

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELLA FILIERA CORILICOLA (LCA E SE)

***Giuseppe CELANO***

Dipartimento di Farmacia  
***(DIFARMA)***

***Università degli Studi di Salerno***





## OBBIETTIVO GENERALE

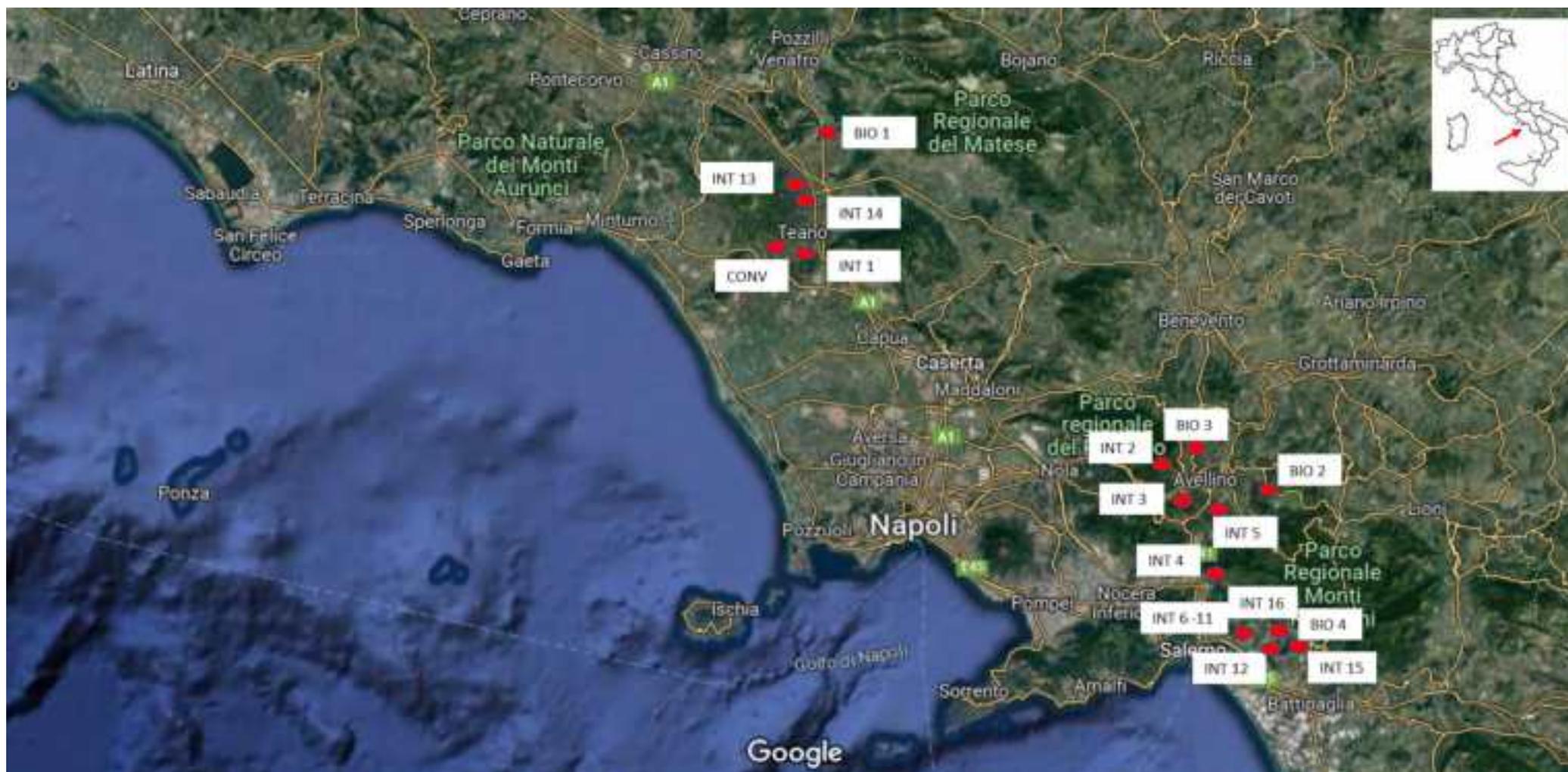
L'obiettivo è stato quello di

- identificare le migliori strategie di mitigazione,
- stabilire valori di riferimento per classificare le aziende in base alla loro efficienza ambientale
- supportare la transizione verso un'agricoltura più resiliente e competitiva.

In particolare la definizione dei benchmark è cruciale per favorire la crescita di un settore agricolo che, attraverso l'adozione di pratiche sostenibili, possa ridurre le proprie emissioni e migliorare la propria competitività sul mercato.



## Ubicazione dei noccioleti





## Aziende corilicole oggetto di studio, suddivise per sistema di coltivazione

Sistema di coltivazione		Produzione (kg/ha)		Irrigate
	(n.)	min	max	(n.)
<b>Biologico</b>	<b>4</b>	<b>1069</b>	<b>425</b>	<b>2</b>
<b>Integrato</b>	<b>16</b>	<b>1000</b>	<b>6055</b>	<b>4</b>
<b>Convenzionale</b>	<b>1</b>	<b>3300</b>		<b>0</b>

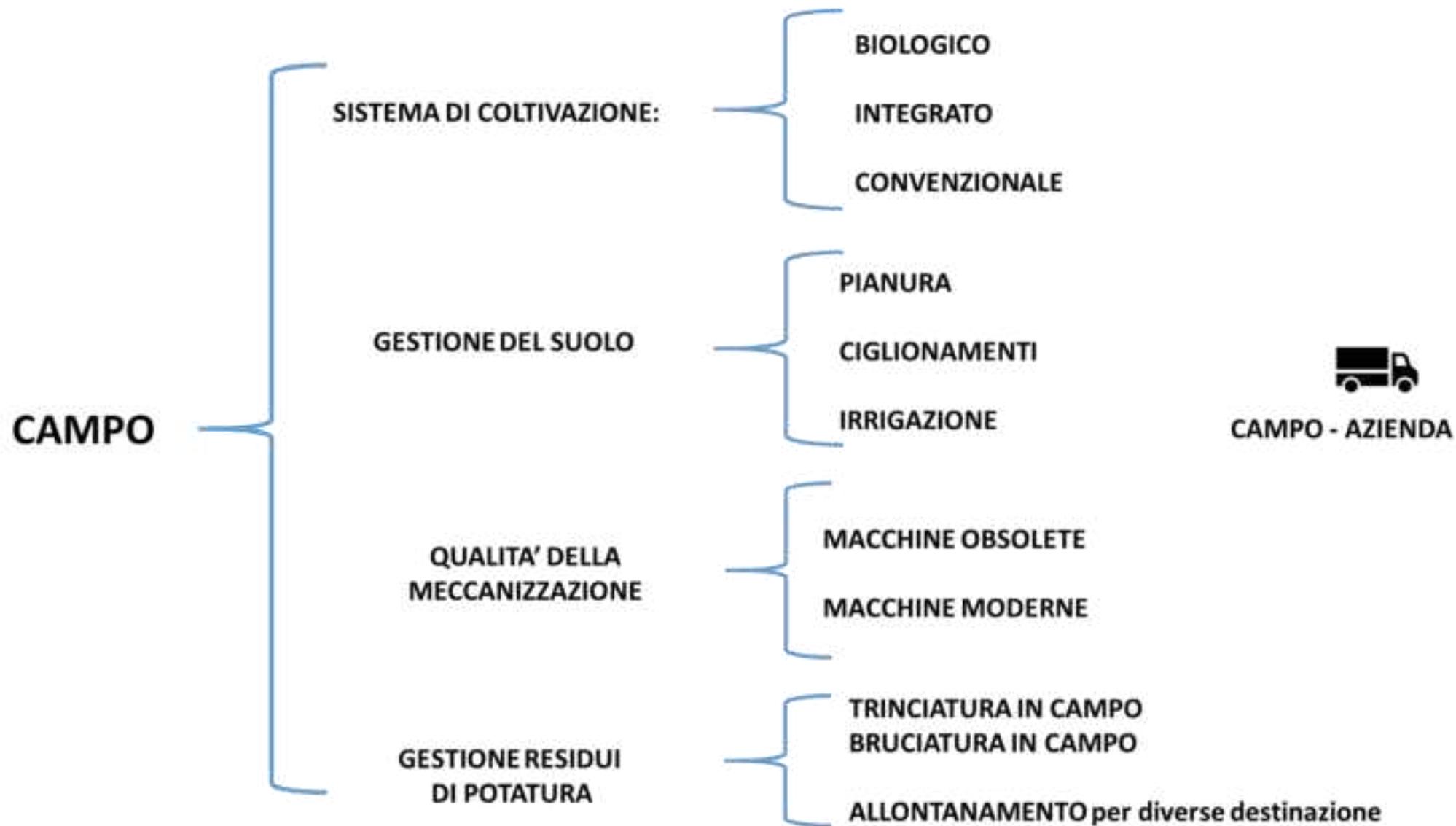


- **Obiettivo dello studio:** determinare e confrontare gli impatti ambientali di 21 sistemi corilicoli rappresentativi della realtà campana
  - Definizione di benchmark
- **Unità funzionale:** 1 kg di nocciole e 1 ha di superficie coltivata
- **Confini del sistema:** *cradle to farm gate* - fase agricola, le operazioni di post-raccolta e, quando presenti, le successive attività di trasformazione del prodotto interne alle aziende
- **Software:** SimaPro 9.1
- **Metodo:** CML 2000 baseline



## Cosa è stato escluso dallo studio?

- Nel calcolo delle **emissioni indirette di alcuni fertilizzanti minerali** (ad es. *Nitrophoska*) sono state usate le quantità relative ai singoli principi attivi facendo riferimento ad un equivalente fertilizzante sintetico, poiché nel SimaPro non era presente lo specifico prodotto distribuito.
- Nei sistemi che utilizzano **fertilizzanti organici** è stata usata la voce “letame”.
- Per i **fertilizzanti pellettizzati** gli impatti ambientali della pellettizzazione del prodotto non sono stati contabilizzati nella presente analisi per mancanza di un consolidato coefficiente tecnico di caratterizzazione delle emissioni.
- **Trasporto** degli input dal luogo di produzione al luogo di utilizzo.





## Fasi dello studio LCA secondo la norma ISO 14040





CONFINI DEL SISTEMA



## Descrizione dei sistemi analizzati

SISTEMA	PROVINCIA	VARIETA'	ETA' DELLE PIANTE	FORMA DI ALLEVAMENTO	SESTO DI IMPIANTO	PRODUZIONE MEDIA (kg ha <sup>-1</sup> anno <sup>-1</sup> )
BIO1	CASERTA	San Giovanni	15 anni	Poli e monocaule	5 X 5	2.200
BIO2	AVELLINO	Mortarella - Tonda di Giffoni	Variabile compresa tra 30-50 anni	Monocaule	4 X 4	2.098
BIO3	AVELLINO	Mortarella	Variabile compresa tra 10-20 anni	Poli e monocaule	4 X 4	1.906
BIO4	SALERNO	Tonda di Giffoni	25 anni	Poli e monocaule	4 X 4	4.325
INT1	CASERTA	Gentile Romana, San Giovanni, Mortarella	35 anni	Monocaule	4,5 X 4,5	3.500
INT2	AVELLINO	Mortarella 80%, Tonda Bianca, San Giovanni, Tonda Rossa	Variabile compresa tra 15-30 anni	Policaule	5 X 5 6 X 5	2.500
INT3	AVELLINO	Mortarella 80%, Tonda Bianca, San Giovanni, Tonda Rossa	25 anni	Policaule	6 X 4	3.000
INT4	AVELLINO	Mortarella - Tonda di Giffoni	Variabile: 20-30-40 anni	Monocaule e ceppaie	5 X 5 5 X 4	2.950
INT5	AVELLINO	Mortarella, Impollinatori San Giovanni, Primitiva	30-35 anni	Poli e monocaule	5 X 5 2,5 X 2,5	2.450
INT6	SALERNO	Tonda di Giffoni	40 anni	Policaule	3 X 4	2.000
INT7	SALERNO	Tonda di Giffoni	15 anni	Monocaule	5 X 4	1.800
INT8	SALERNO	Tonda di Giffoni	30 anni	Policaule	3 X 4	1.000
INT9	SALERNO	Tonda di Giffoni	10 anni	Monocaule	5 X 4	1.000
INT10	SALERNO	Tonda di Giffoni	20 anni	Monocaule	5 X 4	1.700
INT11	SALERNO	Tonda di Giffoni	40 anni	Policaule	3 X 4	1.800
INT12	SALERNO	Tonda di Giffoni	25 anni	Poli e monocaule	4 X 4	6.055
INT13	CASERTA	Mortarella	Variabile compresa tra 1-40 anni	Monocaule	4 X 4 5 X 4	2.900
INT14	CASERTA	Misto	Variabile compresa tra 1-40 anni	Monocaule	5 X 5	3.000
INT15	CASERTA	Tonda di Giffoni	20 anni	Policaule	2 X 1,5	3.000
INT16	CASERTA	Tonda di Giffoni	20 anni	Policaule	2 X 1,5	2.000
CONV	CASERTA	Gentile Romana, San Giovanni, Mortarella	35 anni	Monocaule	4,5 X 4,5	3.300



## Tecniche agronomiche dei diversi sistemi analizzati

SISTEMA	TESSITURA SUOLO	PENDENZA	SISTEMA DI COLTIVAZIONE	POTATURA	RESIDUI DI POTATURA	IRRIGAZIONE
BIO1	Sabbio - limoso	0%	Biologico	Manuale	Trinciati in campo	NO
BIO2	Franco	3%	Biologico	Manuale	Allontanati e bruciati	NO
BIO3	Franco	20%	Biologico	Manuale	Trinciati in campo	NO
BIO4	Sabbio - limoso	5 -20%	Biologico	Manuale	Bruciati in campo	NO
INT1	Franco - sabbioso	5%	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	NO
INT2	Sabbio - limoso	Cigionamenti	Integrato	Manuale	Allontanati e bruciati in impianto	NO
INT3	Sabbio - limoso	0%	Integrato	Manuale	Allontanati e bruciati in impianto	NO
INT4	Medio impasto	0-20%	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	NO
INT5	Sabbio - limoso	0-20%	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	NO
INT6	Sabbio - limoso	0-20%	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	SI
INT7	Sabbio - limoso	0-20%	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	SI
INT8	Sabbio - limoso	Terrazzamenti	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	NO
INT9	Sabbio - limoso	Terrazzamenti	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	NO
INT10	Sabbio - limoso	0-20%	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	NO
INT11	Sabbio - limoso	0-20%	Integrato	Manuale	Trinciati in campo	NO
INT12	Sabbio - limoso	5 -20%	Integrato	Manuale	Bruciati in campo	NO
INT13	Sabbio - limoso	0%	Integrato	Manuale	Allontanati e bruciati	SI
INT14	Sabbio - limoso	0%	Integrato	Manuale	Allontanati e bruciati	NO
INT15	Sabbio - limoso	0%	Integrato	Manuale	Allontanati e bruciati	NO
INT16	Argilloso	Cigionamenti	Integrato	Manuale	Allontanati e bruciati	NO
CONV	Sabbio - limoso	5%	Convenzionale	Manuale	Trinciati in campo	NO



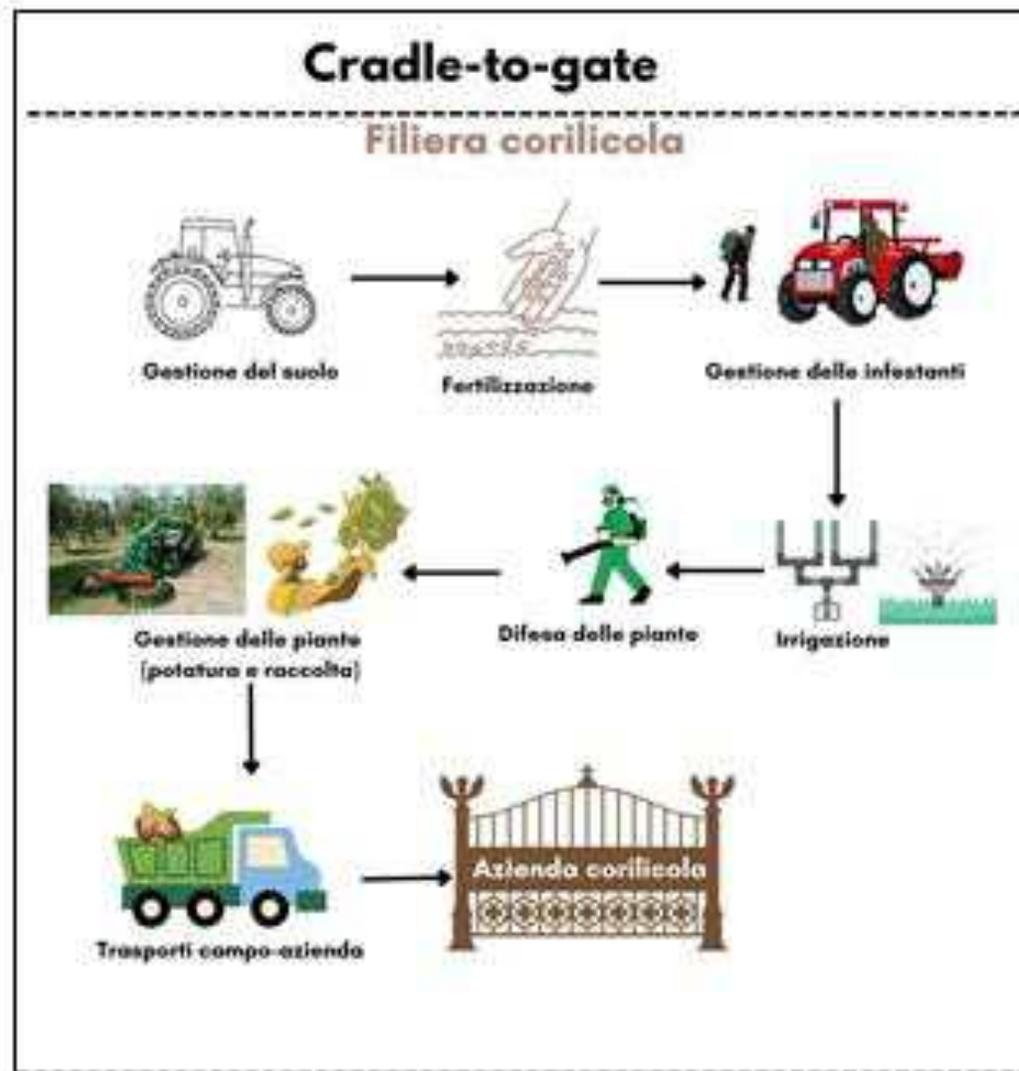
SISTEMA	FERTILIZZAZIONE	GESTIONE COTICO ERBOSO	LAVORAZIONI	DIFESA/ TRATTAMENTI ANTIPARASSITARI	DISERBO	SPOLLONATURA	RACCOLTA
BIO1	Inerbimento artificiale	Trinciatura	Erpicoltura Trinciatura	Prodotti naturali	-	Manuale	Manuale
BIO2	Annuale Naturale	Trinciatura	Erpicoltura	Prodotti naturali	-	Manuale	Meccanizzata
BIO3	Sovescio	Trinciatura	Fresatura	Prodotti naturali	-	Manuale	Meccanizzata
BIO4	Annuale Naturale	Trinciatura	Fresatura Erpicatura	Prodotti naturali	-	Manuale	Manuale
INT1	Annuale Minerale	Trinciatura	Fresatura Erpicatura	Prodotti di sintesi	-	Manuale	Meccanizzata
INT2	Annuale Minerale	Trinciatura	Fresatura Trinciatura	Prodotti di sintesi	Glifosato	Manuale	Meccanizzata
INT3	Annuale Minerale	Trinciatura	Fresatura Trinciatura	Prodotti di sintesi	Glifosato	Manuale	Meccanizzata
INT4	Annuale Minerale	Trinciatura	Erpicatura	Prodotti di sintesi	Glifosato	Manuale	Meccanizzata
INT5	Annuale Minerale	Trinciatura	Fresatura	Prodotti di sintesi - raramente	-	Manuale	Meccanizzata
INT6	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	Glifosato	Meccanizzata	Meccanizzata
INT7	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	Glifosato	Meccanizzata	Meccanizzata
INT8	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	Glifosato	Meccanizzata	Meccanizzata
INT9	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	Glifosato	Meccanizzata	Meccanizzata
INT10	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	Glifosato	Meccanizzata	Meccanizzata
INT11	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	Glifosato	Meccanizzata	Meccanizzata
INT12	Annuale Minerale	Trinciatura	Fresatura Erpicatura	Prodotti di sintesi	-	Manuale	Manuale
INT13	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	Glifosato	Manuale	Meccanizzata
INT14	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	-	Manuale	Meccanizzata
INT15	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	-	Manuale	Meccanizzata
INT16	Annuale Minerale	Trinciatura	-	Prodotti di sintesi	-	Manuale	Meccanizzata
CONV	Annuale Minerale	Trinciatura	Fresatura Erpicatura	Prodotti di sintesi	Raramente	Manuale	Meccanizzata



SISTEMA	POST-RACCOLTA					
	VENDITA TAL QUALE	PULITURA	ESSICCAZIONE	CALIBRATURA	SGUSCIATURA	CONFEZIONAMENTO
BIO1	-	Elettrica	Meccanica			
BIO2	-	Elettrica	Naturale	-	-	-
BIO3	-	Manuale	Naturale	-	-	-
BIO4	SI	Elettrica	Elettrica	Elettrica	Elettrica	SI
INT1	SI	-	-	-	-	-
INT2	-	Elettrica	Meccanica	-	-	-
INT3	-	Elettrica	Meccanica	-	-	-
INT4	-	Elettrica	Elettrica	Elettrica	-	-
INT5	-	Manuale	Naturale	-	-	-
INT6	-	Elettrica	Elettrica	Elettrica	-	-
INT7	-	Elettrica	Elettrica	Elettrica	-	-
INT8	-	Elettrica	Elettrica	Elettrica	-	-
INT9	-	Elettrica	Elettrica	Elettrica	-	-
INT10	-	Elettrica	Elettrica	Elettrica	-	-
INT11	-	Elettrica	Elettrica	Elettrica	-	-
INT12	SI	Elettrica	Elettrica	Elettrica	Elettrica	SI
INT13	-	Meccanica	Elettrica	-	-	-
INT14	SI	-	-	-	-	-
INT15	SI	Manuale	Naturale	-	-	SI
INT16	SI	Manuale	Naturale	-	-	SI
CONV	SI	-	-	-	-	-

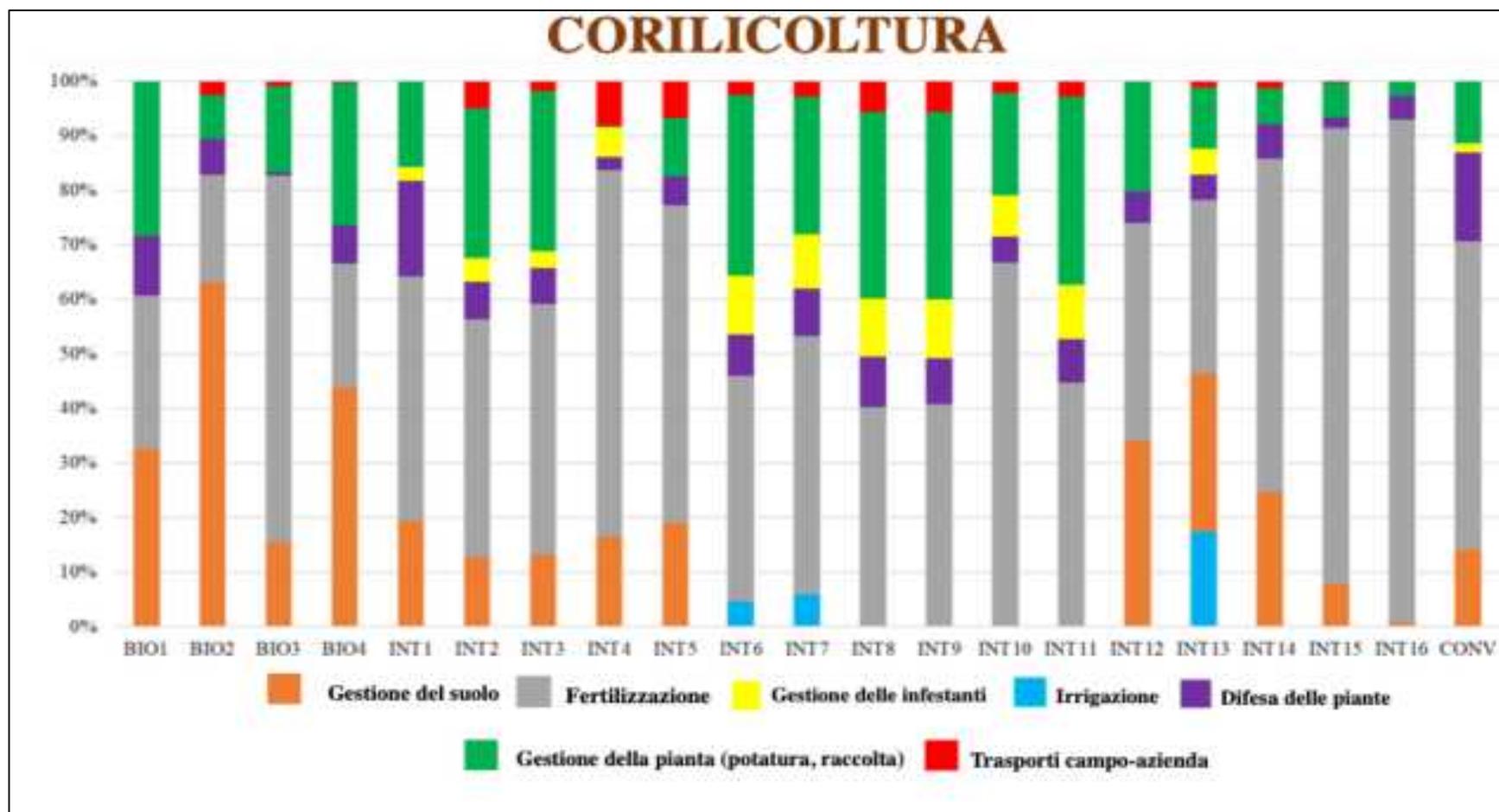


Confine del sistema  
“*cradle-to-gate*”  
della filiera corilicola





## Filiera corilicola: distribuzione (%) dell'impronta del Carbonio nelle diverse operazioni colturali.





## Filiera corilicola: distribuzione dell'impronta del Carbonio (CO2 eq kg/ha) nelle diverse operazioni colturali





## FASE DI CAMPO: CONSIDERAZIONI GENERALI

Il processo di fertilizzazione risulta in generale il più impattante.

Segue la fase di gestione della pianta, che include operazioni come la potatura, raccolta residui e raccolta che comportano un importante uso delle macchine.



## Sistema biologico

L'impronta del carbonio per ettaro varia tra 985 kg CO<sub>2</sub> eq e 1387 kg CO<sub>2</sub> eq, con valori relativamente contenuti rispetto agli altri sistemi di coltivazione.

Tuttavia, l'impronta per unità di prodotto (CO<sub>2</sub> eq kg<sup>-1</sup>) varia da 0.32 a 0.6 kg CO<sub>2</sub> eq. Le aziende biologiche, pur avendo impatti per ettaro più contenuti, presentano valori più elevati per ogni kg di nocciola prodotto per le produzioni più basse.



## Sistema integrato

L'impronta per ettaro aumenta significativamente, variando da 1071 kg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> fino a 1307 kg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup>, in relazione alle tecniche agronomiche adottate.

L'impronta per kg di nocciola, invece, ha mostrato valori compresi tra 0.43 kg CO<sub>2</sub> eq kg<sup>-1</sup> e 2.48 kg CO<sub>2</sub> eq kg<sup>-1</sup>.

In linea generale, le aziende con tecniche più intensive e terreni terrazzati presentano impatti più elevati, sia per ettaro che per unità di prodotto.



## Sistema convenzionale

Nell'unico sistema convenzionale analizzato della filiera corilicola, l'impronta per ettaro è generalmente più alta rispetto ai sistemi biologico e integrato, con un'impronta del carbonio pari a  $2459 \text{ kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$

L'impronta per kg di nocciola è invece di  $0.74 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$ , che risulta inferiore a quella di molte aziende integrate, ma superiore a quella delle aziende biologiche con rese più elevate.



## Benchmark specifici per la filiera corilicola

Disponendo di un vasto insieme di dati e in assenza di *benchmark* specifici in letteratura per la filiera corilicola, utilizzando i risultati per i diversi casi, sono stati definiti, in prima approssimazione, valori di impatto di riferimento. Questi sistemi sono stati ordinati in modo crescente in base alle emissioni di CO<sub>2</sub> eq e suddivisi in quattro classi di confronto, utilizzando come soglie di riferimento i quantili (25%, 50% e 75%).



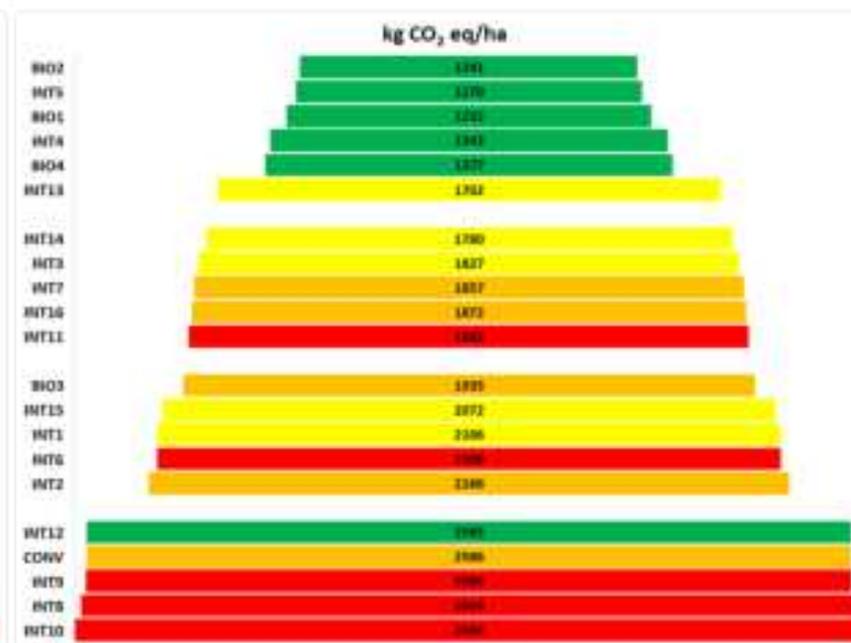
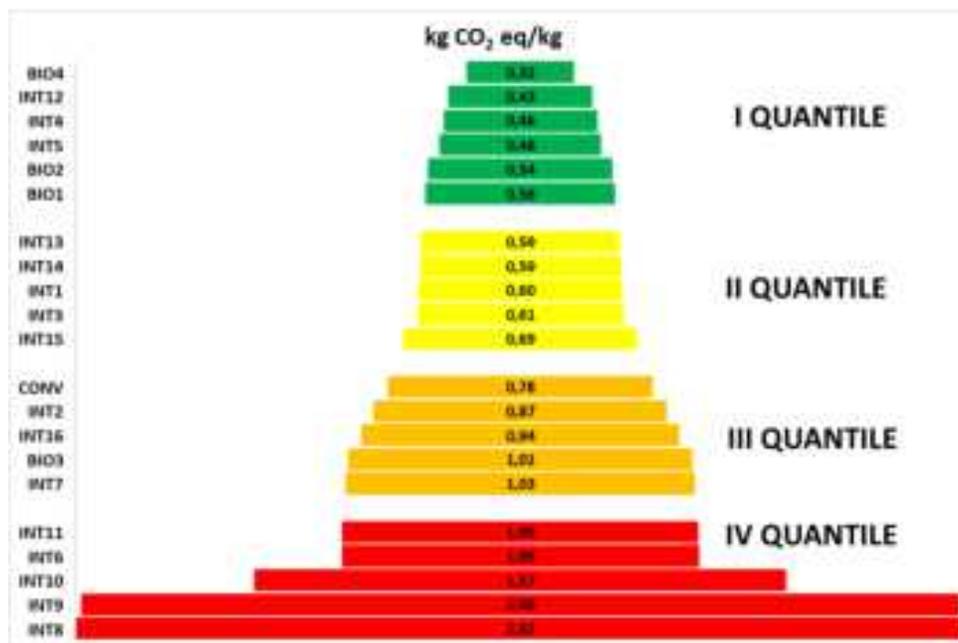
# Valori dell'impronta del carbonio del nocciolo



Benchmark per kg di nocciole

## Fase Agricola

Benchmark per ettaro



# RESIDUI DI POTATURA

---

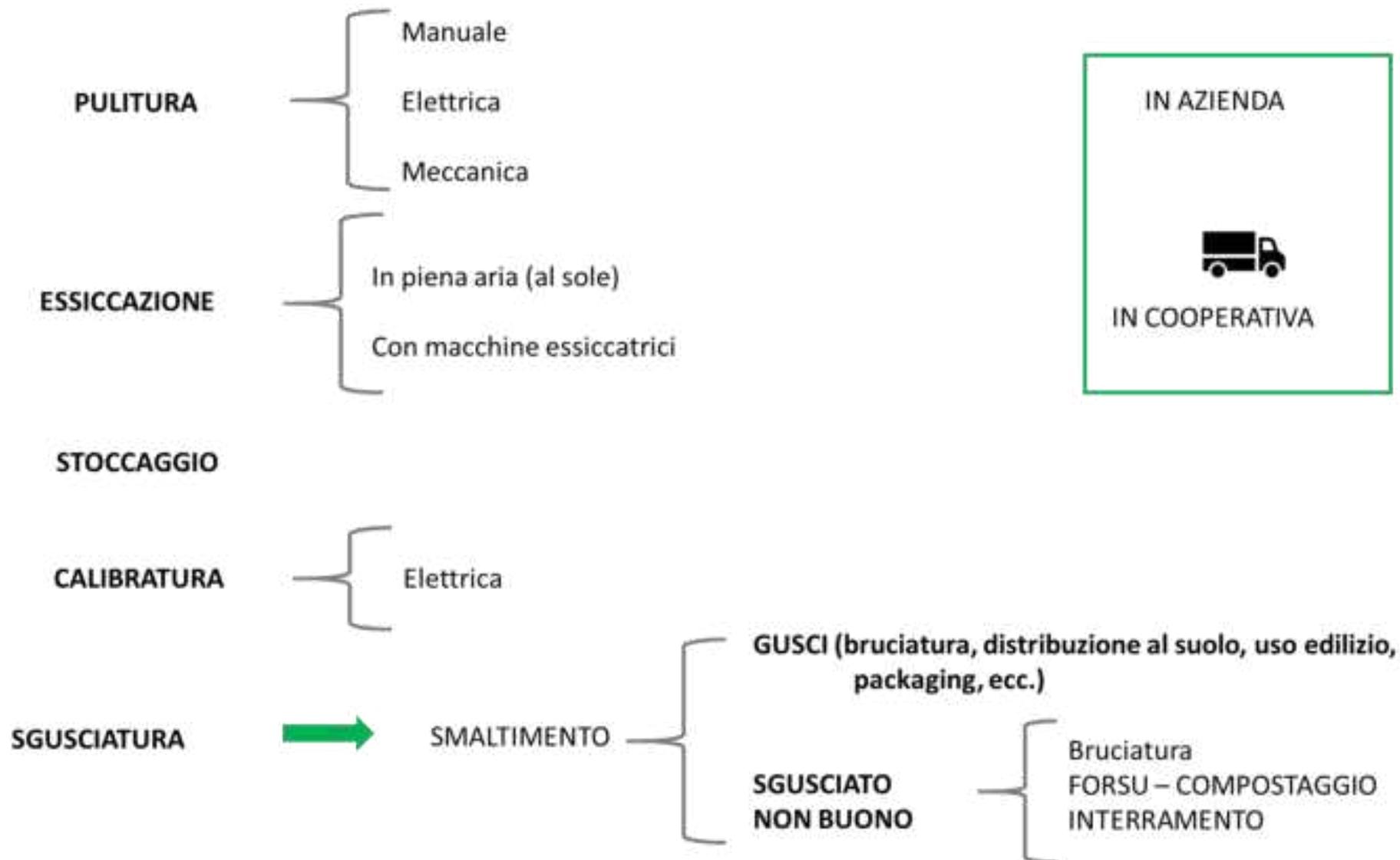
- Raccolta-allontanamento dal campo
- Interi e/o cippati e/o pellettizzati
- Conferimento e Destinazione:
  - legna da ardere;
  - caldaia a biomassa domestica;
  - caldaia a biomassa di comunità (centrale a biomassa);
  - essiccatoio.



## POST - RACCOLTA

---







## TRASFORMAZIONE DEL PRODOTTO

**NOCCIOLA  
TAL QUALE**



**GRANELLA**

**NOCCIOLA  
SGUSCIATA  
CRUDA**



Olio di nocciola

Pasta di nocciola

**NOCCIOLA  
TOSTATA**

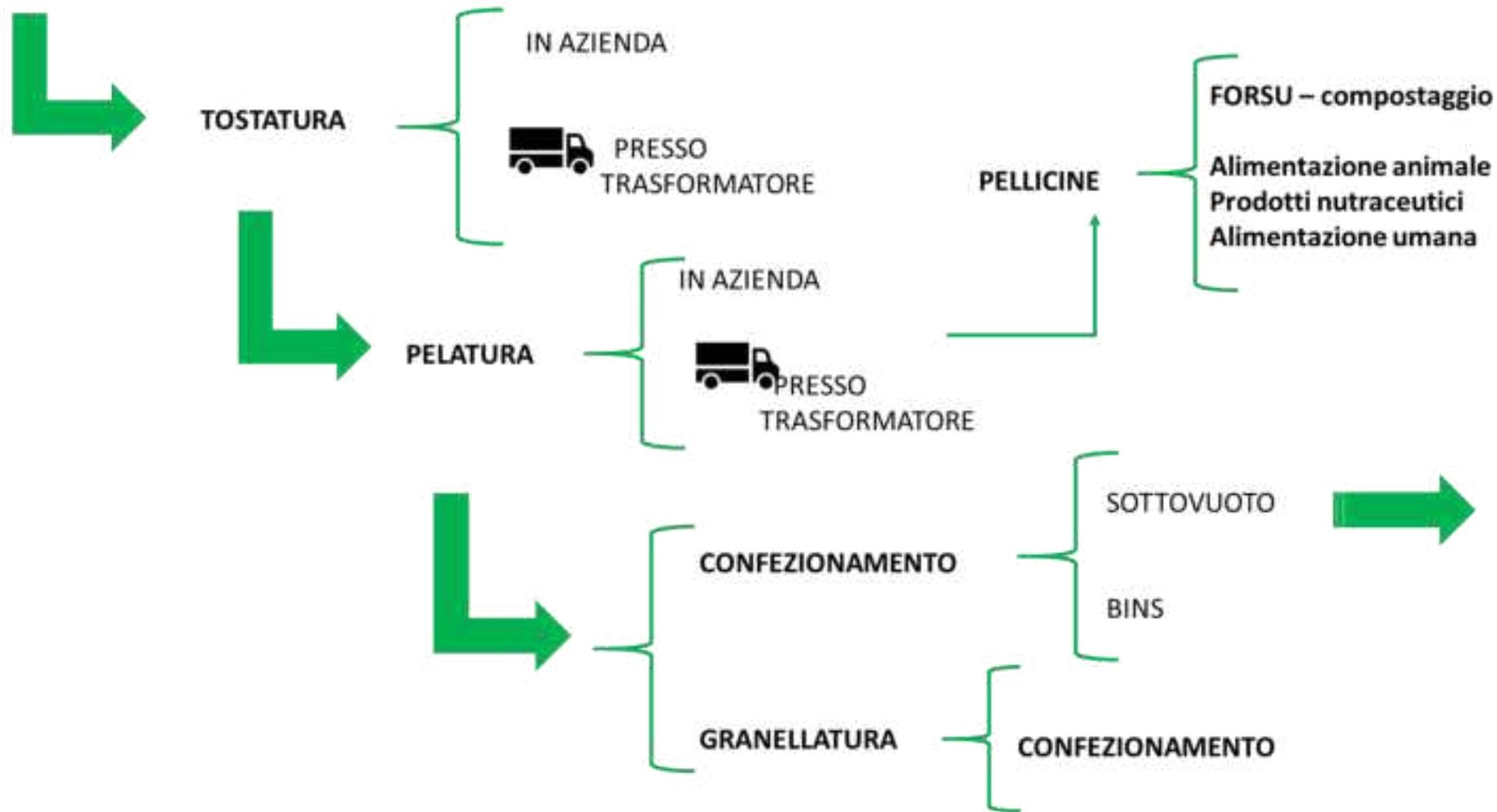


Crema di nocciole

Pesto



## NOCCIOLA TOSTATA





# CONFEZIONAMENTO

**NOCCIOLA  
TAL QUALE**



**BUSTA DI CARTA  
da 1 kg**

**RETE DI PLASTICA  
da 1 kg**

**NOCCIOLA  
SGUSCIATA  
CRUDA**

**NOCCIOLA  
TOSTATA**



**(sottovuoto)**

**BUSTA 1 kg**

**BUSTA 250 g**

**BUSTA 150 g**

**SNACK 25 g**





## **GLI IMPATTI AMBIENTALI**



**Global warming (GWP100a)  
kg CO<sub>2</sub> eq**

# Fase Agricola



SISTEMA DI COLTIVAZIONE	kg CO <sub>2</sub> eq	
	per ha	per kg
BIOLOGICO	1421 (1141-1935)	0,61 (0,32-1,01)
INTEGRATO	2022 (1170-2664)	1,01 (0,43-2,62)
CONVENZIONALE	2586	0,78

GESTIONE DEL SUOLO	kg CO <sub>2</sub> eq	
	per ha	per kg
PIANURA	1846 (1141-2664)	0,73 (0,32-1,57)
CIGLIONAMENTI/TERRAZZAMENTI	2312 (1872-2619)	1,75 (0,87-2,62)
IRRIGAZIONE	1889 (1702-2108)	0,89 (0,59-1,05)

# POST – RACCOLTA E CONFEZIONAMENTO

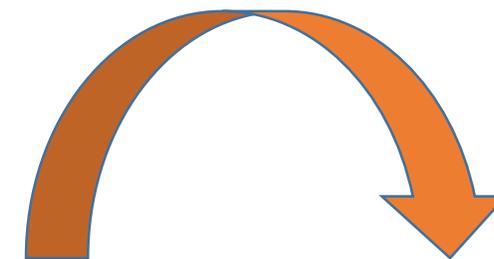
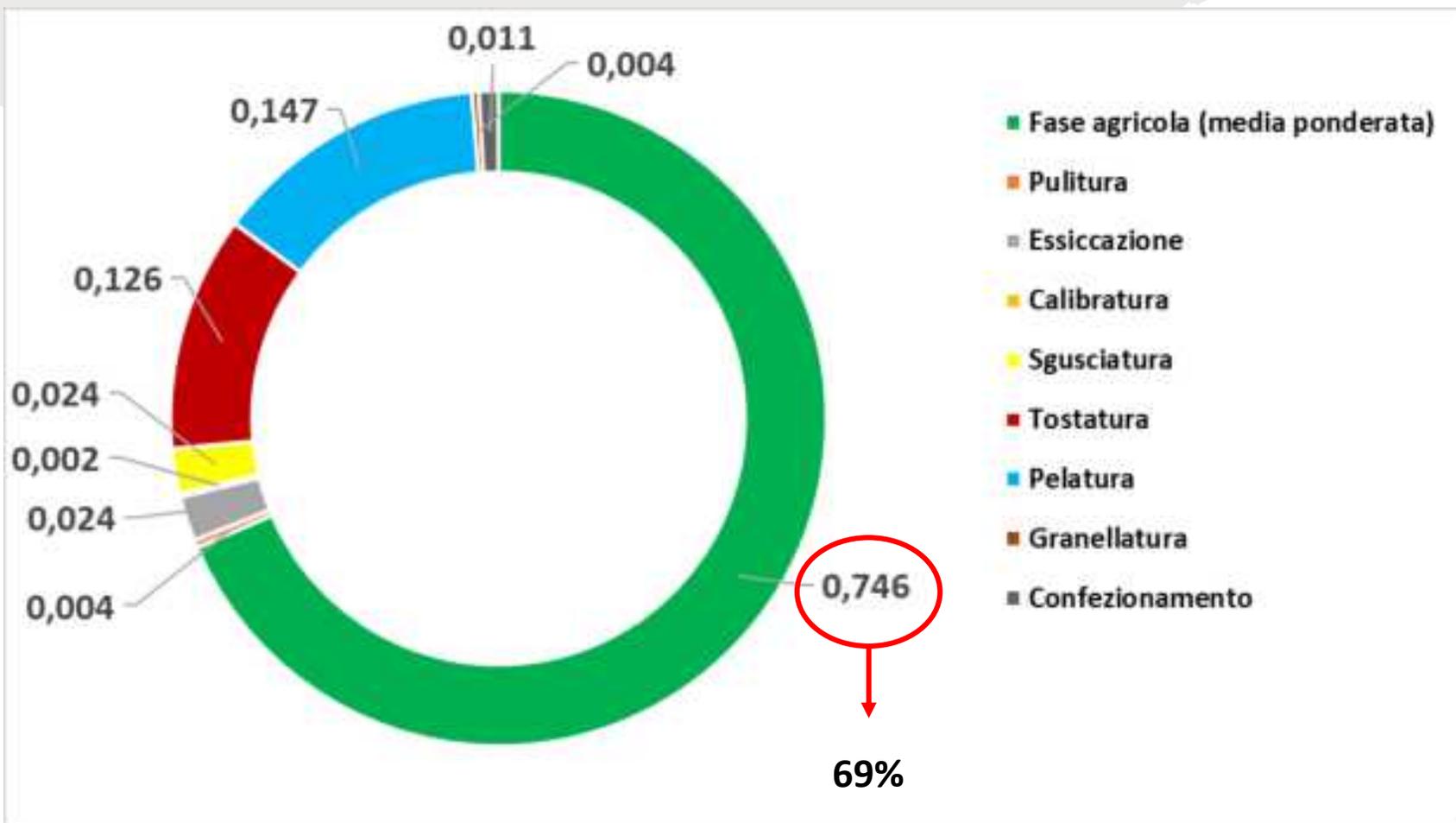


OPERAZIONI	kg CO <sub>2</sub> eq	
	per ha	per kg
Pulitura	12 (0,88 - 49)	0,004
Essiccazione	62 (2,4 - 222)	0,024
Calibratura	6 (0,13 - 27,3)	0,002
Sgusciatura	63,46	0,024

PACKAGING	kg CO <sub>2</sub> eq			
	per ha		per kg	
	senza riciclo	con riciclo	senza riciclo	con riciclo
BUSTA di carta da 1 kg	8	0	0,002	0
BUSTA sottovuoto plastica 1 kg	18	6	0,004	0,001
BUSTA sottovuoto plastica 250 g	57	19	0,013	0,004
BUSTA sottovuoto plastica 150 g	71	24	0,016	0,006

OPERAZIONI	kg CO <sub>2</sub> eq	
	per ha	per kg
Tostatura	328	0,126
Pelatura	383	0,147
Granellatura	9	0,004
Confezionamento	27	0,011

# In un'ottica di ciclo di vita...per kg di nocciole



**Nocciola tal quale:**  
0,774 kg CO<sub>2</sub>eq/kg

**Nocciola sgusciata cruda:**  
0,810 kg CO<sub>2</sub>eq/kg

**Nocciola tostata:**  
1,084 kg CO<sub>2</sub>eq/kg



## Gestione residui di potatura

1,5 t/ha

(come da allegato tecnico «Piano del settore Corilicolo» e comunicazione agricoltori)

	kg CO <sub>2</sub> eq	
	per ha	per 1 t di materiale
Triciatura in campo	214	142
Bruciatura in campo	152	102
Raccolta e allontanamento	61	41
Cippatura	7	4
Pelletizzazione	50	34
Trasporto (t/km)	0,6	0,4
legna da ardere in:		
caminetti/stufe	113	75
caldaie da 50 kW	153	102
impianto da 1 MW	140	94

	kg CO <sub>2</sub> eq/ha			mancate emissioni/ha		
	pellet	metano	gasolio	pellet	metano	gasolio
caminetti/ stufe	172	1471	1868	-59	-1358	-1755
caldaie da 50 kW	187			-34		
impianto da 1 MW		1510	1907		-1369	-1766



Coefficienti di emissione per i diversi sistemi e combustibili in Ronchini (2010).



## Gestione gusci

Resa: 57%    PCI: 16,39 MJ/kg t.q. (Rossi, 2018)    emissioni Kg CO<sub>2</sub> eq/MWh come in Ronchini (2010)

	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	mancate emissioni/ha		
	Gusci	pellet	metano	gasolio
caminetti/ stufe	129	-43	-1342	-1739
caldaie da 50 kW	175	-12		
impianto da 1 MW	161		-1349	-1746

Utilizzando i residui di potatura o i gusci come combustibile nelle operazioni di post - raccolta (pulitura, essiccazione, calibratura, sgusciatura, tostatura e pelatura) si avrebbe un risparmio medio di 0,28 kg di CO<sub>2</sub> eq per kg di nocciole tostate.



## Concludendo...

- ▶ Aumentare la base statistica della fase agricola per affinare la creazione di benchmark
- ▶ Estendere la valutazione al post-raccolta e alle diverse tipologie di prodotto trasformato con particolare riferimento alle piccole aziende
- ▶ Incentivare la diffusione del sistema biologico, perchè quello meno impattante
- ▶ Introdurre nella valutazione il sequestro del carbonio, in modo da ragionare in termini di bilancio del C
- ▶ Estendere la valutazione alle funzioni ecosistemiche del nocciolo
- ▶ Introdurre nell'analisi degli impatti ambientali elementi di valutazione della qualità del prodotto



## **RINGRAZIAMENTI**

**Prof.ssa Maria Pergola**

**Dott.ssa Angela Maffia**

**Aziende corilicole che hanno partecipato alla ricerca**

**Dott.ssa Antonietta Picone**

**Dott. Antonio Capone**

**Prof.ssa Chiara Cirillo**



# Arrivederci alla Summer School Sostenibilità 2026 Unisa – Campus Fisciano