



*Dottorato di ricerca in Tecnologie Chimiche
ed Energetiche – XXI Ciclo*

ANALISI LCA DI UN COLLETTORE SOLARE SENZA VETRO

Arch. Paola Pastore

Udine, 26 Maggio 2009



INTRODUZIONE

Valutazione progetto ENDOHOUSING

⇒ **PRESTAZIONE ENERGETICA**

⇒ **PRESTAZIONE AMBIENTALE**

Udine, 26 Maggio 2009





PRESTAZIONE ENERGETICA



→ **RIDUZIONE DELL'ENERGIA NECESSARIA
AL FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO**

→ **E' STATO PREVISTO UN POSSIBILE
RISPARMIO 20%**

Udine, 26 Maggio 2009



PROGETTO ENDOHOUSING

Endothermic Technology for Energy
Efficient Housing in the EU



- **Progetto internazionale**
- **Finanziato con 2 milioni di euro**
- **Usa una pompa di calore**
- **Tetto energetico per incremento prestazioni energetiche edificio**



Udine, 26 Maggio 2009

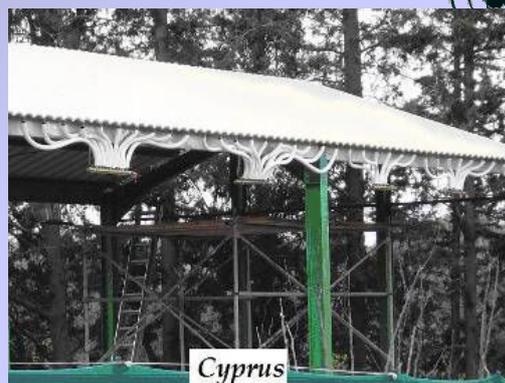




PROGETTI ENDOHOUSING



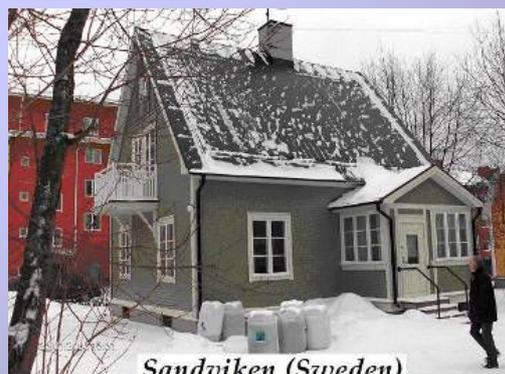
Soest (Germany)



Cyprus



Taranto (Italy)



Sandviken (Sweden)

Udine, 26 Maggio 2009



TARANTO: CASO STUDIO



Latitudine	40° 27'
Altezza slm	15 m
Gradi giorno	1071
Zona climatica	C
Durata del periodo di riscaldamento	dal 15 NOV al 31 MAR
Temperatura media stagionale	10,8°C
Temperatura esterna invernale	0°C
Temperatura esterna estiva	33°C
Umidità relativa esterna invernale di progetto	75%
Umidità relativa esterna estiva di progetto	70%
Escursione termica estiva giornaliera	10°C
Irradianza solare media annuale	102 W/m ²

Udine, 26 Maggio 2009



TARANTO: CASO STUDIO



Udine, 26 Maggio 2009

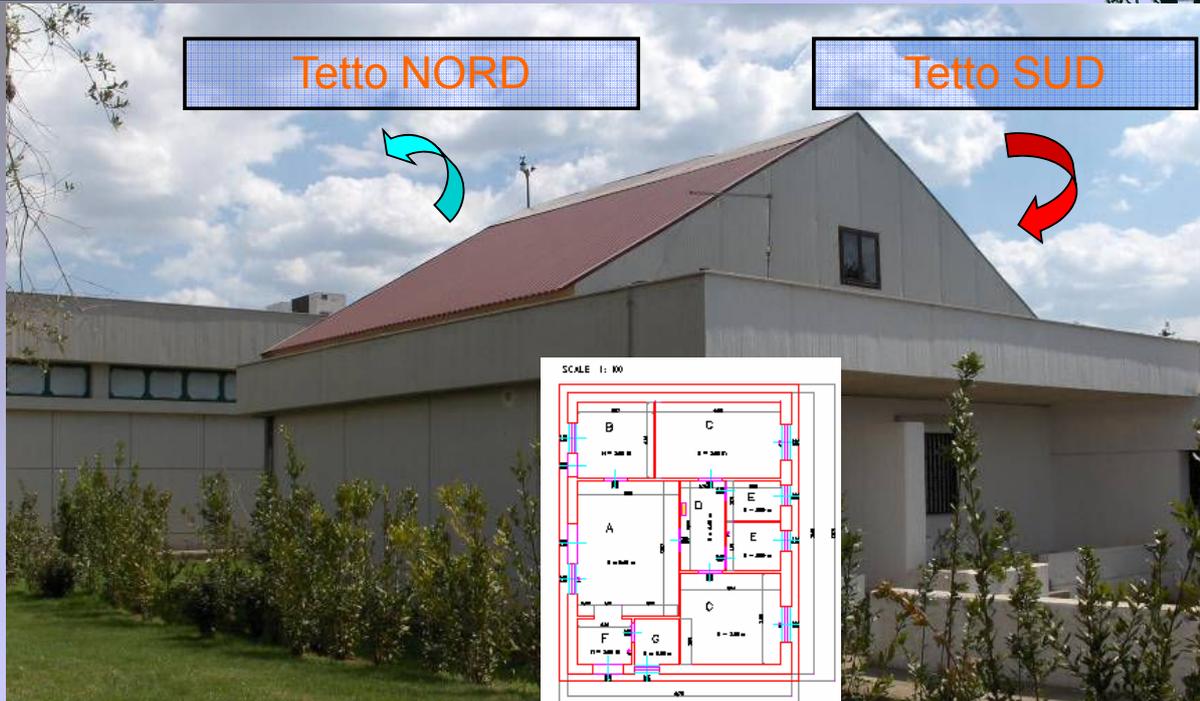


TARANTO: CASO STUDIO



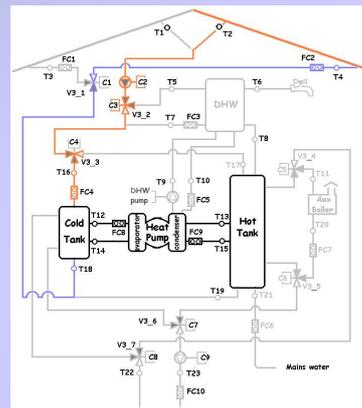
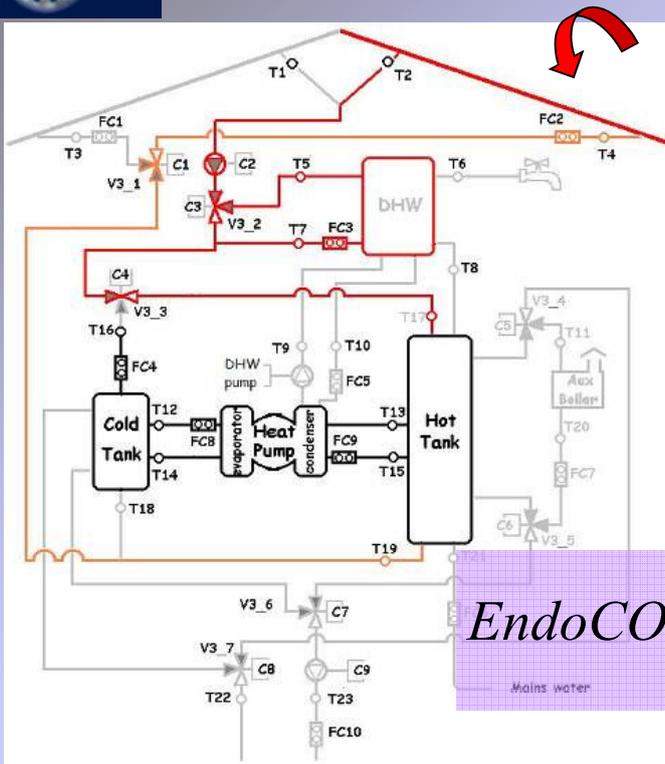
Udine, 26 Maggio 2009





Udine, 26 Maggio 2009

SISTEMA DI FUNZIONAMENTO



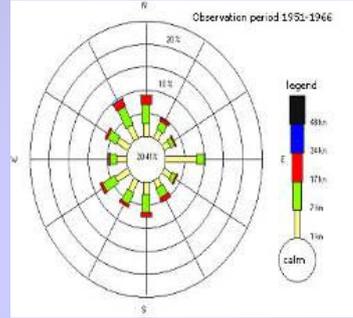
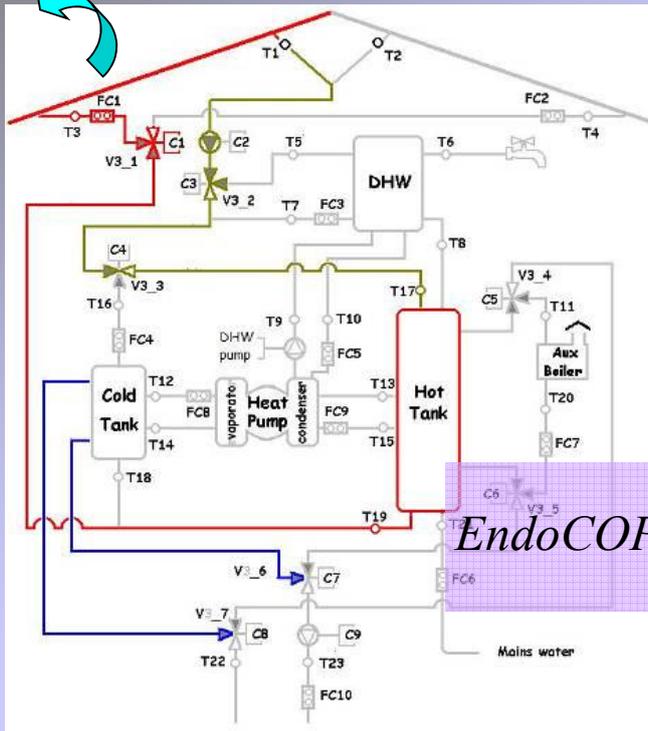
INVERNO

$$EndoCOP_{heating} = \frac{Q_C + (Q_E + Q_S)}{EE_{HP} + EE_{WP}}$$

Udine, 26 Maggio 2009



SISTEMA DI FUNZIONAMENTO



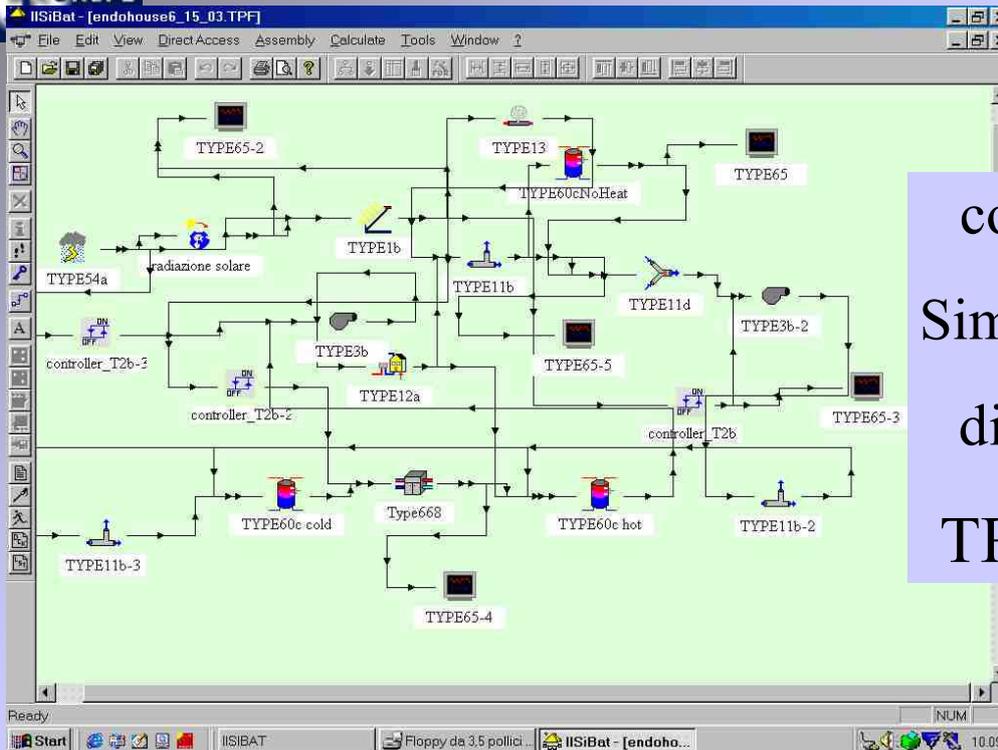
ESTATE

$$EndoCOP_{cooling} = \frac{Q_{EVA} + (Q_E + Q_{S_DHW})}{EE_{HP} + EE_{WP}}$$

Udine, 26 Maggio 2009



TARANTO: CASO STUDIO



codice di
Simulazione
dinamica
TRNSYS

Udine, 26 Maggio 2009





PRESTAZIONE AMBIENTALE



CICLO DI VITA



- Fase di produzione
- Fase d'uso
- Fase di smaltimento

Udine, 26 Maggio 2009



ANALISI DEL CICLO DI VITA (Life Cycle Assessment, LCA)



L'analisi del ciclo di vita permette di valutare gli impatti ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia e di energia, delle emissioni nell'ambiente, e l'identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti sull'ambiente.

L'analisi riguarda l'intero ciclo di vita del prodotto "dalla culla alla tomba": dall'estrazione al trattamento delle materie prime, alla produzione, al suo uso e manutenzione, fino al riciclo ed alla sua collocazione finale dopo l'uso

SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 1999

Udine, 26 Maggio 2009

UNI ISO 14040





ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Obiettivo dello studio

Valutazione:

- del danno ambientale del ciclo di vita di un collettore solare
- dei costi esterni dell'impianto durante la vita utile

Udine, 26 Maggio 2009

UNI ISO 14041



ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Unità funzionale

- energia termica fornita dalla pompa di calore
- materiali

Udine, 26 Maggio 2009

UNI ISO 14041





ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Confini del sistema

- estrazione delle materie prime
- recupero delle materie [*prime*]
- energia utilizzata
- trasporti

Udine, 26 Maggio 2009

UNI ISO 14041



ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Qualità dei dati

- codice di calcolo Sima Pro 7
- banche dati (STANDARD, IVAM LCA3, IDEMAT, ETH-ESU, DATA ARCHIVE, etc..)
- dati raccolti sul campo

Udine, 26 Maggio 2009

UNI ISO 14041

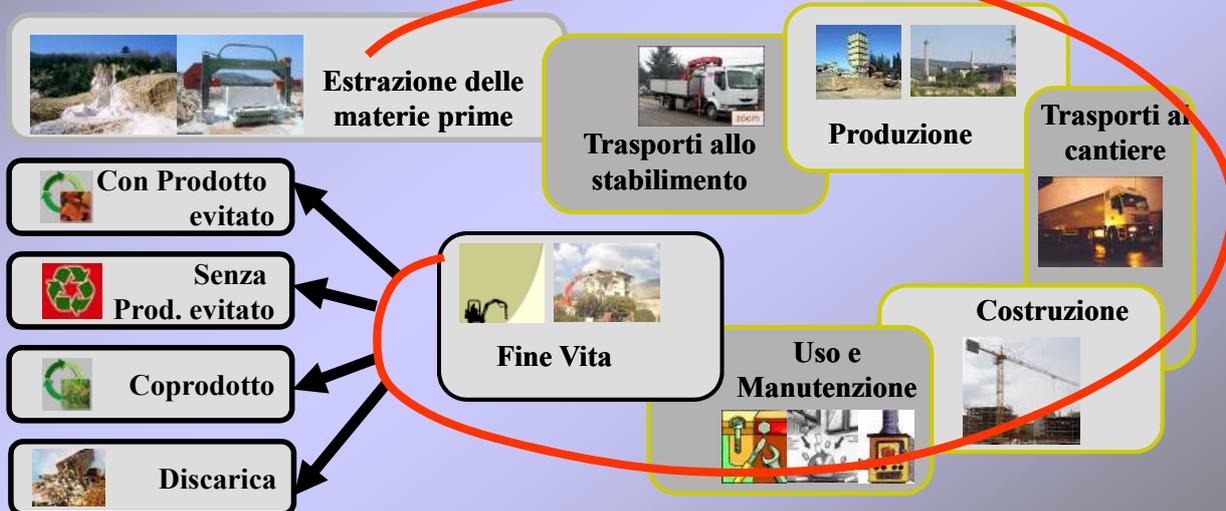




ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Analisi di inventario



Udine, 26 Maggio 2009

UNI ISO 14041



ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING

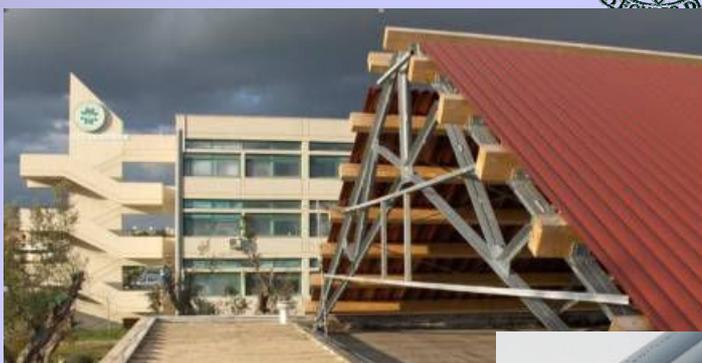


Materiali

COPERTURA

STRUTTURE

COMPONENTI



Udine, 26 Maggio 2009





ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Fabbisogni energetici

UNI EN ISO 832

Calcolo delle dispersioni termiche invernali:



$$Q = 8.300 \text{ kWh}$$

Calcolo dei carichi termici estivi:



$$Q = 2.800 \text{ kWh}$$

Udine, 26 Maggio 2009



ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Energia elettrica inverno PdC

$$COP_{pdc} = 0,09(T_{ev}) + 3,15 = 3,3$$

$$L_{eletradiz} = \frac{Q_c}{COP_{pdc}} = 2.525 \text{ kWh}_e$$

Udine, 26 Maggio 2009





ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Energia elettrica inverno PdC elioassistita

$$COP_{pdc} = 0,09(T_{ev}) + 3,15 = 4,5$$

1869 kWh_p

$$L_{eleEndo} = \frac{Q_c}{COP_{pdc}} = \frac{8.333 kWh}{4,5} = 1.852 kWh_e$$

RISPARMIO DEL 14,6% ENERGIA ELETTRICA

Udine, 26 Maggio 2009



ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Energia elettrica estate PdC

$$COP_{ft} = -0,07(T_{cond}) + 6,36 = 2,2$$

$$L_{eleEndo} = \frac{Q_c}{COP_{fh}} = 1295 kWh_e$$

Udine, 26 Maggio 2009





ANALISI DEL CICLO DI VITA SISTEMA ENDOHOUSING



Energia elettrica estate PdC elioassistita

$$COP_f = -0,07(T_{cond}) + 6,36 = 3,2$$

1100 kWh_p

$$L_{ele\ Endo} = \frac{Q_c}{COP_{fh}} = \frac{2.850 kWh}{3,2} = 890,5 kWh_e$$

RISPARMIO DI 30,6% ENERGIA ELETTRICA

Udine, 26 Maggio 2009



ANALISI del CICLO di VITA (Life Cycle Assessment, LCA):



Classificazione: assegnazione di un dato ad una categoria d'impatto ambientale

Caratterizzazione: determinazione del contributo della singola sostanza in un impatto

Normalizzazione: entità dell'impatto del prodotto rispetto ad un'area di riferimento

Valutazione del danno: impatto totale del prodotto nell'arco del suo ciclo di vita

Analisi di Valutazione

Metodi:

- Eco-Indicator 99
- EPS 2000
- EDIP 96
- Impact 2002+

Udine, 26 Maggio 2009





Metodi di valutazione del danno ambientale



Eco-Indicator 99 (Olandese)

Categorie di danno	Categorie di impatto	Indicatore
Salute umana	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostanze cancerogene ▪ Sostanze organiche ▪ Sostanze inorganiche ▪ Cambiamenti climatici ▪ Impoverimento dello strato di ozono ▪ Radiazioni ionizzanti 	<i>DALY</i> : anni di vita persi o trascorsi da ammalato
Qualità dell'ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acidificazione/eutrofizzazione ▪ Ecotossicità ▪ Consumo di suolo 	<i>PDFm2yr</i> : potenziale specie scomparse
Impoverimento delle risorse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Minerali ▪ Combustibili fossili 	<i>MJ surplus</i> : Energia che sarà necessaria per l'estrazione

Udine, 26 Maggio 2009



Metodi di valutazione del danno ambientale



Eco-Indicator 99 (Olandese)



Parametro univoco di valutazione del danno

Udine, 26 Maggio 2009





Metodi di valutazione del danno ambientale



EPS 2000 (Svedese)

Categorie di danno	Categorie di impatto	Indicatore
Salute umana	<ul style="list-style-type: none"> ▪Aspettativa di vita ▪Malattia grave ▪Malattia ▪Fastidio grave ▪Fastidio 	<p><i>YOLL:</i> anni di vita persi</p> <p><i>Person yr:</i> persone ammalate in un anno</p>
Capacità produttiva dell'ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> ▪Capacità di crescita dei cereali ▪Capacità di crescita del legno ▪Produzione di carne e pesce ▪Acidificazione del suolo ▪Diminuzione acqua irrigazione ▪Diminuzione acqua potabile 	<p><i>Kg:</i> Riferito al prodotto considerato</p>
Impoverimento delle risorse abiotiche	<ul style="list-style-type: none"> ▪Esaurimento delle risorse 	<p><i>ELU/kg:</i> Disponibilità a pagare per la risorsa</p>
Biodiversità	<ul style="list-style-type: none"> ▪Estinzione delle specie 	<p><i>NEX:</i> Numero specie estinte</p>

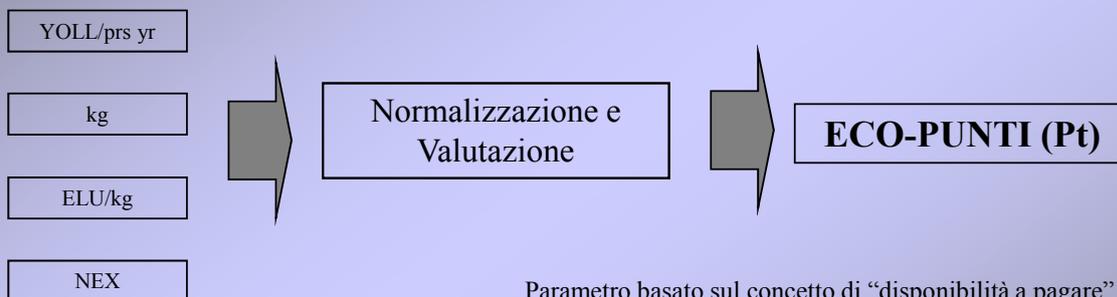
Udine, 26 Maggio 2009



Metodi di valutazione del danno ambientale



EPS 2000 (Svedese)



Udine, 26 Maggio 2009





Metodi di valutazione del danno ambientale



EDIP 96 (Danese)

	Categorie di impatto	Indicatore
Impatto ambientale	▪Riscaldamento globale	g CO2 eq
	▪Riduzione strato di ozono	g CFC11 eq
	▪Acidificazione	g SO2 eq
	▪Eutrofizzazione	g NO3 eq
	▪Smog fotochimico	g ethene eq
	▪Ecotossicità dell'acqua	m3 di acqua inquinata
	▪Ecotossicità del suolo	m3 di suolo inquinato
	▪Tossicità dell'aria per l'uomo	m3 di aria inquinata
	▪Tossicità dell'acqua per l'uomo	m3 di acqua inquinata
	▪Tossicità del suolo per l'uomo	m3 di suolo inquinato
	▪Rifiuti indifferenziati	kg
	▪Rifiuti pericolosi	kg
	▪Rifiuti radioattivi	kg
▪Ceneri e polveri	kg	
Risorse	▪Tutte le risorse	kg

Udine, 26 Maggio 2009



Metodi di valutazione del danno ambientale



EDIP 96 (Danese)



Udine, 26 Maggio 2009





Metodi di valutazione del danno ambientale



Impact 2002+ (Svizzero)

Categorie di danno	Categorie di impatto	Indicatore
Salute umana	<ul style="list-style-type: none"> ▪Tossicità ▪Malattie respiratorie ▪Radiazioni ▪Impoverimento strato di ozono ▪Smog fotochimico 	<i>DALY</i> : anni di vita persi o trascorsi da ammalato
Qualità dell'ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> ▪Ecotossicità delle acque ▪Ecotossicità del suolo ▪Acidificazione del suolo ▪Acidificazione delle acque ▪Eutofizzazione delle acque ▪Consumo di suolo 	<i>PDFm2yr</i> : potenziale specie scomparse
Cambiamenti climatici	<ul style="list-style-type: none"> ▪Riscaldamento globale 	<i>g CO2 eq</i>
Risorse	<ul style="list-style-type: none"> ▪Energie non rinnovabili ▪Minerali 	<i>MJ surplus</i> : Energia per l'estrazione

Udine, 26 Maggio 2009



Metodi di valutazione del danno ambientale



Impact 2002+ (Svizzero)



Udine, 26 Maggio 2009



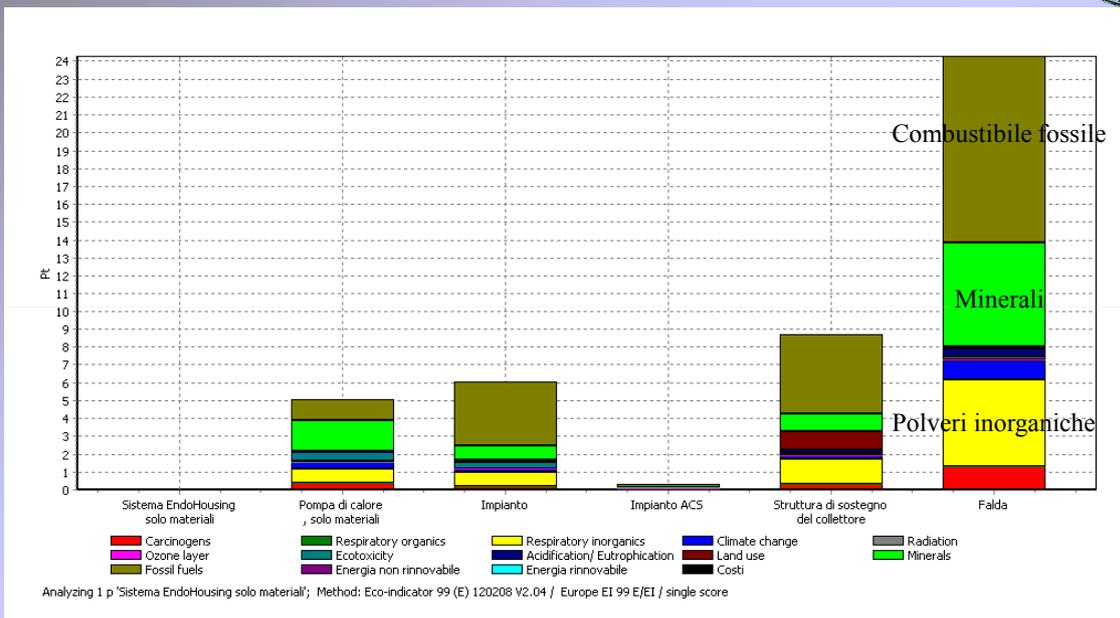


ANALISI DEL DANNO "SISTEMA ENDOHOUSING SOLO MATERIALI"



Fase di produzione

Eco-Indicator99



La fase di produzione dell'impianto produce il massimo danno sul consumo di risorse (90%)

Danno sulla qualità dell'ecosistema: 8%

Danno sulla salute umana: 2%

Udine, 26 Maggio 2009

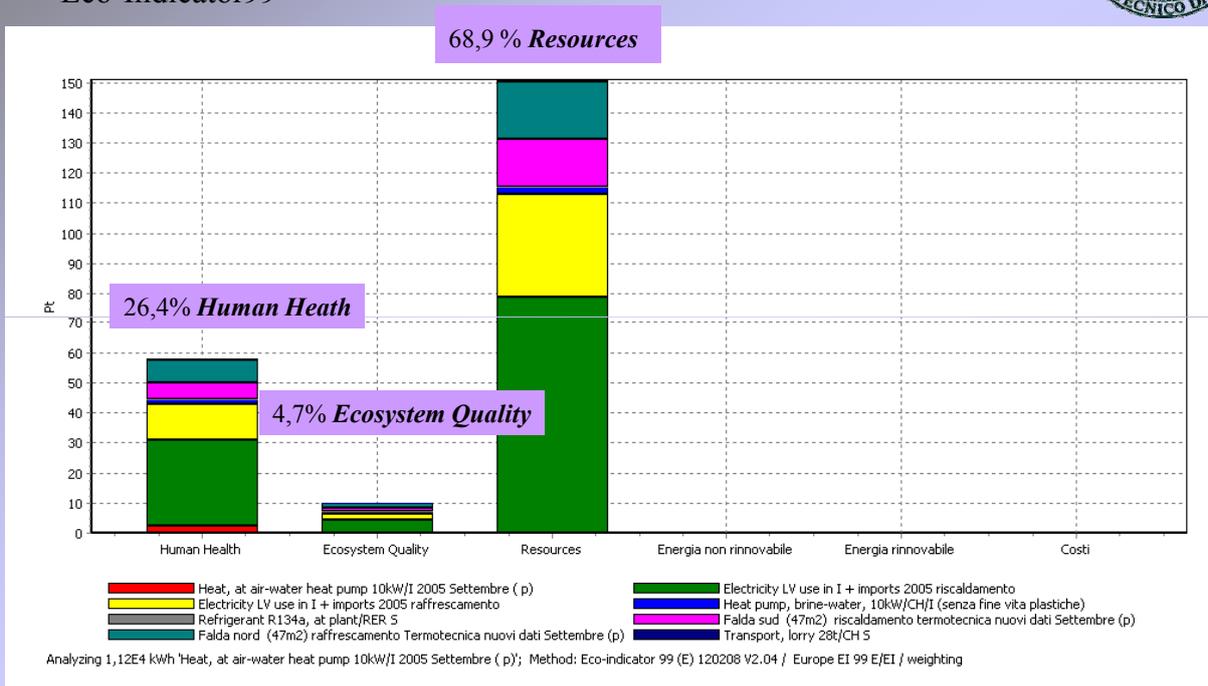


ANALISI DEL DANNO DEL CICLO DI VITA DEL PROCESSO "SISTEMA ENDOHOUSING"



Eco-Indicator99

235 Pt



Il danno maggiore secondo Eco Indicator nelle categorie di danno è nelle risorse

Udine, 26 Maggio 2009



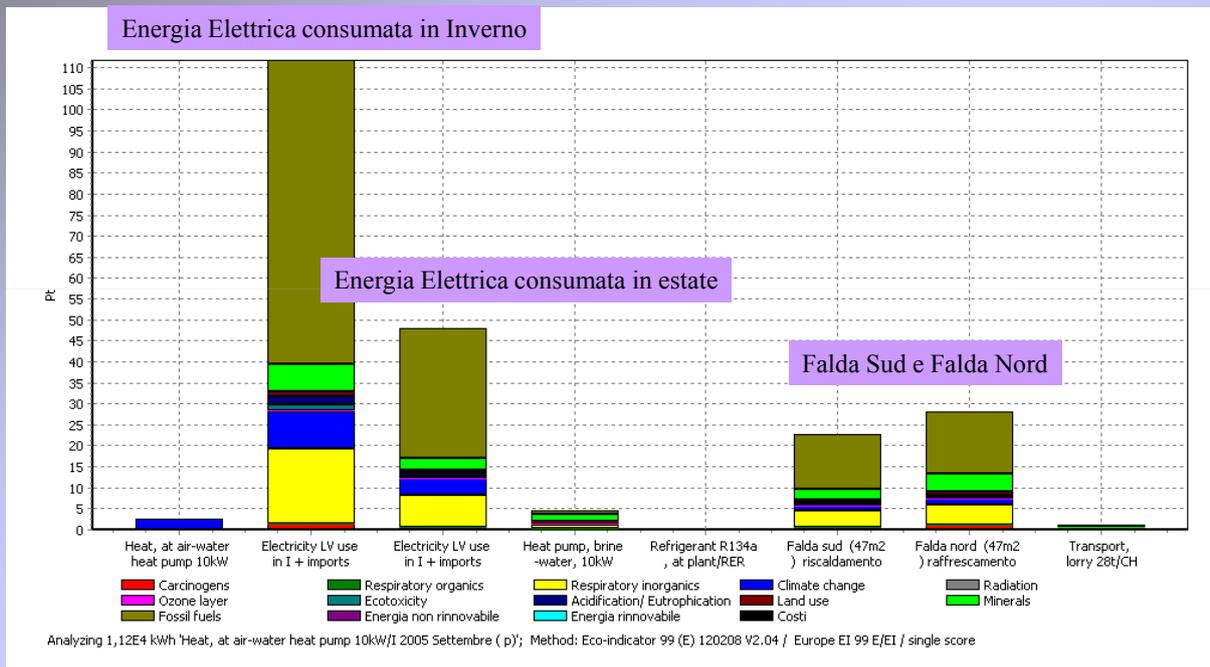


ANALISI DEL DANNO DEL CICLO DI VITA DEL PROCESSO "SISTEMA ENDOHOUSING"



Eco-Indicator99

235 Pt



Udine, 26 Maggio 2009

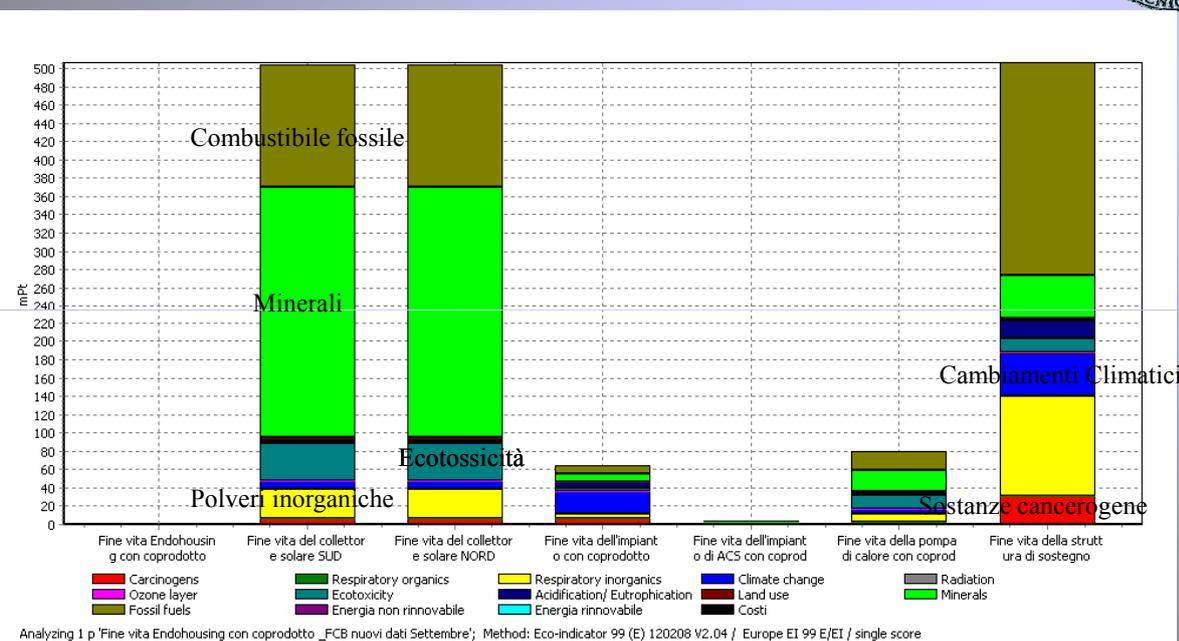


ANALISI DEL DANNO DEL CICLO DI VITA DEL PROCESSO "SISTEMA ENDOHOUSING"



Eco-Indicator99

FINE VITA



Udine, 26 Maggio 2009



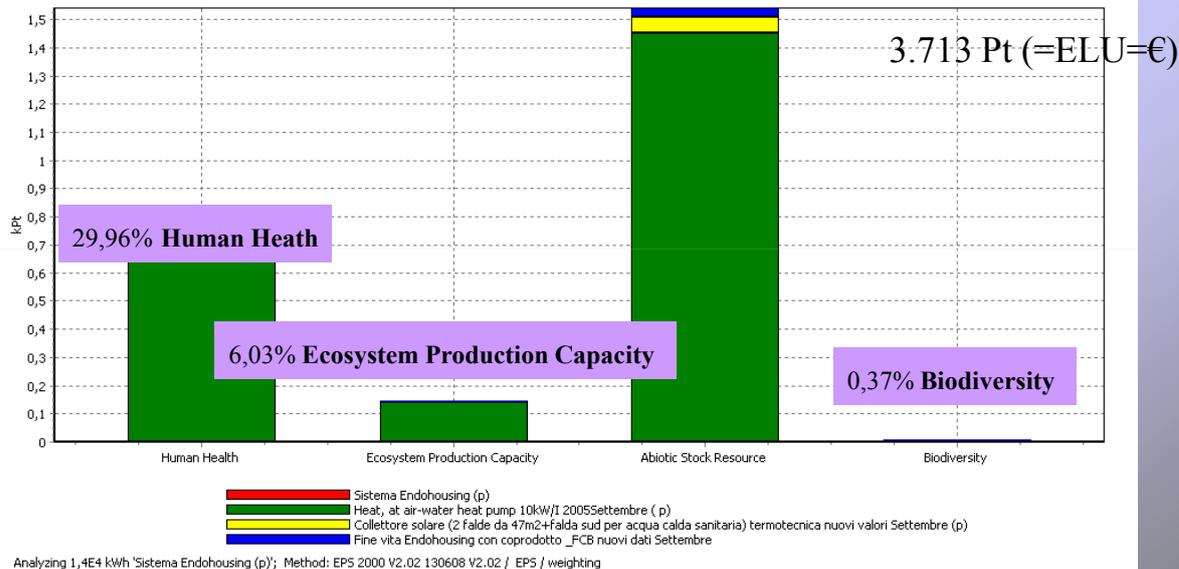


ANALISI DEL DANNO DEL CICLO DI VITA DEL PROCESSO "SISTEMA ENDOHOUSING"



EPS 2000

63,63% Abiotic Stock Resource



Udine, 26 Maggio 2009

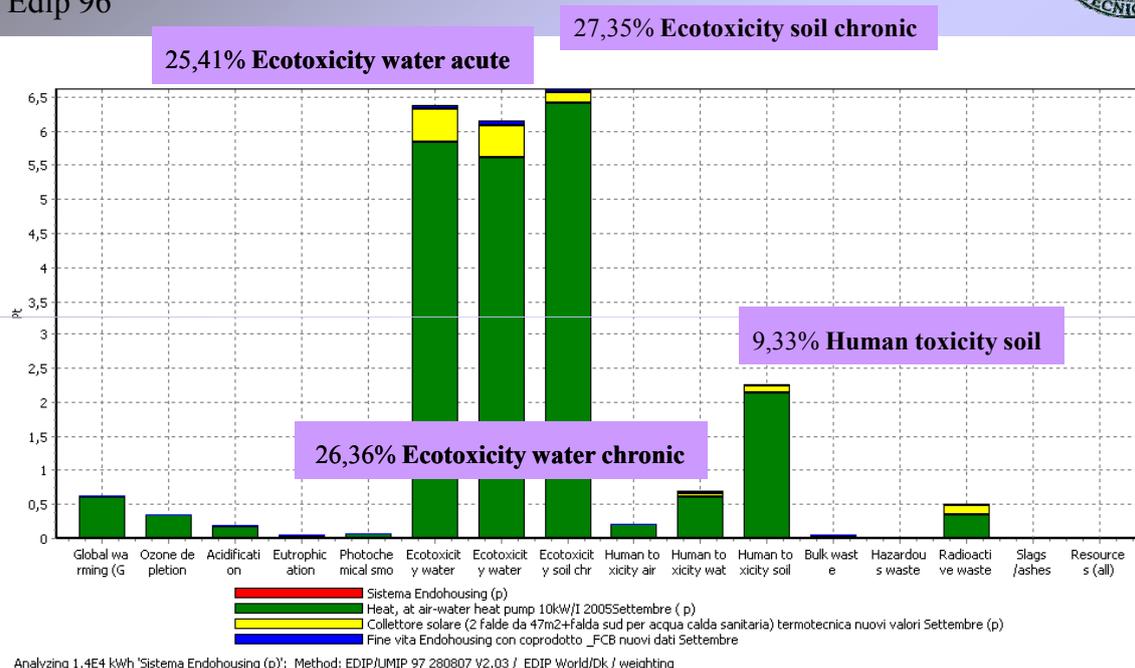


ANALISI DEL DANNO DEL CICLO DI VITA DEL PROCESSO "SISTEMA ENDOHOUSING"



Edip 96

56,7 Pt



In Resources si ha un danno che vale 32,5 Pt dovuto principalmente all'alluminio

Udine, 26 Maggio 2009



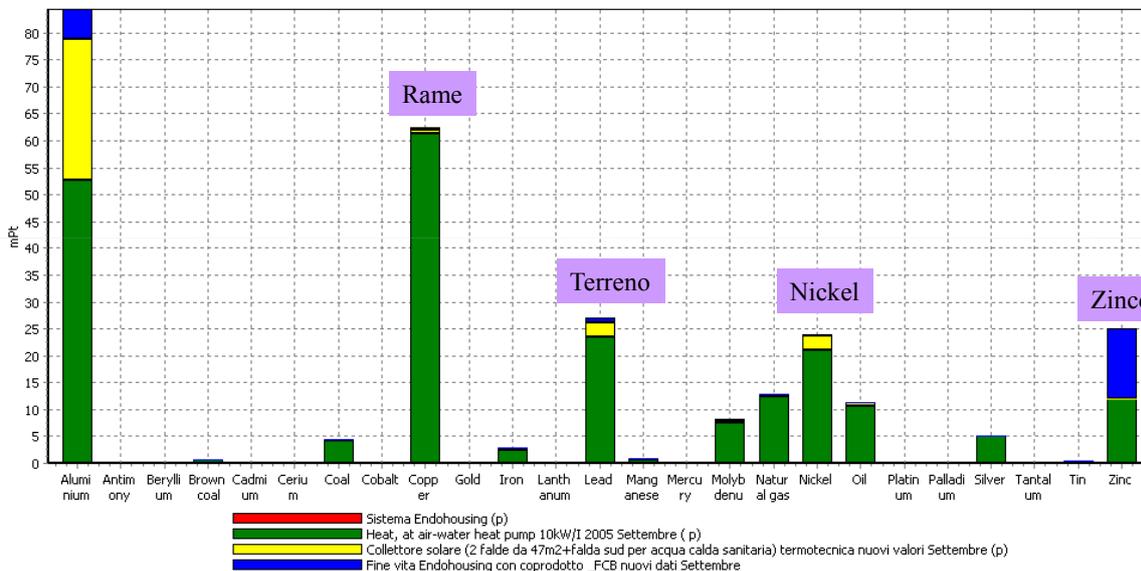


ANALISI DEL DANNO DEL CICLO DI VITA DEL PROCESSO "SISTEMA ENDOHOUSING"



EDIP (resources only)

Alluminio



Analyzing 1,4E4 kWh 'Sistema Endohousing (p)'; Method: EDIP/UMIP 97 (resources only) V2.02 / EDIP World/Dk / weighting

Udine, 26 Maggio 2009

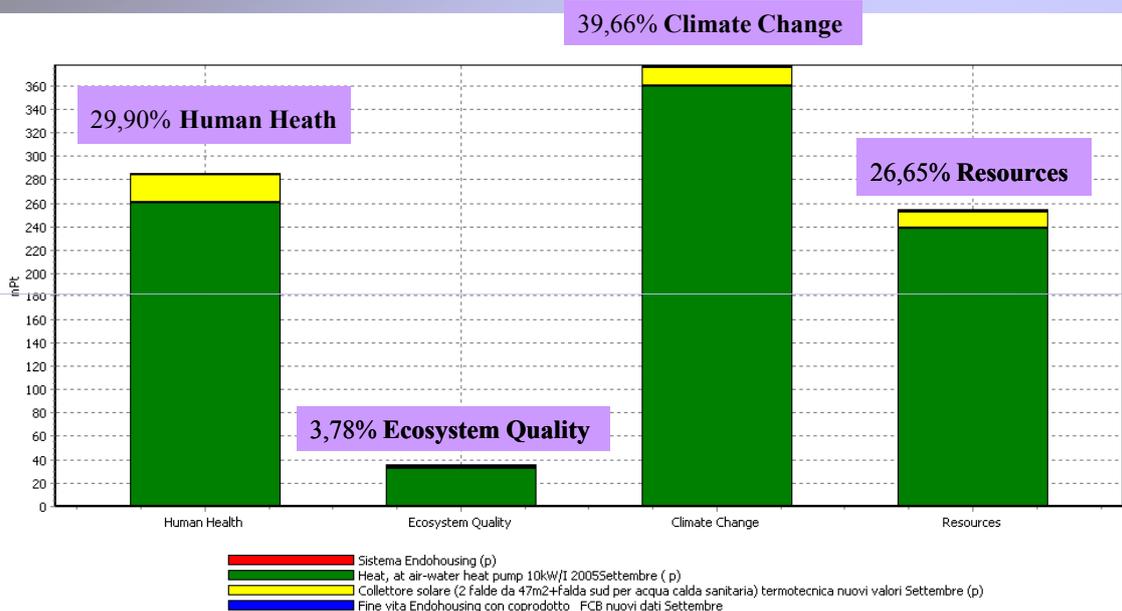


ANALISI DEL DANNO DEL CICLO DI VITA DEL PROCESSO "SISTEMA ENDOHOUSING"



0,953 Pt

Impact 2002+



Analyzing 1,4E4 kWh 'Sistema Endohousing (p)'; Method: IMPACT 2002+ 280807 V2.02 / IMPACT 2002+ / weighting

Udine, 26 Maggio 2009

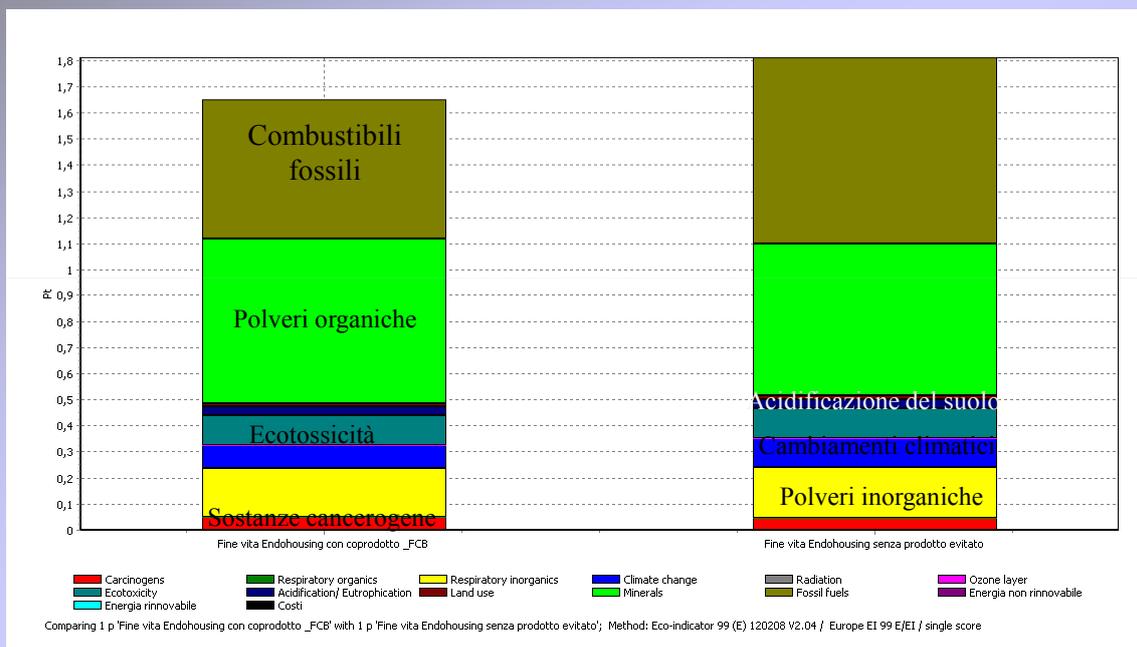




Confronto fra differenti fine vita “SISTEMA ENDOHOUSING”



Eco-Indicator99



Udine, 26 Maggio 2009

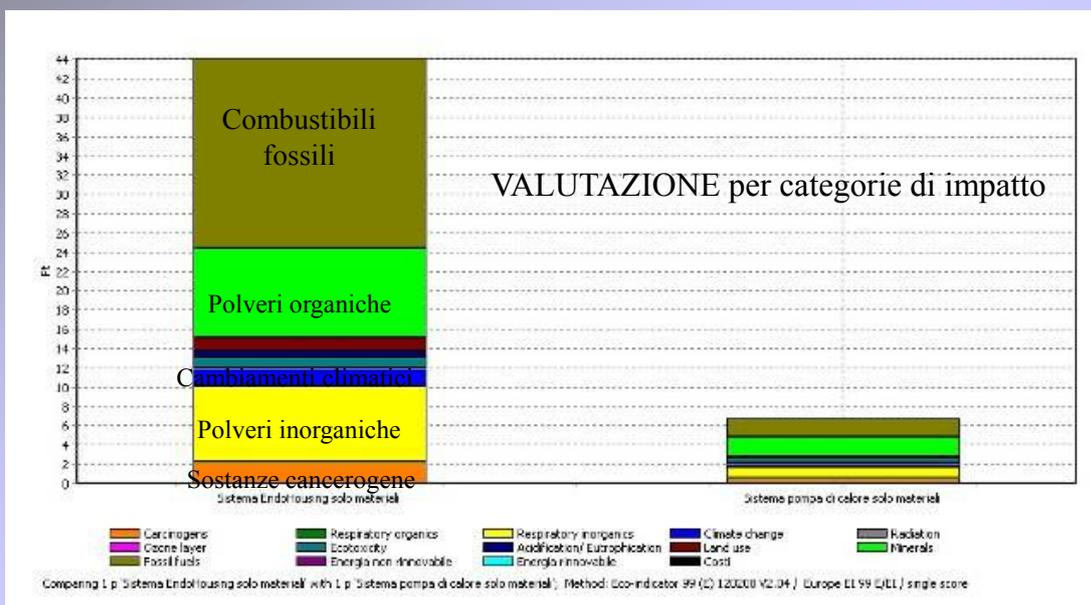


Confronto fra impianto “SISTEMA ENDOHOUSING” e impianto con pompa di calore:



Eco-Indicator99

fase di produzione



Il danno dovuto alla fase di produzione dell’impianto EndoHousing è circa 88 % di quello dovuto all’impianto tradizionale. In entrambi i casi il danno è dovuto principalmente al consumo di minerali e di combustibili fossili.

Udine, 26 Maggio 2009





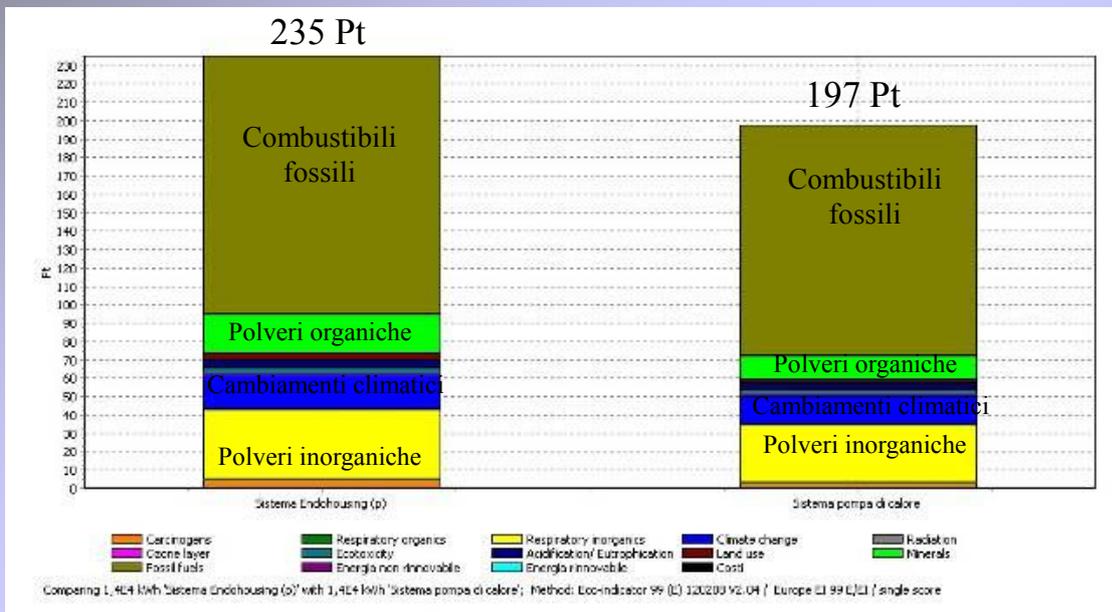
Confronto fra impianto "SISTEMA ENDOHOUSING" e impianto con pompa di calore:



Eco-Indicator99

Ciclo di vita completo

VALUTAZIONE per categorie di impatto



In entrambi i casi il danno è dovuto principalmente al consumo di combustibili fossili
 Udine, 26 Maggio 2009

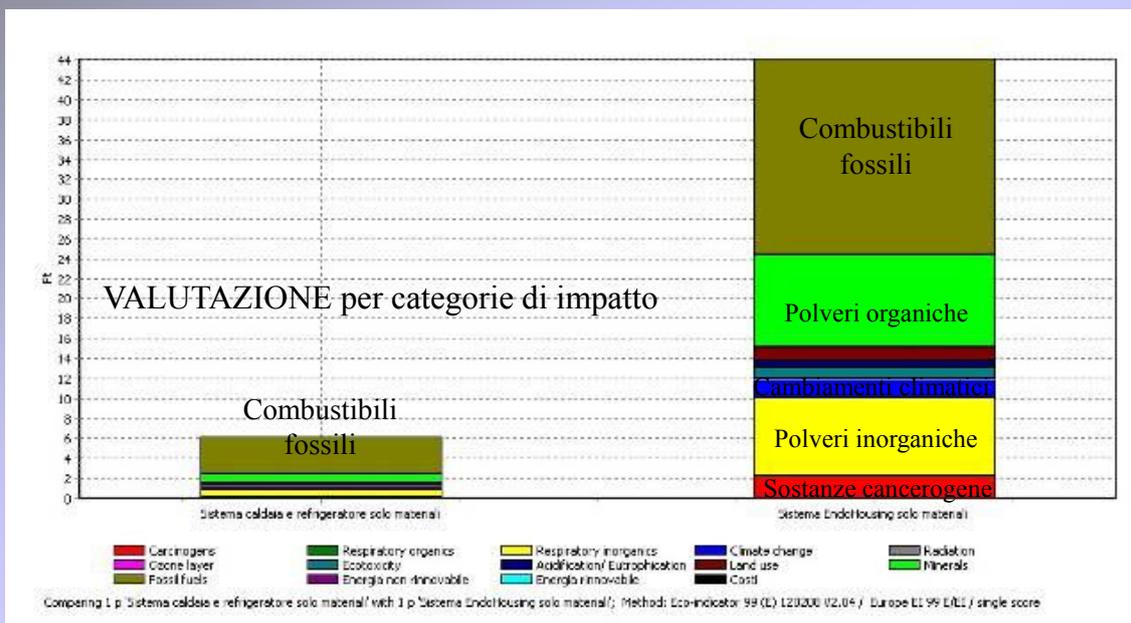


Confronto fra impianto "SISTEMA ENDOHOUSING" e impianto con caldaia e refrigeratore:



Eco-Indicator99

fase di produzione



Il danno dovuto alla fase di produzione dell'impianto EndoHousing è circa 85 % di quello dovuto all'impianto tradizionale
 In entrambi i casi il danno è dovuto principalmente al consumo di minerali e di combustibili fossili
 Udine, 26 Maggio 2009





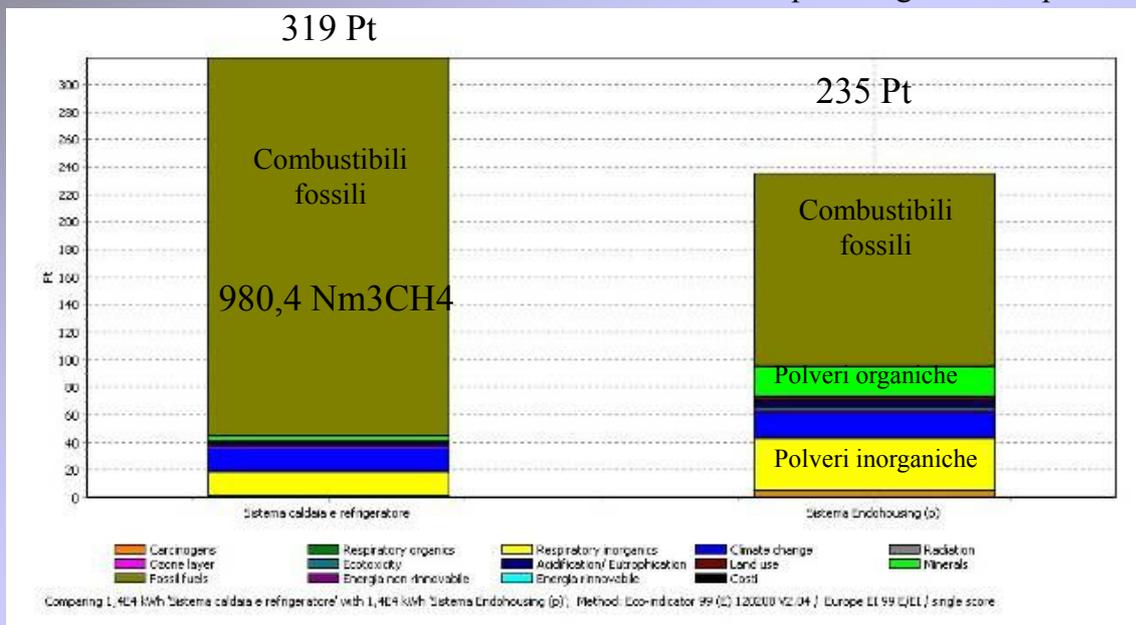
Confronto fra impianto "SISTEMA ENDOHOUSING" e impianto con caldaia e refrigeratore:



Eco-Indicator99

Ciclo di vita completo

VALUTAZIONE per categorie di impatto



In entrambi i casi il danno è dovuto principalmente al consumo di combustibili fossili

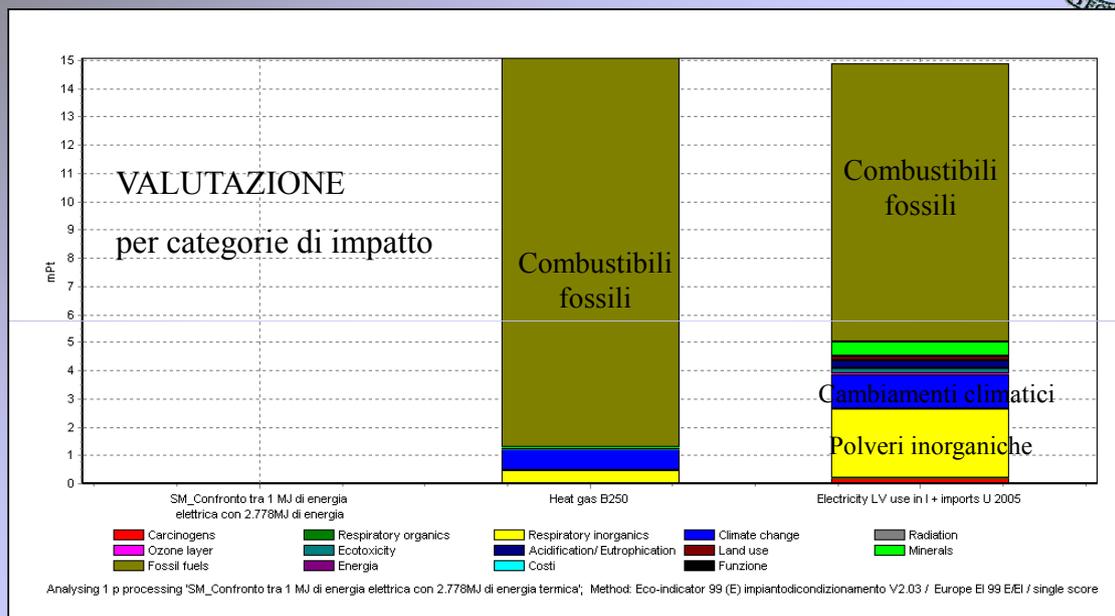
Udine, 26 Maggio 2009



Confronto fra energia 1 MJ di energia elettrica e 2,78 MJ di energia termica



Eco-Indicator99



Il danno dovuto all'energia elettrica è di poco inferiore a quello dovuto alla combustione del gas: nella produzione dell'elettricità sono infatti considerati i processi di combustione che avvengono nelle centrali termoelettriche e il danno dovuto alle infrastrutture necessarie. La produzione di elettricità inoltre provoca danni maggiori sulla salute umana.

Udine, 26 Maggio 2009



Costi che ricadono sulla comunità.

- cambiamenti climatici
- i danni alla salute
- i danni alle costruzioni e ai materiali
- effetti sui boschi

A ciascuno di essi può essere associato un costo economico.

Udine, 26 Maggio 2009

	<i>EcoIndicator 99</i>	<i>EPS 2000</i>	<i>EPS 2000 normalizzato</i>
Costi esterni	150,66 €	3.731,31 €	267,53 €

Udine, 26 Maggio 2009



Conclusioni



- Il danno generato all'Unione Europea per la produzione, l'utilizzo e la dismissione di questa tecnologia corrisponde a circa 0,187 volte quello prodotto da un singolo cittadino europeo in un anno.
- Il danno generato alle specie (flora e fauna) europee per la produzione, l'utilizzo e la dismissione di questa tecnologia corrisponde a circa 0,033 volte quello subito dalle stesse a causa dell'attività di un singolo cittadino europeo in un anno.
- Il danno generato alle risorse mondiali del pianeta (petrolio, gas e carbone in ordine decrescente di consumo) corrisponde a circa 0,48 volte quello subito dalle stesse a causa dell'attività di un singolo cittadino europeo in un anno.
- L'energia consumata per la produzione dell'impianto è 0,367 volte la quantità di energia consumata dal singolo cittadino europeo in un anno.
- Globalmente, il danno ambientale generato dal Sistema EndoHousing incide per oltre la metà sulle risorse mondiali, e la restante parte salute umana e infine sull'ecosistema.

Udine, 26 Maggio 2009



Conclusioni



- in Climate change si ha un danno sul riscaldamento globale che vale 0,378 volte il danno subito dallo stesso in 1 anno a causa delle attività di un singolo cittadino europeo (IMPACT 2002+)
- In Global warming si ha un danno che vale 0,348 volte il danno nella stessa categoria per persona prodotto nel 1990 nel mondo (Edip)

Udine, 26 Maggio 2009





Conclusioni



- Assenza di un metodo di valutazione italiano
- Anche dati riferite a situazioni locali

Udine, 26 Maggio 2009

