



Il compost come opportunità per il carbon farming

*Alia Multiutility toscana, insieme
all'Università di Pisa ed al Cnr,
illustra le prime valutazioni in merito
al sequestro del carbonio su colture
tipiche della realtà agricola toscana*

Compost in agricoltura come pratica di carbon farming: valutazione del sequestro del carbonio su colture tipiche della realtà agricola toscana

PROGETTO COMPOST CARBON FARMING (CCF)

Autori:

Canovai A.* , Morandi V.* , Pecorini I.** , Peruzzi E.*** , Scartazza A.*** , Scatena M.*** ,
Vannucchi F.*** , Castagnoli A.** , Pasciucco E.** , Pasciucco F.**

*Alia Servizi Ambientali S.p.a., Via Baccio da Montelupo 52, 50142 Firenze

**Università di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell’Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC), Via Gabba 22, 56122 Pisa

***Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri CNR-IRET Sede di Pisa, Via Moruzzi 1, 56124 Pisa

CHI SIAMO



**ALIA SERVIZI
AMBIENTALI**
SpA



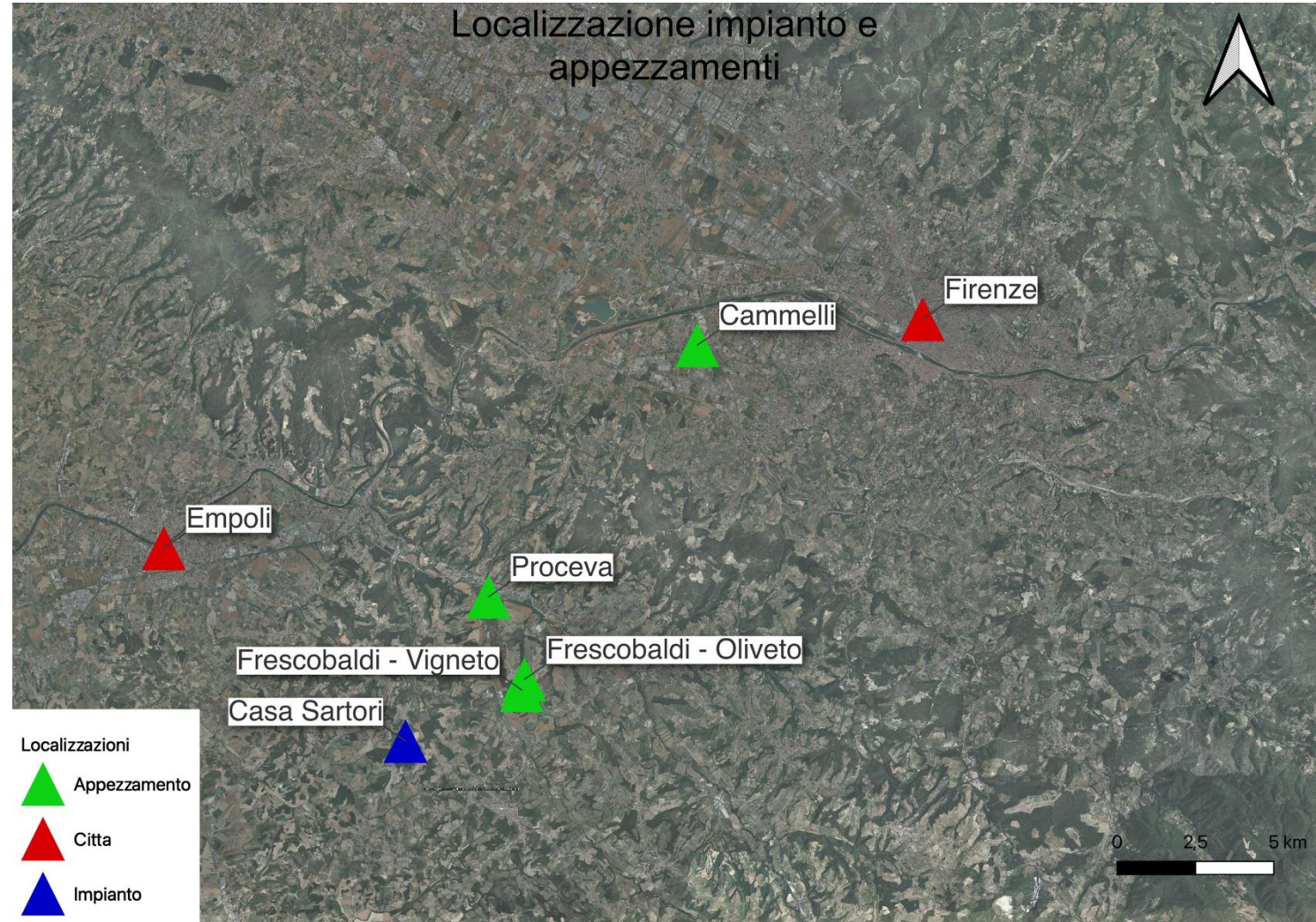
FRESCOBALDI
TOSCANA



AZIENDA AGRICOLA



CAMMELLI
DALLA NOSTRA TERRA ALLA VOSTRA TAVOLA

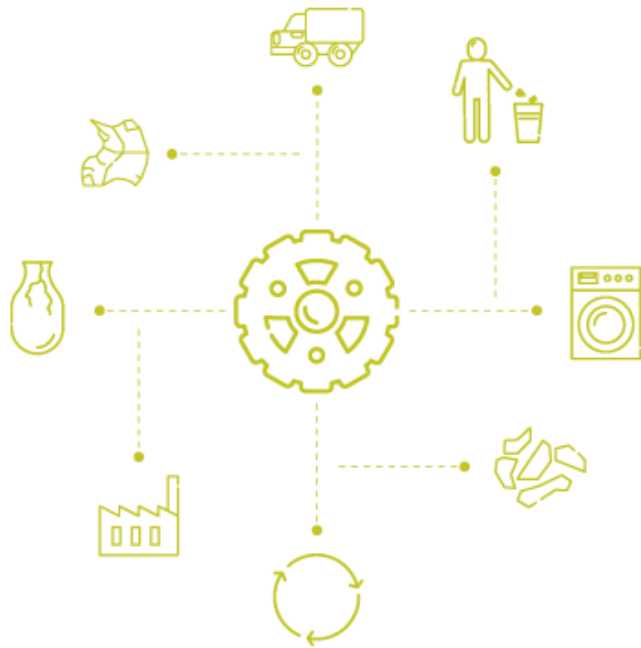


CHI E' ALIA?

- **Alia Multiutility**, nata il 26 gennaio 2023 dalla fusione per incorporazione di Alia Servizi Ambientali, Publiservizi, Consiag e Acqua Toscana, è la prima Multiutility toscana dei servizi pubblici locali e costituisce un player integrato nei settori **ambiente, energia e ciclo idrico**: un progetto ancora oggi in pieno sviluppo grazie al coinvolgimento di sempre nuove realtà di carattere regionale e non solo.
- Nel primo nucleo di aggregazione, la società detiene circa il 40% delle quote di **Estra** (di cui ha ottenuto il controllo grazie al patto di sindacato con Coingas), il 58% di **Publiacqua**, il 19% di **Acque Spa** e il 31% di **Toscana Energia**.
- La nuova Multiutility può vantare circa 700 milioni di euro di ricavi annui, con un Ebidta di 170 milioni e investimenti stimati in 170 milioni all'anno.
- Nel settore ambientale, Alia Multiutility eroga servizi in 58 Comuni delle Province di Firenze, Prato e Pistoia, per circa **1,5 milioni di abitanti**. La sede centrale, legale e amministrativa si trova a Firenze.



CHI E' ALIA?



- **Impianto di compostaggio Faltona** – Via Faentina 31/A, Borgo San Lorenzo (Fi)
L'impianto effettua trattamento di rifiuti urbani (organici e verde da sfalci e potature) con produzione di ammendante compostato misto per oltre 30.000 tonnellate annue.
- **Polo impiantistico Casa Sartori** – Via Botinaccio, Montespertoli (Fi)
Collocato tra le località di Mandorli e Coeli Aula, effettua anzitutto attività di compostaggio, trasformando i rifiuti organici e biodegradabili prodotti da circa il 50% degli abitanti del bacino di Alia; delle 124.000 ton. in entrata ne vengono trattate 85.000, che danno vita a 16.400 ton. circa di ammendante compostato misto e vegetale semplice non compostato. Sono al momento in corso i lavori per la realizzazione di un moderno **biodigestore anaerobico**, in grado di trasformare la frazione organica dei rifiuti proveniente da raccolta differenziata – oltre che in compost – in biometano, biocarburante pulito e completamente rinnovabile che potrà essere utilizzato direttamente come combustibile o immesso in rete gas nazionale. Ogni anno, da 160.000 tonnellate di rifiuti organici si otterranno 25.000 tonnellate di compost e 11 milioni di metri cubi di biometano, con un potenziale energetico di 100 milioni di kWh/anno.
- **Polo impiantistico Case Passerini** – via del Pantano, Sesto Fiorentino, Firenze
Sito nel centro della piana fiorentina, ha due sezioni principali di trattamento rifiuti. Un trattamento meccanico biologico (TMB) di oltre 95.000 tonnellate annue per la produzione di CSS (combustibile solido secondario) con il flusso secondario di FOS (frazione organica stabilizzata) proveniente dal sottovaglio; la sezione di compostaggio per oltre 65.000 tonnellate annue con produzione di ammendante compostato misto e verde.
Sono, inoltre, presenti l'impianto di discarica – in fase di chiusura – e l'impianto di trattamento reflui con scarico in pubblica fognatura.

OBIETTIVI di PROGETTO

- Questo studio è volto alla costruzione del bilancio di CO₂ relativo all'Ammendante Compostato Misto (ACM) prodotto dalla società Alia Servizi Ambientali S.p.a. e al suo impiego in agricoltura.
- A tale scopo, sono state selezionate quattro diverse colture tipiche della realtà agricola toscana: olivo, vite, cereali/oleaginose ed ortive. Per ogni coltura, è stato individuato un lotto di terreno, all'interno del quale sono state definite tre aree differenti di area complessiva maggiore di un ettaro.
- Queste tre aree saranno sottoposte rispettivamente al trattamento fertilizzante convenzionale applicato dall'azienda agricola, utilizzo di ACM, utilizzo di ACM unito a biostimolanti.
- Saranno condotte campagne annuali volte al monitoraggio delle emissioni di CO₂ del suolo; alla valutazione dello stato di salute del suolo e sullo stato fisiologico e funzionale delle colture coltivate.

Risultati attesi:

- 1. Valutazione del potenziale ammendante dei prodotti (Ammendante compostato da FORSU - CMC3)**
- 2. Valutazione del potenziale sequestro di C dei prodotti all'interno della filiera produttiva**

PROGETTO COMPOST CARBON FARMING



Fase A - Caratterizzazione
(UNIFI-CNR)

Fase B - Prova di
laboratorio – Esperimento
di incubazione prodotti a
diverse dosi – (CNR)

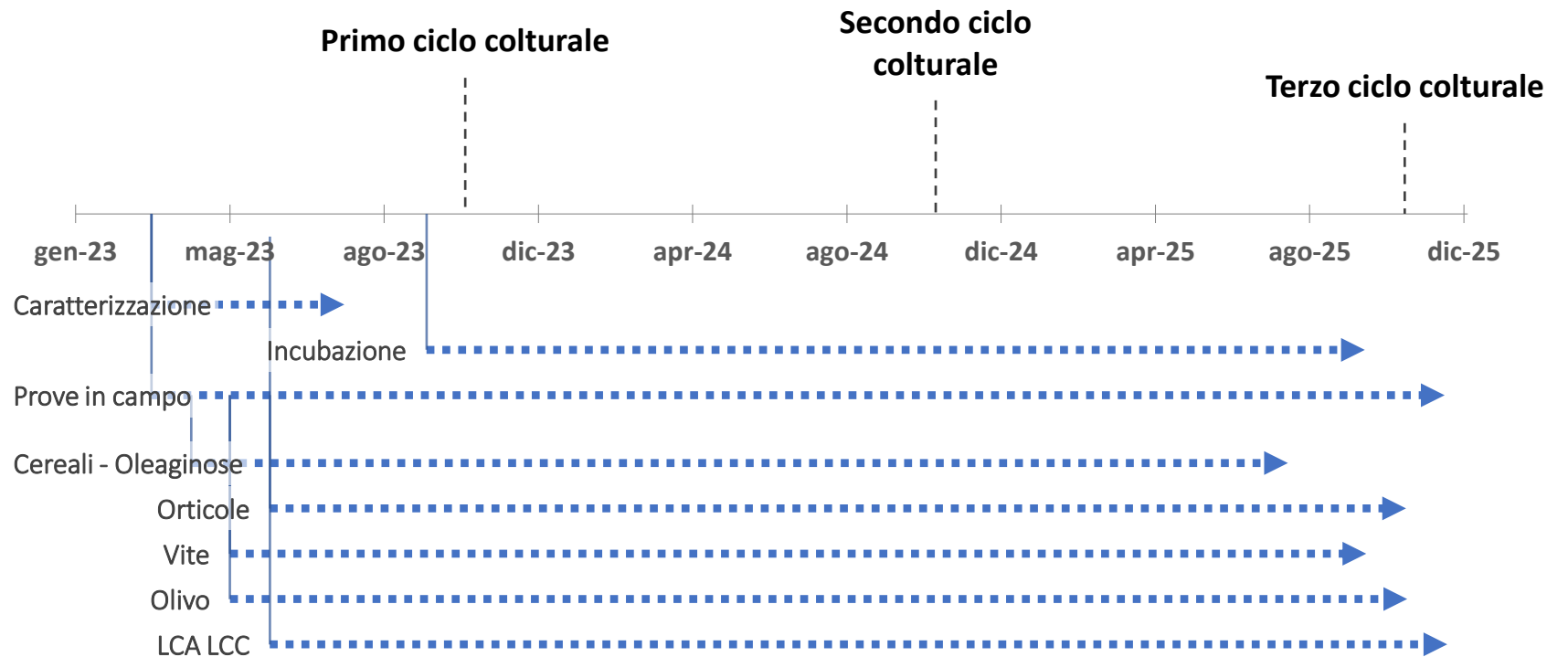


Fase C - Prova in scala reale
– Monitoraggio su colture
agrarie (CNR-UNIFI)

Fase D - Life cycle
assessment and life cycle
costing (UNIFI)



Fase E - Comunicazione e
disseminazione (UNIFI-
CNR)





Marzo 2023



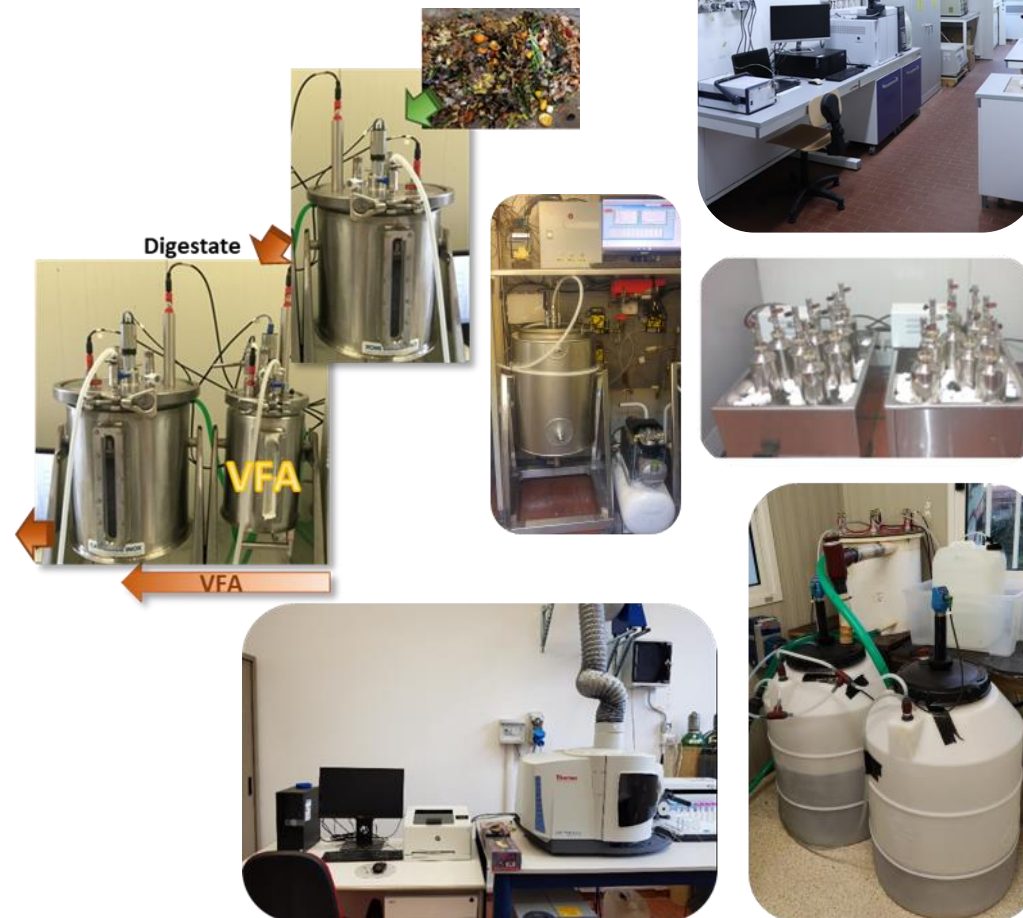
UNIPI - DESTEC

LISAP
LABORATORIO DI INGEGNERIA
SANITARIA AMBIENTALE DELLA
UNIVERSITÀ DI PISA



LISAP - Laboratorio di Ingegneria Sanitaria Ambientale

- LISAP si concentra su 4 principali linee di ricerca
- **Rifiuti** >>> Rifiuti solidi urbani e rifiuti organici, Stabilità biologica dei substrati organici, Strategie innovative per il recupero di bioenergia e bioprodotto
- **Bonifica** >>> Decontaminazione dei sedimenti, Bonifica elettrocinetica di sedimenti marini
- **Acqua** >>> Trattamento delle acque reflue, Ottimizzazione tecnico-economica per la centralizzazione del trattamento delle acque reflue, LCA
- **Aria** >>> Controllo degli odori e mitigazione dei cambiamenti climatici; Emissioni CO2
- Principali attrezzature di laboratorio: Spettrometro al plasma ad emissione ottica, Gascromatografia, Reattoristica pilota





Fase A - Caratterizzazione

REGULATION (EU) 2019/1009

PFC 3: SOIL IMPROVER

Indicator	Unit measure	PFC 3A: organic improver	PFC 3B Inorganic improver	Compost
Biological origin material	%	>95	-	>95
Total carbon (biological source)	%	>7.5	-	33.6
Dry matter	%	>20	-	86.2
Pb	mg/kg ds	<120	<120	15.9
Cd	mg/kg ds	< 2	<1.5	0.14
Ni	mg/kg ds	<50	<100	5.00
Zn	mg/kg ds	<800	<800	94
Cu	mg/kg ds	<300	<300	30.0
Hg	mg/kg ds	<1	<1	<0.5
Cr VI	mg/kg ds	<2	<2	<0.1
As	mg/kg ds	<40	<40	1.50
E. coli	CFU/g - mL	<1000	-	<10
Salmonella	25g – 25 mL	Assente	-	Assente

A soil improver shall be an EU fertilising product useful to **maintain, improve or protect the physical or chemical properties, the structure or the biological activity of the soil**



Fase A - Caratterizzazione

REGULATION (EU) 2019/1009

CMC 3: Compost

Material	Bio-waste; derived product; living or dead organisms	Compost
Material not allowed	organic fraction of mixed municipal household waste mechanically separated; sewage sludge, industrial sludge or dredging sludge; animal by-product	Organic fraction from source-sorted wasted
Temperature time profiles	70 °C or more for at least 3 days, 65 °C or more for at least 5 days, 60 °C or more for at least 7 days, or 55 °C or more for at least 14 days.	> 65°C per un minimo di 5 giorni
PAH	< 6 mg/kg ds	1.6
Macroscopic Impurities (glass, metals, plastics)	< 5 g/kg ds	1.6
Oxygen uptake rate	<25 mmol O ₂ /kg organic matter/h	-
Self heating factor	minimum Rottegrad III	III

An EU fertilising product (PFC) may contain a compost obtained through **aerobic composting** process



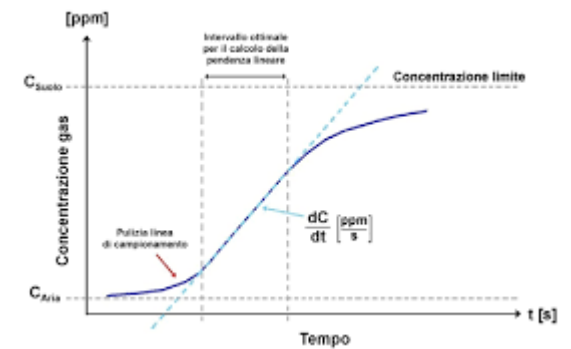
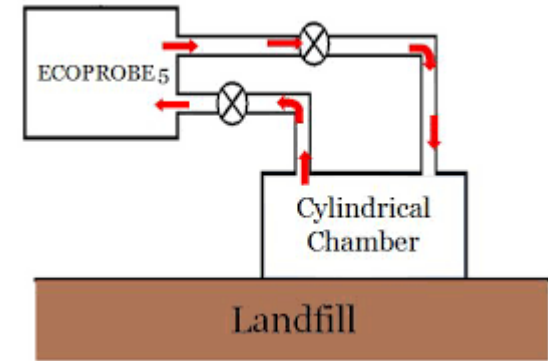
Aprile 2023





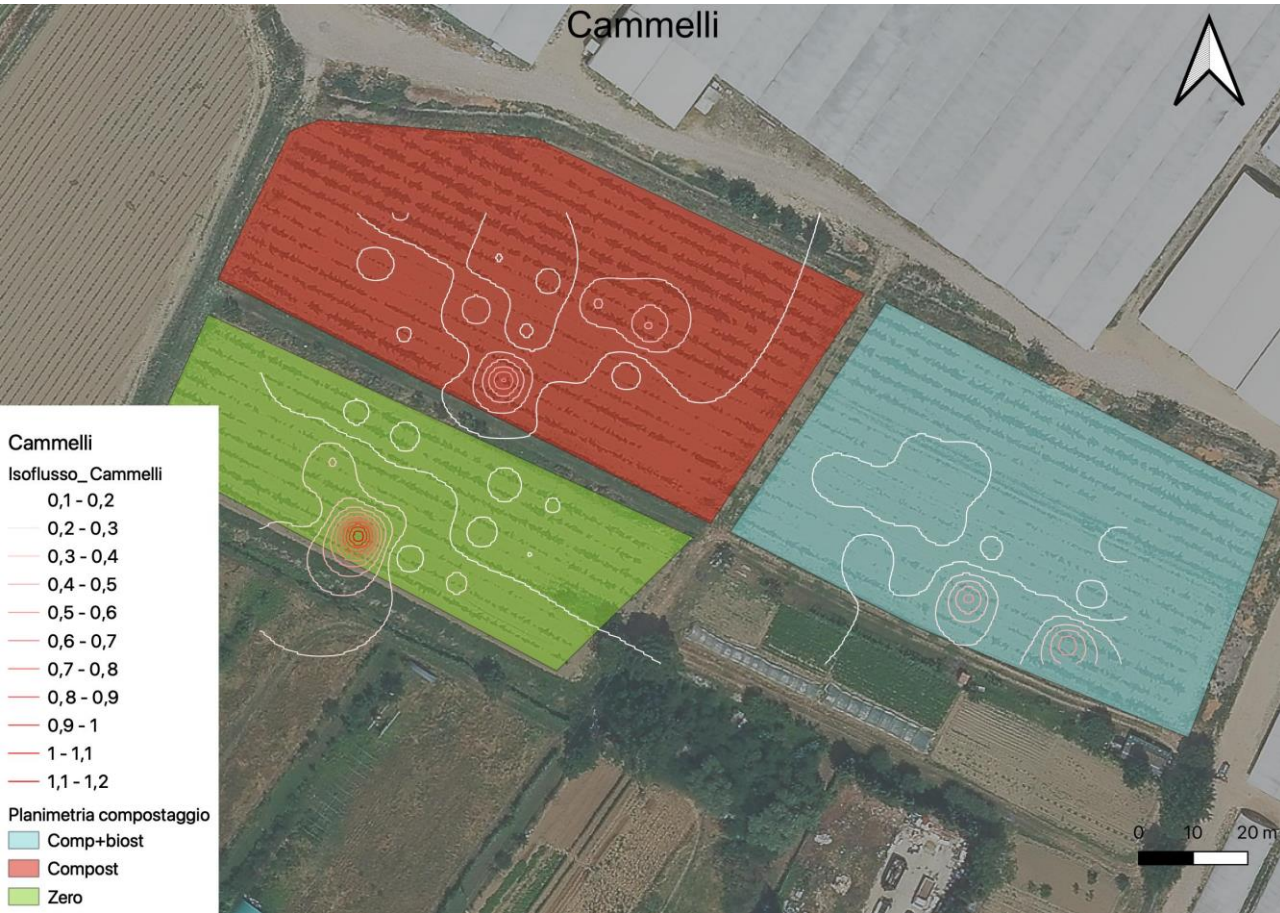
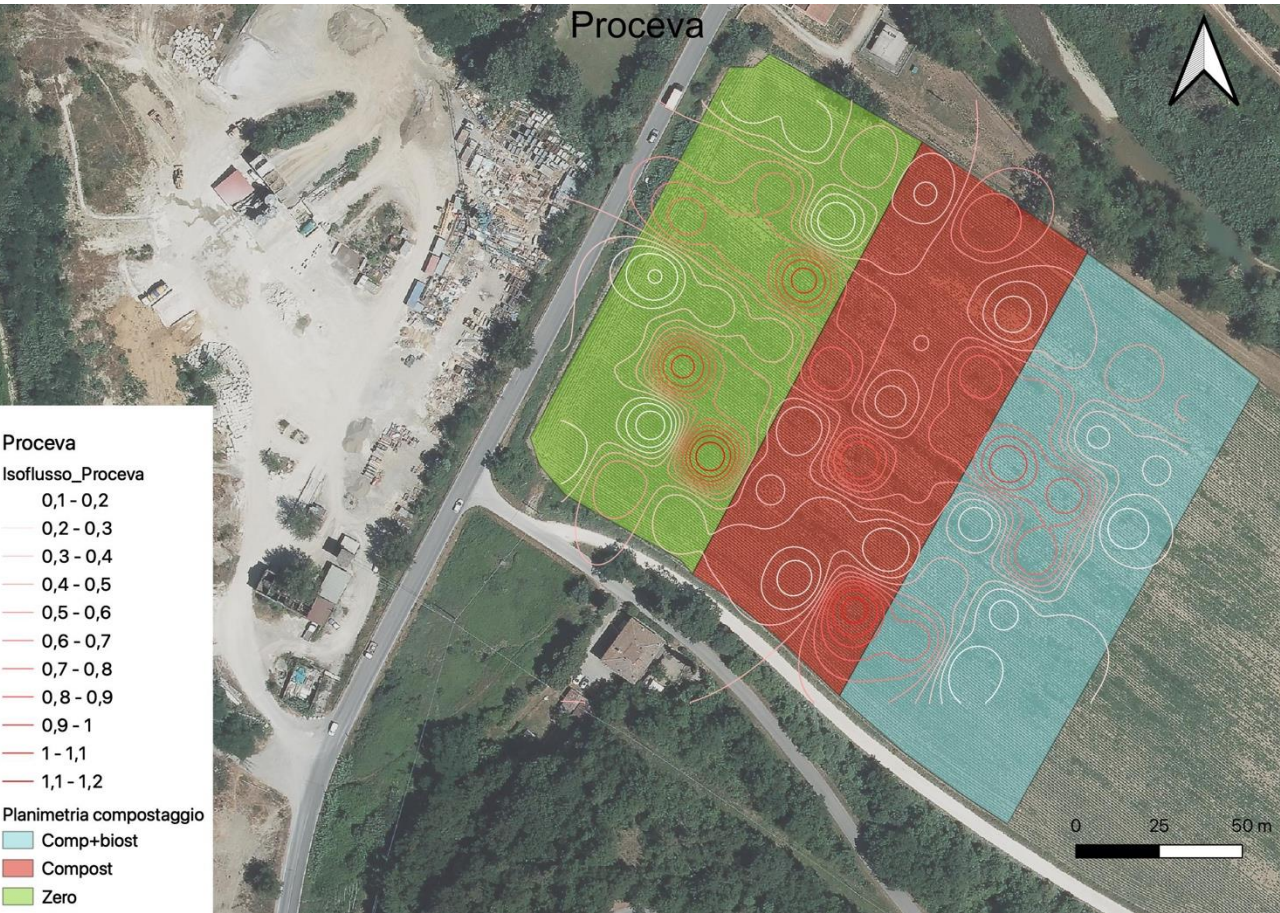
Fase C - Prova in scala reale – Monitoraggio su colture agrarie

- Monitoraggi con camera di accumulo statica stagionali.
- Sono state eseguite le misurazioni delle emissioni di CO₂ per ogni terreno oggetto d'indagine, i cui risultati hanno permesso di elaborare le mappe di isoflusso che definiscono l'attuale scenario base.
- I dati sono stati puliti e sono stati usati per calcolare il flusso di CO₂
- Questi sono poi stati associati ai punti d'interesse georeferenziati attraverso software GIS, attraverso il quale sono stati costruite le mappe di flusso in formato raster attraverso un algoritmo di interpolazione definito *Inverse Distance Weighting* (IDW) utili all'elaborazione delle mappe di isoflusso.



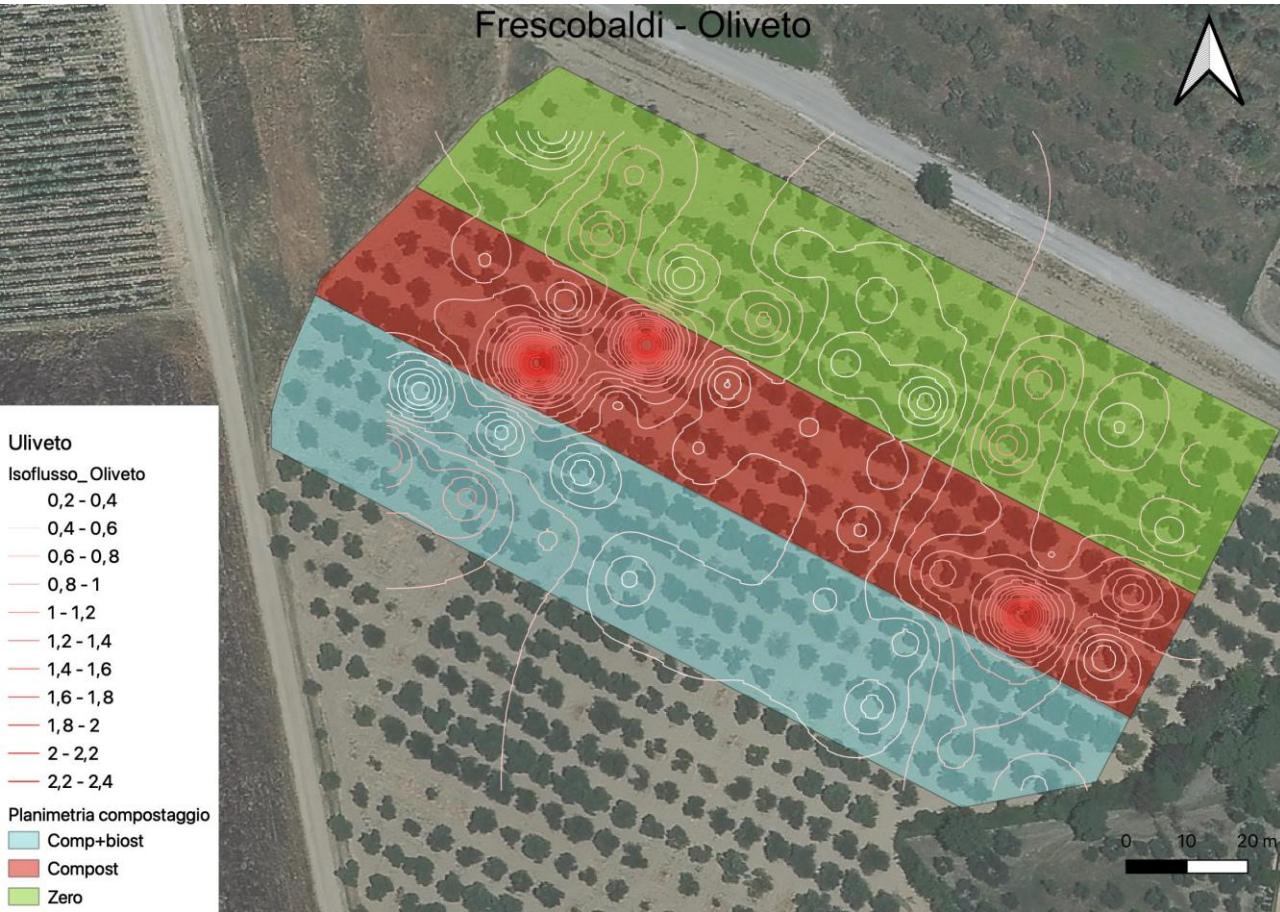
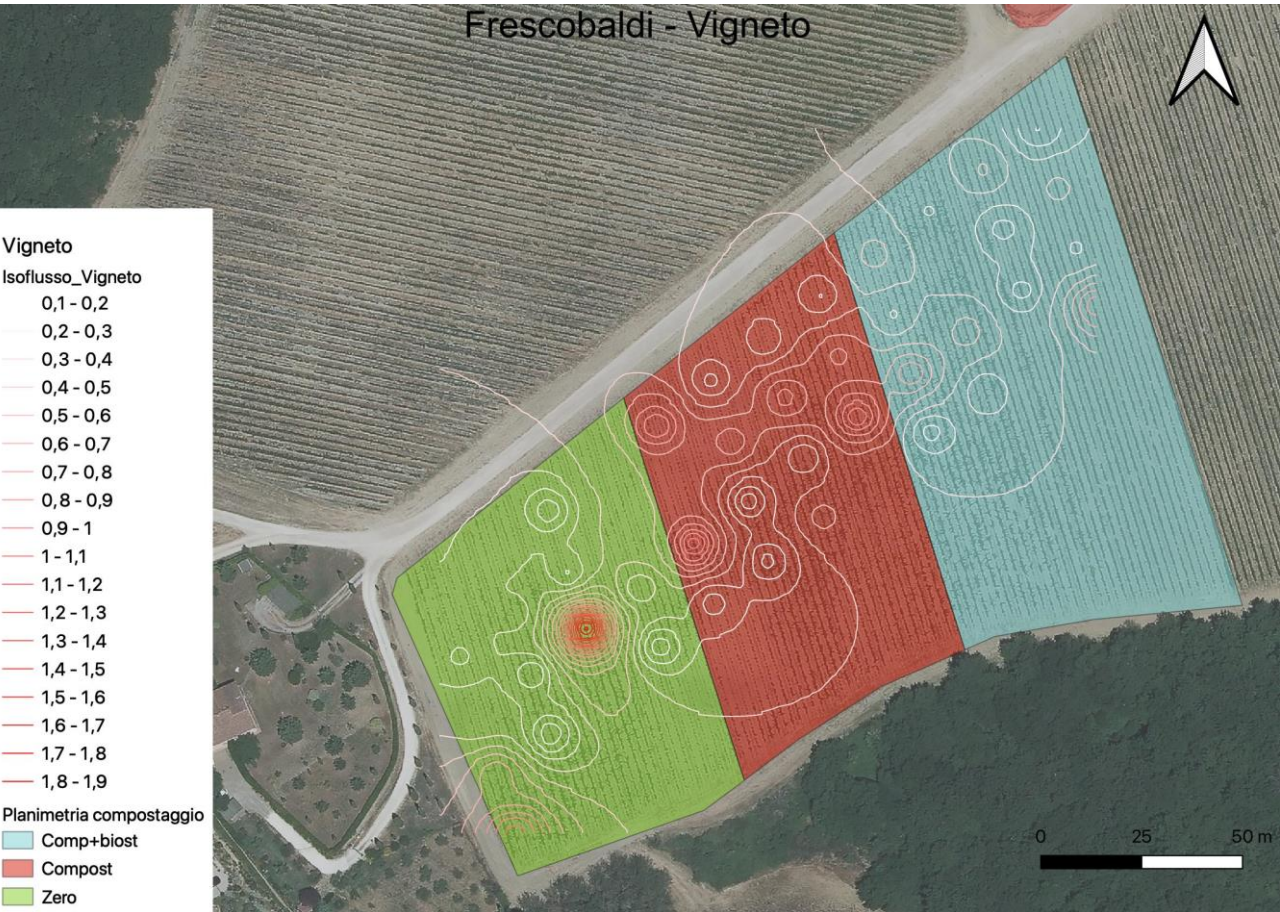


Fase C - Prova in scala reale – Monitoraggio su colture agrarie





Fase C - Prova in scala reale – Monitoraggio su colture agrarie





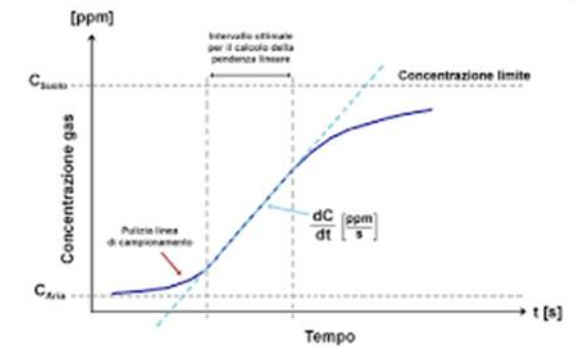
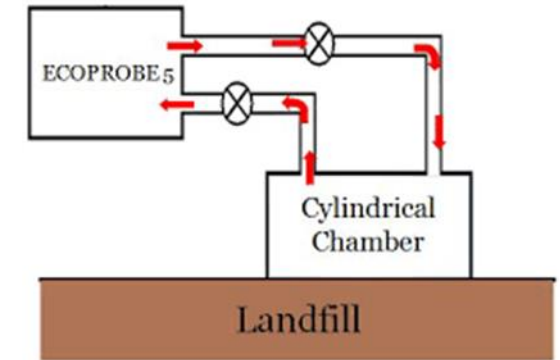
Fase C - Prova in scala reale – Monitoraggio su colture agrarie

Campagna primaverile (marzo 2023)	Flusso CO ₂ [mol/day*m ²]	Superficie lotto [m ²]	Emissioni complessive [mol CO ₂ /day]
Proceva (girasole)	0,52	80899	42292
Cammelli (ortivo)	0,22	11856	2602
Frescobaldi Vigneto	0,48	25572	11056
Frescobaldi Oliveto	0,73	30345	22158

Flussi di CO₂ misurati con camera di accumulo dinamica

Foreste di cerro dell'Italia centrale (<i>Quercus cerris</i>) (Tedeschi et al., 2006)		
Flusso medio giornaliero (molCO ₂ /m ² giorno)		
min (inverno)	max (estate)	
0.15	0.7	
Foreste di quercia dell'Italia centrale (Rey et al., 2002)		
Flusso medio giornaliero (molCO ₂ /m ² giorno)		
min (inverno)	max (estate)	medio annuo
0.12	0.6	0.25
Foreste di pino in Finlandia (Pumpanen et al., 2002)		
Flusso medio giornaliero (molCO ₂ /m ² giorno)		Condizioni climatiche
min (inverno)	max (estate)	Range temperatura terreno
0,05	1,3	0°C - 15°C

Tabella: Flussi di CO₂ misurati con camera di accumulo dinamica





Fase D - Life cycle assessment and life cycle costing

- *Goal and scope*: Valutare il contributo alla mitigazione degli impatti ambientali, con particolare attenzione al Climate Change, della fertilizzazione attraverso ACM.
- Saranno confrontate quattro colture differenti, con tre scenari ciascuna:
 - Scenario 0 → attuali pratiche fertilizzanti
 - Scenario C → fertilizzazione attraverso compost
 - Scenario C+B → fertilizzazione con compost arricchito con biostimolanti (micorrize)
- *System boundaries*: Cradle to Gate → dalla produzione del fertilizzante/compost fino alla produzione del prodotto d'interesse
- *Functional Unit*: kg di prodotto ottenuto (olive, uva, verdure, cereali/oleaginose)
- Prossimi passi: costruzione del *Life Cycle Inventory* per lo scenario 0, campagne di monitoraggio per la definizione degli scenari C e C+B.

8503

52%  48%
Uomini  **Donne**

Il CNR conta su un patrimonio di risorse umane di circa 8.500 persone, di cui oltre **5559** impegnati in **ricerca** e attività di **supporto alla ricerca**

100  1923 CNR 2023
**LA RICERCA
VENUTA
DAL
FUTURO**

7  **Dipartimenti**

Scienze fisiche e tecnologie della materia

Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente

Scienze Biomediche

Ingegneria - ICT e Tecnologia per l'Energia e i Trasporti

Scienze Umane e Sociali Patrimonio Culturale

Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali

Scienze Bio-Agroalimentari

70%
Ricercatori

88



Istituti
di ricerca

228



Sedi e laboratori
sul territorio

30



Unità di Ricerca
presso terzi

3



Basi di ricerca
permanenti ai Poli



Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri

CIRCULAR ECONOMY

POLLUTION and DECONTAMINATION of ECOSYSTEMS

SOIL HEALTH and RESILIENCE



**NATIONAL
BIODIVERSITY
FUTURE CENTER**





Greenhouse for
mesocosm trials

**FlashSmart NC Soil
Elementar analyzer
Thermo Fisher
Scientific**

ICP-OES Agilent 5900
Flame AAS Varian AA
240FS

**Fluorimeter-Infinite
F200 pro TECAN -
plate reader**

UNICAM UV 500
Thermo; **UV VIS Cary
60 Agilent**

**Gas exchange
system LI-6400-40
PPS Li-Cor**

**Isotope ratio mass
spectrometer**
Isoprime Ltd.

**GC-MS 5977B Inert
Plus MSD Turbo EI
Bundle - GC 8890
Agilent**

**Laser diffraction
analyzer Malvern**

**Richards plates and
Sand-box**

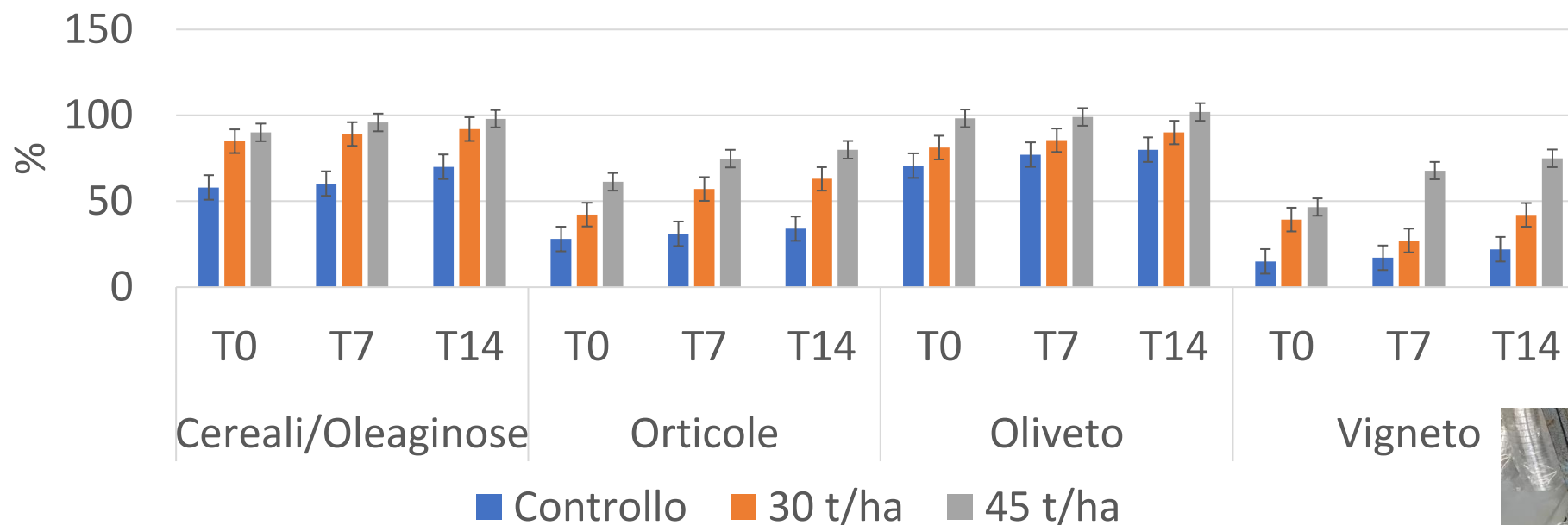
Qubit Fluorometer

Test di fitotossicità



Fase B - Prova di laboratorio

Indice di germinazione

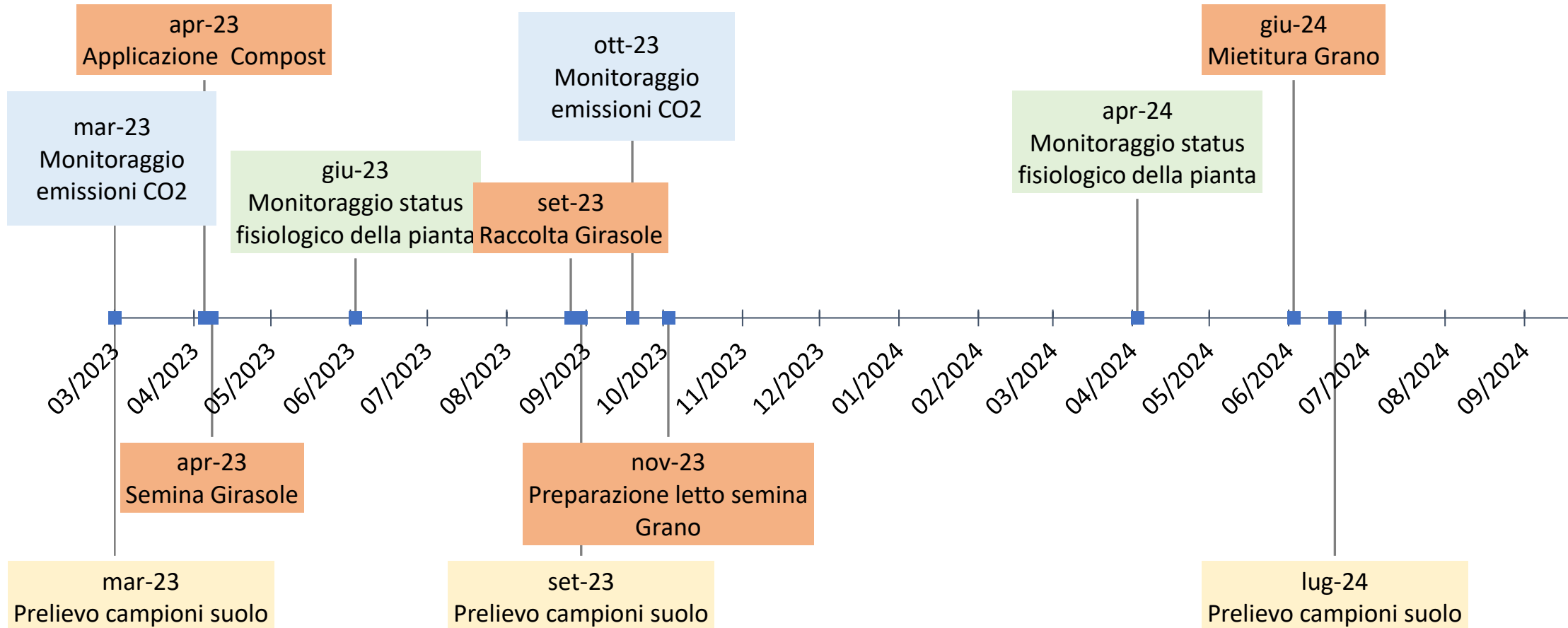


IG < 40%: tossicità elevata
 40% < IG < 60% tossicità media
 IG > 60% assenza di danni alla vegetazione

Timeline – Cereali - Oleaginose



Fase C - Prova in scala reale
– Monitoraggio su colture
agrarie (CNR-UNIFI)

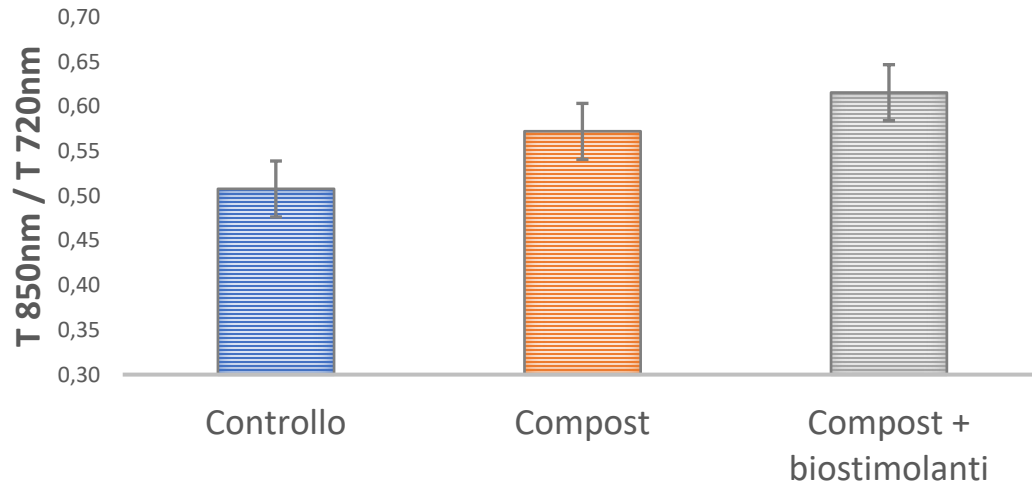


Effetti sulla fisiologia vegetale - Vigneto

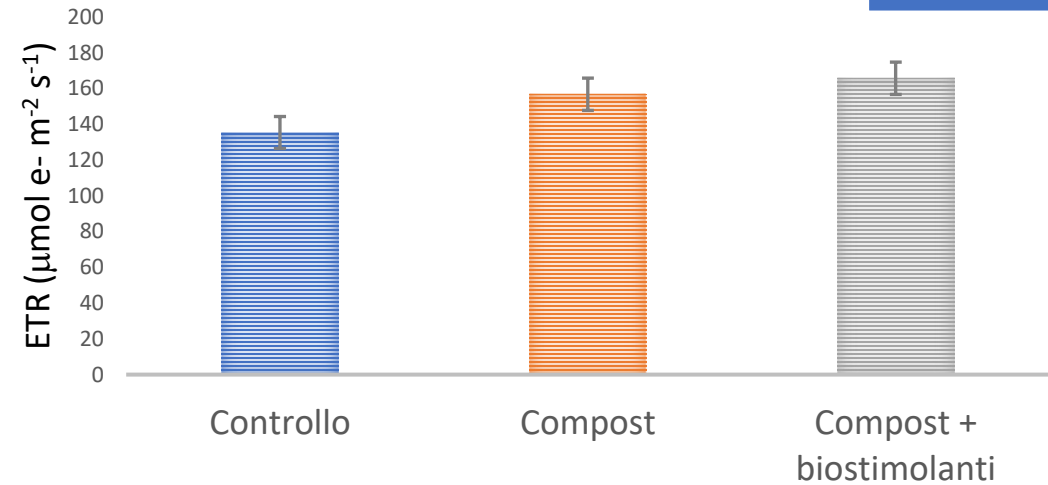


Fase C - Prova in scala reale
– Monitoraggio su colture
agrarie (CNR-UNIFI)

CHLOROPHYLL CONTENT



ETR



	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn	P
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Controllo	7,18	15,2	49,0	8,94	1,63	42,9	0,18	25,2	0,60
Compost	6,65	14,9	45,0	8,57	1,63	44,0	0,14	24,4	0,62
Compost + biostimolanti	7,17	16,3	43,8	8,93	1,63	42,5	0,17	27,4	0,67

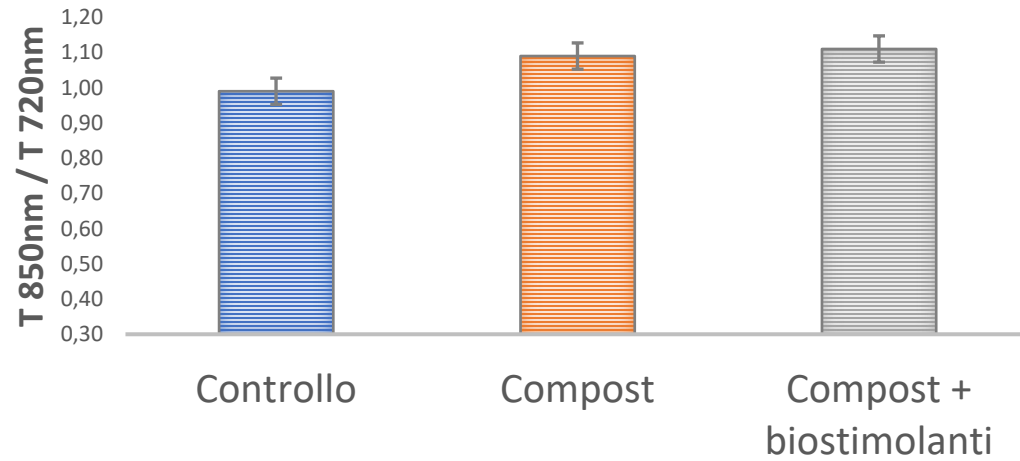


Settembre 2023

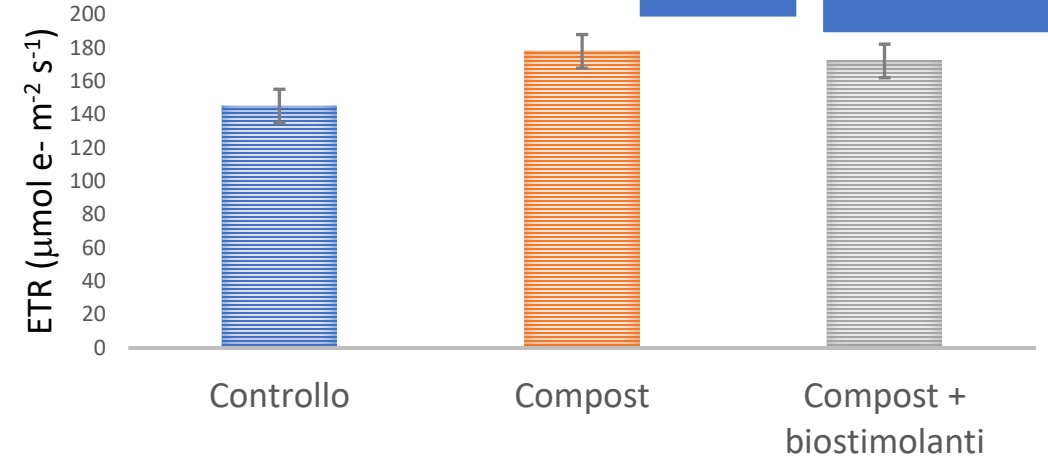


Effetti sulla fisiologia vegetale - Oliveto

CHLOROPHYLL CONTENT



ETR



Fase C - Prova in scala reale
– Monitoraggio su colture
agrarie (CNR-UNIFI)

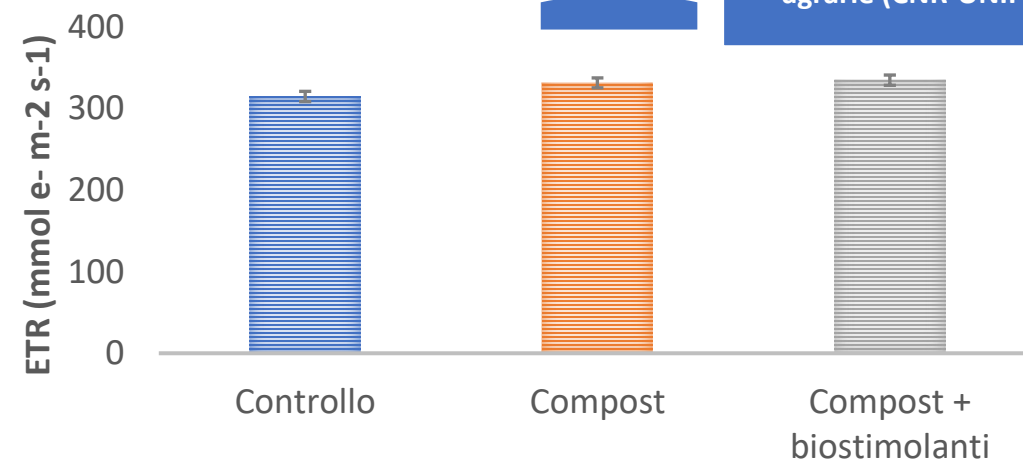
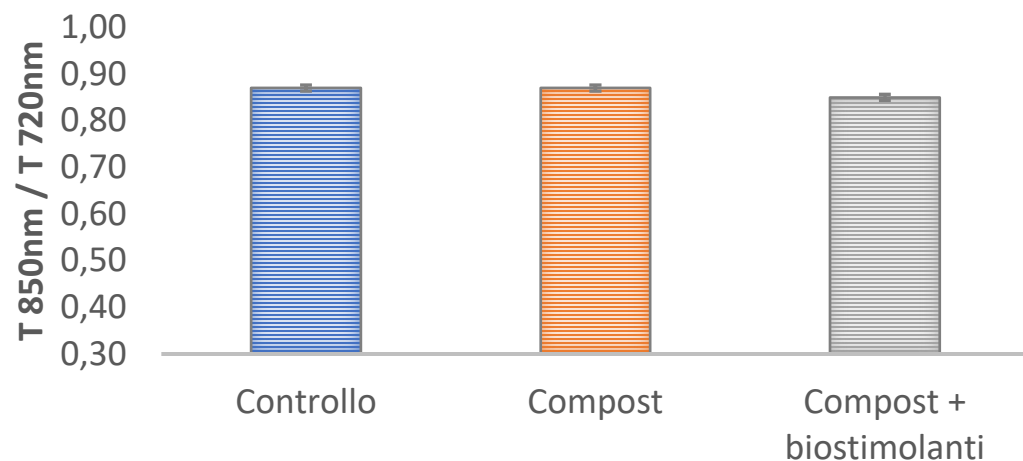
	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn	P
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Controllo	5,41	58,8	32,4	10,0	0,83	7,98	0,16	18,5	0,33
Compost	5,23	58,9	30,9	8,96	0,81	7,37	0,24	17,1	0,28
Compost + biostimolanti	4,88	50,5	34,6	9,14	0,76	7,02	0,21	14,7	0,27



Giugno 2023

Effetti sulla fisiologia vegetale - Girasole

CHLOROPHYLL CONTENT



Fase C - Prova in scala reale
– Monitoraggio su colture
agrarie (CNR-UNIFI)

	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn	P
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Controllo	11,5	16,8	81,0	39,8	2,52	89,1	0,26	49,9	0,45
Compost	10,5	12,6	83,0	49,7	2,08	83,7	0,23	47,2	0,43
Compost + biostimolanti	9,97	16,5	73,4	40,5	2,28	81,7	0,22	48,0	0,43



Giugno 2023

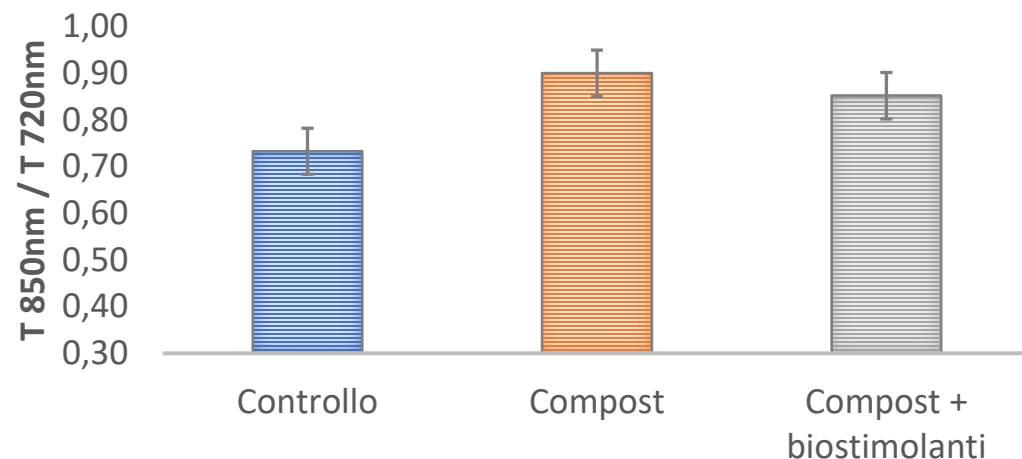




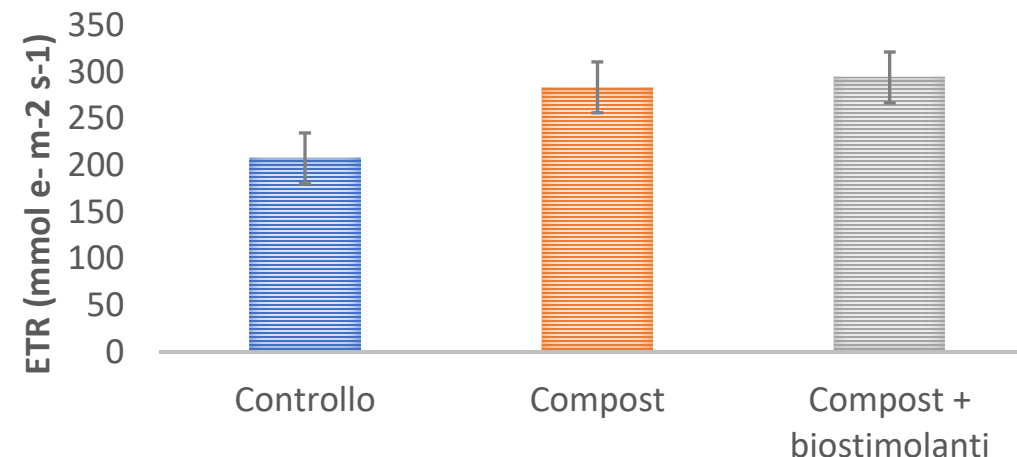
Fase C - Prova in scala reale
- Monitoraggio su colture agrarie (CNR-UNIFI)

Effetti sulla fisiologia vegetale - Cardo

CHLOROPHYLL CONTENT



ETR



	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn	P
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Controllo	10,2	10,2	66,7	36,5	2,14	44,2	6,33	57,3	0,34
Compost	11,1	13,0	78,5	42,0	2,40	51,8	5,10	59,8	0,31
Compost + biostimolanti	11,1	15,1	80,3	37,5	2,23	52,9	4,94	59,2	0,26



Settembre 2023

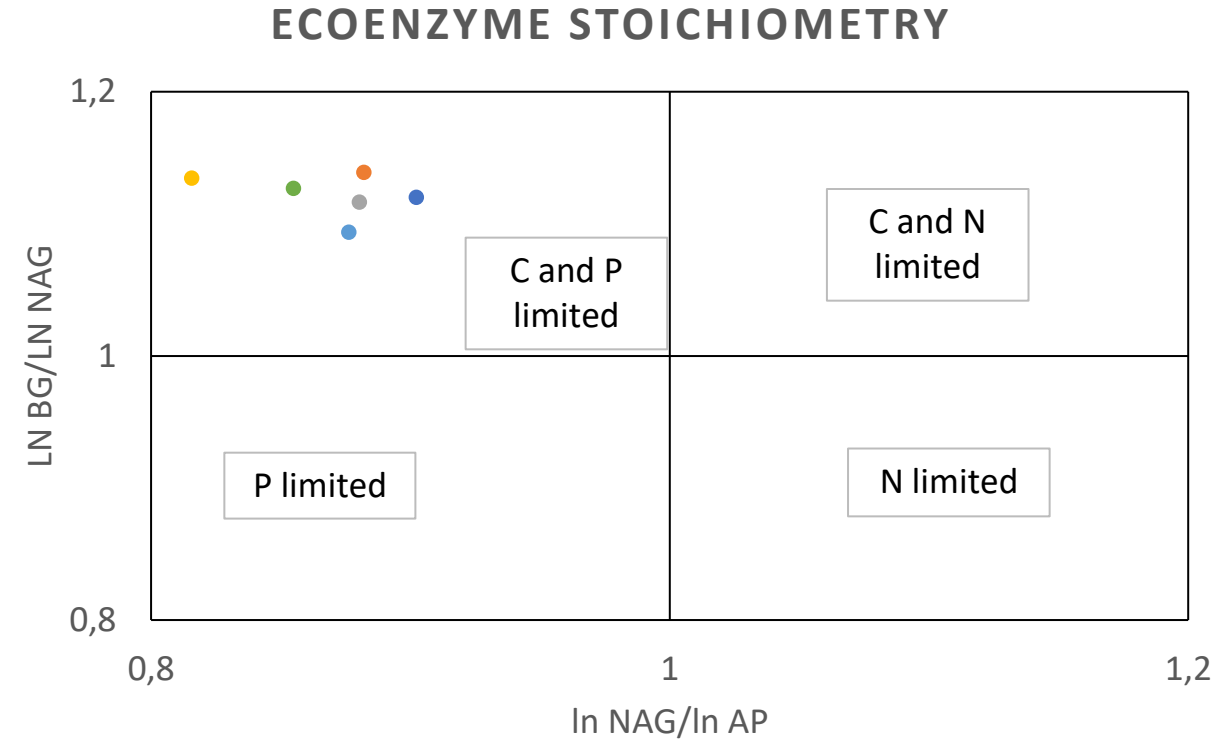
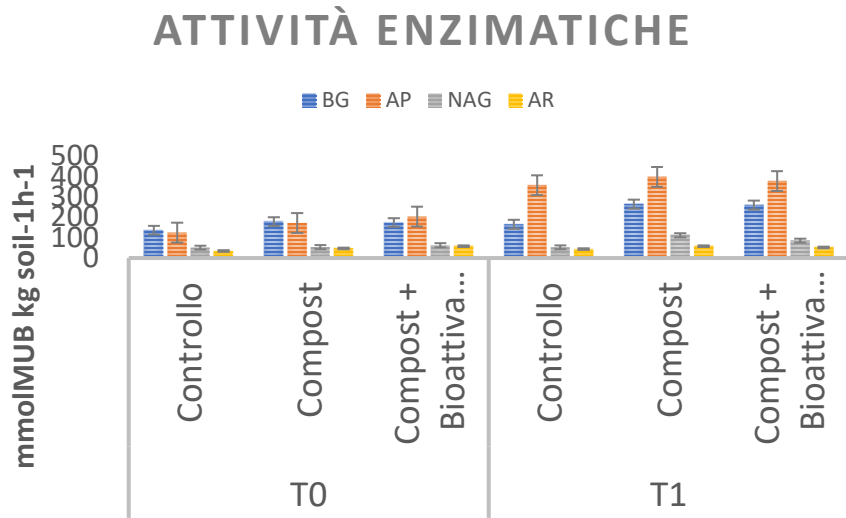


Attività enzimatiche suolo

Interazione cicli biogeochimici ed ecosistema microbico del suolo



Fase C - Prova in scala reale
- Monitoraggio su colture agrarie (CNR-UNIFI)



Rapporto 1:1:1 indica situazione di equilibrio

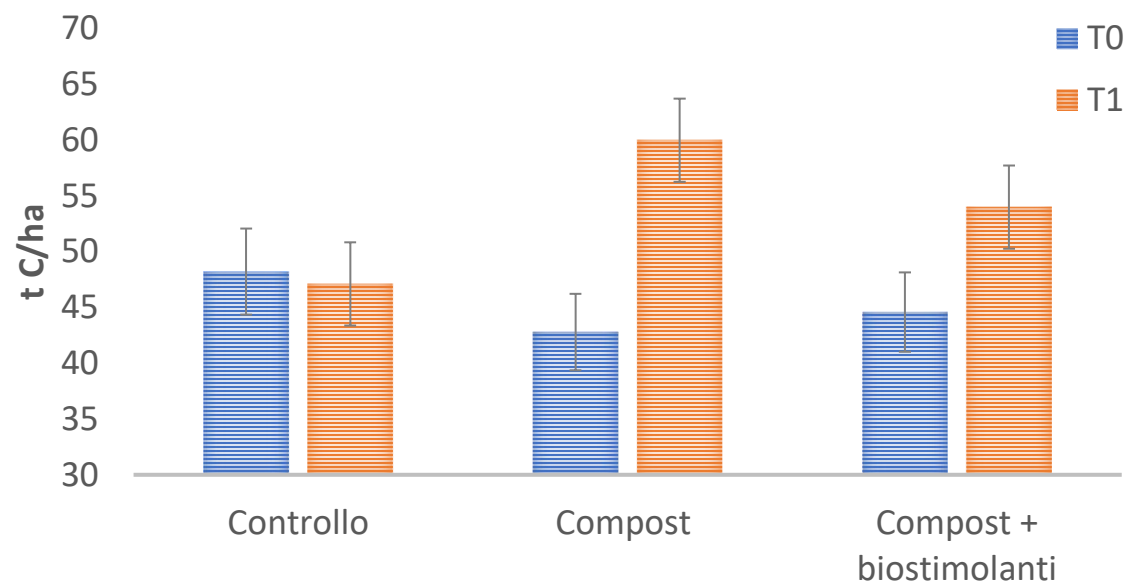
Maggiore resilienza terreni trattati con compost rispetto al controllo

- T0 Controllo
- T0 Compost
- T0 Compost + Bioattivatori
- T1 Controllo
- T1 Compost
- T1 Compost + Bioattivatori

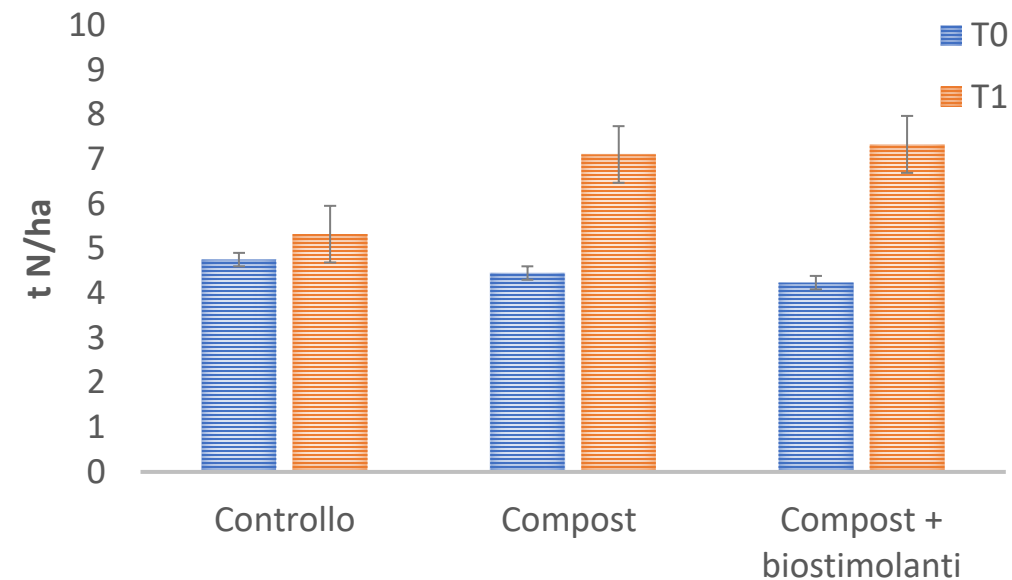


RISULTATI PROVA GIRASOLE

C STOCK



N STOCK



Conclusioni preliminari e Prossime attività

- Compost rispondente alle caratteristiche PFC 3A e CMC 3
- Prima campagna monitoraggio emissioni CO₂: terreni in linea con valori di letteratura - Respirazione molto bassa in tutti eccetto nei terreni già ammendati in precedenza
- Ottima risposta fisiologica delle specie vegetali monitorate
- Aumento stock C e N nel suolo (+ 15t C/ha in media nelle prove trattate con compost) – Valutazione POM e MAOM con tracciamento isotopico inizio e fine progetto
- Maggiore resilienza ecosistema suolo nei trattamenti con compost
- LCA e LCC in corso Descrizione scenari scelti



Il compost come opportunità per il carbon farming

Alia Multiutility toscana, insieme all'Università di Pisa ed al Cnr, illustra le prime valutazioni in merito al sequestro del carbonio su colture tipiche della realtà agricola toscana

Ti aspettiamo a **Ecomondo**:

08 | 11 | 2023
alle ore **15.00**

Padiglione: **D2**
Stand: **101**



Grazie per l'attenzione!

Canovai A.*, Morandi V.*, **Pecorini I.****,
Peruzzi E.***, Scartazza A.***, Scatena
M.***, Vannucchi F.***, Castagnoli
A.**, Pasciucco E.**, Pasciucco F.**

isabella.pecorini@unipi.it

eleonora.peruzzi@cnr.it

*Alia Servizi Ambientali S.p.a., Via Baccio da Montelupo 52, 50142 Firenze

**Università di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC), Via Gabba 22, 56122 Pisa

***Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri CNR-IRET Sede di Pisa, Via Moruzzi 1, 56124 Pisa