

EMERGY EVALUATION, LIFE CYCLE ASSESSMENT AND ECOLOGICAL FOOTPRINT OF FIVE FLOWER FARMS

5 luglio

Giardini Botanici Hanbury, Ventimiglia

Nicoletta Patrizi, Elena Neri, Fabiana Morandi,
Simone Bastianoni
Ecodynamics Group (Università di Siena) -
C.R.E.A. (Centro di Ricerca Energia e Ambiente)

LIFE09 ENV IT 000067 « SUMFLOWER »
« Sustainable Management of
FLORiculture in Western Riviera »





AZIONE 2.2

Gli obiettivi principali sono quelli di caratterizzare i principali impatti generati sull'ambiente circostante e proporre azioni per la loro riduzione.

Le analisi di sostenibilità ambientale sono state effettuate su 5 aziende florovivaistiche che hanno differenti produzioni floricole e che sono rappresentative del settore florovivaistico del ponente ligure.

L'azione è stata implementata attraverso 5 step:

1. Modellizzazione del processo produttivo: sono state individuate le principali fasi e individuati i flussi di materia ed energia in ingresso al processo. Sono stati altresì individuati i principali prossi in uscita dal sistema analizzato.
2. Inventario e quantificazione dei flussi di risorse in input al sistema. Sono stati quantificati, in particolare, sia i flussi di natura rinnovabile che non rinnovabile che sono direttamente e indirettamente richiesti dal processo produttivo.
3. Inventario e quantificazione dei flussi in output al sistema: rifiuti solidi, fanghi e emissioni gassose.
4. Valutazione della sostenibilità del processo florovivaistico mediante l'analisi emergetica (EE), Analisi del Ciclo di Vita (LCA) e Impronta Ecologica (EF).
5. Caratterizzazione delle fasi o processi con maggiore criticità dal punto di vista della sostenibilità.



CHARACTERISTICS OF THE FLOWER FARMS

AZIENDA 2 Imperia		
strutture	m ²	
serre	3.000	75%
ombraio	1.000	25%
TOT	4.000	
62,5% su suolo - 37,5% fuori suolo 1 sp FIORI RECISI		

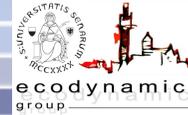
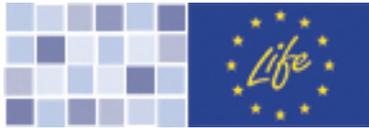
AZIENDA 5 Imperia		
structure	m ²	
serre riscaldate	1.800	18%
serre fredde	500	5%
pieno campo	4.500	45%
tunnel	3.200	32%
TOT	10.000	
100% su suolo 1 sp FIORI RECISI - 3 sp FRONDE VERDI		

AZIENDA2 Imperia		
structure	m ²	
serre	6.000	26%
ombraio	13.500	57%
pieno campo	3.200	14%
tettoie	800	3%
TOT	23.500	
93% su suolo 3% fuori suolo – 4% corridoi e marciaipedi 1 sp FIORI RECISI – 8 sp FRONDE VERDI		

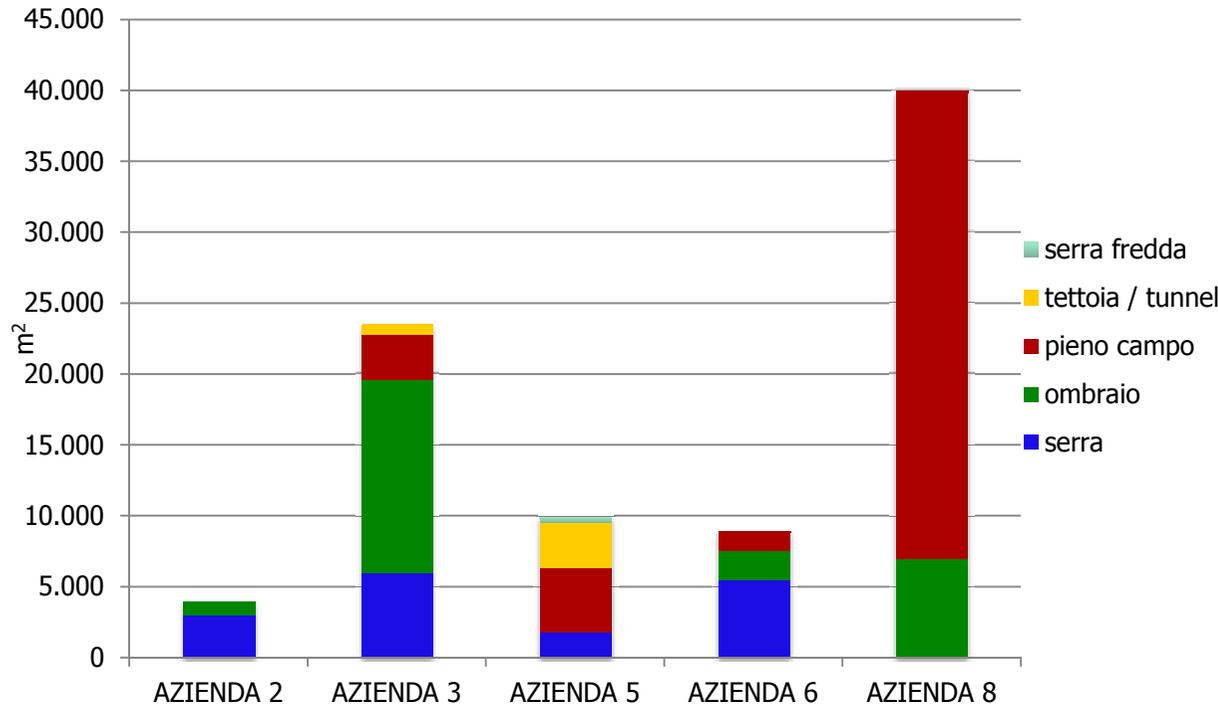
CHARACTERISTICS OF THE FLOWER FARMS

AZIENDA 6 Savona		
structure	m ²	
serre	5.500	61%
ombraio	2.000	22%
pieno campo	1.500	17%
TOT	9.000	
100% fuori suolo - 4 sp ORNAMENTALI IN VASO - 1 VIVAISMO		

AZIENDA 8 Savona		
structure	m ²	
shading net	7.000	18%
open air	33.000	83%
TOT	40.000	
100% su suolo - 5 sp FRONDE VERDI		

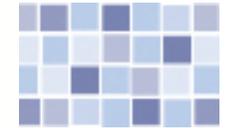
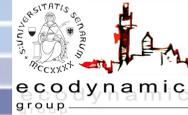
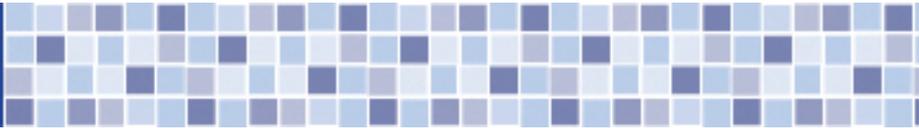
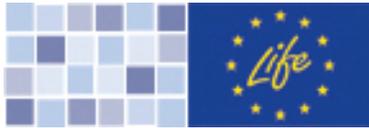


CHARACTERISTICS OF THE FIVE FLOWER FARMS



- I principali metodi di coltivazione riscontrati sono quattro: serra, ombraio, tunnel/tettoia e pieno campo.
- Le differenti specie floricole hanno tempi di coltivazione estremamente variabili e mentre alcune aziende sono monocolturali (es. solo ranuncolo), altre producono sia fiori che fronde verdi.
- I risultati della valutazione della sostenibilità ambientale delle produzioni florovivaistiche saranno utilizzati per la rielaborazione delle analisi territoriali

Le tre analisi di sostenibilità sono state condotte con lo scopo di valutare le risorse richieste e gli impatti generati dall'estensione dell'azienda e dalla "struttura" utilizzata per la produzione



ANALISI EMERGETICA

La funzione emergy è definita come la quantità di energia libera di un dato tipo (solare), necessaria per ottenere un servizio o un prodotto.

La parola emergy, deriva dalla contrazione delle parole Embodied Energy, con il significato di memoria energetica.

La sua algebra infatti segue una logica di memorizzazione (più che di conservazione).

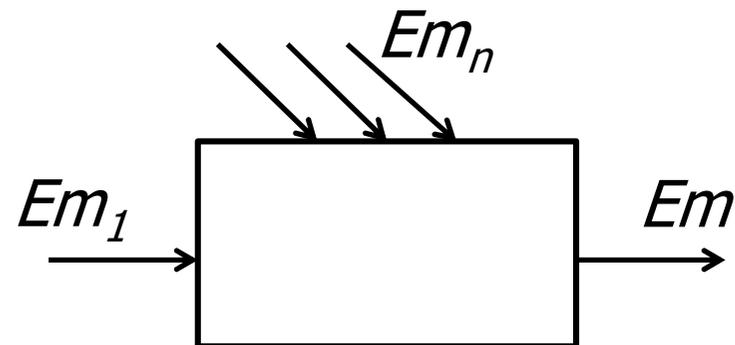
Unità di misura: *solar emjoule* (sej).

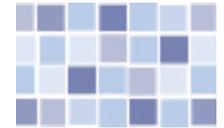
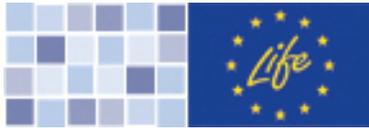
La transformity è l'emergia è la quantità di energia solare necessaria in maniera diretta e indiretta per ottenere un Joule di un altro tipo. È il coefficiente (intensivo) che permette di convertire i flussi di energia (o materia) entranti in emergia.

L'unità di misura è il seJ/J (o seJ/g).

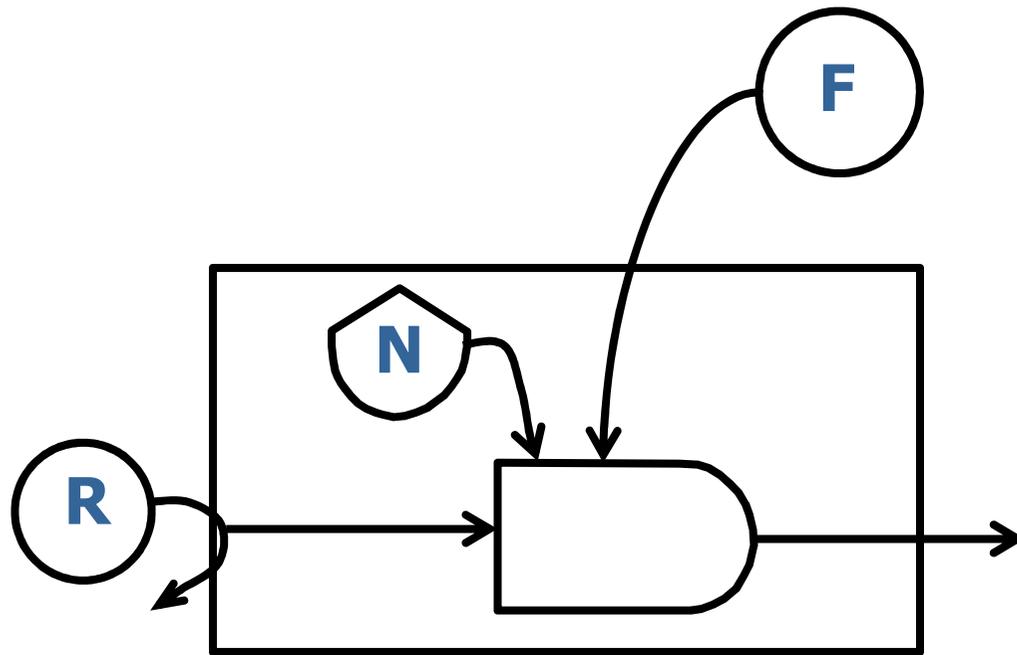
$$Em_i = En_i \cdot \tau_i$$

$$Em = \sum_i En_i \cdot \tau_i$$





ANALISI EMERGETICA

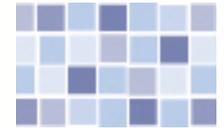


R: flussi rinnovabili

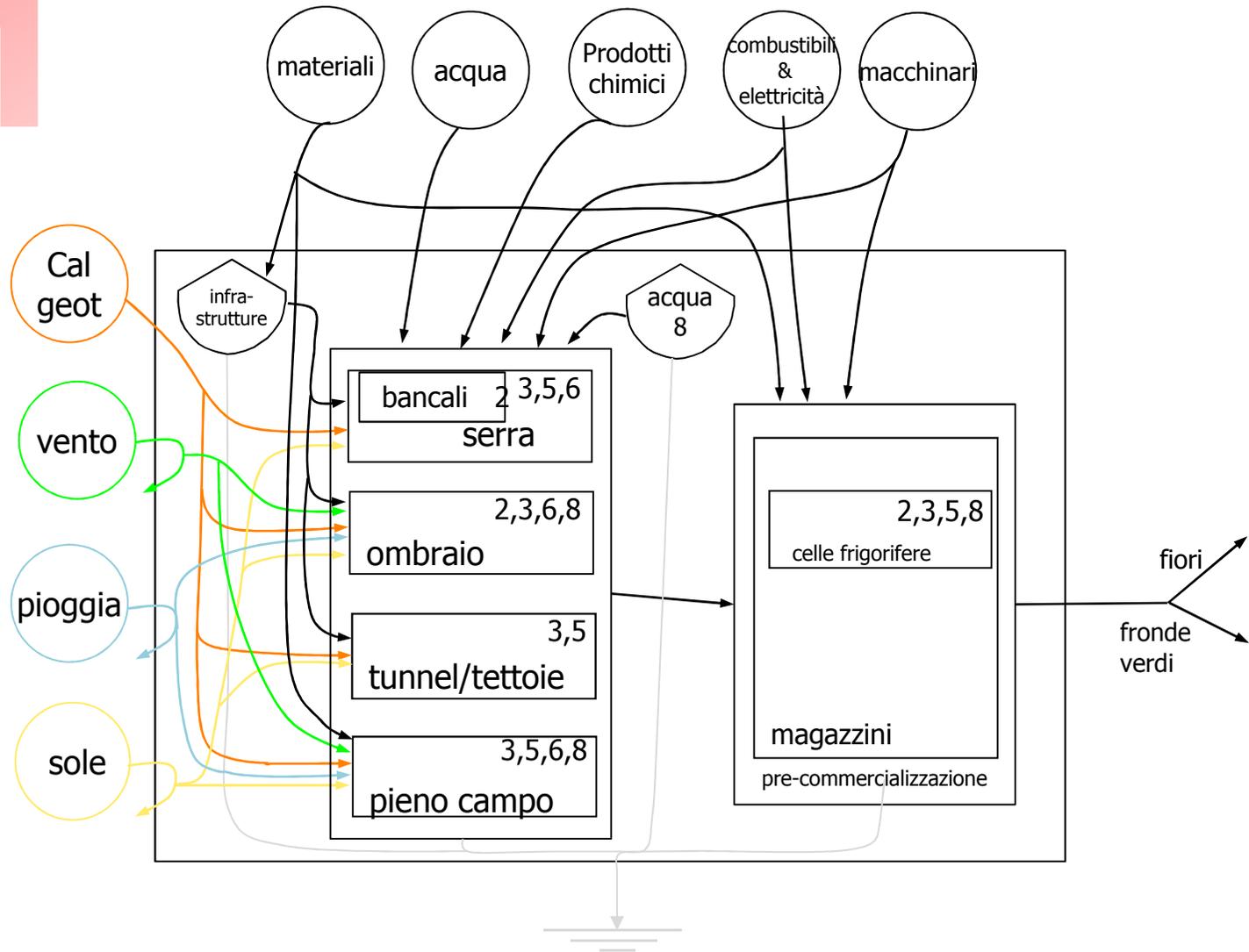
N: flussi non-rinnovabili

F: flussi importati

Flusso energetico totale $Em = R + N + F$



EM



LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLORiculture in Western Riviera »



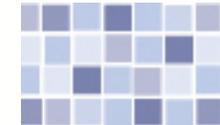
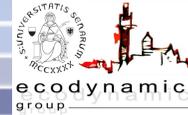


EE

azienda	item	flusso energetico	
2	emergy flussi rinnovabili	1,53E+14	sej/yr
	emergy flussi importati	1,08E+17	sej/yr
	emergy totale	1,08E+17	sej/yr
	emergy flow density	2,70E+13	sej/m ²
3	emergy flussi rinnovabili	1,76E+15	sej/yr
	emergy flussi importati	2,17E+17	sej/yr
	emergy totale	2,19E+17	sej/yr
	emergy flow density	9,31E+12	sej/m ²
5	emergy flussi rinnovabili	5,40E+14	sej/yr
	emergy flussi importati	1,33E+17	sej/yr
	emergy totale	1,34E+17	sej/yr
	emergy flow density	1,34E+13	sej/m ²
6	emergy flussi rinnovabili	4,87E+14	sej/yr
	emergy flussi importati	1,42E+17	sej/yr
	emergy totale	1,42E+17	sej/yr
	emergy flow density	1,58E+13	sej/m ²
8	emergy flussi rinnovabili	3,90E+15	sej/yr
	emergy flussi importati	5,49E+16	sej/yr
	emergy totale	5,88E+16	sej/yr
	eMergy flow density	1,47E+12	sej/m ²

LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLORiculture in Western Riviera »

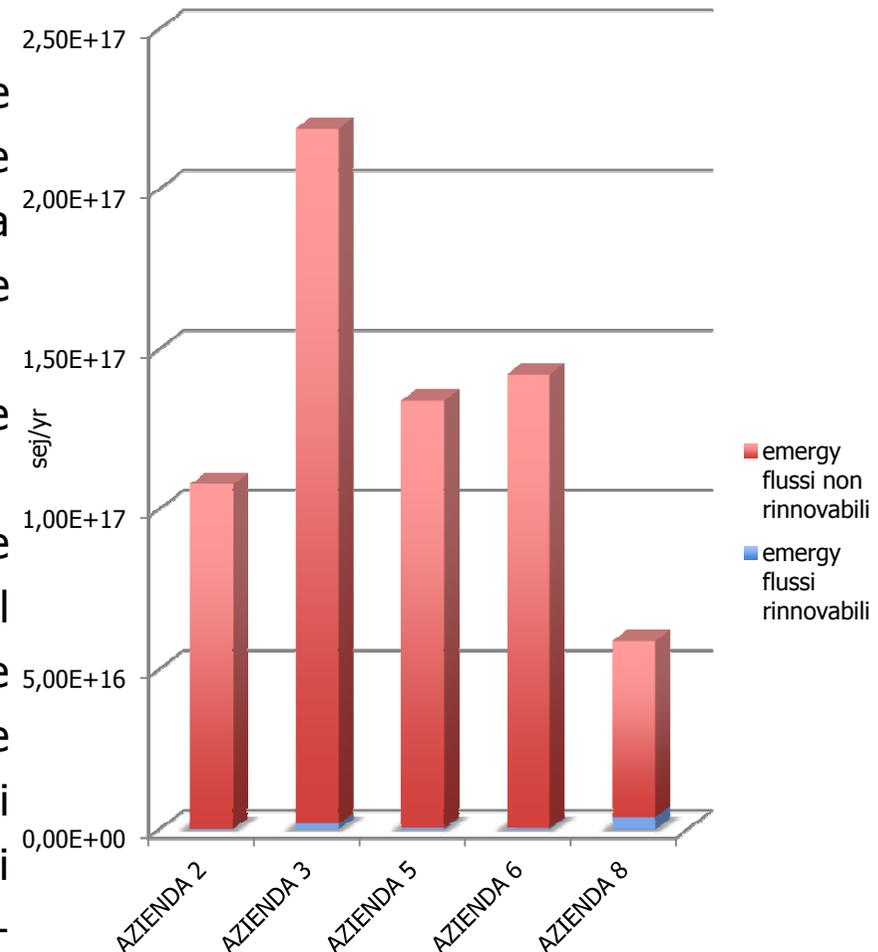


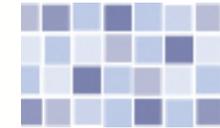
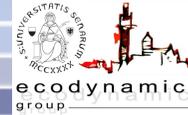


EE

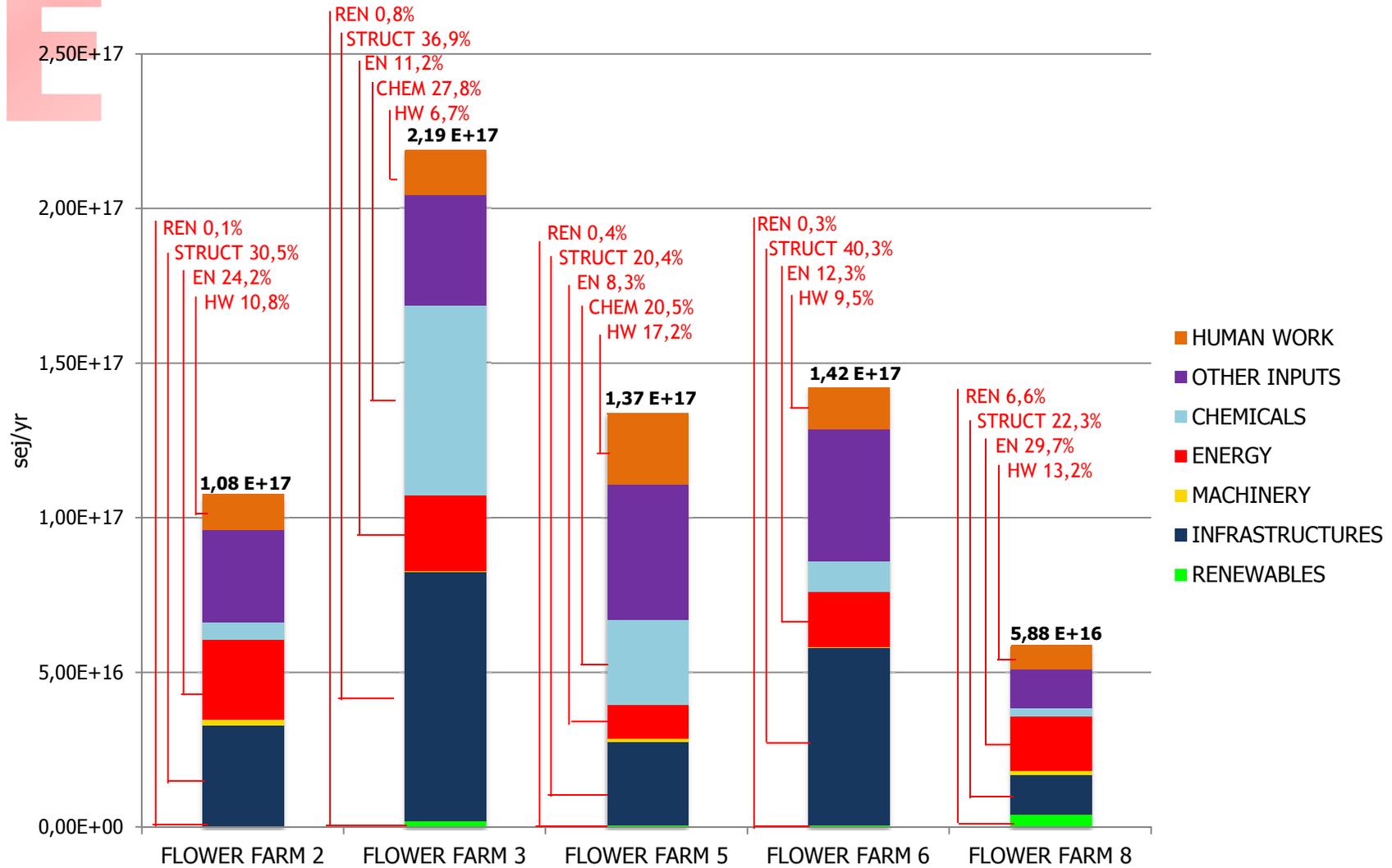
FLUSSO EMERGETICO TOTALE

- in termini assoluti l'azienda 3 è quella che richiede un flusso energetico maggiore nonostante sia l'azienda 8 quella che ha la maggiore estensione (40.000 mq azienda 8 e 23.500 mq azienda 3).
- l'azienda 8 è quella che sfrutta maggiormente le risorse rinnovabili per la produzione florovivaistica.
- se valutiamo la percentuale di rinnovabilità delle aziende vediamo che per l'azienda 8 il 6,38% del flusso energetico totale deriva da risorse rinnovabili e il 93,62% da risorse importate. Le altre aziende hanno flussi energetici totali formati da percentuali notevolmente differenti, compresi fra 0,14-0,80% di risorse rinnovabili e fra 99,20-99,86% di risorse importate.



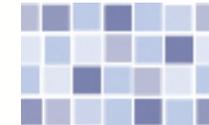


EE



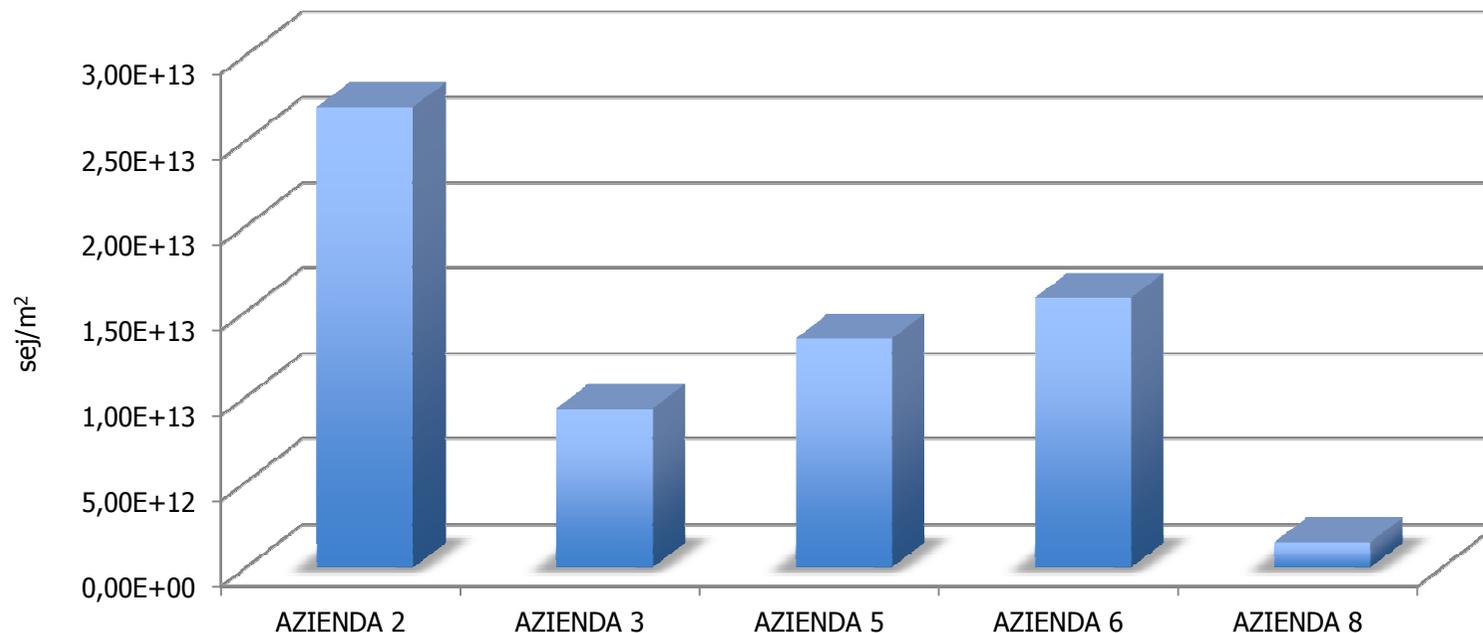
LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLOriculture in Western Riviera »



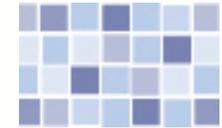
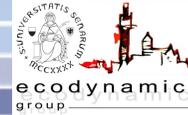
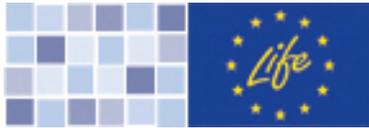


EE

EMERGY FLOW DENSITY



- esprime la misura della concentrazione spaziale di emergy.
- l'azienda 2 è quella che ha il valore più alto di flusso emergetico per metro quadrato mentre l'azienda 8 è quella che ha il valore più basso.
- dovuto al fatto che queste due aziende sono rispettivamente la più (azienda 8) e la meno estesa (azienda 2), ma anche dal fatto che nell'azienda 8 ci sono meno infrastrutture e quindi meno input dall'esterno.



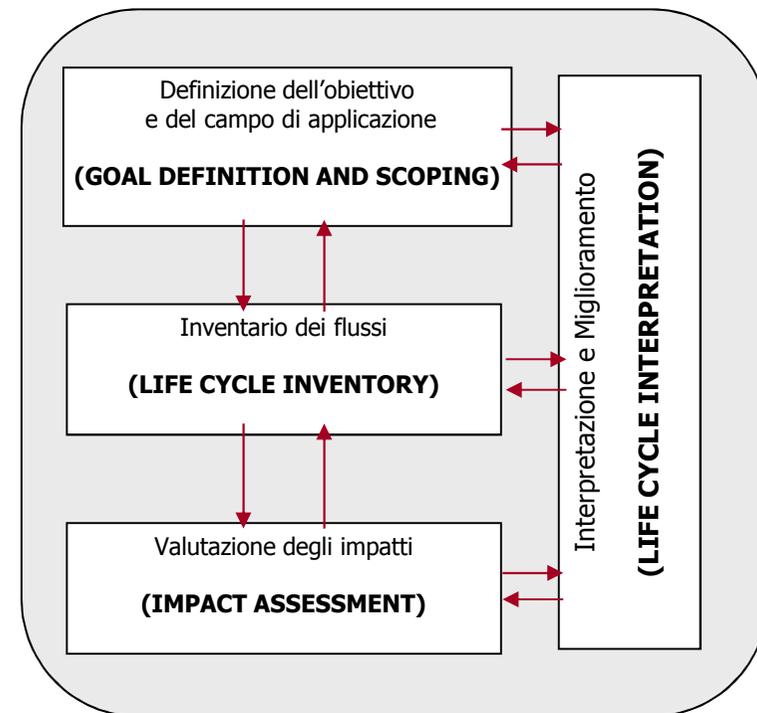
LIFE CYCLE ASSESSMENT

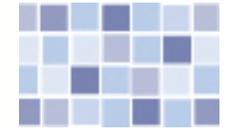
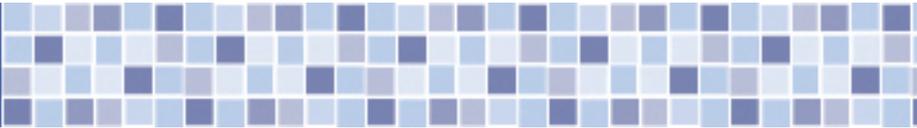
La Life Cycle Assessment (Analisi del Ciclo di Vita) è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un prodotto, processo o attività, [...] .

La valutazione comprende l'intero ciclo di vita del prodotto, passando dall'estrazione e trasformazione delle materie prime, fabbricazione del prodotto, trasporto e distribuzione, utilizzo, riuso, stoccaggio, riciclaggio, fino alla dismissione. (SETAC 1993)

Una LCA si può quindi definire come una **TECNICA QUANTITATIVA** che permette di determinare fattori di ingresso (materie prime, uso di risorse, energia, etc...) e di uscita (consumi energetici, produzione di rifiuti, emissioni inquinanti) dal ciclo di vita di ciascun prodotto valutandone i conseguenti impatti ambientali.

L'LCA è regolamentata dalla serie delle norme ISO 14040 - 44 che ne definiscono la procedura e le regole di applicazione.





LIFE CYCLE ASSESSMENT

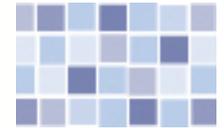
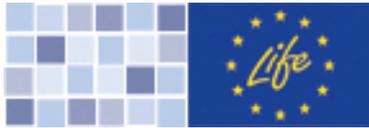
- Confini del sistema : from cradle to gate.
- U.F.= 1 m² per tipologia di coltivazione (es. 1 m² di serra, 1 m² di ombraio, etc..)
- Raccolta dei dati primari attraverso interviste ai floricoltori e dati secondari provenienti dai database ECOINVENT and LCA food.
- Life Cycle Inventory (LCI) & Life Cycle Impact Assessment (LCIA) elaborate attraverso il software SimaPro 7.3.
- Emissioni dirette date dall'uso dei pesticidi: calcolate con il software PEST LCA e inserite manualmente nel SimaPro.
- Gli impatti totali di ciascuna azienda sono stati ottenuti come:

$$I_{\text{azienda totale}} = \sum_{\text{struttura}} (I_{\text{m}^2 \text{ di struttura}} \times S_{\text{struttura}})$$

$I_{\text{azienda totale}}$ rappresenta gli impatti dell'azienda totale,

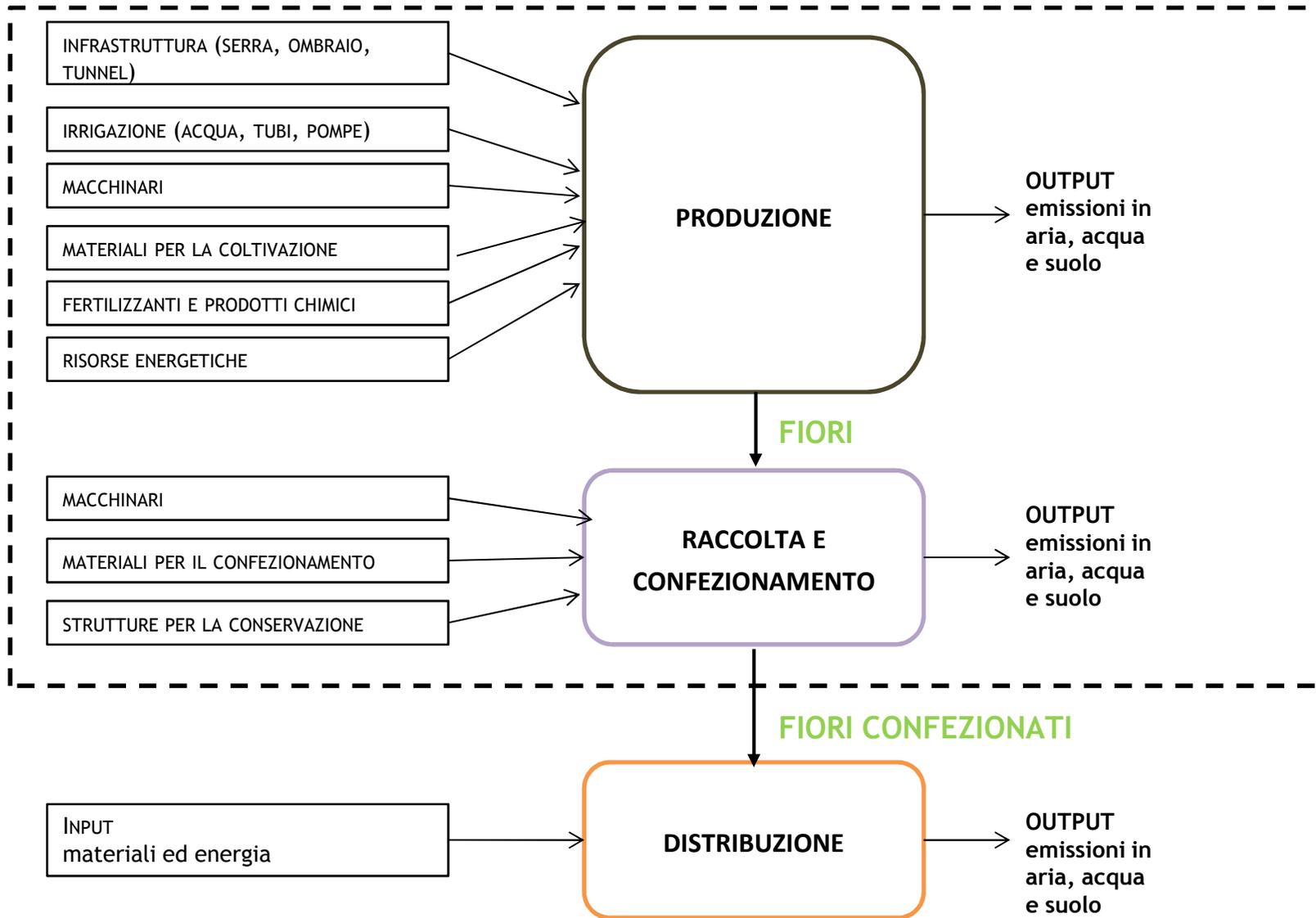
$I_{\text{m}^2 \text{ struttura azienda}}$ sta per gli impatti potenziali riferiti ad 1 m² di struttura (e.g. serra, ombraio) presente in ciascuna azienda

$S_{\text{struttura}}$ è la superficie, in m², occupata dalle diverse tipologie di strutture in ciascuna azienda.



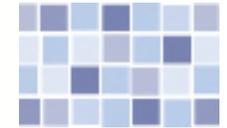
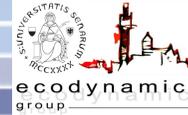
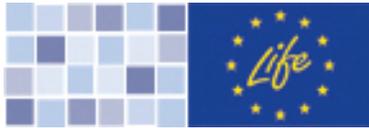
LIFE CYCLE ASSESSMENT

- Il metodo per la valutazione degli impatti potenziali usato è il CML2 baseline method 2000 di cui abbiamo selezionato 4 categorie d'impatto:
 - **CLIMATE CHANGE** (GWP, kg CO₂ eq.) il cambiamento climatico è collegato alle emissioni di gas serra in aria. I fattori di caratterizzazione fanno riferimento al modello sviluppato dall'Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) e sono espressi come potenziale di riscaldamento globale per un orizzonte temporale di 100 anni, in kg di CO₂eq per kg di emissione. La scala è a carattere globale.
 - **ACIDIFICATION** (AP, kg SO₂ eq.) questa categoria d'impatto tiene in considerazione gli impatti causati su suolo, aria, acque (di falda e superficiali), organismi ed ecosistemi. Questo indicatore è espresso in termini di kg di SO₂ equivalenti per kg di emissioni. Il tempo considerato è l'eternità e la scala geografica varia tra locale e continentale.
 - **EUTROPHICATION** (EP, kg PO₄³⁻eq.) include tutti gli impatti dovuti all'eccessivo livello di macro-nutrienti nell'ambiente causato dall'emissione di nutrienti in aria, acqua e suolo. È espresso in kg di PO₄ equivalente per kg di emissione. Il tempo considerato è l'eternità e la scala geografica varia tra locale e continentale.
 - **HUMAN TOXICITY POTENTIAL** (kg 1,4-DB eq.) questa categoria d'impatto tiene in considerazione gli effetti delle sostanze tossiche sull'uomo. Per ogni sostanza la tossicità è espressa come 1,4-diclorobenzene equivalente per kg di emissione. La scala geografica è determinata dal destino della sostanza considerata, variando tra scala locale e globale.



LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
« Sustainable Management of
FLORiculture in Western Riviera »

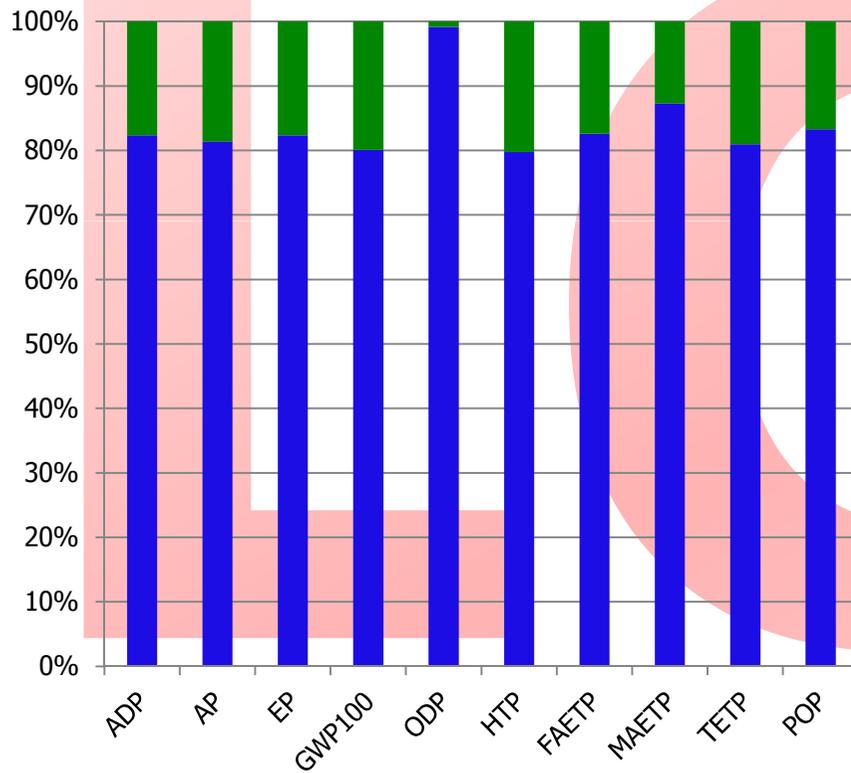




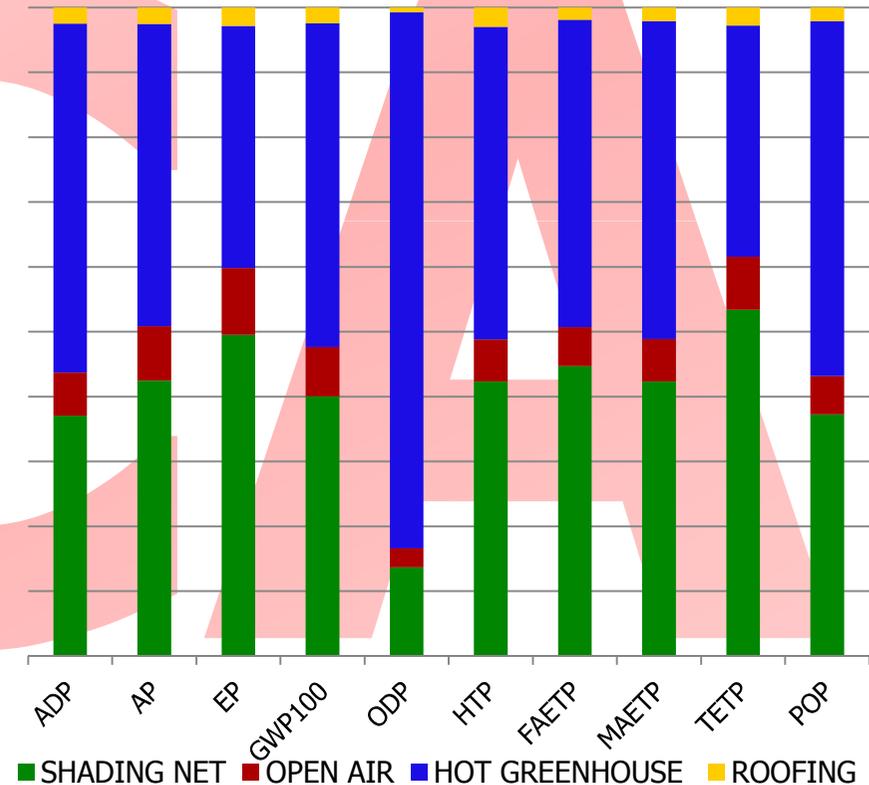
- coltivazione in **serra** tra l'81% e il 99% per tutti gli indicatori d'impatto ambientale.
- coltivazioni in **ombraio** hanno un'incidenza variabile tra il 13% e il 20% per tutti gli indicatori d'impatto ambientale.

- produzioni in **serre** le principali responsabili per il valore finale di tutti gli indicatori d'impatto; ambientale valutati,
- le coltivazioni in **ombraio** risultano essere i principali responsabili per gli indicatori EP e TETP
- le coltivazioni in **pieno campo** hanno incidenze percentuali tra il 6% e il 10% per tutti gli indicatori d'impatto ambientale

AZIENDA 2 TOTALE

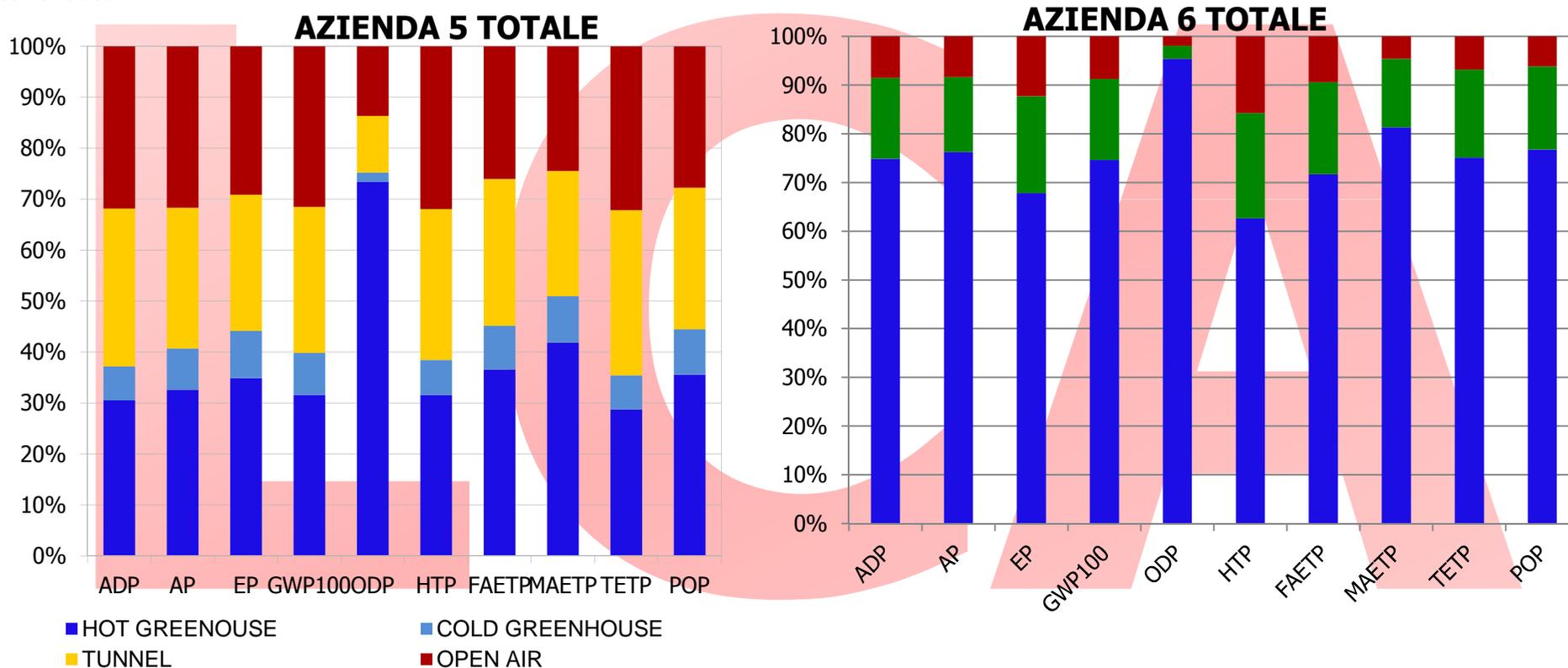


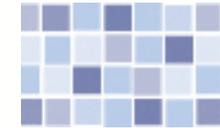
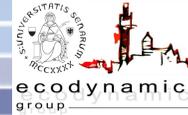
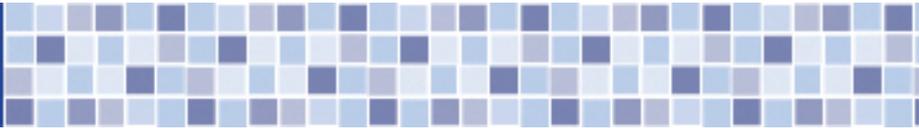
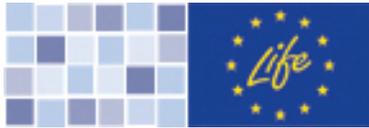
AZIENDA 3 TOTALE



- le **serre riscaldate** sono le più impattanti per il valore finale degli indicatori analizzati eccetto ADP e TETP.
- Le coltivazioni in **pieno campo** rappresentano la seconda tipologia più impattante
- le **coltivazioni in tunnel** eccetto gli indicatori FAETP, MAETP e TETP dove sono il secondo.
- le **coltivazioni in serra fredda**, rappresentano il quarto contributo

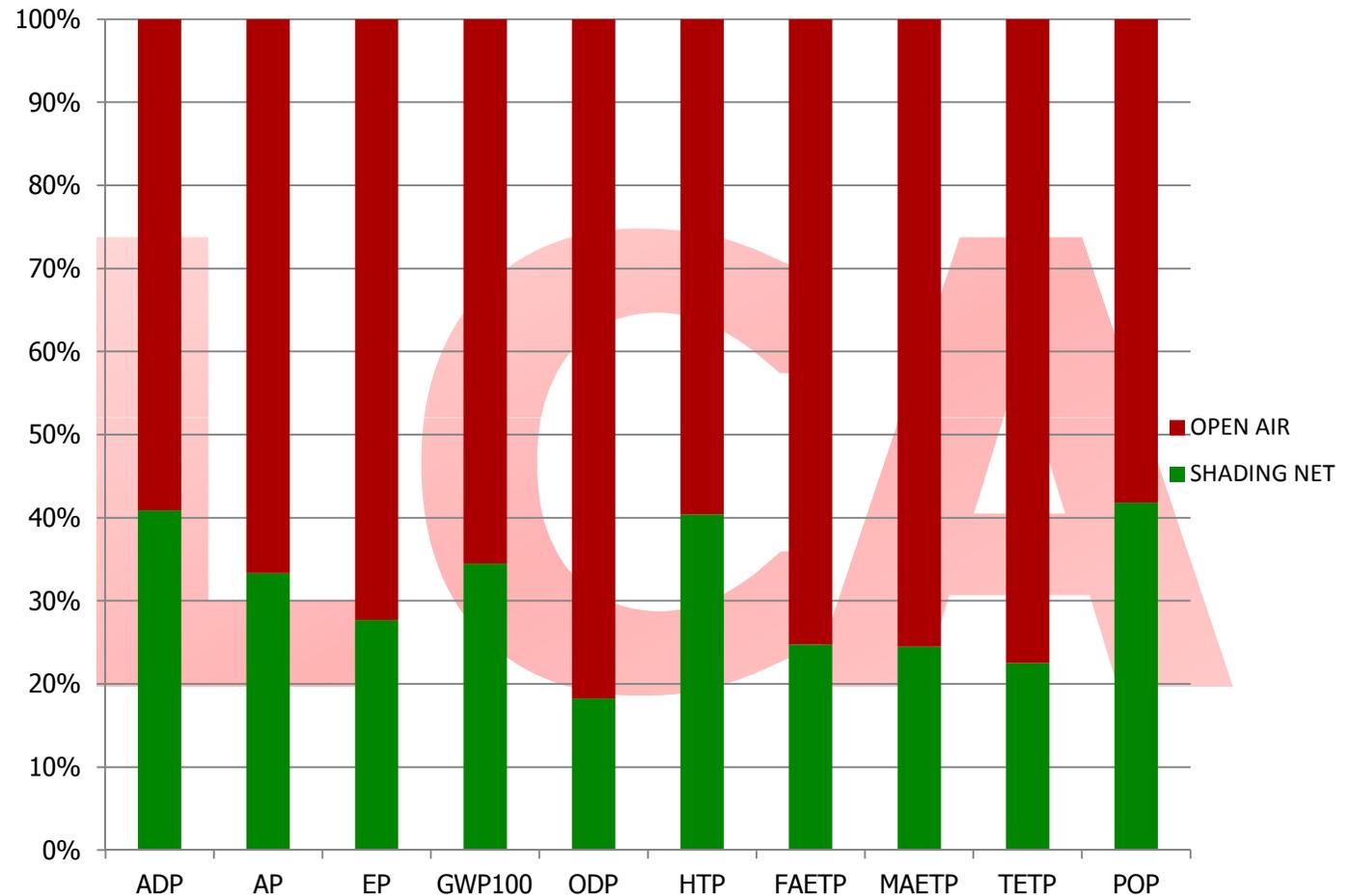
- Le produzioni in **serra** sono le principali responsabili del valore totale degli indicatori d'impatto ambientale
- seguite dalle **produzioni in ombraio** e infine in **pieno campo**

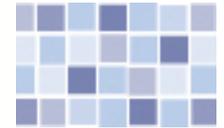
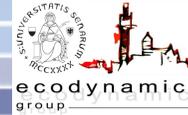




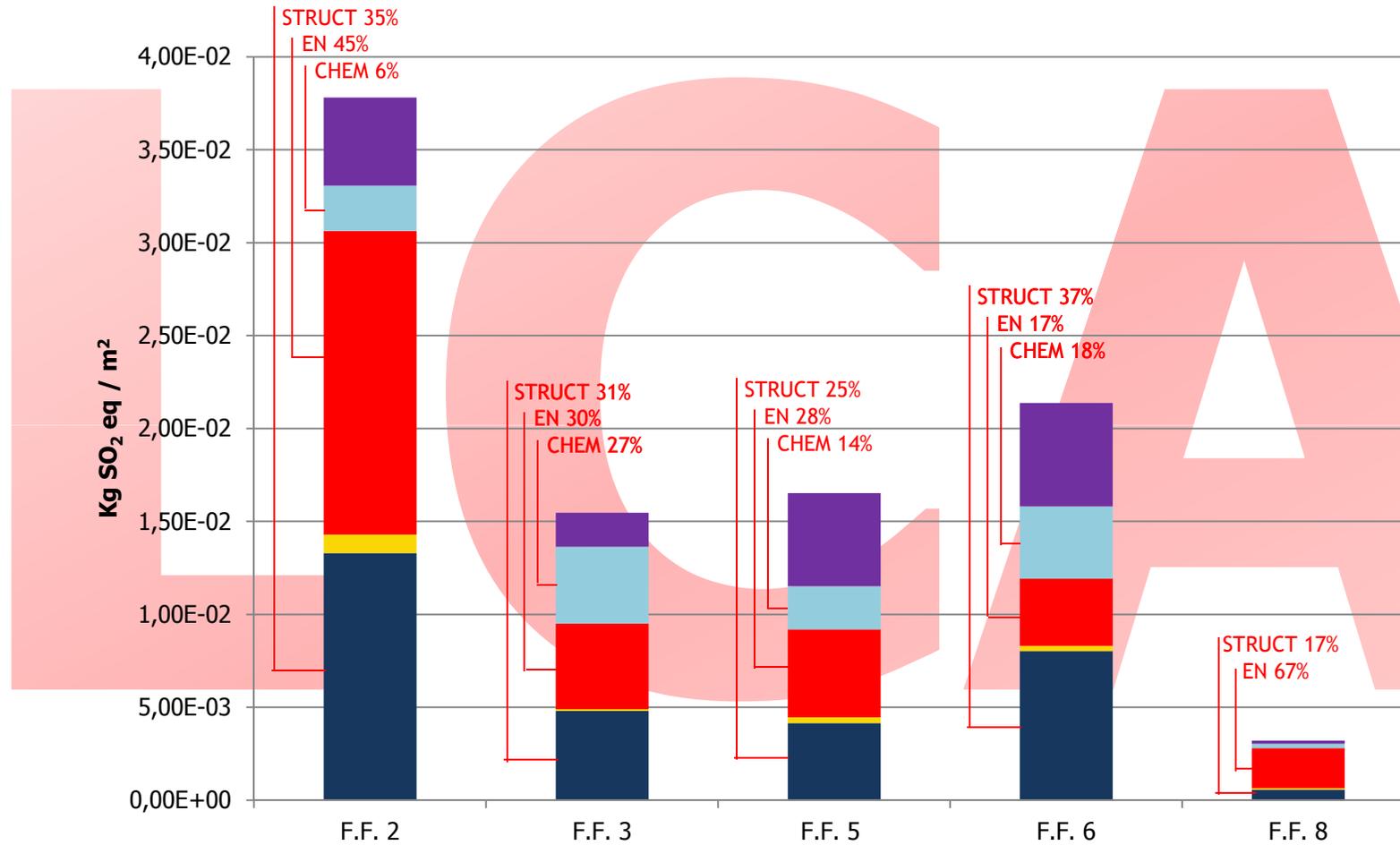
AZIENDA 8 TOTALE

•Tutti gli indicatori d’impatto ambientale sono dovuti principalmente alle coltivazioni in **pieno campo**, che superano il 55% per tutti gli indicatori.



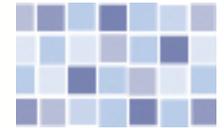


Acidification Potential (F.U. 1m²)

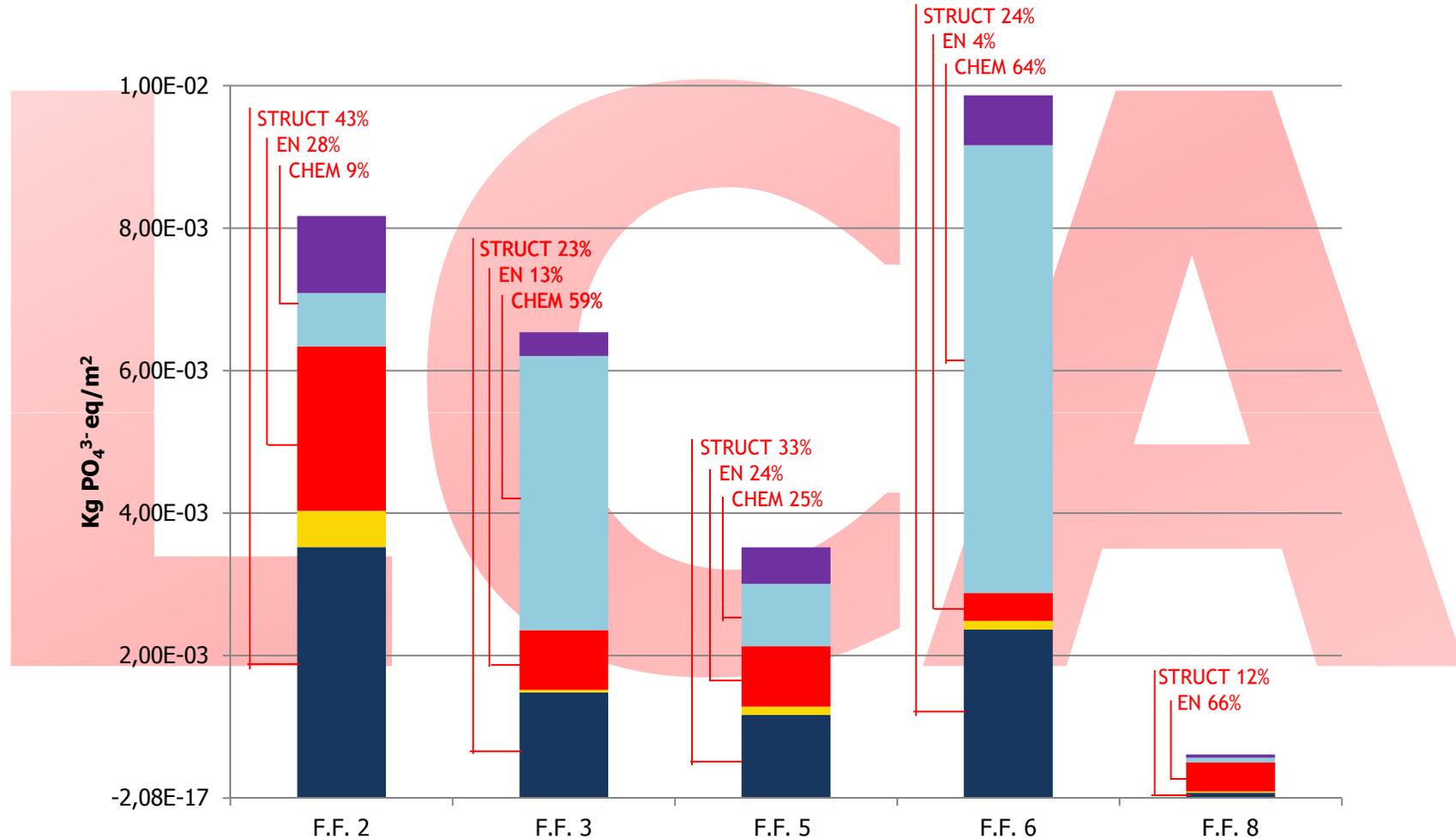


LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLORiculture in Western Riviera »



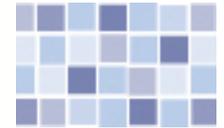
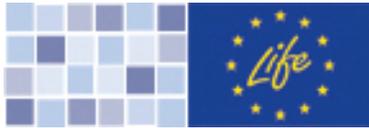


Eutrophication Potential (F. U. 1m²)

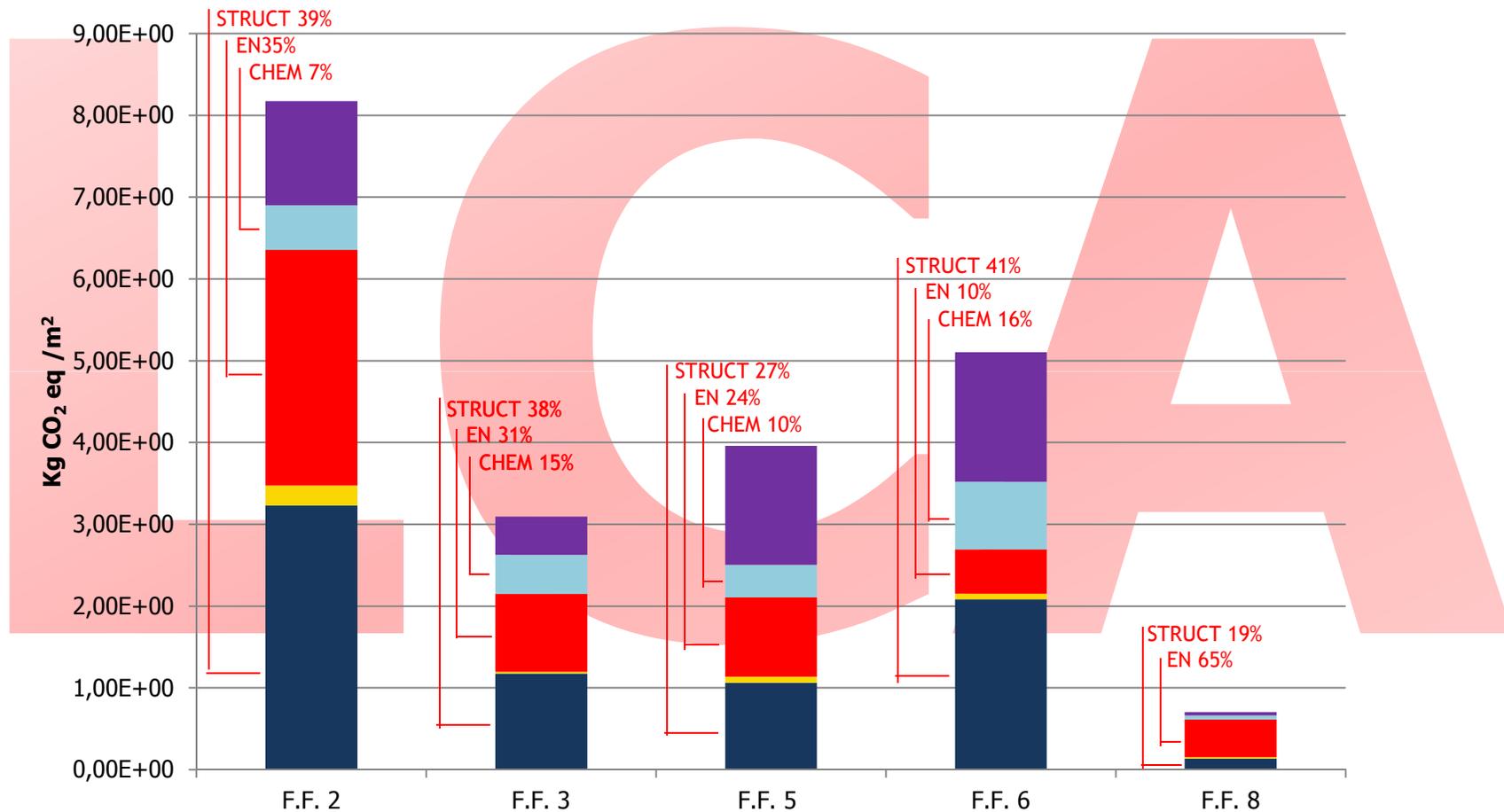


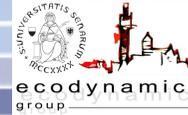
LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLORiculture in Western Riviera »



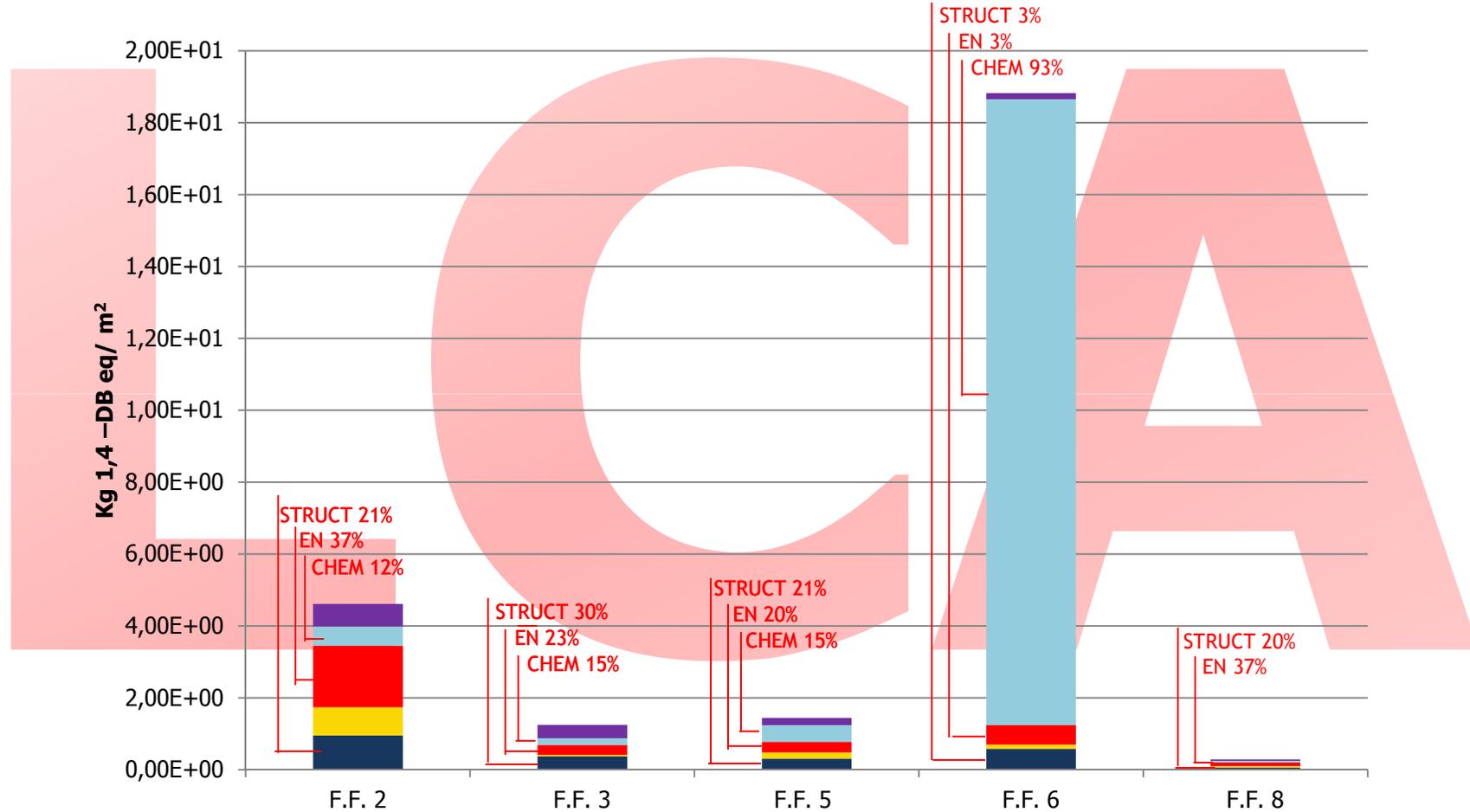


Global Warming Potential 100 (F. U. 1m²)



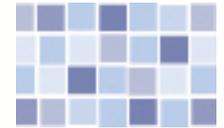


Human Toxicity potential (F.U. 1m²)



LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLORiculture in Western Riviera »





IMPRONTA ECOLOGICA

L'Impronta Ecologica è un indicatore sintetico di sostenibilità ambientale proposto da W. Rees e M. Wackernagel dell'Università della British Columbia (Canada) agli inizi degli anni novanta.

Il calcolo dell'**Impronta Ecologica**, in realtà, prevede il calcolo di due indicatori: l'Impronta Ecologica (che valuta la richiesta) e la **biocapacità** (che stima l'offerta).

L'Impronta Ecologica di una data popolazione (o singolo individuo) stima l'impatto che questa esercita sul territorio in termini di appropriazione dei terreni ecologicamente produttivi (sia terrestri che acquatici) per produrre i beni di cui ha bisogno ed assorbire i rifiuti che produce.

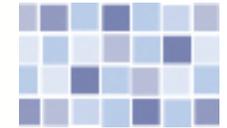
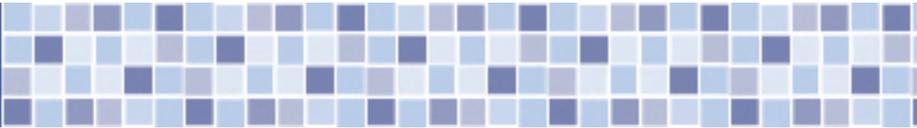
La biocapacità misura quella che è l'offerta di risorse da parte del Pianeta ma anche la sua capacità di assorbire i rifiuti in maniera ecologicamente sostenibile.

L'Impronta Ecologica di una popolazione può essere confrontata con la biocapacità che ha a disposizione come gli incassi e le spese sono confrontati in economia.

L'Impronta Ecologica e la biocapacità sono misurate in ettari globali (global hectare, gha) ovvero ettari di superficie ecologicamente produttiva. Un ettaro globale è un ettaro con una produttività pari alla produttività media mondiale.

I terreni ecologicamente produttivi presi in considerazione nel calcolo dell'Impronta Ecologica sono: cropland; grazing land; fishing grounds; forests; uptake land; e built-up areas.

Poiché ciascuna categoria di territorio è caratterizzata da una diversa capacità di produrre risorse utili all'uomo è pertanto necessaria una normalizzazione della produttività dei territori per poterli sommare ed ottenere l'Impronta Ecologica totale. La normalizzazione avviene attraverso dei fattori di conversione chiamati fattori di equivalenza (equivalence factor) e fattori di rendimento (yield factor).



IMPRONTA ECOLOGICA dei PRODOTTI

L'Impronta Ecologica di un prodotto è definita come la somma di tutte le Impronte di tutte le attività richieste per la produzione, l'uso e il fine vita di tale prodotto.

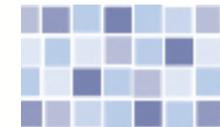
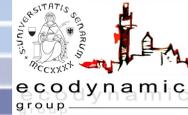
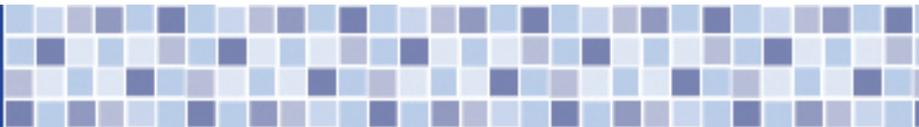
L'Impronta Ecologica di un prodotto rappresenta il costo ambientale, incorporato nell'equivalente numero di ettari globali, relativo al consumo di servizi biologici per un certo periodo di tempo.

$$EF_{\text{product}} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n EQF_i \times EF_{i,j}$$

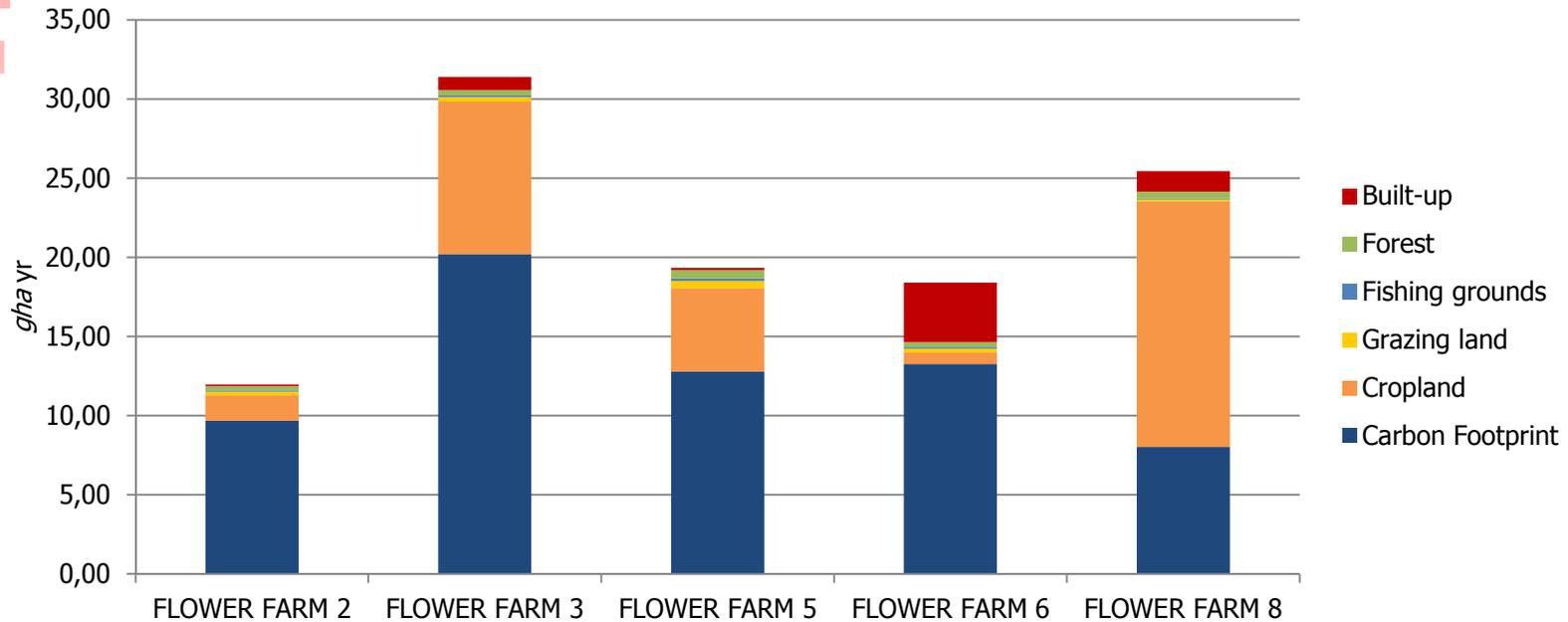
i si riferisce ai 6 differenti tipi di terreno (cropland, grazing land, fishing grounds, forest area, built-up land & carbon footprint land).
j si riferisce agli n-input necessari per la fase di produzione.
EQF_i = è l'equivalence factor dell' i-th land

L'EF di un generico input *j* è data dalla somma di tutti I terreno necessari a produrlo. Ad esempio per produrre una tonnellata di mais sono necessari almeno cropland (per la coltivazione) e carbon footprint per assorbire le emissioni di CO₂ dovute all'utilizzo di combustibili fossili.

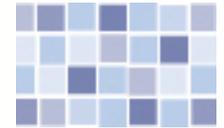
L'Impronta Ecologica di un prodotto è calcolata come il prodotto del flusso di servizi biologici (in ettari globali) per il tempo.



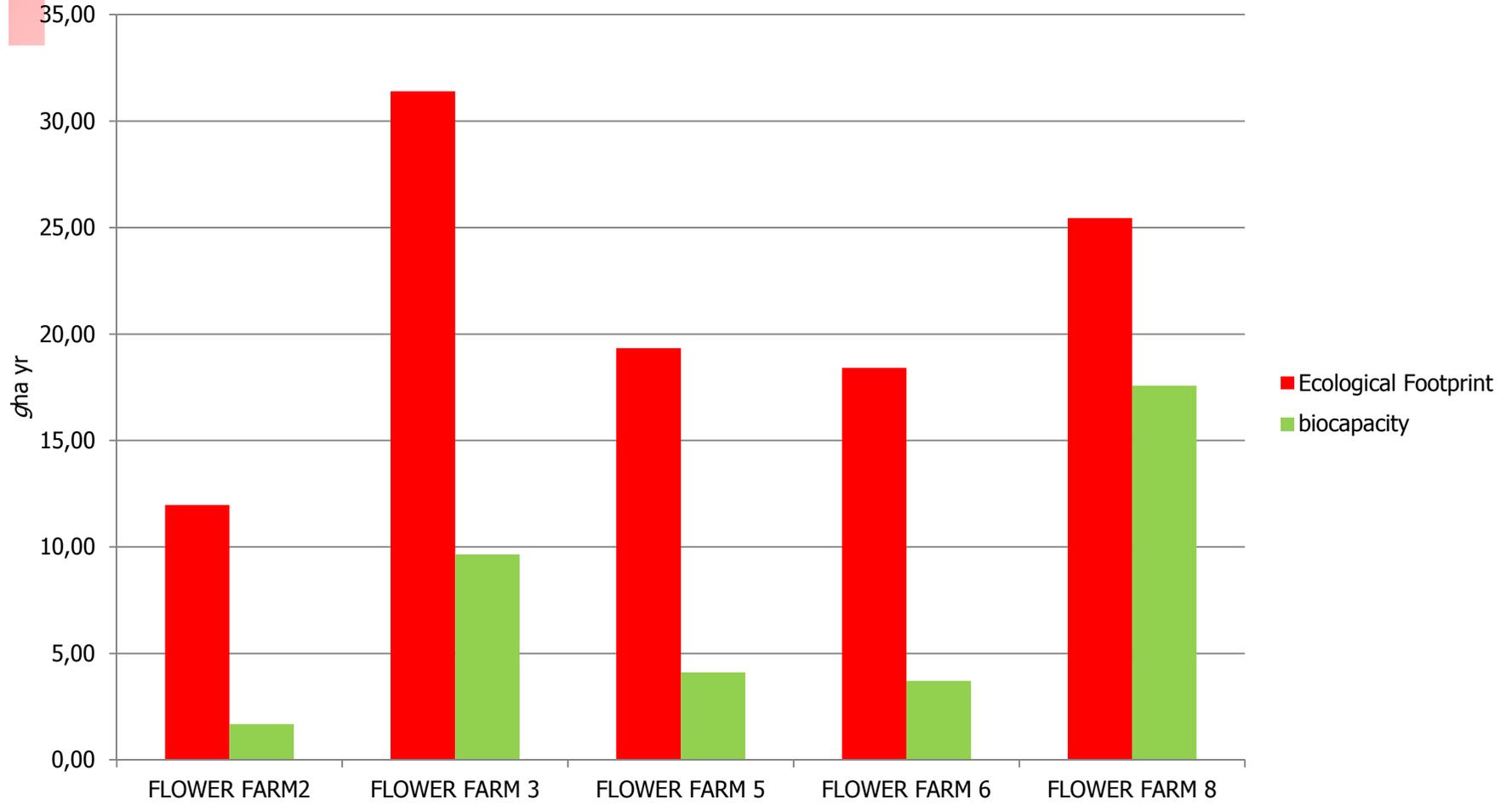
EF



- L'azienda 8 è l'unica azienda in cui la componente dominante è il terreno agricolo (61%).
- Le aziende 6 e 8 rappresentano due conduzioni della catena produttiva florovivaistica opposte. l'azienda 6 pratica colture fuori suolo in tutte le tipologie di coltivazione, l'azienda 8 produce le colture floricole, tutte su suolo, per la maggior parte in pieno campo.
- Per le altre aziende risulta prevalente la componente *carbon footprint* perché la maggior parte delle produzioni florovivaistiche avvengono in serra, ombraio o tunnel/tettoia: e quindi i materiali delle infrastrutture e la loro occupazione spaziale sono i principali responsabili dell'Impronta Ecologica totale delle aziende.

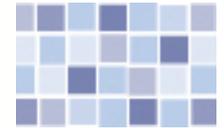


EF

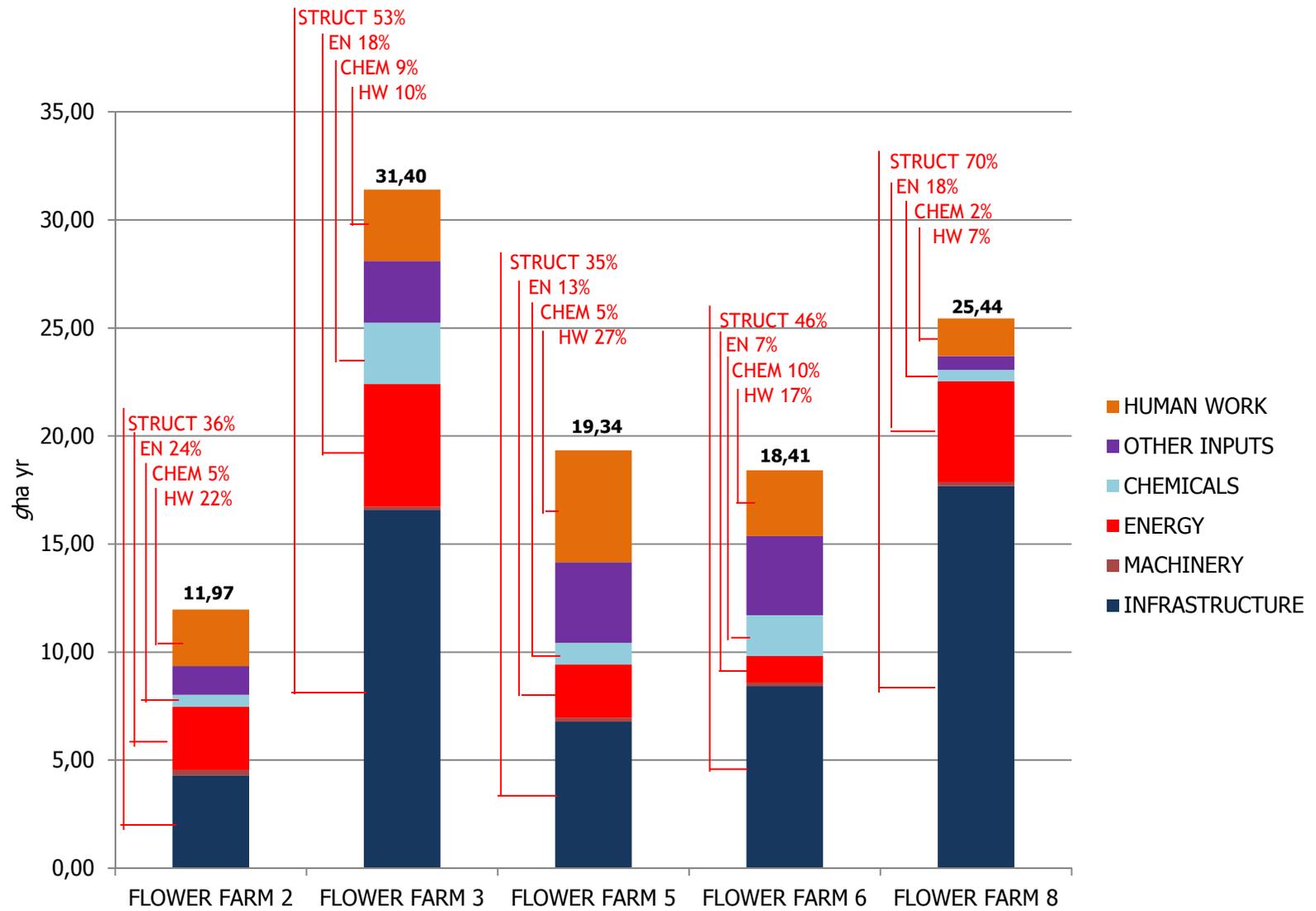


LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLOriculture in Western Riviera »



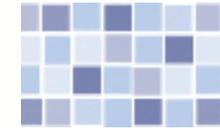
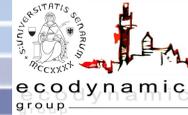
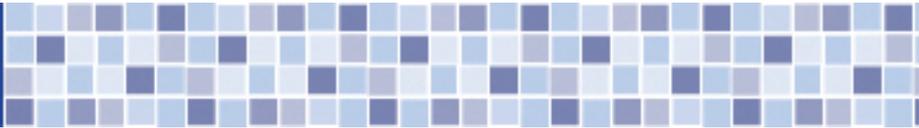
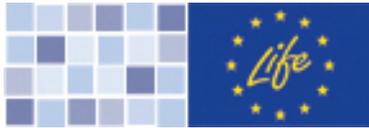


EF



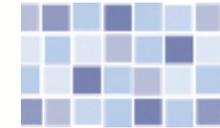
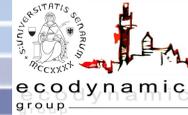
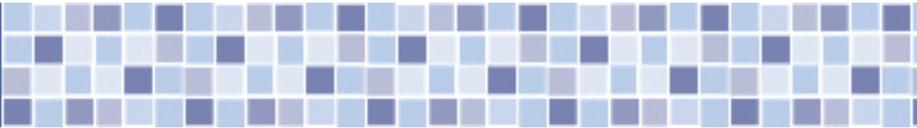
LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
 « Sustainable Management of
 FLOriculture in Western Riviera »





CONCLUSIONI

		unit	AZ. 2	AZ. 3	AZ. 5	AZ. 6	AZ. 8
eMergy	total emergy flow	sej/yr	1,08E+17	2,19E+17	1,34E+17	1,42E+17	5,88E+16
	emergy flow density	sej/m ²	2,70E+13	9,31E+12	1,34E+13	1,58E+13	1,47E+12
LCA	AP	kg SO ₂ eq/m ²	3,78E-02	1,55E-02	1,65E-02	2,14E-02	3,20E-03
	EP	kg PO ₄ --- eq/m ²	8,17E-03	6,54E-03	3,52E-03	9,86E-03	6,11E-04
	GWP100	kg CO ₂ eq/m ²	8,17E+00	3,10E+00	3,96E+00	5,10E+00	7,03E-01
	HTP	kg 1,4-DB eq/m ²	4,61E+00	1,24E+00	1,44E+00	1,88E+01	2,86E-01
Ecological Footprint	total Ecological Footprint	gha yr	11,97	31,40	19,34	18,41	25,44
	biocapacity	gha yr	1,67	9,65	4,11	3,71	17,58
	E.F./biocapacity		7,15	3,25	4,70	4,96	1,45
	E.F./area	gha/ha	29,19	13,28	19,19	20,26	5,91



CONCLUSIONI

1. Il principale risultato **dell'analisi energetica** è stato quello di evidenziare come il processo florovivaistico rappresentato dalle cinque aziende campione analizzate, sia un vero e proprio sistema industriale, poiché oltre il 99% del flusso energetico totale di ogni azienda è caratterizzato da flussi importati, la maggior parte dei quali non rinnovabili:
 - il flusso energetico delle risorse importate dominante per tre aziende è rappresentato dalle infrastrutture (2, 3, 6);
 - i consumi energetici hanno un peso rilevante rispetto al flusso energetico totale delle risorse importate per tutte le aziende;
 - l'utilizzo di prodotti chimici e ammendanti è rilevante solamente in due aziende (3 e 5).
2. Anche dall' **LCA** è emerso che le infrastrutture e i consumi energetici rappresentano i principali input per tutti gli indicatori d'impatto potenziale considerati. L'uso di prodotti chimici è rilevante per il valore finale dell'indicatore HTP.
3. **L'Impronta Ecologica** ha evidenziato che tutte le aziende richiedono più risorse di quelle che hanno a disposizione. Mentre per le aziende 2, 3, 5 e 6 la categoria di terreno maggiormente richiesta è "foresta necessaria per assorbire le emissioni di CO₂", per l'azienda 8 è "terreno agricolo". Come già evidenziato dall'analisi energetica e l'LCA, la macrocategoria più rilevante per il valore finale dell'Impronta Ecologica delle aziende è le infrastrutture.
4. L'emergy flow density, l'LCA per m² e il rapporto tra l'Impronta Ecologica totale e l'estensione possiamo notare un andamento comune.

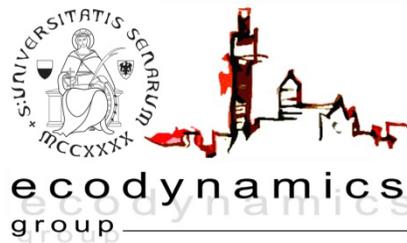


Grazie per l'attenzione



C.R.E.A.

(Centro di Ricerca Energia e Ambiente)



PICT	NOME	RUOLO
	Simone Bastianoni	Prof. Environmental Chemistry
	Federico M. Pulselli	Prof. Environmental Chemistry
	Valentina Niccolucci	PhD Researcher
	Nicoletta Patrizi	PhD Research fellow
	Elena Neri	PhD Research fellow
	Fabiana Morandi	PhD Research fellow

LIFE09 ENV IT 00067 « SUMFLOWER »
« Sustainable Management of
FLORiculture in Western Riviera»

