



DiSMI Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia



Materiali Ceramici a Confronto

Il problema dei processi di riciclo

Martina Pini e Rosangela Spinelli

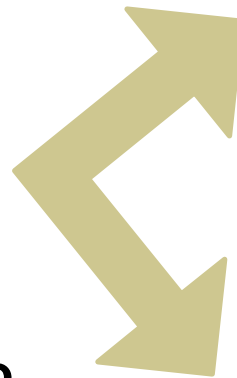
LCA Working Group – DISMI
Università di Modena e Reggio Emilia



Le piastrelle ceramiche

5 tipologie di piastrelle ceramiche:

1. Bicottura
2. Monoporosa
3. Monocottura
4. Grès porcellanato Tecnico
5. Grès porcellanato smaltato

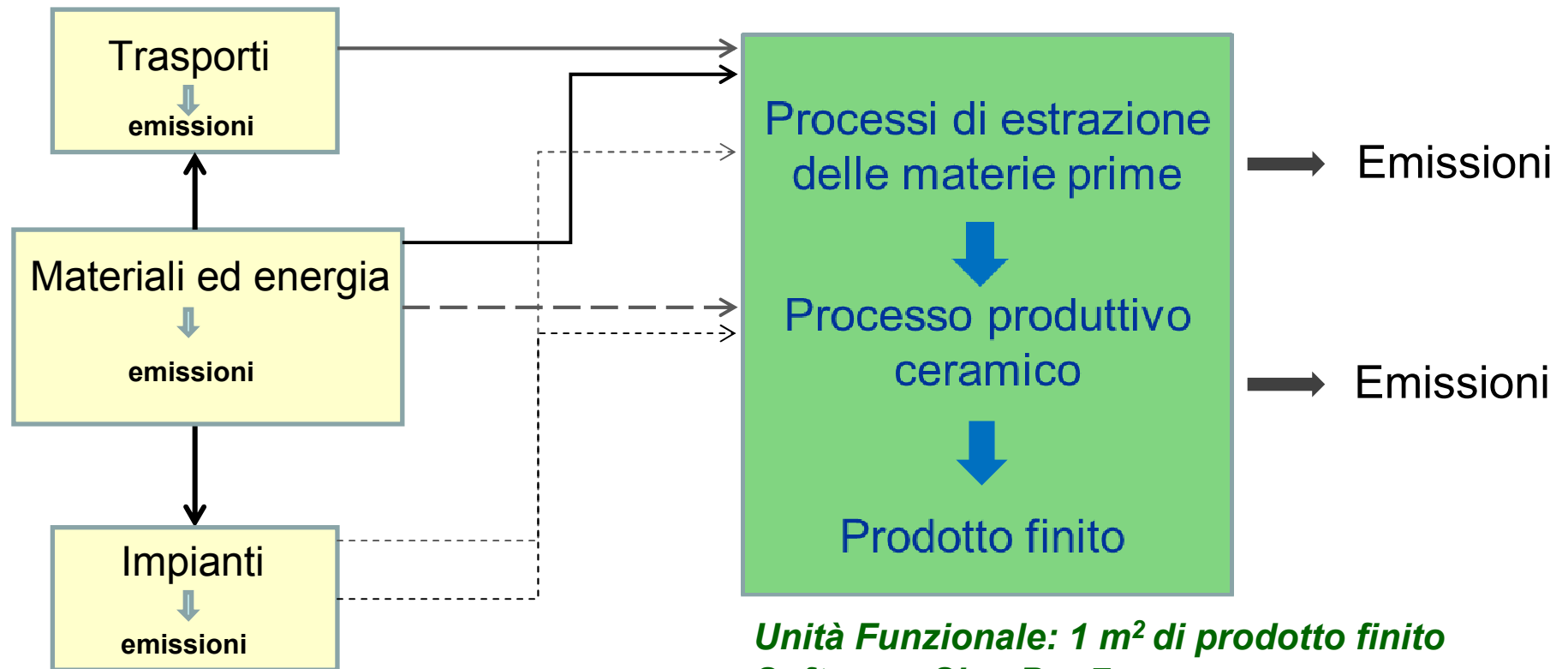


*Formulazione di impasto 'classica':
attuale composizione → materie prime
importate.*

*Formulazione di impasto 'alternativa':
materiali di provenienza estera sono
stati in parte sostituiti con quelli di
origine nazionale (Riolite caolinica,
Bentonite e Eurite).*



LCA piastrelle ceramiche



Unità Funzionale: 1 m² di prodotto finito

Software: SimaPro 7

Metodo di valutazione: IMPACT 2002+

Confini: dalla culla al cancello



Stato dell'arte: impatto ambientale

Resources: il danno costituisce il **35%** del totale ed è dovuto principalmente al consumo di Gas Naturale nel processo produttivo.

Climate Change: il danno costituisce il **34%** del totale ed è dovuto principalmente alle emissioni di CO₂ associate ai trasporti e al processo produttivo.

Human Health: il danno costituisce il **27%** del totale ed è dovuto principalmente a emissioni di NO_x generate dai trasporti.

Ecosystem Quality: il danno costituisce il **3.5%** del totale ed è dovuto principalmente a emissioni di NO_x generate dai trasporti.



Formulazione degli impasti

	Bico 1	Bico 2	MonoP 1	MonoP 2	MonoC 1	MonoC 2	GresS 1	GresS 2	GresT 1	GresT 2
Argilla (extra UE)	24	17	26	21	24	19	24	19	25	20
Argilla (UE)	17	10	17	12	16	11	18	13	19	14
Bentonite		0,5		0,5		1		1,5		1,5
Riolite RP1		13,5		9,5		10		10		
Caolino L 03-11										10
Na-Feld (Imp)	12	10	20	10	25	15	24	20	30	25
Na-K Feld (naz.)									13	13
K-urite QMC	11	13	12	22	19	19	7			2,5
Na-K-urite E 03-11						10	7	18		2,5
Sabbia Feld. (naz.)	16	16	15	15	16	15	20	18	11,5	10
Calcite	20	20	10	10				0,5		
Dolomite									1,5	1,5

1: impasti tradizionali

2 : impasti alternativi

(parziale sostituzione con materie prime nazionali)



Analisi Chimica

	Bico 1	Bico 2	MonoP 1	MonoP 2	MonoC 1	MonoC 2	GresS 1	GresS 2	GresT 1	GresT 2
SiO₂	54,94	56,74	61,69	63,31	69,42	70,70	69,58	69,99	67,15	65,94
Al₂O₃	15,67	14,09	17,72	16,31	19,09	17,64	18,86	17,70	19,62	19,80
Fe₂O₃	0,57	0,59	0,62	0,68	0,65	0,74	0,66	0,71	0,57	0,65
TiO₂	0,67	0,46	0,72	0,57	0,70	0,55	0,72	0,56	0,76	0,62
MgO	0,30	0,25	0,32	0,30	0,33	0,35	0,34	0,36	0,61	0,61
CaO	11,54	11,50	5,98	5,92	0,42	0,42	0,47	0,79	1,03	1,01
Na₂O	1,38	1,27	2,16	1,25	2,65	2,09	2,80	2,88	3,59	3,29
K₂O	2,46	2,78	2,58	3,32	3,05	3,53	2,74	2,84	2,37	2,67
P.F.	12,15	12,03	7,88	7,99	3,44	3,64	3,52	3,86	4,01	5,17

1: impasti tradizionali

2: impasti alternativi

(parziale sostituzione con materie prime nazionali)



Parametri Tecnologici

	Bico1	Bico2	MonoP 1	MonoP 2	MonoC 1	MonoC 2	GresS 1	GresS 2	GresT 1	GresT 2
Residuo a 63 μm	4,3	4,6	4,5	4,4	4,2	4,4	1,7	1,8	0,9	0,9
Pressatura (kg/cm²)	280	280	280	280	300	300	350	350	400	400
MRF essiccato (N/mm²)	2,81	2,43	3,04	2,88	2,91	2,82	3,02	2,94	3,12	3,05
Ciclo di cottura (°C/min)	1130 / 50	1130 / 50	1120 / 50	1120 / 50	1170 / 45	1170 / 45	1190 / 45	1190 / 45	1200 / 50	1200 / 50
Temperatura Buller (°B)	1040	1040	1030	1030	1085	1085	1100	1100	1130	1130
Ritiro lineare (%)	0,17	0,20	0,32	0,27	4,93	5,81	6,09	5,55	6,40	6,58
Assorbimento d'acqua (%)	15,83	16,72	12,70	13,62	2,74	2,38	0,64	0,80	0,04	0,05

1: impasti tradizionali

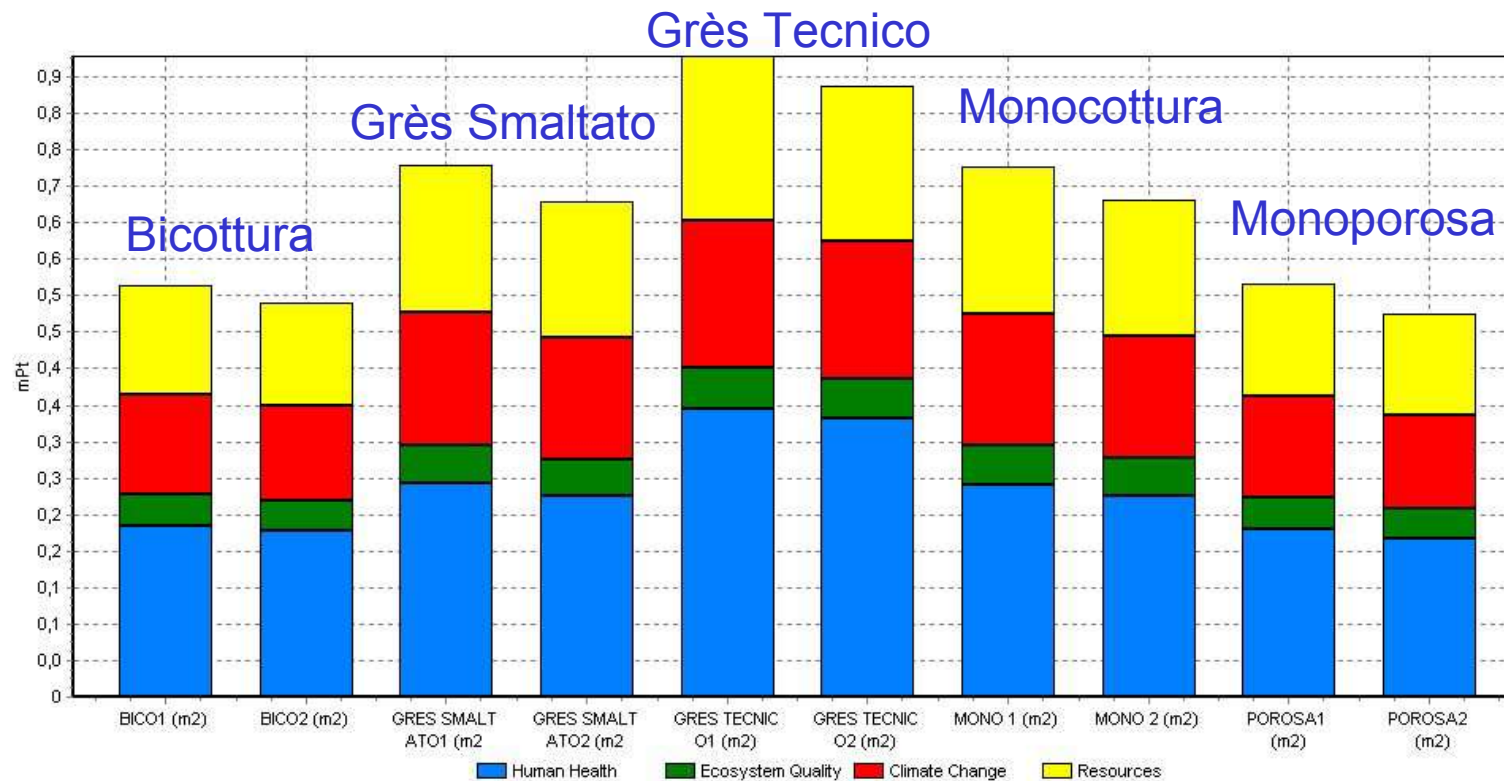
2: impasti alternativi

(parziale sostituzione con materie prime nazionali)



Analisi LCA comparativa: impasti

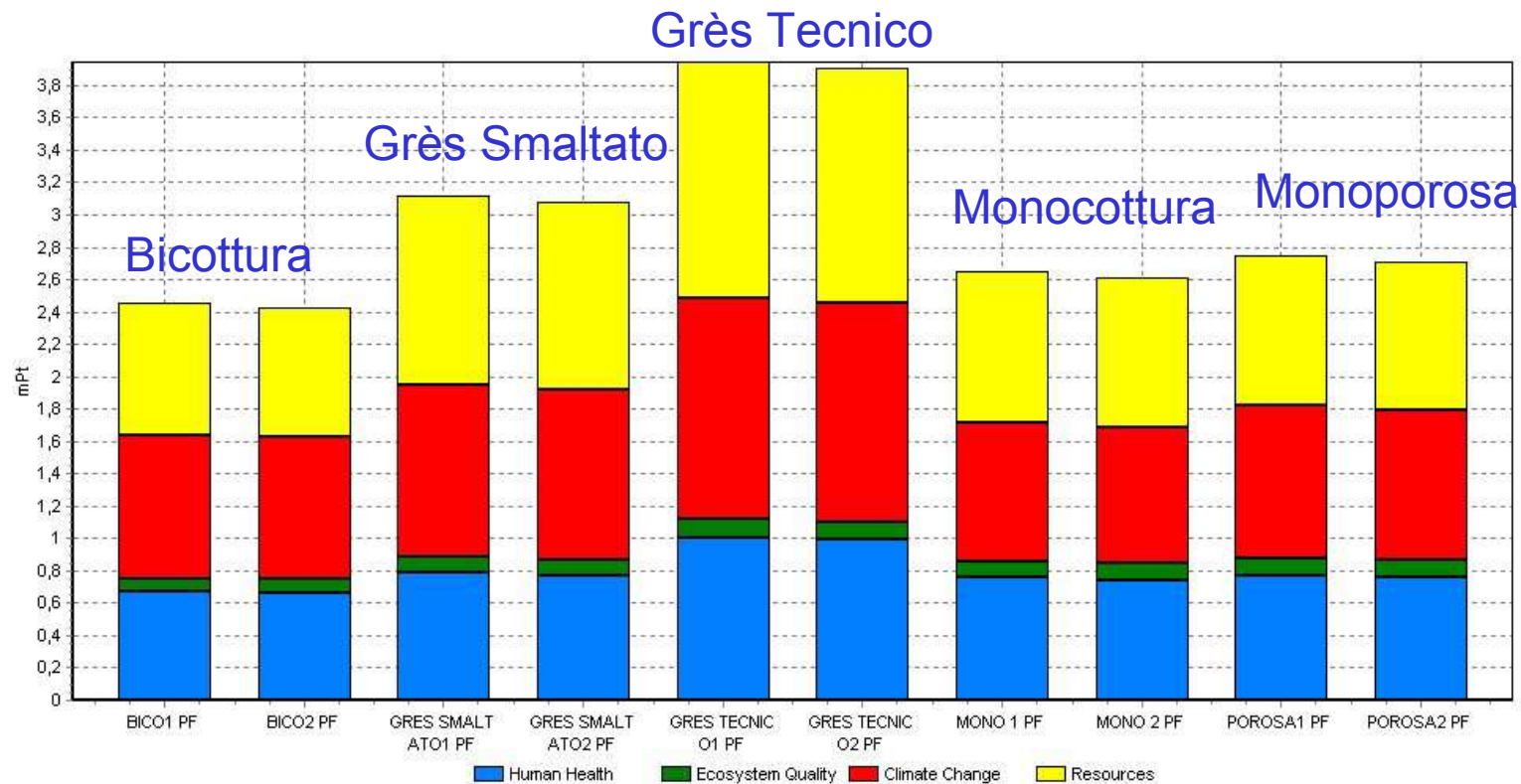
La riduzione dell'impatto ambientale, con riferimento alle sole fasi di estrazione e trasporto delle materie prime, è mediamente del **6 %**.





Analisi LCA comparativa: prodotto finito

La riduzione dell'impatto ambientale, con riferimento all'intero sistema studiato, è solo dell' **1.3 %**.

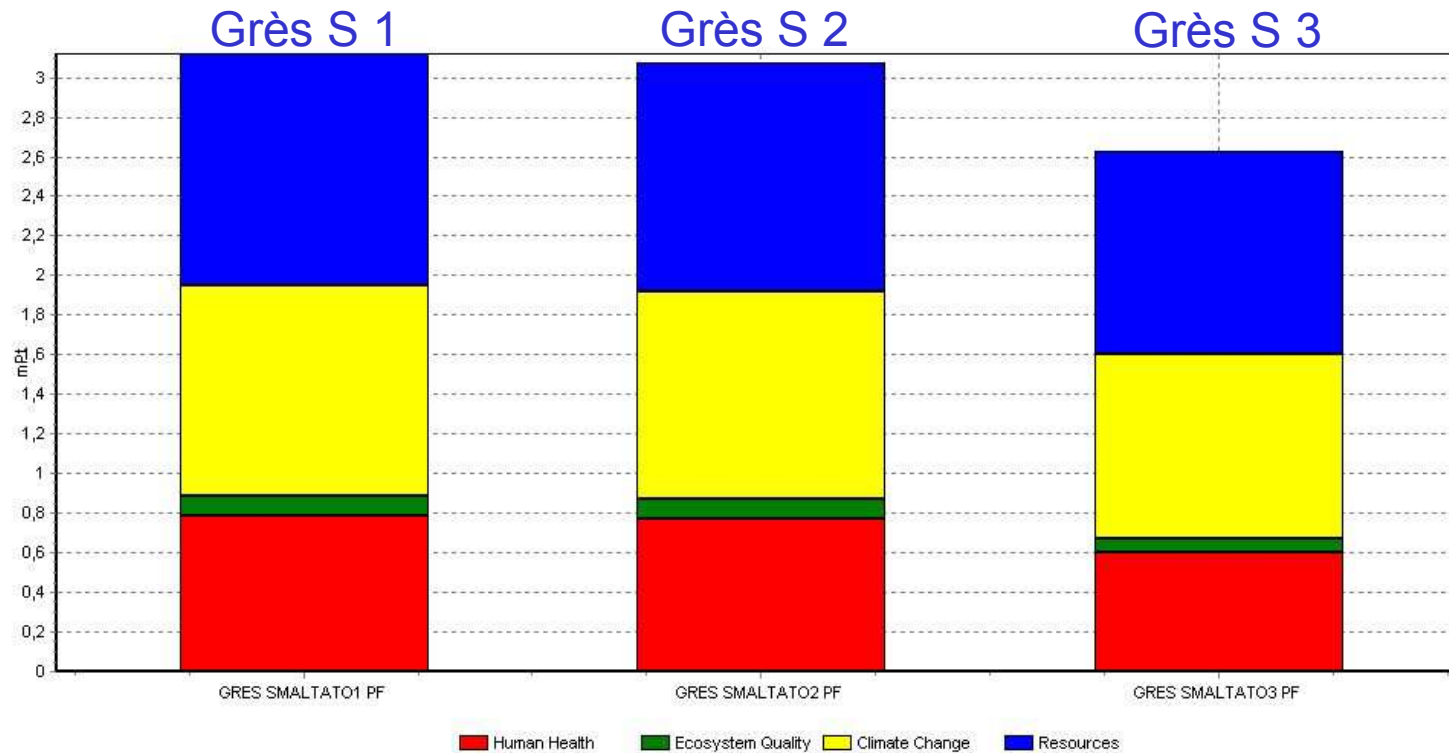




Argille locali: analisi LCA

La riduzione dell'impatto ambientale che si raggiunge è del **15.7%**.

- 23% Human Health (-30% di NO_x)
- 36% Ecosystem Quality (-30% di NO_x)
- 12% Climate Change (-12% di CO₂)
- 12% Resources (-60% combustibile trasporti)





Piastrella di grès porcellanato sottile

EDILIZIA:

- pavimenti e rivestimenti
- pareti divisorie e attrezzate
- controsoffitti
- pareti ventilate
- rivestimenti coibentati
- gallerie
- metropolitane
- camere bianche



ARREDAMENTO:

- superfici per piani di bagni e cucine, armadi, tavoli, scrivanie, porte





Piastrella di grès porcellanato sottile vs tradizionale

Caratteristiche	Piastrella sottile	Piastrella tradizionale	Unità di misura
Dimensioni piastrella sottile	3000x1000	300x600	mm
Spessore piastrella sottile	3.5	~10.5	mm
Peso al m ²	8.2	~24	kg/m ²
m ² di piastrelle stoccate su 1 Pallet	75	60.48	m ² /pallet
kg di piastrelle stoccate su 1 Pallet	615	1451.52	Kg/pallet
Assorbimento d'acqua	Average value 0.1	Average value 0.2	%
Resistenza a flessione	Average value 90	Average value 35	N/mm ²
Resistenza all'abrasione	≤ 175	≤ 130	mm ³
Coefficiente di dilatazione termica lineare (10-6/°C)	6.6	6.5	
Resistenza agli attacchi chimici	Average value 0.8	Average value 0.75	

Sottile



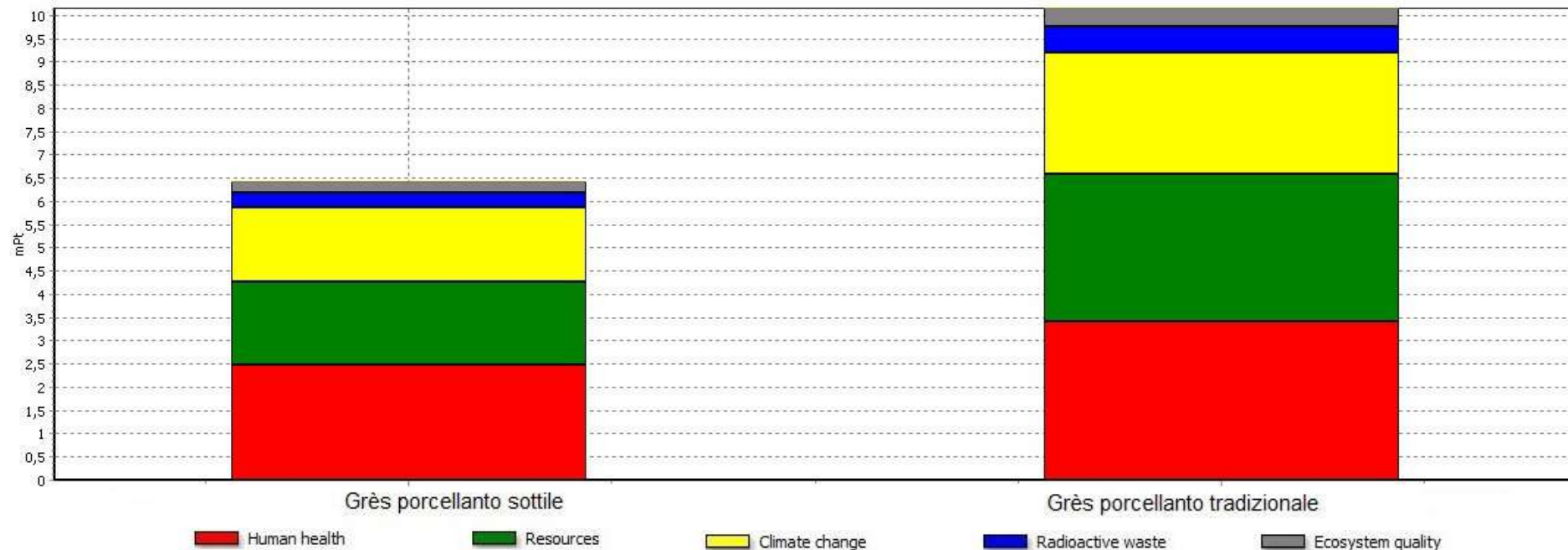
Tradizionale





Analisi LCA comparativa

La riduzione dell'impatto ambientale che si raggiunge è del 36.6%



- 43.7% **Resources** (-57.4% Gas naturale → En. termica fase di cottura)
- 41.9% **Radioactive waste** (-41.9% Volume occupato da scorie a bassa radioattività → En. Elettrica)
- 38.5% **Ecosystem Quality** (-28.8% Zinco nel suolo → Trasporti)
- 38.9% **Climate change** (-44.7% CO₂ → En. termica fase di cottura)
- 28.9% **Human Health** (-36.2% NOx → Trasporti)



Il problema dei processi di riciclo

- ❖ Nel distretto ceramico annualmente vengono prodotti **250000** ton/anno di scarti di prodotti ceramici.
- ❖ Attualmente gli scarti vengono riciclati ed utilizzati per la realizzazione di sottofondi stradali o in alcuni casi reintrodotti nel processo di produzione.
- ❖ Proposte alternative di gestione del fine vita degli scarti ceramici:
 - ✓ produzione di sabbia per la realizzazione di bioadesivi per posa ceramica



Piastrella di grès porcellanato sottile

EDILIZIA:

- pavimenti e rivestimenti
- pareti divisorie e attrezzate
- controsoffitti
- pareti ventilate
- rivestimenti coibentati
- gallerie
- metropolitane
- camere bianche



ARREDAMENTO:

- superfici per piani di bagni e cucine, armadi, tavoli, scrivanie, porte





Piastrella di grès porcellanato sottile vs tradizionale

Caratteristiche	Piastrella sottile	Piastrella tradizionale	Unità di misura
Dimensioni piastrella sottile	3000x1000	300x600	mm
Spessore piastrella sottile	3.5	~10.5	mm
Peso al m ²	8.2	~24	kg/m ²
m ² di piastrelle stoccate su 1 Pallet	75	60.48	m ² /pallet
kg di piastrelle stoccate su 1 Pallet	615	1451.52	Kg/pallet
Assorbimento d'acqua	Average value 0.1	Average value 0.2	%
Resistenza a flessione	Average value 90	Average value 35	N/mm ²
Resistenza all'abrasione	≤ 175	≤ 130	mm ³
Coefficiente di dilatazione termica lineare (10-6/°C)	6.6	6.5	
Resistenza agli attacchi chimici	Average value 0.8	Average value 0.75	

Sottile



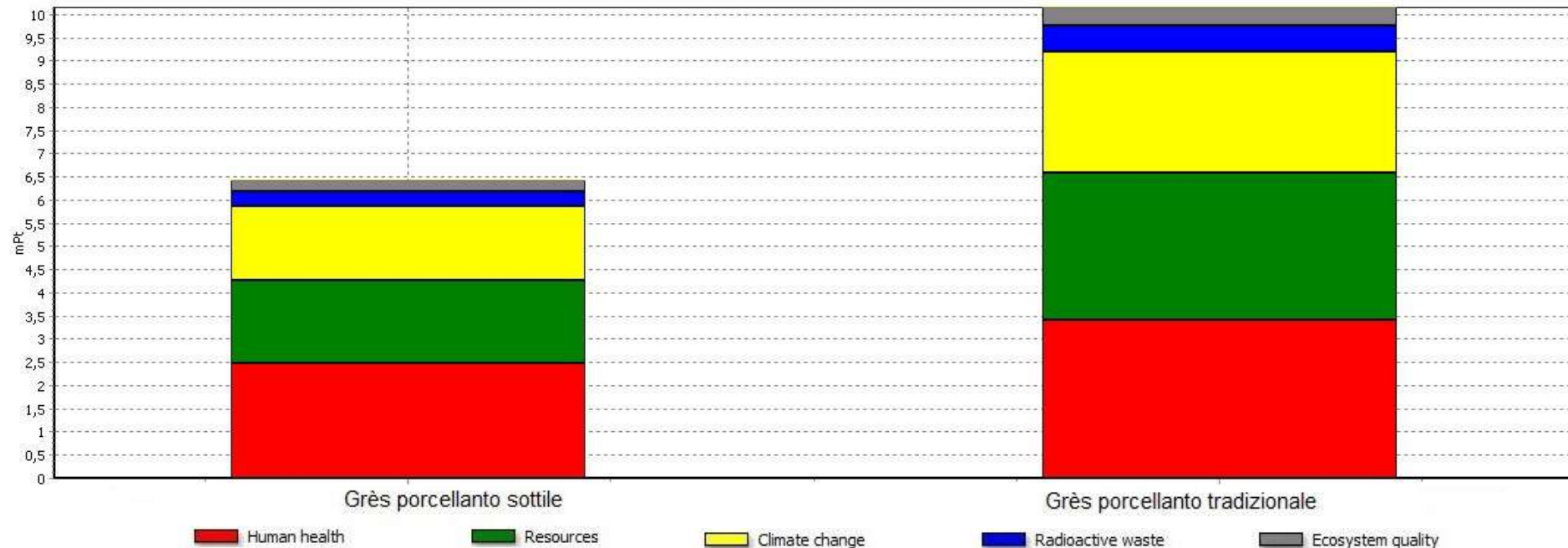
Tradizionale





Analisi LCA comparativa

La riduzione dell'impatto ambientale che si raggiunge è del 36.6%



- 43.7% **Resources** (-57.4% Gas naturale → En. termica fase di cottura)
- 41.9% **Radioactive waste** (-41.9% Volume occupato da scorie a bassa radioattività → En. Elettrica)
- 38.5% **Ecosystem Quality** (-28.8% Zinco nel suolo → Trasporti)
- 38.9% **Climate change** (-44.7% CO₂ → En. termica fase di cottura)
- 28.9% **Human Health** (-36.2% NOx → Trasporti)



Il problema dei processi di riciclo

- ❖ Nel distretto ceramico annualmente vengono prodotti **250000** ton/anno di scarti di prodotti ceramici.
- ❖ Attualmente gli scarti vengono riciclati ed utilizzati per la realizzazione di sottofondi stradali o in alcuni casi reintrodotti nel processo di produzione.
- ❖ Proposte alternative di gestione del fine vita degli scarti ceramici:
 - ✓ produzione di sabbia per la realizzazione di bioadesivi per posa ceramica



FORMULAZIONE

	ADESIVO 1	ADESIVO 2
SABBIA SILICEA	37%	–
SABBIA DA RICICLO	–	37%
CEMENTO	50 %	50%
CARBONATO DI CALCIO	10%	10%
ADDITIVI (0,5% Cellulosa, 0,5% Fibra di cellulosa, 3,0% Polimero vinilico, 1% Litio carbonato)	3%	3%

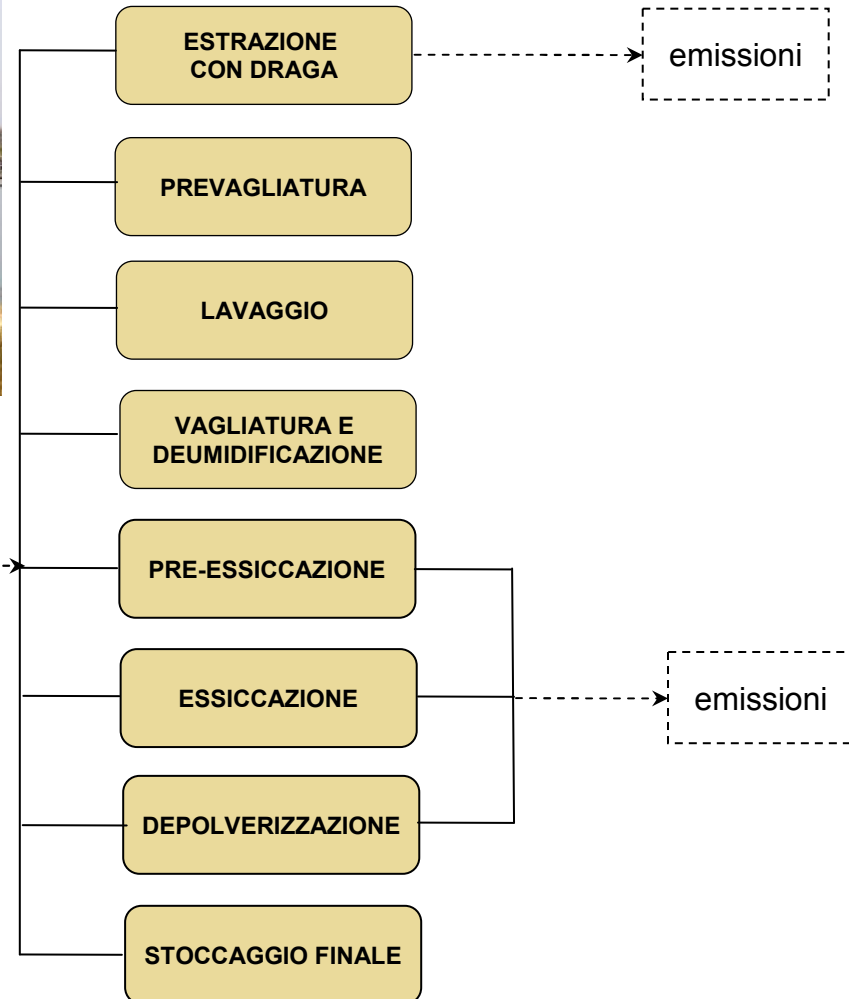


UTILIZZO RISORSA NATURALE: PROCESSO ESTRATTIVO DELLA SABBIA



IMPIANTI
•Macchinari
•Consumi energetici

Unità Funzionale: 1 ton/h di sabbia estratta
Software utilizzato: SimaPro 7.3
Metodo di analisi: IMPACT 2002+ Modificato





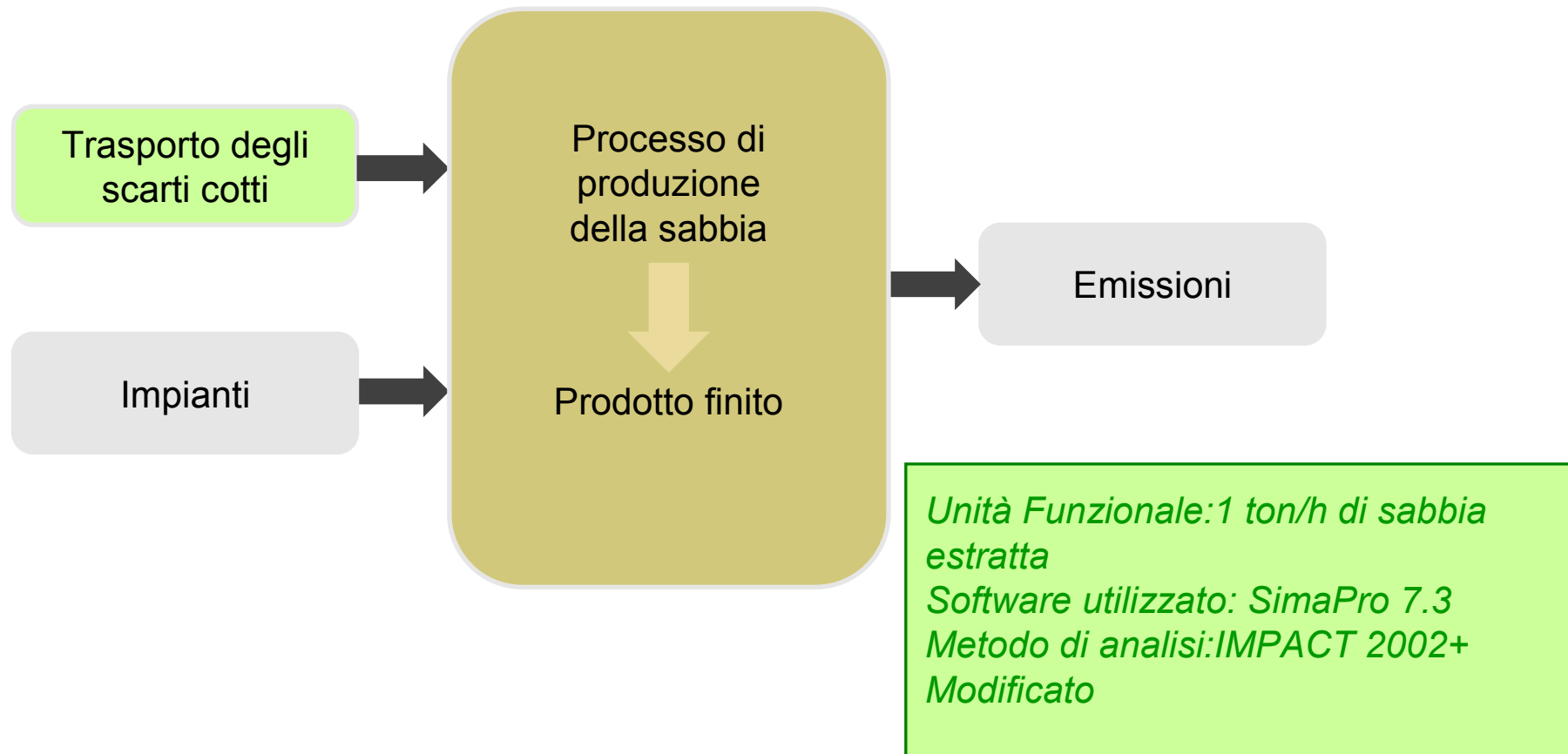
Indicatore

- ❖ Permeabilità terreno sabbioso → $7,5E-2$ m/sec
- ❖ Permeabilità terreno argilloso → $0,5E-8$ m/sec
- ❖ Il terreno da sabbioso diventa argilloso quando la permeabilità diminuisce di un fattore $7,5E-2 / 0,5E-8$ (= $15E6$ volte)
- ❖ $1E5$ kg di sabbia estratta produce una riduzione della permeabilità di 100 volte → $1E5$ kg/100 p = $1E3$ kg/p
- ❖ Numero estrazioni di sabbia per trasformare un terreno sabbioso in uno argilloso → $15E6 / 100$ (= $15E4$) estrazioni di $1E5$ kg → $15E4 * 1E5$ kg (= $15E9$ kg)
- ❖ L'effetto dell'esondazione comporta il danno di 10 persone (ipotesi) con la perdita di 20 giorni di vita → $10 * 20 / 365$ (= $0,547945$ DALY) persi dalla comunità europea → $0,547945$ DALY / $15E9$ kg (= $3,652966667$ E-11 DALY / kg)
- ❖ Poiché a 1 kg corrisponde la riduzione di $1E-3$ p, per 1p si ha un danno che vale: $3,652966667$ E-11 DALY/kg / $1E-3$ p/kg = $3,6529667E-8$ DALY/ p
- ❖ Categoria di impatto **Terreno (permeabilità)** → substance *permeabilità del terreno* nel compartment *Non material* alla quale si attribuisce il fattore 100 p/ $1E5$ kg = $0,001$ p/kg
- ❖ categoria di danno **Terreno (permeabilità)** che richiama la categoria di impatto **Terreno (permeabilità)** alla quale si attribuisce il fattore **$3,6529667E-8$ DALY/p**



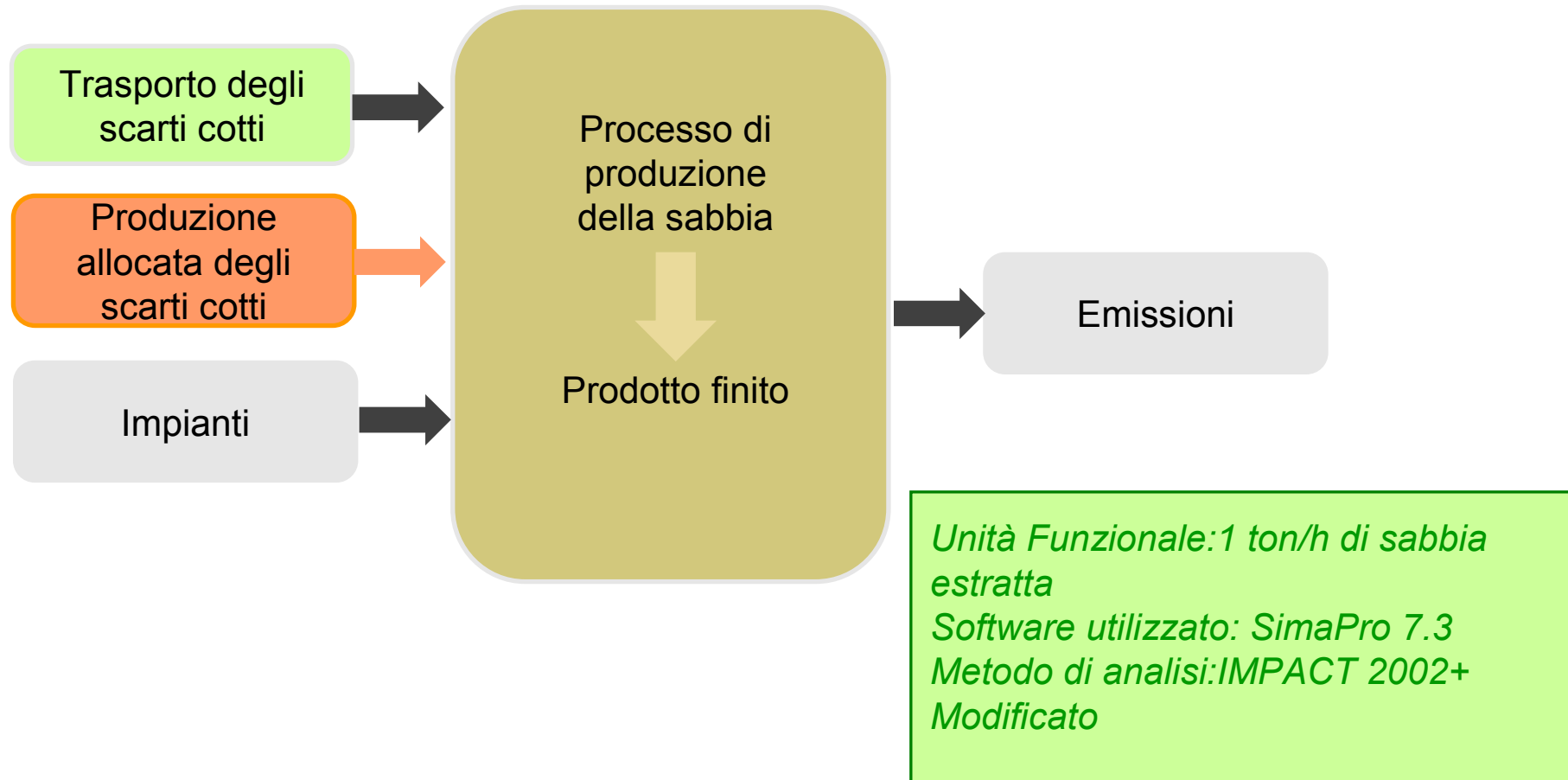
RIUTILIZZO DI SCARTI CERAMICI COTTI

Scenario1: si considera il solo trasporto degli scarti ceramici cotti





Scenario 2: si considera il trasporto degli scarti ceramici cotti e la produzione degli scarti allocata





ALLOCAZIONE PER VALORE ECONOMICO

- ❖ Scarto fase di cottura → 70%
- ❖ Scarto prodotto cotto per tutti i prodotti → 2202,08 ton/anno
- ❖ Produzione di grés porcellanato → 385,075 ton/anno
- ❖ Totale piastrelle contabilizzate a magazzino → 159562,16 ton/anno
- ❖ Utilizzo del forno di cottura → 4830 h
- ❖ Portata oraria del forno → 242m²
- ❖ Peso piastrella → 24,88 kg/m²

❖ **Scarto imputabile** alla produzione di **grés porcellanato**
(0,70*2202,8): 159562,16=x:385,075 → **3721,2472 kg**

❖ **Output totale** del processo di cottura
(242m² /h*24,88 kg/m²)-scarti (0,77044 kg/h)-emissioni≈**6021 kg/h**

❖ **Prezzo dello scarto** → **0,01€/kg** → allocazione economica → $\frac{0,01 \cdot 3721,2472}{(0,01 \cdot 3721,2472) + (3,09401 \cdot 6021)}$

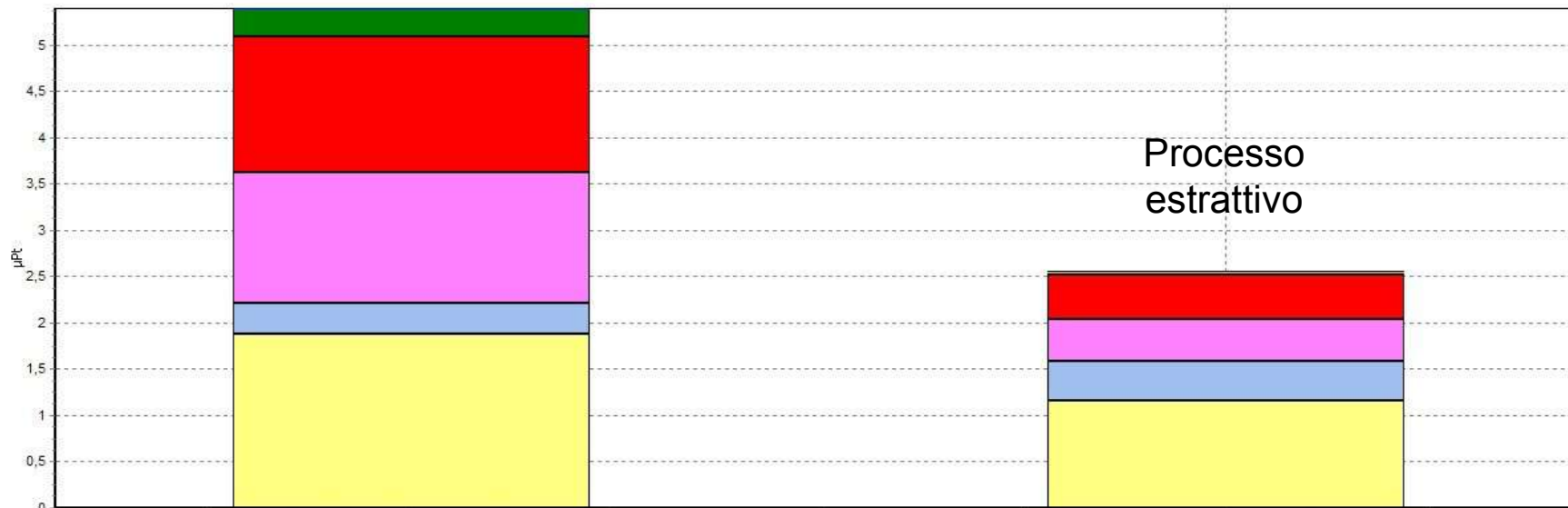
❖ **Prezzo della piastrella** → **3,09401€/kg** → allocazione economica → $\frac{3,09401 \cdot 6021}{(0,01 \cdot 3721,2472) + (3,09401 \cdot 6021)}$



LCA ANALISI COMPARATIVA:

SCENARIO 1 (solo trasporto) vs PROCESSO ESTRATTIVO DELLA SABBIA

Scenario1
(solo trasporto scarti cotti)



+34.89% **Human Health** (+38.8% NOx → Macchinari)

+27.19% **Resources** (+68.79% Gas naturale → En. per la macinazione scarti cotti)

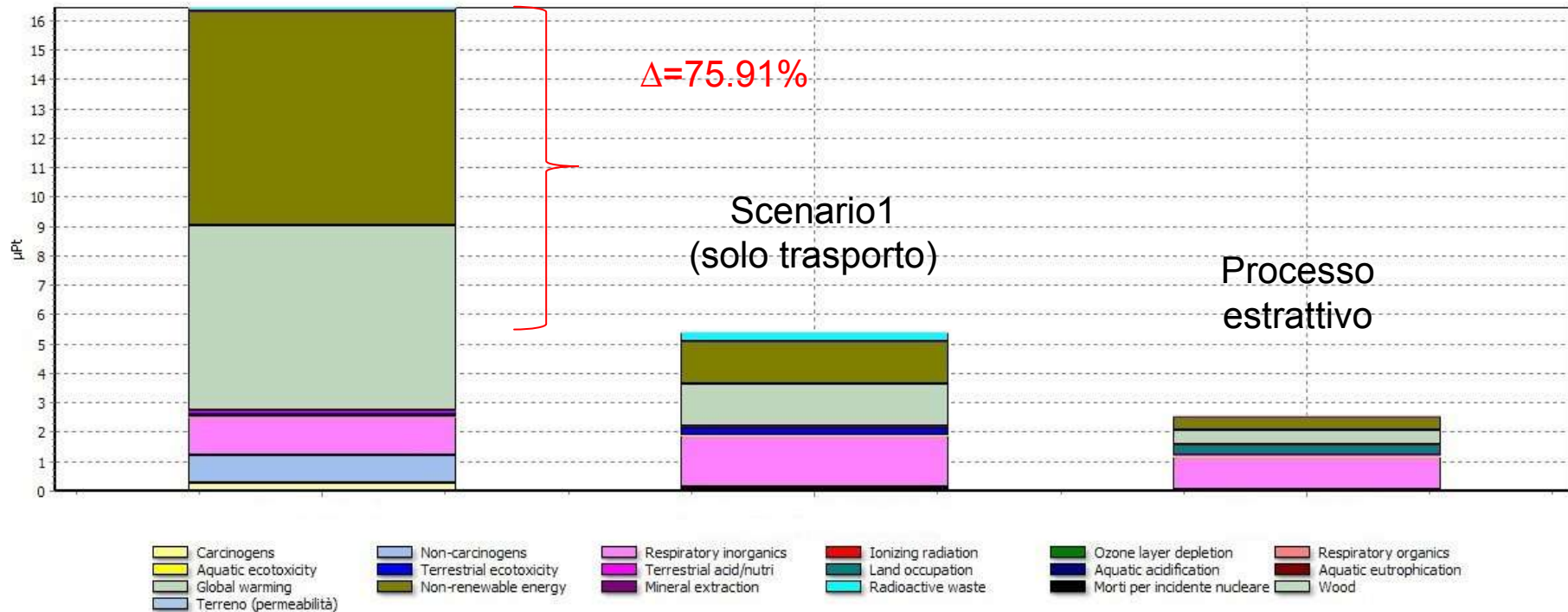
+25.99% **Climate change** (+67.35% CO2 → En. per la macinazione di scarti cotti)



LCA ANALISI COMPARATIVA:

RIUTILIZZO SCARTI CERAMICI COTTI VS PROCESSO ESTRATTIVO DELLA SABBIA

Scenario2
(trasporto + produzione di
scarti cotti allocata)





CONCLUSIONI:

- ❖ Il giudizio sulla sostenibilità ambientale di un determinato prodotto/processo, può essere dato soltanto in base ad un'analisi completa di ciclo di vita LCA
- ❖ Non è sempre possibile esprimere un giudizio positivo in merito alla sostenibilità ambientale dei processi di riciclo



DiSMI Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia



GRAZIE PER L'ATTENZIONE