

# Progetto LIFE HelpSoil

Helping enhanced soil functions and adaptation to climate change by sustainable conservation agriculture techniques

LIFE12 ENV/IT/000578

*Azione C.8 Valutazione dell'impatto ambientale delle pratiche e tecniche innovative implementate nel progetto*

*Studio sull'Impronta del Carbonio, condotto secondo la metodologia LCA (Life Cycle Assessment)*

## RELAZIONE FINALE

A cura di:



Reggio Emilia, aprile 2017

## **DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ**

L'obiettivo dell'Azione è stato di verificare se le pratiche di agricoltura conservativa sono in grado di ridurre l'impatto ambientale delle coltivazioni mantenendo i normali livelli produttivi. A tal fine è stata valutata l'impronta del carbonio, utilizzata come indicatore di impatto ambientale, di avvicendamenti colturali realizzati con tecniche conservative a confronto con sistemi convenzionali

In generale le principali differenze fra le due modalità di gestione si riferiscono alle lavorazioni, all'impiego di mezzi tecnici e alla eventuale presenza di colture di copertura. Nei sistemi convenzionali si è proceduto con l'aratura e le normali lavorazioni di affinamento del suolo, mentre nei sistemi conservativi non è stata fatta nessuna aratura e le semine sono state effettuate su terreno sodo oppure a seguito di minime lavorazioni.

### **Metodologia impatto ambientale**

La valutazione è stata svolta seguendo la metodologia della Life Cycle Assessment [LCA, norme ISO della serie 14040 - 14044] che permette di individuare i diversi impatti in relazione alle fasi e ai processi del ciclo di vita del prodotto analizzato.

La metodologia LCA (Life Cycle Assessment, Analisi del ciclo di vita) si basa su un approccio globale, che tiene conto di tutti i processi di produzione. Si tratta di una metodologia ampiamente utilizzata per identificare le più significative fasi di emissione e di uso di risorse all'interno di un processo produttivo.

L'analisi LCA richiede che siano chiaramente individuati l'obiettivo e i confini dello studio, definendo anzitutto l'unità di riferimento rispetto alla quale vengono valutati gli impatti. Nel nostro studio si sono considerate due unità di riferimento: l'ettaro di superficie coltivata e la sostanza secca prodotta con le colture.

I confini del sistema analizzato hanno incluso tutti gli input di materiali necessari alla produzione (sementi, fertilizzanti, agrofarmaci, mezzi tecnici, acqua, energia, etc.) e si sono fermati al cancello dell'azienda (*cradle to gate*). Non sono, cioè, state considerate le fasi di trasporto e trasformazione dei prodotti a valle dell'azienda agricola.

Con **impronta di carbonio** si intende la somma di tutte le emissioni di gas serra correlate alle diverse produzioni evidenziandole in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente. La CO<sub>2</sub> equivalente è la unità di misura che permette una quantificazione aggregata di tutti i gas che di fatto contribuiscono all'effetto serra e che, per le produzioni agricole, sono, oltre alla CO<sub>2</sub>, il metano (CH<sub>4</sub>) e il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O).

I fattori di emissione utilizzati per il calcolo fanno riferimento ai valori pubblicati dall'IPPC nel 2013 dove 1 kg di metano CH<sub>4</sub> corrisponde a 28 kg di CO<sub>2</sub>eq, 1 kg di protossido di azoto N<sub>2</sub>O a 265 kg di CO<sub>2</sub>eq.

Nel calcolo della impronta carbonica sono state considerate le emissioni di gas serra associate sia alle operazioni che avvengono in campagna, quali i consumi di carburanti e le emissioni di N<sub>2</sub>O dovute alle fertilizzazioni azotate organiche e minerali, sia le emissioni dovute alla produzione dei mezzi tecnici impiegati: le macchine agricole, i fertilizzanti chimici, gli erbicidi, le sementi. Sono stati esclusi dallo studio quei processi che contribuiscono per meno dell'1% al peso totale come i consumi di olio lubrificante.

Negli studi LCA vengono di norma utilizzati software di calcolo che consentono di organizzare ed elaborare i dati in modo coerente, di ricorrere a banche dati internazionalmente condivise e di utilizzare diversi metodi di valutazione dei risultati. Nel lavoro si è utilizzato il programma SimaPro 8.0.3.14, con l'utilizzo della banca dati Ecoinvent per la quantificazione degli impatti dei processi "secondari", quei processi produttivi, cioè, per i quali non è possibile la raccolta dati direttamente in campo, quali gli impatti derivanti dalla produzione di concimi o delle macchine agricole.

### **Macchine agricole**

Per il calcolo dell'impronta carbonica delle operazioni colturali delle le macchine agricole è stato considerato il consumo di carburante e la produzione di gas serra per la produzione delle macchine stesse.

Per il consumo di carburante sono stati considerati i valori riportati direttamente dai quaderni di campo compilati dai tecnici aziendali.

Nei casi in cui questi dati non sono stati raccolti si è stimato il consumo di carburante utilizzando l'equazione di Robert D. Grisso, (2004):

$$Q=(0.22*X+0.096)*(1-(-0.0045*X*Nred+0.00877*Nred))*Ppdp$$

Dove:

Q= quantità di gasolio consumata in litri/h

X= il rapporto tra potenza PTO equivalente e la potenza alla velocità nominale alla presa di potenza.

Nred= riduzione in percentuale della valvola di regolazione del gas. (si è ipotizzata una riduzione del 20% rispetto al tutto gas.)

Ppdp= potenza del motore in kW misurata alla presa di potenza. (si è considerato un rendimento alla presa di forza del 95% considerando che dai test effettuati sui motori dei trattori a veicolo fermo la differenza tra la potenza al motore e la potenza alla presa di forza, a parità di tutti gli altri parametri, è generalmente intorno al 5 %).

Il consumo di carburante ed è stato poi moltiplicato per il valore di emissione del gasolio quantificato in 3.728 kg CO<sub>2</sub>eq/kg di gasolio comprensivo delle emissioni derivate dalla combustione, e dai processi estrattivi e della raffinazione (Ecoinvent): Diesel, {Europe

without Switzerland} | market for | Alloc Def, U quantificato in 0.578 kg CO<sub>2</sub>eq/kg di gasolio + 3.15 kg CO<sub>2</sub>eq/kg di gasolio secondo l'Inventario dei gas serra 2013 svizzero

Per la quantificazione delle emissioni indirette derivate dalla fabbricazione delle macchine si è fatto riferimento alla metodologia GESTIM, 2011 secondo la seguente formula:

$$EM = P * EF * (1 - A)^{(\text{anni} - 1)} * U$$

Dove:

EM= Emissioni indirette macchine kg CO<sub>2</sub>eq

P=peso della macchina kg

EF= fattore di emissione specifico

A=quota di ammortamento %

Anni= anno di vita della macchina

U= percentuale di utilizzo in campo

Per pesi delle macchine, i fattori di emissioni specifici e le quote di ammortamento si fa riferimento alla tabella utilizzata dalla metodologia GESTIM. Per gli anni di vita delle macchine si è considerata per tutti un età media di vita secondo le quote di ammortamento prefissate e in base alle ore di durata fisica, mentre la percentuale di utilizzo in campo è stata rilevata direttamente nelle prove in campo.

La riduzione delle lavorazioni comporta inoltre un ulteriore vantaggio derivato dal minor consumo di energia fossile, dovuto alla riduzione del numero degli interventi delle macchine e alla minore potenza richiesta. Questo si traduce in minori emissioni di gas serra.

### **Sementi, concimi, agrofarmaci**

Sono state considerate le emissioni derivanti dalla produzione del seme utilizzato per le semine, dalle produzioni dei concimi e agrofarmaci e dalle emissioni in campo dirette ed indirette dei concimi sia organici che minerali.

Per le produzioni di sementi concimi e agrofarmaci è stato utilizzato il valore suggerito dalla FAO i 25.53 kg CO<sub>2</sub>eq/ kg di principio attivo Audsley (2009).

Per le emissioni prodotte dalla applicazione dei concimi di sintesi ed organici si è utilizzata la metodologia IPCC 2006 per le emissioni dirette ed indirette di N<sub>2</sub>O.

Le emissioni dirette sono quantificate pari a 1% dell'apporto di N da fertilizzazioni organiche e inorganiche. Per le emissioni indirette vengono considerate due modalità:

- attraverso la volatilizzazione di N come NH<sub>3</sub> o ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e la successiva deposizione di questi gas e dei loro prodotti NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sul suolo o nelle superfici dei laghi o di corsi d'acqua;
- attraverso lisciviazione e percolamento o scorrimento di N dal terreno derivante dai fertilizzanti sintetici ed organici applicati, dai residui del raccolto e dalle deiezioni animali apportate direttamente al terreno con il pascolo.

Le emissioni vengono stimate pari a 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di N-NH<sub>3</sub> e pari a 0.75% delle perdite di N per leaching e runoff, stimate pari a 30%.

Le emissioni di NH<sub>3</sub> dalla applicazione dei fertilizzanti sono state stimate in base ai fattori di emissione EMEP/EEA 2013 (3.D Crop production and agricultural soils).

A tutte queste fonti emissive vanno sommate i valori delle emissioni prodotte nella fase di produzione.

Nella tabella che segue vengono riportati a titolo esemplificativo i valori di emissione calcolati per 100 kg di nitrato ammonico (26% di azoto) ed urea (46% di azoto).

<b>Emissioni dirette</b>	<b>Nitrato ammonico</b>	<b>Urea</b>
kg/ha	100	100
% N	26%	46%
fattore IPCC*	0.01	0.01
fattore GWP	265	265
kg N <sub>2</sub> O-N	0.26	0.46
kg N <sub>2</sub> O	0.409	0.723
kg CO <sub>2</sub> eq/ha	108	192
<b>Emissioni indirette</b>		
fracGASF	0.037	0.243
kg di N/ha	0.962	11.178
EF4	0.01	0.01
kg N <sub>2</sub> O-N	0.010	0.112
kg N <sub>2</sub> O	0.015	0.176
kg CO <sub>2</sub> eq/ha	4.006	46.548
fracLAECH	0.3	0.3
kg di N	7.8	13.8
EF5	0.0075	0.0075
kg N <sub>2</sub> O	0.092	0.163
kg CO <sub>2</sub> eq/ha	24	43
<b>Emissioni alla produzione</b>		
Ecoinvent kg CO <sub>2</sub> eq/kg	6.374	4.270
kg CO <sub>2</sub> eq/ha	166	196
kg CO <sub>2</sub> eq/ha (Urea*)		72
<b>Totale kg CO<sub>2</sub>eq/ha</b>	<b>302</b>	<b>550</b>

\*Per l'urea bisogna anche tener conto che durante il processo di produzione viene utilizzata CO<sub>2</sub>, la quale è legata chimicamente nella molecola di urea. Nel caso di utilizzo

*dell'urea si verificano emissioni di CO<sub>2</sub> con la conversione dell'urea (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) in ione ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ione idrossile (OH<sup>-</sup>) e bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) in presenza di acqua e dell'enzima ureasi. Similmente a quanto avviene per la calce il bicarbonato evolve in anidride carbonica ed acqua. Dopo la concimazione, questa CO<sub>2</sub> viene rilasciata nell'atmosfera per cui per ogni kg di urea-N vengono liberati 1,570 kg di CO<sub>2</sub>.*

Con lo stesso metodo di calcolo sono state calcolate le emissioni derivate dai concimi organici: quali liquame e letame utilizzando il fattore fracGASM (al posto di fracGASF) con valore emissivo: 0.2.

Riguardo le concimazioni organiche abbiamo considerato gli effluenti sempre di provenienza extraaziendale. Le emissioni possono così essere divise utilizzando un allocazione fisica, basata sulla efficienza della azoto. Questo implica che le emissioni in materia di utilizzo degli effluenti siano assegnate in parte alla coltura ed in parte all'allevamento (R. Jacobsen, 2014) Abbiamo ipotizzato un efficienza del 50% per cui avremo il carico di emissioni diviso esattamente a metà tra la coltura e l'allevamento extraaziendale.

La metodologia IPCC 2006 prevede che anche il contenuto di azoto dei residui colturali contribuisca alle emissioni dirette di N<sub>2</sub>O. Per i residui colturali si utilizza l'equazione di stima IPCC 2006 (Eq.11.6), corretta con le rese produttive ottenute nelle prove.

## Sequestro del carbonio

Nel bilancio complessivo delle emissioni dei gas serra delle pratiche di agricoltura conservativa si è tenuto conto degli effetti potenziali di sequestro del carbonio nel suolo.

Dalla cattura del biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) atmosferico da parte dei vegetali nel processo della fotosintesi il carbonio viene organicato sotto forma di molecole vegetali che compongono le diverse parti delle piante (foglie, steli, legno, radici). Alla morte delle piante la materia organica subisce un processo di decomposizione, che tuttavia è piuttosto lento e parziale. Il carbonio dei residui vegetali che rimangono in campo, prima di essere mineralizzato e tornare sotto forma di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) in atmosfera, viene trattenuto nel terreno sotto diverse forme quali biomassa microbica, humus ecc. In questo modo si può comunque ottenere un effetto di sequestro di carbonio i cui benefici si attuano per arco temporale sufficientemente elevato.

Le lavorazioni ridotte del suolo o la semina su sodo sono in grado di incrementare il contenuto di carbonio organico, grazie a una minore mineralizzazione della sostanza organica dovuta a una maggiore protezione fisica della materia organica negli aggregati del suolo e a minori perdite per erosione.

L'aumento della sostanza organica nel suolo può essere ottenuto, inoltre, dall'incorporazione dei residui vegetali, dall'utilizzo degli effluenti di allevamento e da una copertura prolungata vegetale del terreno (cover crops).

In questo studio la capacità di sequestro di carbonio da parte del terreno non è sempre lineare, ma dipende da svariati fattori: oltre alle diverse tecniche di lavorazione e coltivazione sono importanti le condizioni ambientali, climatiche e le caratteristiche pedologiche. Questi fattori possono influenzare in modo significativo l'efficacia del sequestro che può mostrare andamenti a volte contrastanti.

La potenzialità di riduzione delle emissioni di gas serra ottenibile attraverso il sequestro del carbonio è stata calcolata secondo la metodologia IPCC 2006. Va evidenziato che, in accordo a tale metodologia, l'effetto di immobilizzazione della CO<sub>2</sub> nel suolo esiste se si è realizzato, entro gli ultimi 20 anni, un cambiamento delle pratiche agricole in uso. Dopo tale periodo si considera che venga raggiunto un nuovo equilibrio, caratterizzato da un diverso, ma stabile, tenore di sostanza organica nel suolo.

Nel nostro caso le diverse modalità di gestione delle pratiche conservative che contribuiscono all'effetto del sequestro sono la mancata lavorazione del terreno o le lavorazioni ridotte e l'uso di cover crops.

Il sequestro di carbonio è stato stimato con l'equazione dell'IPCC (2006):

$$SOC = SOC (ref) \times F(lu) \times F(mg) \times FI$$

dove

SOC = Carbonio organico nel suolo (espresso in massa di carbonio per ettaro);

SOC (ref) = Quantità di carbonio organico nei primi 30 centimetri (misurato in massa di carbonio per ettaro);

F(lu) = Fattore di uso del suolo associato al tipo di utilizzo;

F(mg)= Fattore associato alle modalità di lavorazione del terreno.

F1= Fattore di ingresso di carbonio di origine organica

Dalla differenza fra la quantità di carbonio presente prima della prova e la quantità di carbonio presente dopo la prova suddivisa in 20 anni si ricava la quantità di carbonio sequestrata all'anno. Nella tabella che segue vi è un esempio di calcolo.

*Tabella – Esempio di calcolo del sequestro del carbonio nel suolo*

% carbonio nel terreno	1.5% 0-30 cm
densità terreno	1.3 t/mc
SOC(ref)	58.5 t C/ha (0-30 cm)
F(lu)	1 land use factor
F(mg)	1.15 land management factor
F1	1 input level factor
Kg C/ha/anno sequestrato	438.8 Kg C/ha/a (0-30 cm)
kgCO <sub>2</sub> eq sequestrato per anno*	1609 Kg CO <sub>2</sub> eq/ha/anno

$$(58.5 \times 1 \times 1.15 \times 1 - 58.5) / 20 \times 1000 = 438.8 \text{ Kg C/ha/anno} \times 44/12 \times 1000 = 1609 \text{ kg/CO}_2\text{/ha/anno}$$

La metodologia IPCC 2006 prevede dei fattori incrementali su 20 anni per il carbonio organico del suolo, differenziati a seconda delle aree climatiche. In allegato viene riportata la tabella IPCC contenente i valori di default

## Risultati

Vengono di seguito riportati i valori di impronta di carbonio calcolati nelle tre annate di prova nelle aziende dimostrative del progetto LIFE HelpSoil, mettendo a confronto le pratiche di agricoltura conservativa con le pratiche convenzionali. Essendo diverse le pratiche e diverse le colture che si sono susseguite negli anni di prova si è deciso di adottare come unità funzionale di riferimento sia l'ettaro di terreno sia le produzioni in kg di sostanza secca.

Le varie fonti emissive sono state suddivise tra gli effetti dovuti al sequestro di carbonio, i residui colturali, le materie prime utilizzate (semi, concimi e agrofarmaci), le macchine agricole e il consumo di gasolio. I risultati per le diverse aziende sono presentati confrontando in tabella i valori raccolti nei tre anni di prova espressi in kg CO<sub>2</sub>eq/ha, kg CO<sub>2</sub>eq/kg SS e in consumo di litri di gasolio per ettaro. Per ogni azienda in un grafico sono rappresentati i pesi delle diverse fonti emissive.



Azienda **Arisi** (Regione Lombardia)

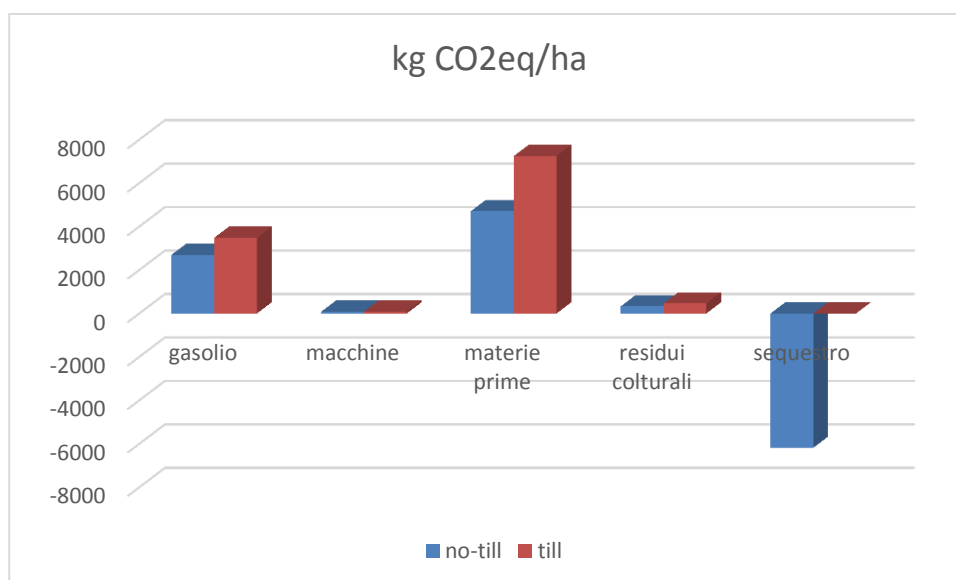
Tesi a confronto:

- 1) Semina su sodo e interrimento effluenti, (cover crop 2014)
- 2) Lavorazioni del terreno e distribuzione liquami in superficie

Piano colturale sodo: 2014, 2015 mais trinciato; 2016 soia

Piano colturale lavorato: 2014 mais trinciato; 2015, 2016 mais pastone

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
sodo	1628	0.044	861
lavorato	11263	0.271	1112



La tesi conservativa (sodo) presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ha che per kg di sostanza secca e ciò nonostante nella tesi conservativa nel 2016 si sia coltivata soia che presenta una minore resa produttiva rispetto al mais coltivato sempre nel 2016 nella tesi con tradizionale lavorazione del terreno. Anche la quantità di gasolio impiegata risulta inferiore. Nella tesi sodo è risultato importante l'effetto dovuto al sequestro di carbonio. Ma anche senza l'effetto del sequestro la tesi conservativa presenta dati migliori rispettivamente 7811 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.123 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.

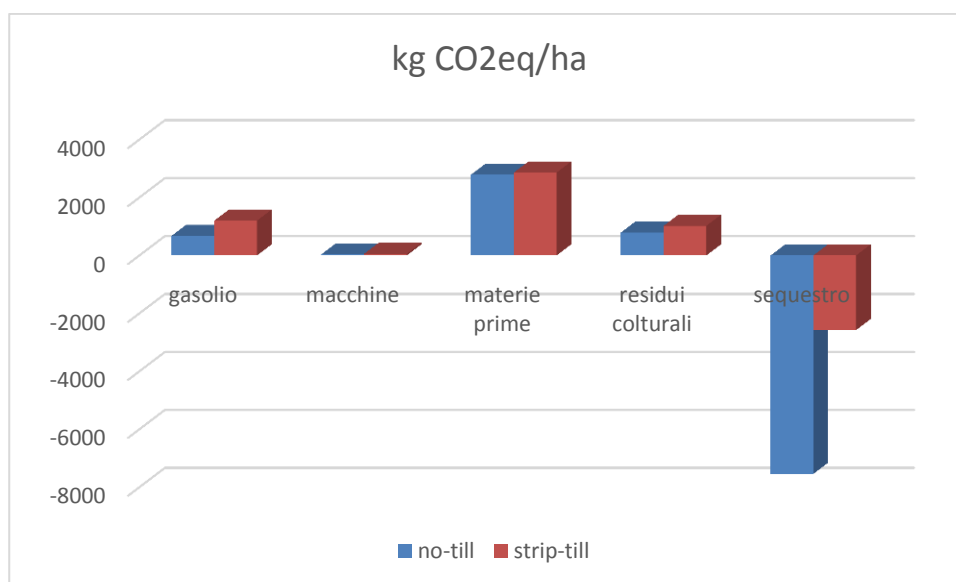
Azienda **Carpaneta** (Regione Lombardia)

Tesi a confronto:

- 1) Semina su sodo con sub-irrigazione (cover crop 2014, 2015)
- 2) Strip-Till - minima lavorazione con sub-irrigazione senza cover crop

Piano colturale: 2014 soia; 2015 mais granella; 2016 frumento e trifoglio in consociazione

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-3250	-0.115	215
strip-till	2562	0.077	383



La tesi con semina su sodo (no-till) presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ha che per kg di sostanza secca; nel caso no till la quantità di CO<sub>2</sub> sequestrata è maggiore di quella immessa in atmosfera. Anche il consumo di gasolio risulta inferiore. Importante l'effetto del sequestro di carbonio presente in entrambe le tesi poiché anche la tecnica dello strip-till che prevede lavorazioni ridotte del terreno beneficia di un potenziale effetto di sequestro. Anche senza considerare l'effetto del sequestro la tesi no-till presenta seppur di poco valori inferiori di emissioni: 4290 contro i 5136 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.152 contro i 0.155 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.

Azienda **Cavallini** (Regione Emilia Romagna)

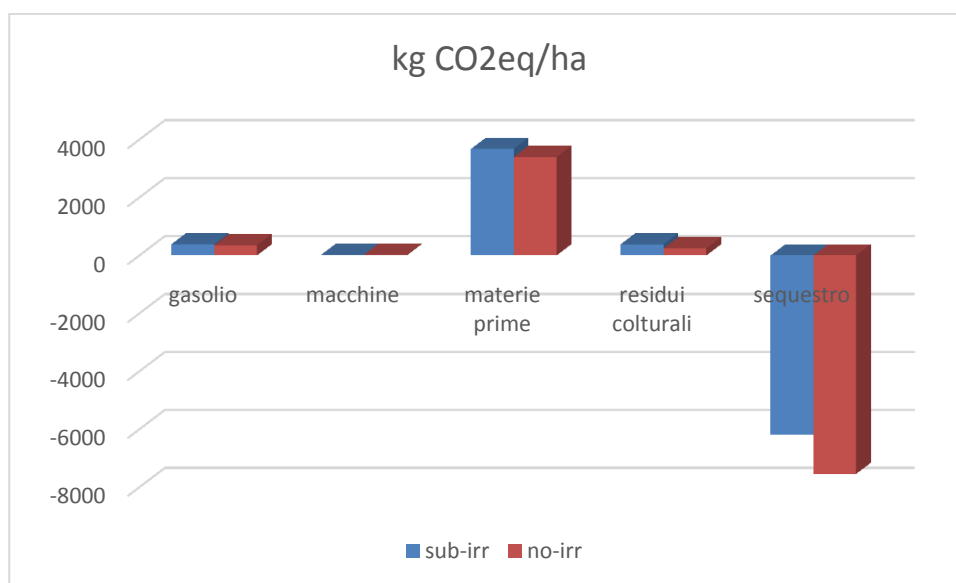
Tesi a confronto:

- 1) Semina su sodo con subirrigazione (cover crops 2014)
- 2) Semina su sodo senza irrigazione (cover crops 2014, 2015)

Piano colturale sub-irrigazione: 2014 frumento; 2015 soia; 2016 frumento

Piano colturale no-irrigazione: 2014 frumento; 2015 soia; 2016 soia

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
sub-irr	-1700	-0.113	124
no-irr	-3508	-0.352	114



In entrambe le tesi abbiamo un effetto di sequestro di carbonio superiore alle emissioni, maggiormente evidente nella tesi con sub-irrigazione dove le cover crop sono state effettuate per due anni contro un solo anno nella tesi non irrigata. La quantità di gasolio utilizzata è stata leggermente superiore nella tesi irrigata. È dalle materie prime (semi, concimi e agrofarmaci) che provengono i maggiori impatti. Se non consideriamo l'effetto del sequestro si ha un impatto maggiore nella tesi irrigata, 4483 kg CO<sub>2</sub>eq/ha contro i 4031 kg CO<sub>2</sub>eq/ha della tesi non irrigata mentre si rileva un effetto opposto se consideriamo le rese: 0.297 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. (irrigato) contro 0.404 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. della tesi non irrigata a causa delle maggiori produzioni della tesi irrigata.

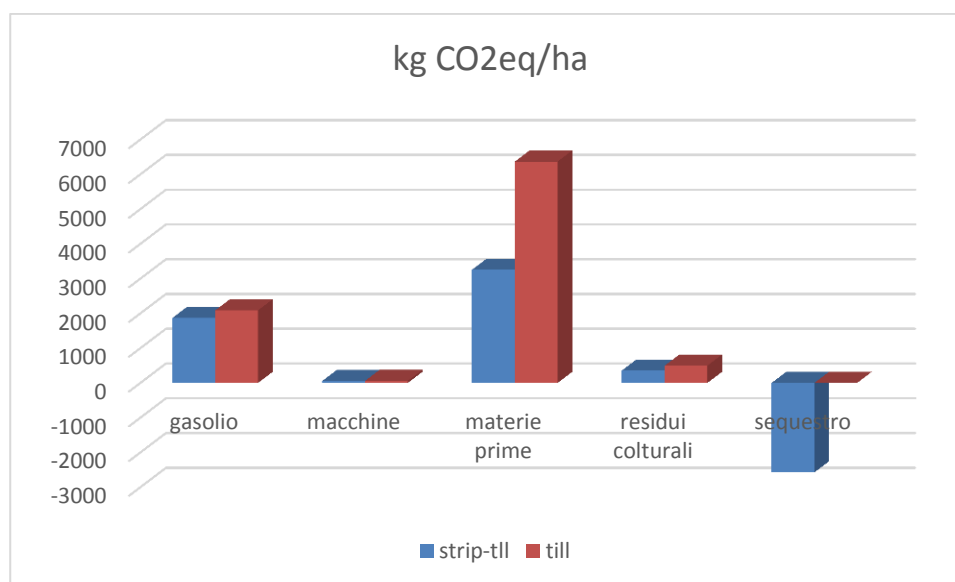
Azienda **Cerutti** (Regione Piemonte)

Tesi a confronto:

- 1) Strip- till con concimazione organica (liquami suini)
- 2) Lavorazioni convenzionali e concimi minerali

Piano colturale: 2014 mais granella; 2015 mais granella; 2016 mais granella

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
strip-till	2965	0.132	597
till	9008	0.287	667



La tesi strip-till presenta valori di impronta di carbonio inferiori rispetto alla tesi con lavorazioni tradizionali sia per ha che per kg di sostanza secca. Maggiore il consumo di gasolio nella tesi tradizionale. Da segnalare il peso significativo delle materie prime nel sistema tradizionale. Anche senza l'effetto del sequestro abbiamo ugualmente un calo dei gas ad effetto serra nella tesi conservativa: 5539 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.247 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.

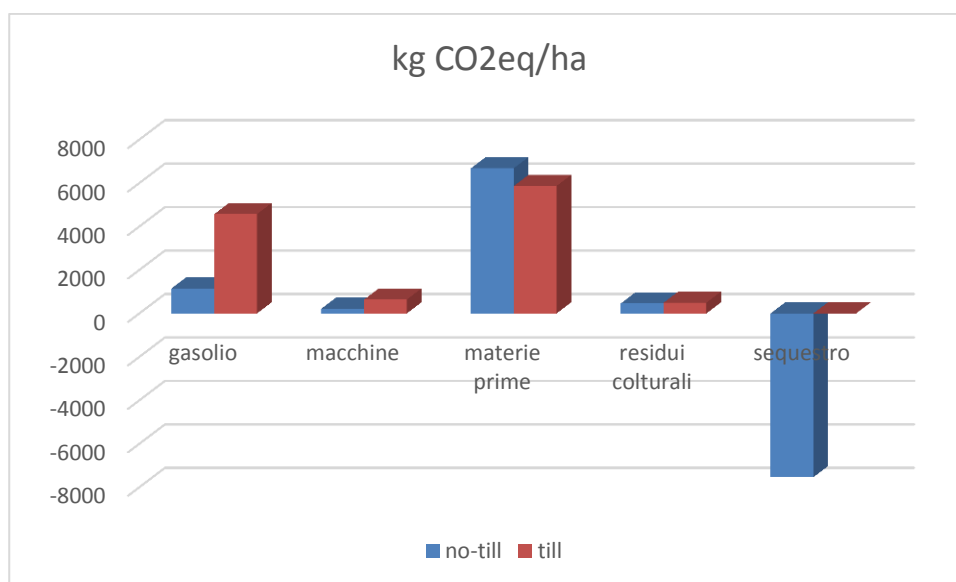
Azienda **Cerzoo** (Regione Emilia Romagna)

Tesi a confronto:

- 1) Semina su sodo, irrigazione e cover crops (2014, 2015)
- 2) Lavorazioni convenzionali e irrigazione

Piano colturale: 2014 mais granello; 2015 soia; 2016 frumento duro

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	966	0.042	367
till	11560	0.468	1459



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio decisamente inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Il consumo di gasolio per ettaro è stato molto significativo nella tesi conservativa, causa la tipologia di suolo molto pesante. Altrettanto importante l'effetto del sequestro nella tesi no-till. Le materie prime invece sono state meno impattanti nella tesi a lavorazione tradizionale. Anche senza l'effetto del sequestro si rileva un calo dei gas ad effetto serra nella tesi conservativa rispetto alla convenzionale: 8506 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.368 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.

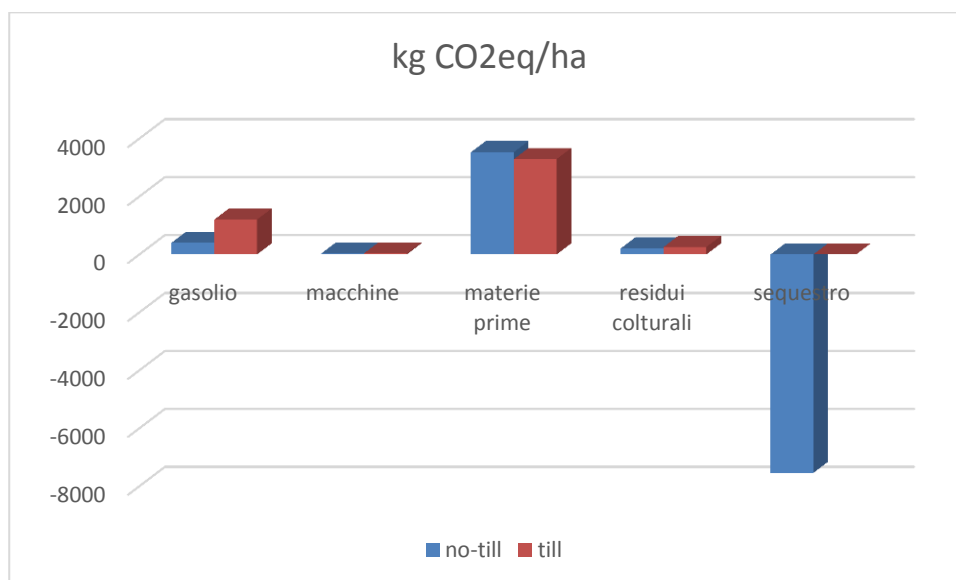
Azienda **Diana** (Regione Veneto)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativo cover crops (2014, 2015)
- 2) Convenzionale

Piano colturale: 2014 soia; 2015 mais; 2016 soia.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-3365	-0.292	129
Till	4788	0.328	384



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca con valori di sequestro nel suolo maggiori delle emissioni. Il consumo di carburante per ettaro nel conservativo è circa 3 volte inferiore al sistema convenzionale. Le emissioni dovute a materie prime risultano, seppur di poco, maggiori nella tesi conservativa. Se non consideriamo l'effetto del sequestro abbiamo valori di impatto ambientale migliori nel conservativo se consideriamo la superficie (4175 kg CO<sub>2</sub>eq/ha), ma peggiori per kg di prodotto 0.362 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. ciò per le minori rese produttive della tecnica conservativa.

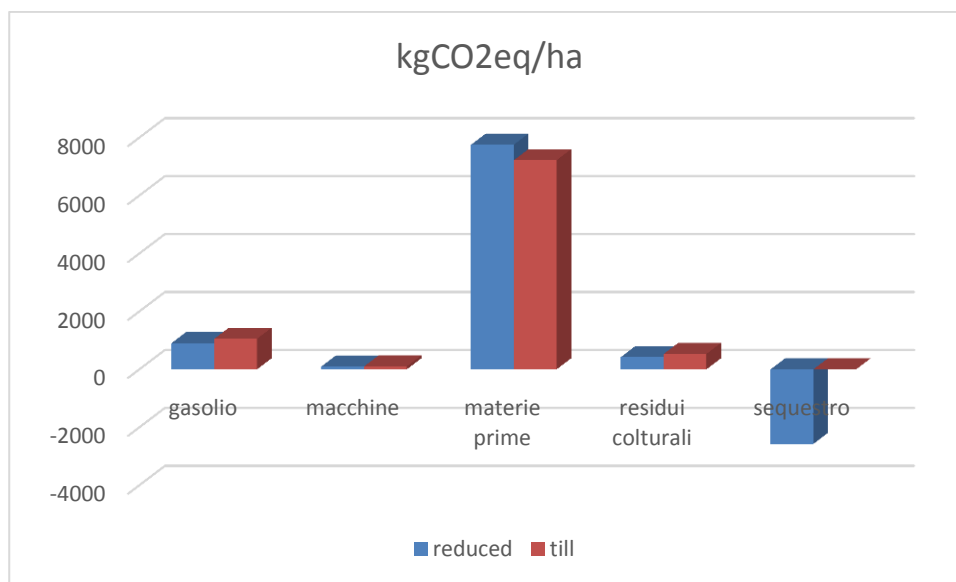
Azienda **Don Bosco** (Regione Piemonte)

Tesi a confronto:

- 1) Minima lavorazione (mais) e semina su sodo (frumento)
- 2) Lavorazioni convenzionali

Piano colturale: 2014 mais; 2015 frumento; 2016 mais.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
reduced	6600	0.285	288
till	8901	0.299	337



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio di poco inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Anche la quantità di gasolio risulta di poco inferiore. Di particolare rilevanza è il contributo delle materie prime per concimazioni e trattamenti. Se non consideriamo l'effetto del sequestro abbiamo valori peggiori sia per superficie che per prodotto con la tesi conservativa (9174 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.397 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.) a causa delle minori rese produttive e delle maggiori emissioni dovute all'impiego delle materie prime.

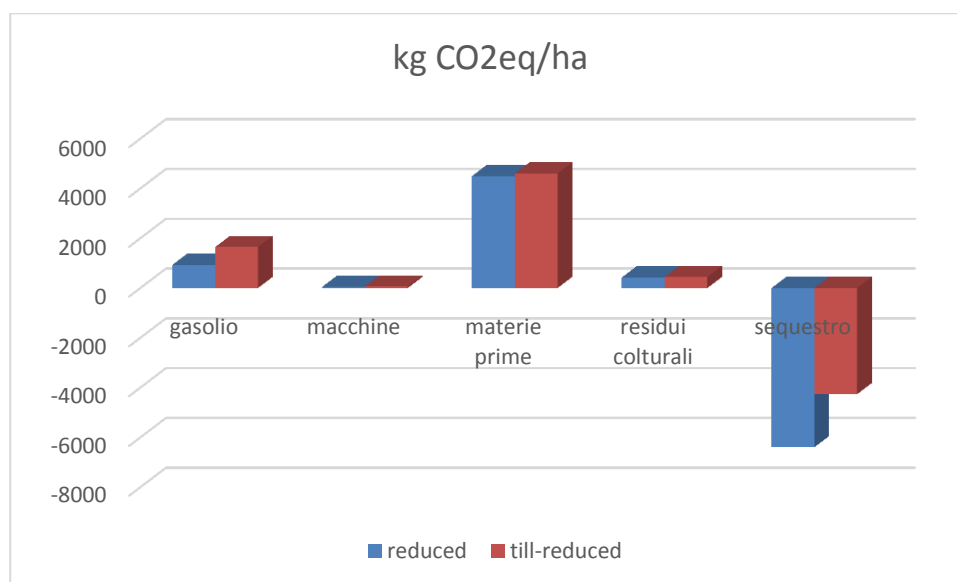
Azienda **Euroagricola** (Regione Friuli Venezia Giulia)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativa con minima lavorazione preceduta da falsa semina e semina su sodo, cover crops
- 2) Sodo in conversione dal 2015 con minima lavorazione, cover crops

Piano colturale: 2014 soia; 2015 frumento; 2016 mais.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
reduced	-495	-0.023	298
till-reduced	2489	0.110	526



La tesi con minima lavorazione presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca con valori di sequestro di carbonio positivi. La quantità di gasolio risulta significativamente inferiore rispetto alla tesi in conversione a sodo. Anche senza considerare l'effetto del sequestro la tesi conservativa da subito presenta valori inferiori di emissioni: 5901 contro i 6753 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.271 contro i 0.298 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S della tesi in conversione



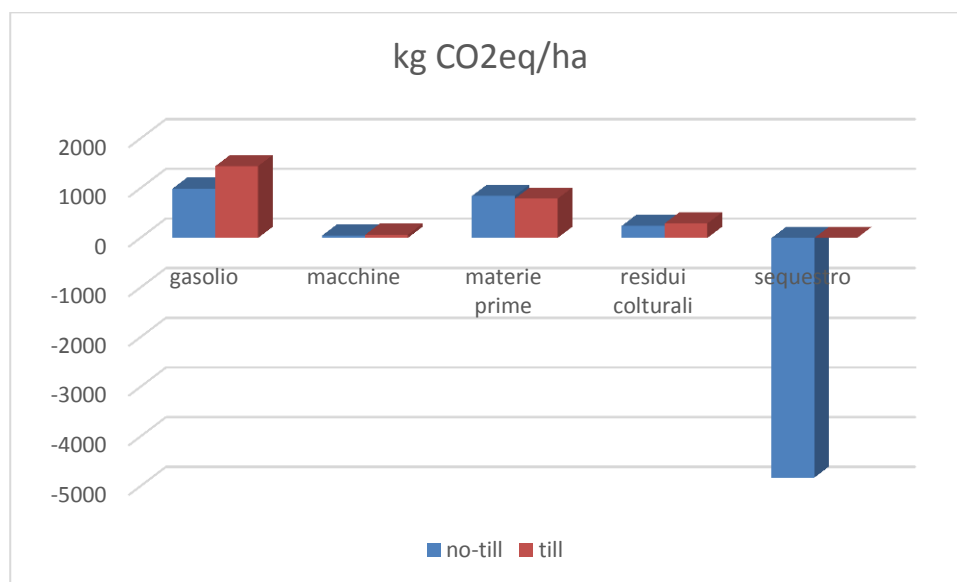
Azienda **Gli Ulivi** (Regione Emilia Romagna)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativo con semine dirette
- 2) Convenzionale

Piano colturale: 2014 medica; 2015 frumento; 2016 sorgo

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-2695	-0.151	317
till	2586	0.121	461



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Il sequestro di carbonio nel suolo supera decisamente l'effetto delle emissioni. Anche il consumo di carburante per ettaro risulta inferiore nella tesi conservativa. Anche senza l'effetto del sequestro si riscontra un calo dei gas ad effetto serra nella tesi conservativa: 2131 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.119 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.

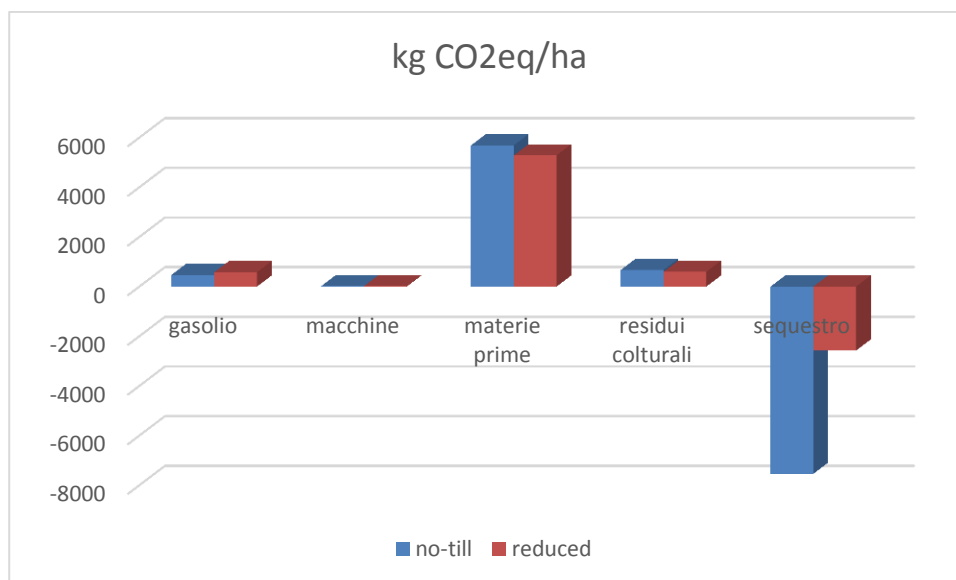
Azienda **Grandi** (Regione Lombardia)

Tesi a confronto:

- 1) Semina su sodo e cover crops (2014, 2015)
- 2) Minima lavorazione

Piano colturale: 2014 mais trinciato; 2015 frumento; 2016 mais trinciato.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-692	-0.011	151
reduced	3905	0.074	185



La tesi sodo (no till) presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca con valori di sequestro che superano le emissioni. Il consumo di carburante per ettaro è di poco inferiore nella tesi no-till. L'effetto di sequestro di carbonio è presente anche nella tesi con lavorazioni ridotte, con un peso meno rilevante. Le materie prime, seppur di poco, presentano maggiori emissioni nella tesi a sodo rispetto alla minima lavorazione. Se non consideriamo l'effetto del sequestro risulta un impatto ambientale peggiore: 6848 kg CO<sub>2</sub>eq/ha nella tesi con semina su sodo contro i 6479 kg CO<sub>2</sub>eq/ha della tesi con lavorazioni ridotte. Effetto opposto se consideriamo le rese: 0.113 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. (sodo) contro 0.123 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. della tesi a lavorazioni ridotte a causa delle maggiori rese rilevate nella tesi senza lavorazioni.

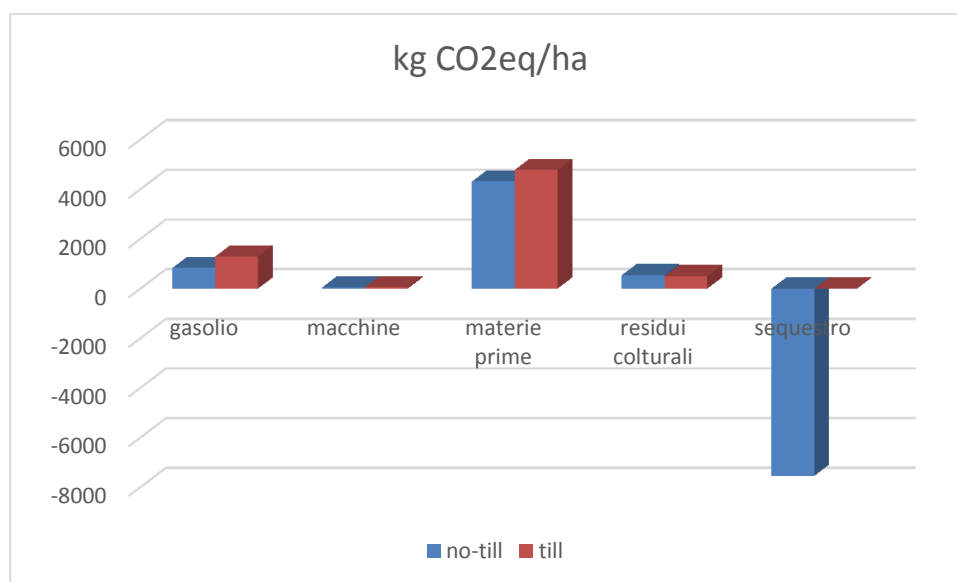
Azienda **La Fattoria** (Regione Friuli Venezia Giulia)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativo con cover crops (2014,2015)
- 2) Convenzionale

Piano colturale: 2014 mais; 2015 soia; 2016 orzo e soia in secondo raccolto.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-1802	-0.065	266
till	6632	0.255	412



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca, con valori di sequestro nel suolo che superano le emissioni di CO<sub>2</sub>. La quantità di gasolio risulta inferiore rispetto alla tesi convenzionale. Tutte le voci di emissione, comprese le materie prime, risultano più bassi nel conservativo. Anche senza l'effetto del sequestro risulta un calo dei gas ad effetto serra nella tesi conservativa con 5737 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.207 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.

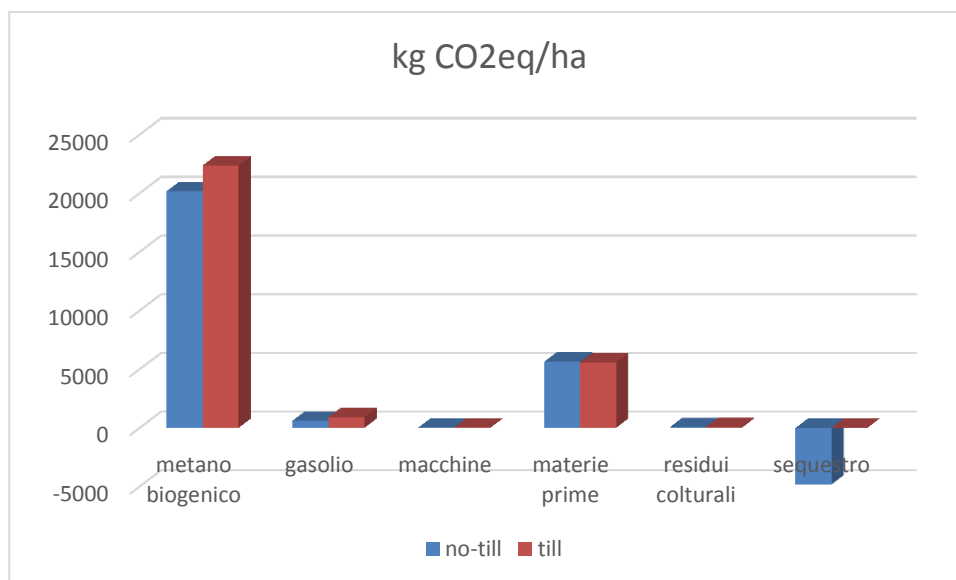
Azienda **Mosca** (Regione Piemonte)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativo in sommersione
- 2) Convenzionale in sommersione

Piano colturale: 2014, 2015, 2016 riso

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	21689	1.104	194
till	28981	1.331	295



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Il consumo di carburante per ettaro risulta inferiore. Il contributo decisamente maggiore di emissioni di gas serra è dato in questo caso dal metano biogenico. Senza l'effetto del sequestro risulta comunque un calo dei gas ad effetto serra nella tesi conservativa con 26615 kg CO<sub>2</sub>eq/ha, mentre si è rilevato un seppur lieve aumento di emissioni per kg di prodotto nella tesi conservativa 1,350 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. a causa delle minore rese.

*Per il metano biogenico viene tenuto conto del fatto che esso deriva da una trasformazione di CO<sub>2</sub> fissata nei vegetali e durante la decomposizione trasformata in CH<sub>4</sub> dai batteri. L'effetto serra del metano (GWP), nel caso questo sia di origine biogenica, viene ridotto del fattore 2.75 (1 kg di CH<sub>4</sub> si degrada in 2.75 kg di CO<sub>2</sub>) il fattore di emissione considerato è 25.25. E' stato considerato un valore di 0.040671 kg di CH<sub>4</sub> biogenico per 1 kg di riso al 13% di umidità (Database Ecoinvent software SimaPro processo: Rice (Row) production).*

Il riso viene generalmente coltivato in sommersione, per soddisfare le esigenze idriche della coltura e soprattutto per ottenere una funzione termoregolatrice. In questa situazione si ha una produzione di metano dalla decomposizione anaerobica della sostanza organica ad opera di microorganismi metanogeni.

Alcuni studi, hanno evidenziato che differenti pratiche di gestione idrica dei campi possono portare a forti differenze nella quantità delle emissioni gassose. Una particolare gestione delle sommersioni che prevede prolungati periodi di asciutta consentono significativi riduzioni di emissioni, ad esempio il prolungamento dell'asciutta eseguita in fase di accostamento da 1 o 2 settimane consente di ridurre le emissioni di metano dal 49 al 74% (Bocchi e al. 2007) (K.Yagi et al 1996)

Tuttavia, bisogna tener conto che condizioni aerobiche, o l'alternanza tra condizioni di sommersione e asciutta, possano favorire le emissioni di  $N_2O$  e  $CO_2$  prodotti durante i processi di nitrificazione, denitrificazione e decomposizione aerobica della sostanza organica.

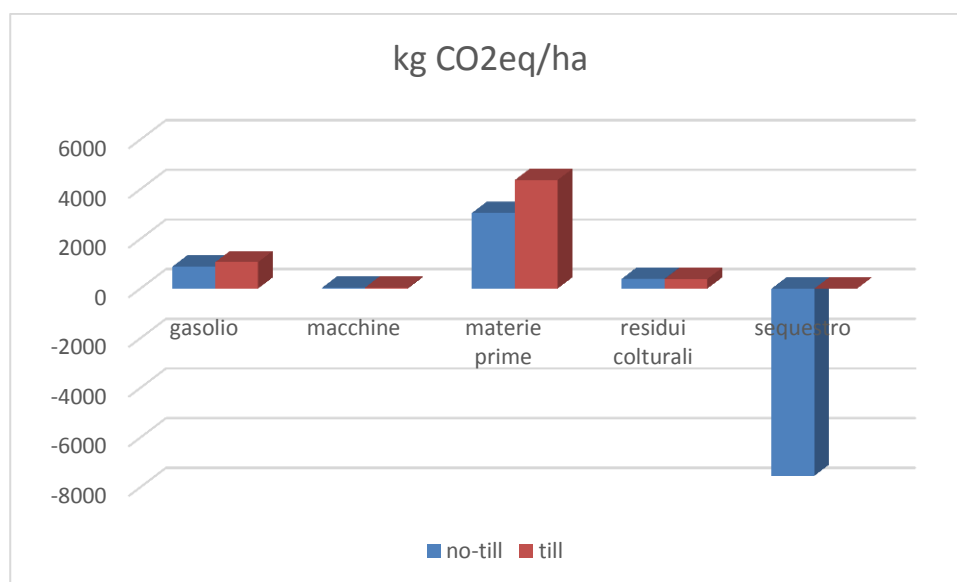
Azienda **Pasti** (Regione Veneto)

Tesi a confronto:

- 1) Sodo + cover crops (2014, 2015)
- 2) Convenzionale

Piano colturale: 2014 orzo e soia 2° raccolto; 2015 mais; 2016 soia.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-3166	-0.163	283
till	5863	0.298	340



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Nel conservativo il sequestro di carbonio è superiore alle emissioni grazie anche alla continua copertura del terreno delle cover crops. Il consumo di carburante per ettaro risulta inferiore nella tesi senza lavorazioni del terreno. Anche senza l'effetto del sequestro risulta un calo dei gas ad effetto serra nella tesi conservativa rispetto al convenzionale, con 4374 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.226 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S.

Azienda **Rossi** (Regione Lombardia)

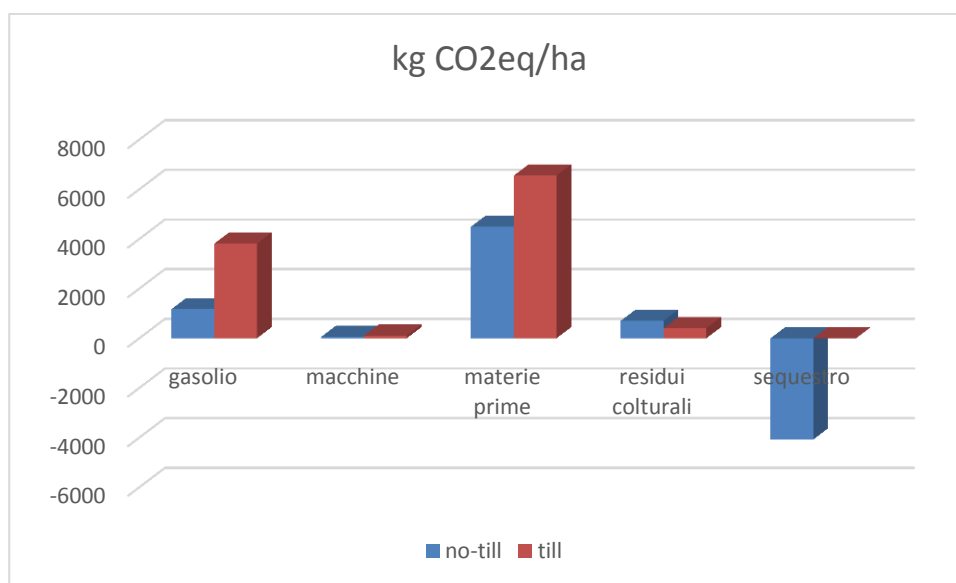
Tesi a confronto:

- 1) Sodo con subirrigazione
- 2) Convenzionale

Piano colturale sodo :2014 mais, 2015 frumento-soia, 2016 frumento

Piano colturale convenzionale: 2014, 2015, 2016 mais.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	2349	0.071	374
till	10875	0.424	1217



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Il consumo di carburante per ettaro nella tesi a sodo risulta significativamente inferiore, così come le emissioni dovute alle materie prime (agrofarmaci e concimi). Anche senza tener conto dell'effetto del sequestro di carbonio le emissioni risultano inferiori nella tesi conservativa rispetto alla convenzionale, sia per ettaro che per kg di sostanza secca, rispettivamente di 6425 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.195 kg CO<sub>2</sub>eq/kg.

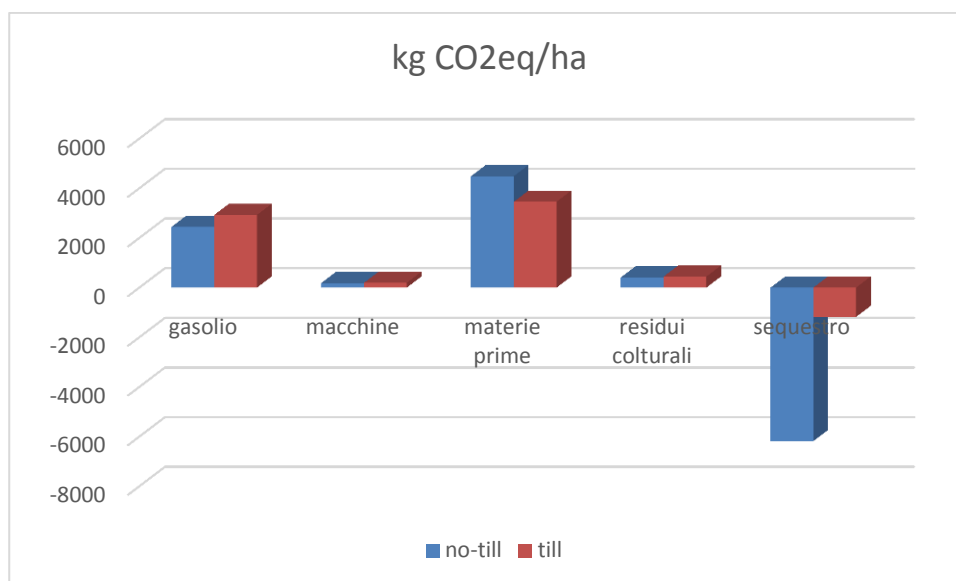
Azienda **Ruozzi** (Regione Emilia Romagna)

Tesi a confronto:

- 3) Conservativo con cover crops, fertilizzazione organica
- 4) Convenzionale, fertilizzazione organica

Piano colturale: 2014 frumento panico 2° (cover crops); 2015 mais; 2016 frumento

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	1336	0.055	780
till	5837	0.214	934



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Il consumo di carburante per ettaro risulta inferiore. Le emissioni delle materie prime sono risultate maggiori nella tesi conservativa (concimi chimici in particolare). E' presente un effetto di sequestro di carbonio anche nella tesi convenzionale dovuto alla semina del panico in entrambe le tesi (considerato come cover crop solo per il 2014). Se non consideriamo l'effetto del sequestro risultano maggiori emissioni nella tesi conservativa, dovute alle maggiori emissioni di materie prime e alla riduzione delle rese nella tesi non lavorata: 7516 contro i 7017 kg CO<sub>2</sub>eq/ha della tesi convenzionale e 0.311 contro i 257 kg CO<sub>2</sub>eq/S.S della tesi convenzionale.



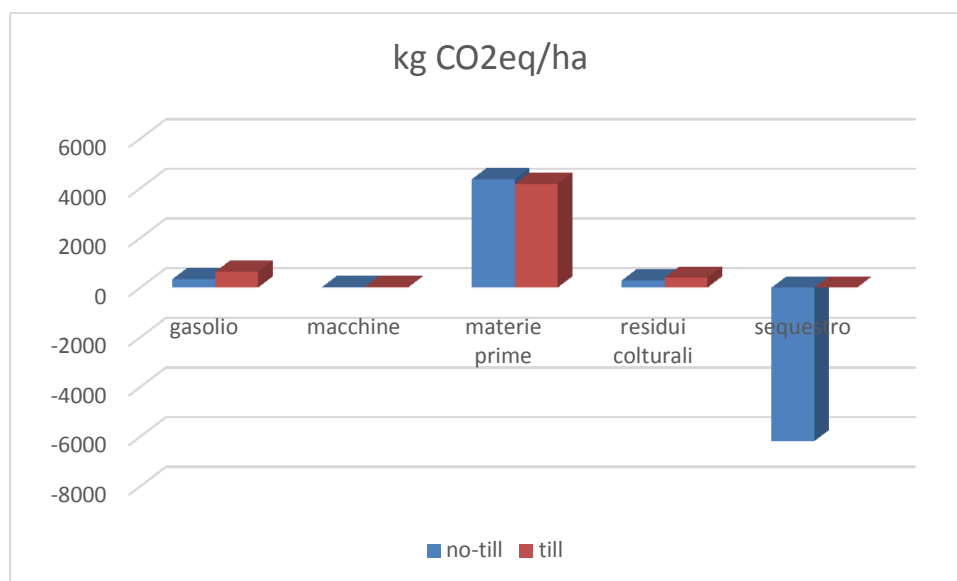
Azienda **Sant'Ilario** (Regione Veneto)

Tesi a confronto:

- 1) Semina su sodo e cover crop (2014)
- 2) Convenzionale

Piano colturale: 2014 mais; 2015 soia; 2016 frumento.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-1153	-0.090	110
till	5244	0.265	204



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Il consumo di carburante per ettaro risulta inferiore nella tesi conservativa mentre le emissioni da materie prime superiori. Nel caso non si consideri l'effetto del sequestro di carbonio risultano comunque valori di emissioni per ettaro inferiori nella tesi conservativa, quantificati in 5030 kg CO<sub>2</sub>eq/ha, ma emissioni che risultano superiori per unità di prodotto: 0.391 kg/CO<sub>2</sub>eq/kg S.S., ciò a causa delle minori rese produttive rilevate nella tesi conservativa.

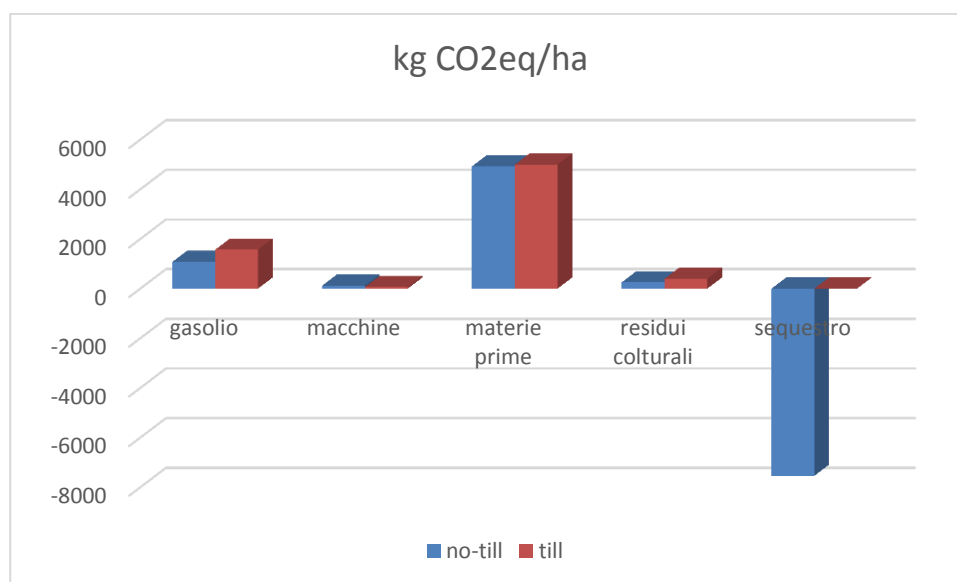
Azienda **Sasserami** (Regione Veneto)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativo e cover crops (2014, 2015)
- 2) Convenzionale

Piano colturale: 2014 soia; 2015 frumento; 2016 mais

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-1162	-0.097	344
till	7023	0.354	500



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca, inoltre il sequestro di carbonio è superiore alle emissioni. Il consumo di carburante per ettaro risulta inferiore. Importante l'effetto del sequestro di carbonio dovuto in particolare alle cover crops. Nel caso non si consideri l'effetto del sequestro di carbonio risultano comunque valori di emissioni per ettaro inferiori nella tesi conservativa, quantificati in 6377 kg CO<sub>2</sub>eq/ha, e emissioni superiori per unità di prodotto: 0.533 kg/CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. dovute alle minori rese produttive rilevate nella tesi conservativa.

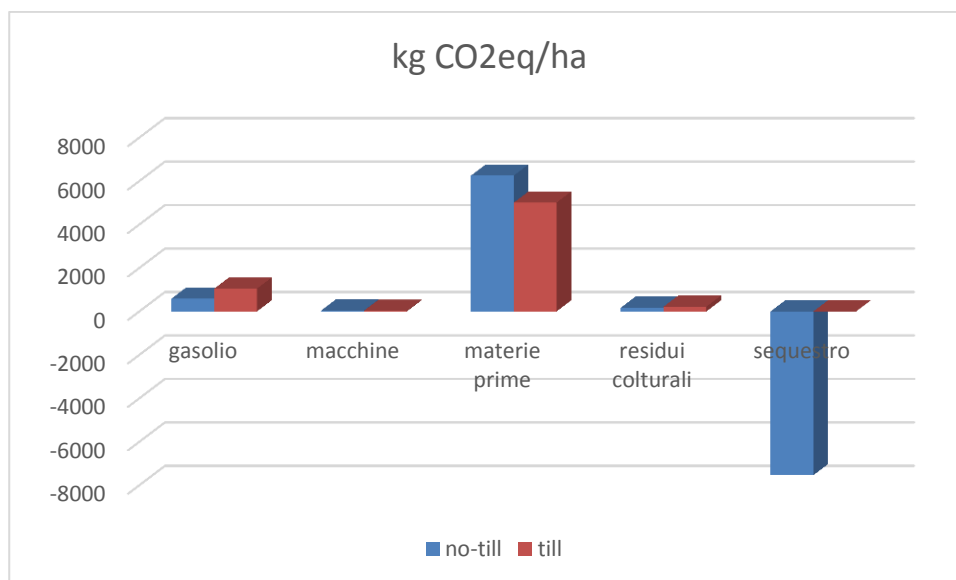
Azienda **ValleVecchia** (Regione Veneto)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativo e cover crops (2014, 2015)
- 2) Convenzionale

Piano colturale: 2014 soia; 2015 frumento; 2016 mais.

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
no-till	-484	-0.064	188
till	6307	0.572	335



La tesi conservativa presenta valori di impronta di carbonio inferiori sia per ettaro che per kg di sostanza secca, il consumo di carburante per ettaro risulta inferiore mentre risultano superiori le emissioni dovute alle materie prime. Nel conservativo il sequestro di carbonio è superiore al carbonio emesso grazie anche all'effetto della copertura permanente del terreno delle cover crops. Se non consideriamo l'effetto del sequestro risultano maggiori emissioni nella tesi conservativa sia per superficie con 7056 kg CO<sub>2</sub>eq/ha che per unità di prodotto 0.934 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. a causa delle minori rese e delle maggiori emissioni delle materie prime.

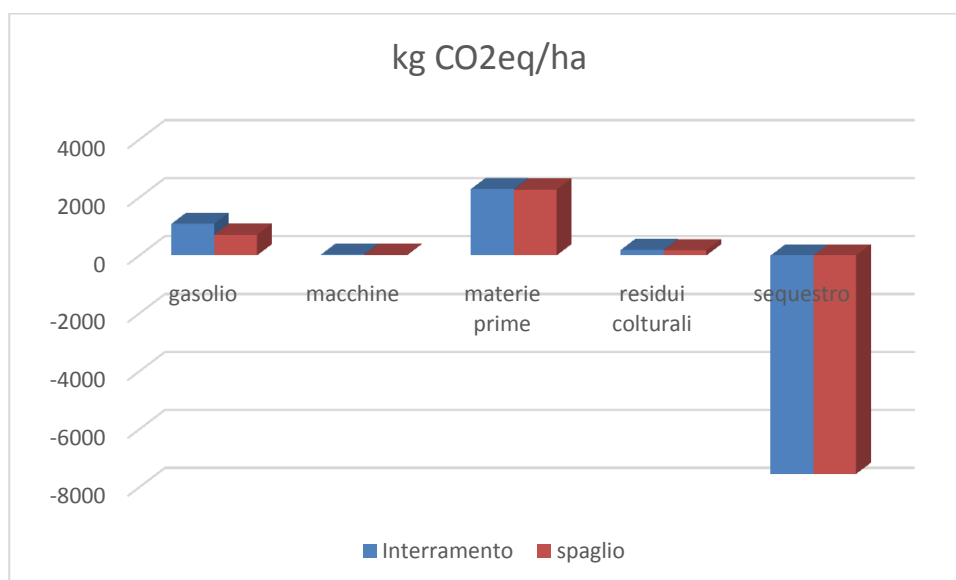
Azienda **Zanone** (Regione Friuli Venezia Giulia)

Tesi a confronto:

- 1) Conservativa con interrimento liquami, cover crops (2015, 2016)
- 2) Conservativa con distribuzione liquami superficiale, cover crops (2015, 2016)

Piano colturale: 2014 orzo foraggero, sorgo insilato 2° raccolto; 2015 soia; 2016 erbaio (sorgo da insilato e soia)

Tesi	kg CO <sub>2</sub> eq/ha	kg CO <sub>2</sub> eq/kg SS	gasolio L/ha
Interramento	-3920	-0.120	349
spaglio	-4353	-0.140	318



In entrambe le tesi sono stati stimati valori di impronta di carbonio negativi sia per ettaro che per kg di sostanza secca. Importate l'effetto del sequestro dovuto sia alla tecnica di non lavorazione sia alle cover crops. Risulta di poco superiore la quantità di gasolio nella tesi che prevede l'interrimento dei liquami. Se non consideriamo l'effetto del sequestro risultano valori di 3620 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.148 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S. per la tesi con interrimento dei liquami contro i 3186 kg CO<sub>2</sub>eq/ha e 0.152 kg CO<sub>2</sub>eq/kg S.S per la tesi con distribuzione superficiale dei liquami.

## Conclusioni

Lo studio sull'Impronta del Carbonio, condotto secondo la metodologia LCA (Life Cycle Assessment), è stato finalizzato a quantificare l'effettivo impatto delle tecniche conservative, a confronto con quello delle tecniche convenzionali, sulle emissioni di gas ad effetto serra, secondo protocolli certificati a livello internazionale.

I dati necessari alla quantificazione dell'Impronta del Carbonio sono stati raccolti principalmente nell'ambito di altre azioni del progetto, in particolare C.1 sul "monitoraggio dei dati agronomici e tecnico-gestionali nelle aziende dimostrative".

Il risultato complessivo dello studio sull'Impronta del Carbonio è che le tecniche conservative hanno consentito in generale una riduzione significativa delle emissioni di gas ad effetto serra, soprattutto in virtù del sequestro di carbonio nel suolo e dei ridotti consumi di gasolio per le lavorazioni dei terreni.

Infatti le voci più significative nel calcolo dell'Impronta del Carbonio sono risultati i consumi di gasolio, quelli di materie prime (sementi, concimi e agrofarmaci) e, appunto, il sequestro di carbonio nei suoli sotto forma di sostanza organica.

E' evidente il contributo che il sequestro del carbonio nel suolo è in grado di offrire nel budget complessivo dei gas serra: tenendo conto di questo potenziale effetto, in molti casi (63% delle tesi analizzate) le pratiche conservative risultano "carbon negative", ossia non emettono gas serra, anzi li assorbono. Così da diventare un "pozzo" o "sink" di CO<sub>2</sub>.

Anche senza considerare il beneficio del sequestro di carbonio nel suolo, che comunque deve essere valutato nel conteggio delle emissioni, nella maggioranza delle aziende si è riscontrato, per le tesi con assenza o riduzione di lavorazioni, un calo di emissioni per kg di prodotto, rispetto alle tecniche convenzionali (nonostante in diversi casi si siano rilevate rese inferiori nelle tesi conservative, dovute al periodo di transizione). Di contro, si segnala che nel 53% dei casi si sono registrate lievi maggiori emissioni dovute alle materie prime, generalmente a causa di un maggior uso di fertilizzanti e di erbicidi utilizzati nelle tesi conservative nei primi anni di conversione.

## Bibliografia

S.Bocchi S. Cavigiolo (Aspetti agronomici nella gestione della risaia-indicazione emerse nell'ambito del 4° convegno T.R.C. 12/2007)

Kazuyuki Yagi, Haruo Tsuruta, Ken-ichi Kanda, Katsuyuki Minami Effect of water management on methane emission from a Japanese rice paddy field: Automated methane monitoring Global Biogeochemical Cycles Volume 10, Issue 2 pag 255-267 (1996)

Robert D. Grisso et Al, 2004 (Predicting Tractor Fuel Consumption Vol. 20(5): 553–561 \_ 2004 American Society of Agricultural Engineers ISSN 0883–8542).

GESTIM, 2011; Guide des valeurs Dia'terre®, 2012

The Carbon Footprint of Pig meat in Flanders R. Jacobsen, V. Vandermeulen, G. Van Huylenbroeck, X. Gellynek.S.S: Muthu, Assessment of Carbon Fottprint in Different Industrial Sectro, Volume 1. Eco Production, DOI:10.1007/078-081-4560-41-2\_7 © Sring Science+Business Media Singapore (2014)

E. Audsley, K. Stacey, D.J. Parsons, A.G. Williams Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. Cranfield University Bedford MK43 0AL. Prepared for:Crop Protection Association Registered Office: 2 Swan Court, Cygnet Park, Hampton, Peterborough PE7 8GX (2009)

IPCC 2006a Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 10 - Emissions From Livestock And Manure Management, [www.ipcc-nggip.iges.or.jp](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp)

IPCC 2006b Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11 - N2O Emissions From Managed Soils, and CO2 Emissions From Lime And Urea Application, [www.ipcc-nggip.iges.or.jp](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp)

ISO 14040/14044:2006, ISO series on Life Cycle Assessment (Valutazione del ciclo di vita), UNI EN ISO 14040:2006 e 14044:2006 [www.iso.org](http://www.iso.org)

ISO/TS 14067: 2013 - Gas ad effetto serra - Impronta climatica dei prodotti (Carbon footprint dei prodotti) - Requisiti e linee guida per la quantificazione e comunicazione

## Allegato

TABLE 5.5 RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS ( $F_{LU}$ , $F_{MG}$ , AND $F_I$ ) (OVER 20 YEARS) FOR DIFFERENT MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND						
Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime <sup>1</sup>	IPCC defaults	Error <sup>2,3</sup>	Description
Land use ( $F_{LU}$ )	Long-term cultivated	Temperate/Boreal	Dry	0.80	$\pm 9\%$	Represents area that has been continuously managed for >20 yrs, to predominantly annual crops. Input and tillage factors are also applied to estimate carbon stock changes. Land-use factor was estimated relative to use of full tillage and nominal ('medium') carbon input levels.
			Moist	0.69	$\pm 12\%$	
		Tropical	Dry	0.58	$\pm 61\%$	
			Moist/Wet	0.48	$\pm 46\%$	
Tropical montane <sup>4</sup>	n/a	0.64	$\pm 50\%$			
Land use ( $F_{LU}$ )	Paddy rice	All	Dry and Moist/Wet	1.10	$\pm 50\%$	Long-term (> 20 year) annual cropping of wetlands (paddy rice). Can include double-cropping with non-flooded crops. For paddy rice, tillage and input factors are not used.
Land use ( $F_{LU}$ )	Perennial/Tree Crop	All	Dry and Moist/Wet	1.00	$\pm 50\%$	Long-term perennial tree crops such as fruit and nut trees, coffee and cacao.
Land use ( $F_{LU}$ )	Set aside (< 20 yrs)	Temperate/Boreal and Tropical	Dry	0.93	$\pm 11\%$	Represents temporary set aside of annually cropland (e.g., conservation reserves) or other idle cropland that has been revegetated with perennial grasses.
			Moist/Wet	0.82	$\pm 17\%$	
		Tropical montane <sup>4</sup>	n/a	0.88	$\pm 50\%$	
Tillage ( $F_{MG}$ )	Full	All	Dry and Moist/Wet	1.00	NA	Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g., <30%) of the surface is covered by residues.
Tillage ( $F_{MG}$ )	Reduced	Temperate/Boreal	Dry	1.02	$\pm 6\%$	Primary and/or secondary tillage but with reduced soil disturbance (usually shallow and without full soil inversion). Normally leaves surface with >30% coverage by residues at planting.
			Moist	1.08	$\pm 5\%$	
		Tropical	Dry	1.09	$\pm 9\%$	
			Moist/Wet	1.15	$\pm 8\%$	
Tropical montane <sup>4</sup>	n/a	1.09	$\pm 50\%$			
Tillage ( $F_{MG}$ )	No-till	Temperate/Boreal	Dry	1.10	$\pm 5\%$	Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed control.
			Moist	1.15	$\pm 4\%$	
		Tropical	Dry	1.17	$\pm 8\%$	
			Moist/Wet	1.22	$\pm 7\%$	
Tropical montane <sup>4</sup>	n/a	1.16	$\pm 50\%$			

TABLE 5.5 (CONTINUED)						
RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS ( $F_{LU}$ , $F_{MG}$ , AND $F_i$ ) (OVER 20 YEARS) FOR DIFFERENT MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND						
Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime <sup>1</sup>	IPCC defaults	Error <sup>2,3</sup>	Description
Input (Fi)	Low	Temperate/Boreal	Dry	0.95	$\pm 13\%$	Low residue return occurs when there is due to removal of residues (via collection or burning), frequent bare-fallowing, production of crops yielding low residues (e.g., vegetables, tobacco, cotton), no mineral fertilization or N-fixing crops.
			Moist	0.92	$\pm 14\%$	
		Tropical	Dry	0.95	$\pm 13\%$	
			Moist/Wet	0.92	$\pm 14\%$	
		Tropical montane <sup>4</sup>	n/a	0.94	$\pm 50\%$	
Input (Fi)	Medium	All	Dry and Moist/Wet	1.00	NA	Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g., manure) is added. Also requires mineral fertilization or N-fixing crop in rotation.
Input (Fi)	High without manure	Temperate/Boreal and Tropical	Dry	1.04	$\pm 13\%$	Represents significantly greater crop residue inputs over medium C input cropping systems due to additional practices, such as production of high residue yielding crops, use of green manures, cover crops, improved vegetated fallows, irrigation, frequent use of perennial grasses in annual crop rotations, but without manure applied (see row below).
			Moist/Wet	1.11	$\pm 10\%$	
		Tropical montane <sup>4</sup>	n/a	1.08	$\pm 50\%$	
Input (Fi)	High – with manure	Temperate/Boreal and Tropical	Dry	1.37	$\pm 12\%$	Represents significantly higher C input over medium C input cropping systems due to an additional practice of regular addition of animal manure.
			Moist/Wet	1.44	$\pm 13\%$	
		Tropical montane <sup>4</sup>	n/a	1.41	$\pm 50\%$	

<sup>1</sup> Where data were sufficient, separate values were determined for temperate and tropical temperature regimes; and dry, moist, and wet moisture regimes. Temperate and tropical zones correspond to those defined in Chapter 3; wet moisture regime corresponds to the combined moist and wet zones in the tropics and moist zone in temperate regions.

<sup>2</sup>  $\pm$  two standard deviations, expressed as a percent of the mean; where sufficient studies were not available for a statistical analysis to derive a default, uncertainty was assumed to be  $\pm 50\%$  based on expert opinion. NA denotes 'Not Applicable', where factor values constitute defined reference values, and the uncertainties are reflected in the reference C stocks and stock change factors for land use.

<sup>3</sup> This error range does not include potential systematic error due to small sample sizes that may not be representative of the true impact for all regions of the world.

<sup>4</sup> There were not enough studies to estimate stock change factors for mineral soils in the tropical montane climate region. As an approximation, the average stock change between the temperate and tropical regions was used to approximate the stock change for the tropical montane climate.

Note: See Annex 5A.1 for the estimation of default stock change factors for mineral soil C emissions/removals for Cropland.