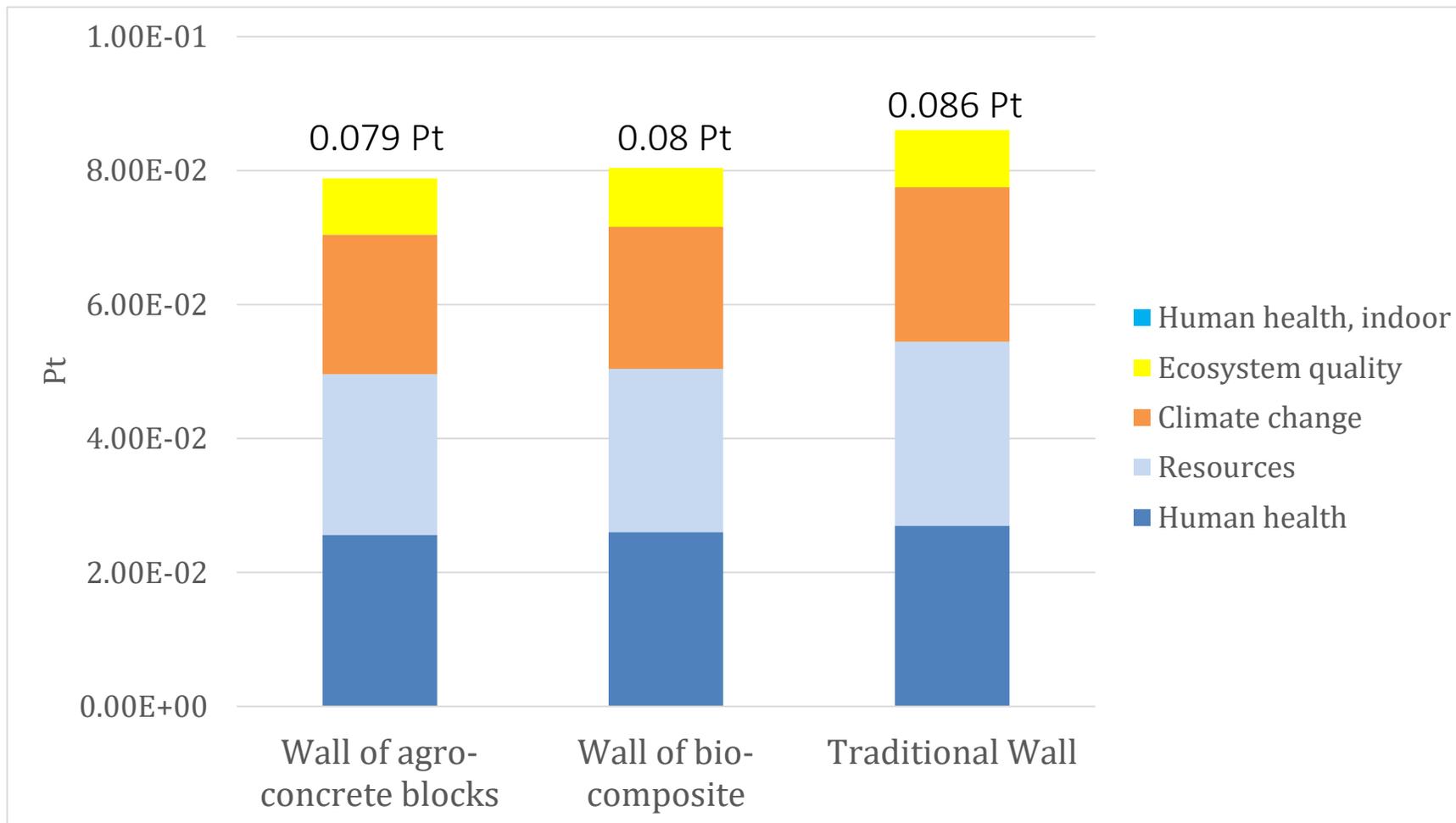
Impostata la medesima trasmittanza del caso studio ($0.254 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) con conseguente calcolo degli spessori
→ equiparazione delle prestazioni in fase d'uso

Fine vita

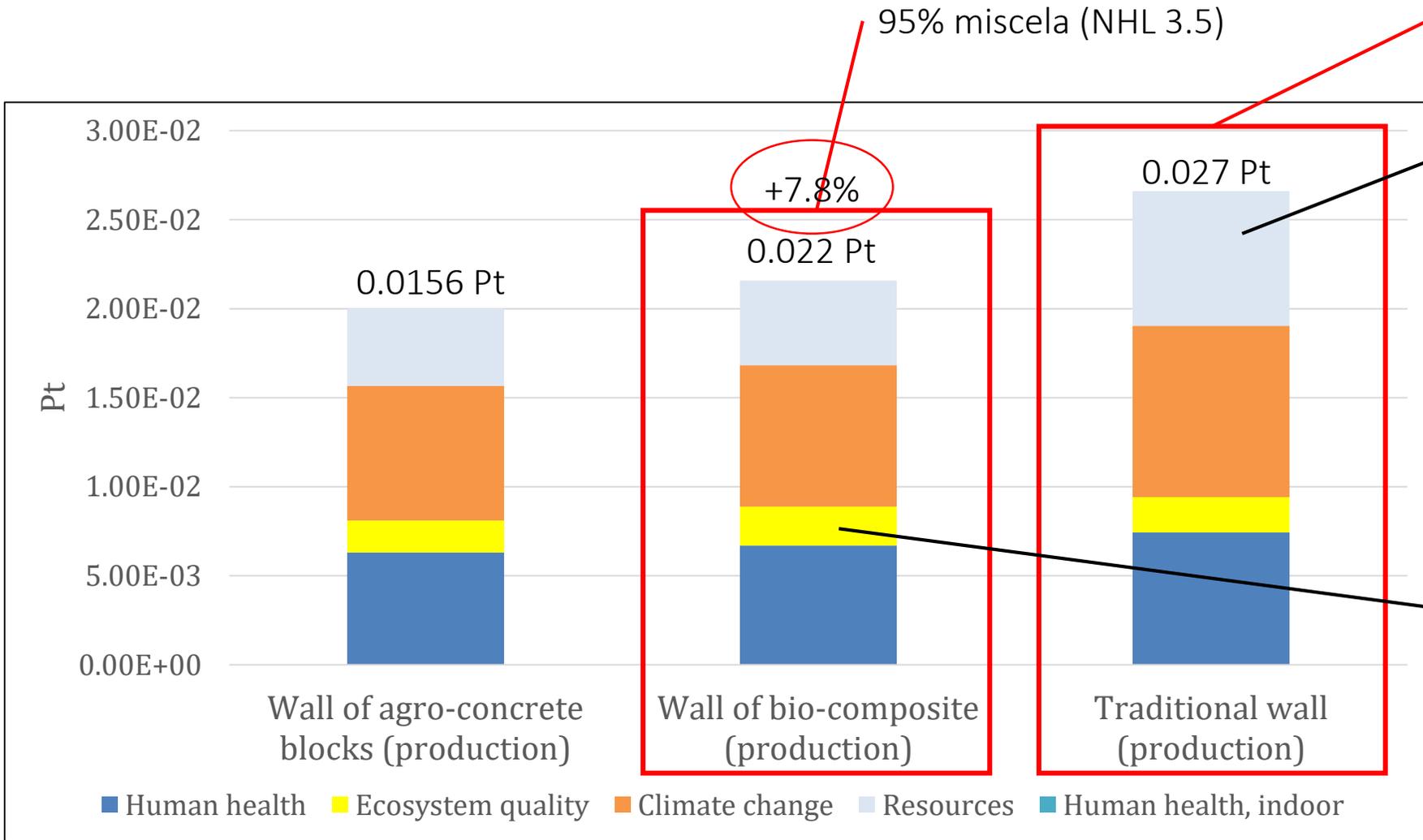
Conferimento in discarica per inerti (difficoltà di separazione dei diversi materiali)

Riciclo materiali da costruzione

Analisi di sensibilità: intero ciclo di vita



Analisi di sensibilità: fase di produzione



95% miscela (NHL 3.5)

66.85% mattoni forati argilla rossa

Resources:

+73.3% (Gas naturale per la produzione dei mattoni di argilla)

Ecosystem quality:

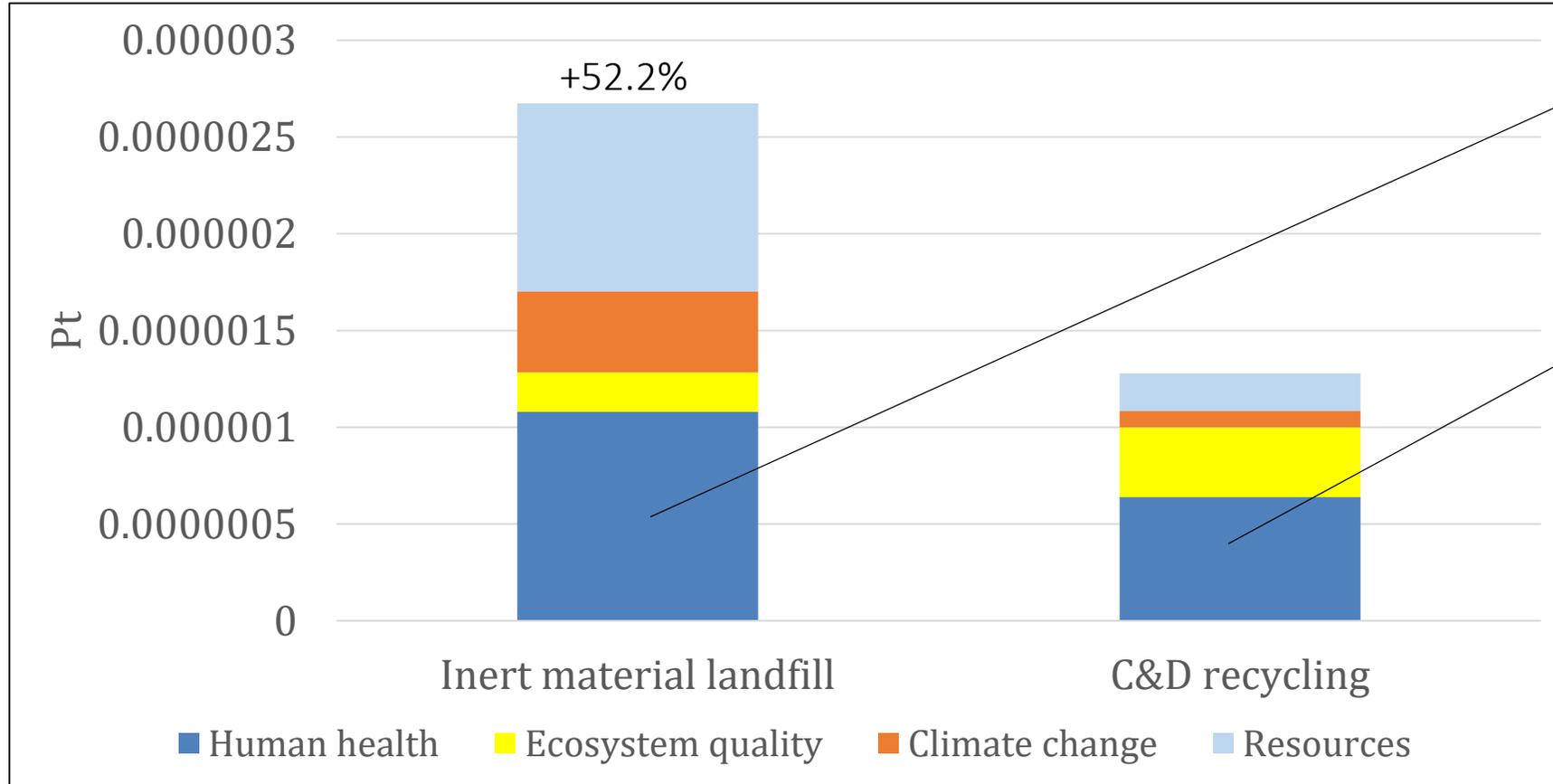
+21.9% (Occupation , urban, green areas per la produzione di NHL 3.5)

Errore Ecoinvent 3.6

- Processo: Compostaggio domestico
- UF: 1 kg
- Occupazione del suolo: 764.5 m²y

Probabile mancanza dell'allocazione alla produzione annuale di 178 kg

Analisi di sensibilità: fine vita (U.F. = 1 kg)



Human health:

+68.75% (Nitrogen oxides per la costruzione della discarica)

Human health:

50% (Particulates. <2.5 μm emissione diretta)

Conclusioni: sintesi dei risultati

- Valutazione dell'impatto ambientale di una parete di 1 m² composta da blocchi di calcestruzzo alleggerito realizzati con pula di farro e legante di calce
- Il materiale presenta una **bassa conducibilità termica** e pertanto la parete non necessita di un ulteriore strato isolante
- Danno totale dovuto per circa il **20%** alla produzione dei blocchi;
- **Prestazioni migliori** del caso studio a confronto con scenari alternativi:
 - materiali meno impattanti rispetto allo scenario tradizionale
 - minore quantità di miscela richiesta rispetto allo scenario del biocomposito.
- Sviluppi futuri:
 - pula di farro come un **co-prodotto** della produzione del farro stesso;
 - Schematizzazione **collante ecologico** tra i blocchi → sostituzione malta cementizia
 - Valutazione ulteriori prestazioni materiale (tra cui es. **tempo di vita**)
 - Valutazione **idoneità tecnica-prestazionale** e **sicurezza per la salute dell'uomo e la qualità dell'ecosistema** del co-prodotto da riciclo

Conclusioni generali

- **Simbiosi industriale:** «... mettere in comunicazione le imprese di uno stesso territorio - con produzioni anche molto diverse – creando un circolo virtuoso dove scarti e sottoprodotti a chilometro zero di un'impresa diventano risorse per un'altra.» (progetto GREEN, ENEA, Emilia- Romagna)
- **Green supply chain:** approccio gestionale che mira a rendere minimo l'impatto ambientale di un prodotto o di un servizio lungo il suo ciclo di vita → responsabilità del produttore anche nelle fasi successive, come l'uso e il fine vita
- Il fine vita (riciclo) è premiante, evitando il conferimento in discarica e le relative emissioni, con co-prodotto (sabbia)

Ringraziamenti

Grazia Maria Cappucci^{1,2}, Vanessa Ruffini^{1,2}, Virginia Barbieri³, Cristina Siligardi³ Anna Maria Ferrari^{1,2*}

¹Dipartimento di Scienze e Metodi per l'Ingegneria, Università di Modena e Reggio Emilia, 42122 Reggio Emilia

²En & Tech - Centro di Ricerca Industriale e Trasferimento Tecnologico, Reggio Emilia, 42122 Reggio Emilia

³Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”, Università di Modena e Reggio Emilia, 41125 Modena

Email: graziamaria.cappucci@unimore.it

Publicazioni:

Barbieri, V., 2020. Scarti cerealicoli: una risorsa rinnovabile e sostenibile per il settore edilizio. Università degli studi di Modena e Reggio Emilia.

Barbieri, V., Lassinantti Gualtieri, M., Siligardi, C., 2020. Wheat husk: A renewable resource for bio-based building materials.

Constr. Build. Mater. 251, 118909. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118909>