

Progetto: Risobiosystems - Progetto di ricerca, sviluppo e trasferimento a sostegno della risicoltura biologica - D.M. n. 67374 del 27/09/2018 contributi per progetti ricerca in agricoltura biologica MIPAAF.

Durata progetto: 36 mesi, 2017-2019

WP 5 – Coordinamento di reti a sostegno di iniziative di ricerca-azione successive al progetto

Sottotitolo: Attività 5.2. Modello agro-economico e scenari narrativi

Prodotto finale deliverable 5 B di progetto.

Documento di sintesi e di indirizzo comprendente le indicazioni relative alle strategie di sviluppo della risicoltura biologica, utili sia per la definizione di politiche di sviluppo, sia per la messa a punto di buone pratiche

Autori: F. Orlando, V. Vaglia e S. Bocchi, Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali (Dip. ESP), Università degli studi di Milano (UNIMI) Responsabile del WP5

Ringraziamenti

Gruppo di ricerca: Sumer Alali e Jacopo Bacenetti del Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali (Dip. ESP - UNIMI); Sara Vitalini e Marcello Iriti del Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia (DiSAA – UNIMI).

Gruppo risicoltori ed operatori del settore in Lombardia e Piemonte: Rosalia Caimo Duc, Alberto Fusar, Aldo Paravicini Crespi, Cristiana Sartori, Francesco Bergamasco, Elena Bianchi, Gianluigi Canesi, Mario e Daniel Valsesia, Giuseppe Gioio, Marco Fassone, Maria Paola di Rovasenda Biandrate, Carlo Murer, Maria Gabriella Di Calì, Gualtiero Freiburger.

Sommario

Introduzione.....	3
1 Le principali azioni	4
1.1 Monitoraggio delle agro-tecniche e dei sistemi di gestione per la risaia biologica.....	4
1.2 Identificazione e valutazione dei modelli di gestione: approccio metodologico	5
1.3 Implementazione degli scenari narrativi per la risicoltura biologica	8
1.4 Identificazione delle variabili del sistema colturale e degli indicatori.....	10
1.5 Quantificazione degli indicatori ambientali nei diversi scenari e proiezioni	13
2. I principali risultati.....	16
2.1 I modelli di gestione della risaia biologica.	16
2.1.1 Conclusioni modelli di gestione	26
2.2 Performance ambientali a scala di campo.....	28
2.2.1 Conclusioni a scala di campo	30
2.3 Performance ambientali a scala territoriale	46
2.3.1 Conclusioni a scala territoriale.....	49

Introduzione

Obiettivo: compiere una valutazione integrata dei sistemi risicoli biologici, basata sull'implementazione di possibili scenari e di indicatori atti a quantificare le performance agronomiche, ambientali ed economiche. Tale attività prevede la possibilità di implementare ed integrare i risultati anche con gli output provenienti dagli altri WP di progetto.

Piano di attività, presentato accorpando in macro-azioni le attività sinergiche ed integrative l'una dell'altra:

- a) Definizione delle variabili costituenti il sistema colturale e degli indicatori atti alla sua valutazione (azioni 5.2.1 e 5.2.2)
- b) Definizione di possibili scenari per il settore, mediante approccio partecipato (azioni 5.2.2 e 5.2.3)
- c) Quantificazione degli indicatori in base ai diversi scenari (azioni 5.2.2 e 5.2.4)
- d) Sintesi dei risultati e produzione di deliverables (azione 5.2.5).

Il presente report: espone le risultanze delle attività del WP 5.2, per il quale UNIMI ha condotto, sin dal 2016 (pre-avvio operativo del progetto), un ampio monitoraggio sulle agro-tecniche e strategie di gestione adottate con successo da risicoltori pionieri del biologico. Questo ha permesso di identificare i principali modelli di gestione, valutandone criticità e performance, attraverso l'approccio della ricerca partecipata proposto in agroecologia. Per ciascun modello di gestione sono stati calcolati indicatori ambientali e svolte proiezioni di performance in funzione di diversi scenari. Il dataset di indicatori ambientali può essere integrato insieme a quello di indicatori economici prodotto dal WP 2 in un modello agro-economico, atto ad effettuare stime a scala territoriale.

Per agevolare la lettura e comprensione il report è organizzato in due sezioni che trattano rispettivamente: 1) principali azioni, 2) risultati questi ultimi per ogni capitolo includono una parte di conclusioni.

1 Le principali azioni

1.1 Monitoraggio delle agro-tecniche e dei sistemi di gestione per la risaia biologica.

Nel triennio 2016, 2017 e 2018, sono stati effettuati monitoraggi in 10 aziende, biologiche o in conversione, tra le provincie di Vercelli (4 aziende) e Pavia (6 aziende). Annualmente, in ciascuna azienda, sono stati scelti un numero variabile di campi (1-3), in relazione alla gamma di pratiche di gestione e/o agrotecniche testate dall'agricoltore, per un totale di 50 risaie monitorate sul triennio. Per ogni campo sono state rilevate le rese a livello di campo e giudicata l'efficacia delle tecniche nel contenimento delle specie infestanti, adottando un approccio di ricerca partecipativa nell'ambito della rete multi-attore (vedi sezione 2.1 del deliverable WP 5.1).

La tabella 1 sottostante riporta alcune delle principali caratteristiche delle aziende monitorate.

Tabella 1 Scheda delle aziende monitorate. Legenda: ID = identificativo dell'azienda, Prov. = provincia (PV = Pavia, VC = Vercelli), Gender = genere dell'imprenditore (M = maschio / F = femmina), Anno = anno in cui l'azienda ha cominciato a testare l'agricoltura

ID	Pro.	Gender	Anno	SAU ha	Biologico % SAU	Riso % SAU	Varietà	Tessitura	Num. campi
1	PV	M	1976	476	100	29	Rosa Marchetti, Ronaldo, Baldo	Sabbioso-franca	6
2	PV	F	2006	106	100	30	Rosa Marchetti, Ronaldo, Loto	Franco-limoso	9
3	PV	M	2008	13	100	12	Ronaldo, Loto, Tondo cerere	Sabbioso-franca	3
4	PV	F	2008	29	100	24	Carnaroli, Ermes, Venere	Sabbioso-franca	5
5	PV	F	2016	103	100	18	Sant'Andrea, Baldo	Sabbioso-franca	6
6	PV	M	2016	210	14	40	Sant'Andrea	Franco-sabbioso	2
7	VC	M	2015	125	100	80	Rosa Marchetti, Pato	Limoso	6
8	VC	F	2015	82	100	46	Carnaroli	Franco-limoso	8
9	VC	M	2015	33	100	64	Rosa Marchetti	Franco-limoso	3
10	VC	M	2016	64	100	50	Rosa Marchetti, Carnise	Franco-limoso	2

Alcune considerazioni:

- significativa rappresentanza di imprenditoria femminile (4 aziende su 10)
- ampia variabilità nel grado di esperienza in biologico: 4 aziende su 10 sono biologiche almeno dal 2008, il restante ai primi stadi della transizione (1°, 2° o 3° anno di biologico)
- la maggior parte delle aziende è 100% biologica, eccetto una mista


- la percentuale di riso nelle aziende diminuisce con il progressivo ingresso delle rotazioni colturali, e quindi con gli anni di esperienza nel biologico, eccetto per i casi in cui il riso viene alternato ad annualità di terreno a riposo con erbaio.
- la tessitura dei suoli si contraddistingue tra i due areali, con una percentuale di sabbia superiore nel pavese, ed una percentuale crescente di limo nel vercellese.

1.2 Identificazione e valutazione dei modelli di gestione: approccio metodologico

L'approccio metodologico usato si basa sulla piramide di DIKW (Data-Information-Knowledge-Wisdom; Ackoff, 1989), spesso impiegata nel campo dei sistemi informatici e della gestione delle conoscenze. Infatti, come dimostrato in letteratura (Padel, 2001; Kroma, 2006; Ortolani et al., 2017), lo sviluppo dell'agricoltura biologica spesso si basa, anziché su un'innovazione di prodotto (i.e. definita "innovazione hardware", prerequisito: l'acquisto della tecnologia), su un'innovazione di sistema (i.e. definita "innovazione software", prerequisito: acquisizione di conoscenze per poter utilizzare l'innovazione).

L'innovazione di sistema si fonda sulla creazione di know-how: per poter usufruire efficacemente di innovazioni nella gestione del sistema agronomico, l'agricoltore deve acquisire prima conoscenza, attraverso esperienze proprie o altrui (i.e. attraverso la gestione adattativa; Shea, 2002; Bell, et al., 2008), così da essere in grado di modellare soluzioni agronomiche generali alle sito-specifiche peculiarità del contesto produttivo. Infatti, se spesso un'innovazione di prodotto (es. erbicida) ha la stessa valenza mostrando efficacia analoga in diverse situazioni, l'innovazione di sistema (es. combinazioni di piani di lavorazione del terreno con piani di irrigazione) risponde in maniera diversa alle caratteristiche e ai vincoli dati dall'azienda e dal pedo-climatiche, mostrando performance altamente variabili da caso a caso.

La generazione di innovazioni ad alta intensità di conoscenza di questo tipo non può prescindere dalla componente umana, e quindi dalla costituzione di sistemi di mutuo-apprendimento e condivisione di competenze-esperienze-conoscenze (Kroma, 2006; Méndez et al., 2015), fondati sulla collaborazione alla pari tra ricercatori ed agricoltori e sulla valutazione delle agrotecniche calata nella complessa realtà aziendale (i.e. ricerca partecipata ed innovazione dal basso; Carolan, 2006; Ingram, 2008; Lilja and Bellon' 2008). Di seguito si dettagliano le fasi percorse lungo la piramide di DIKW e gli strumenti relativi.

 **Dati:** *la descrizione delle parti del sistema* (i.e. fatti oggettivi, osservazioni elementari, misure; es. "alta incidenza di giavone"*).

Strumenti: interviste con gli agricoltori ed osservazioni-misure dirette, in tre periodi della stagione produttiva (es. maggio, luglio, settembre), con raccolta dati su: dimensioni dell'appezzamento, lavorazioni del terreno (tipologia, profondità, epoca), altre operazioni (es. diserbo meccanico, sistemazioni idraulico-agrarie, mantenimento degli argini, livellamento, semina di colture intercalari, etc.), irrigazioni (programmazione asciutte-sommersioni, altezza d'acqua), semina

(varietà, dose, modalità, epoca), altri input (trattamenti con prodotti ammessi), raccolto (quantità, epoca, umidità), consumi di gasolio e tempi delle principali operazioni.



Informazioni: *la comprensione delle relazioni tra le parti del sistema* (interpretazione o elaborazione dei dati finalizzate ad uno scopo, a rispondere alle domande Come? Perché?; es. “*a cosa è legata l’alta incidenza di giavone? ad una insufficiente quantità della biomassa pacciamante*”^{*}).

Strumenti: visite periodiche ai campi effettuate da gruppi misti di ricercatori ed agricoltori (**vedi Fig. 1**), in tre periodi della stagione produttiva (es. maggio, luglio, settembre), al fine di interpretare coralmemente i dati, e trovare il nesso tra: le performance osservate (i.e. rese in granella e densità di piante, incidenza di danni biotici dovuti a infestanti, patogeni/parassiti), le pratiche agronomiche (i.e. tipologia, modalità e tempi di applicazione), e le caratteristiche del contesto produttivo (i.e. andamento meteorologico, suolo, storico delle rotazioni, etc.).



Conoscenza: *la comprensione del funzionamento e del comportamento del sistema nel suo complesso* (dati ed informazioni vengono integrate con le esperienze e conoscenze pregresse provenienti da fonti multiple, arrivando così alla definizione delle possibili azioni, ovvero generando know-how; es. “*nel miscuglio della cover crop il rapporto L. multiflorum / vecchia deve essere aumentato per ottenere maggior biomassa pacciamante in grado di contenere efficacemente il giavone*”^{*}).

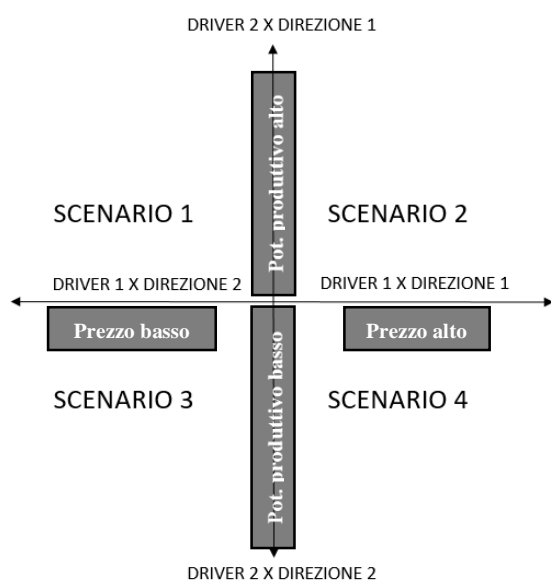
Strumenti: incontri plenari e tavoli di lavoro inclusivi della rete di ricerca partecipata (vedi deliverable WP 5.1.), svolti prima dell’inizio della stagione produttiva, durante e a conclusione, dopo i raccolti. Nel corso degli incontri, dati e informazioni sono mostrati in forma schematica, e documentati con il supporto di video e foto, promuovendo il dibattito e la condivisione di opinioni ed intuizioni, favorendo la connessione tra quanto emerso durante il monitoraggio e le preesistenti esperienze e conoscenze. Grazie a questa attività, i principi funzionali alla base delle strategie di gestione della risaia biologica sono stati identificati e l’analisi SWOT (punti di forza, debolezze, opportunità, minacce) è stata implementata per le principali strategie di gestione.



Figura 1 L'immagine raggruppa diverse fotografie di visite periodiche ai campi effettuate da gruppi misti di ricercatori ed agricoltori fra 2017 e 2019.

1.3 Implementazione degli scenari narrativi per la risicoltura biologica

L'implementazione degli scenari narrativi è avvenuta tramite approccio partecipato con la rete multi-attore, identificando i driver che hanno guidato il cambiamento aziendale (inteso come riassetto aziendale, diversificazione produttiva, cambio di indirizzo, etc.) nell'area di studio, ad oggi e nel passato. Dalla combinazione dei due driver principali, associati ai relativi driver secondari, nascono così 4 principali scenari, secondo lo schema illustrato nella figura 2.



Driver secondari del cambiamento:

- contributi PAC e PSR
- mercati-filiera anche per i prodotti in rotazione
- tutela dalle importazioni
- forbice dei prezzi tra biologico e convenzionale
- accordi di filiera a lungo termine
- bacino di domanda
- efficacia dei sistemi di controllo (OdC)
- distorsioni di mercato per le frodi
- tracciabilità sulla filiera
- fiducia e orientamento dei consumatori
- formazione ed assistenza tecnica agli agricoltori
- investimenti pubblici e privati in R&S per il settore
- accesso a varietà selezionate e/o atte al biologico
- messa a punto di macchine ad-hoc per il biologico

Figura 2 Schema per la creazione degli scenari narrativi

Driver principali di cambiamento:

- **Prezzo** di vendita del riso biologico (Fig. 2: **asse delle X**)
- **Innovazione & know-how** per i risicoltori biologici, che si traducono in un incremento o meno del **potenziale produttivo** (Fig. 2: **asse delle Y**)



Scenario 1 – Scenario intermedio: *prezzo basso & potenziale produttivo alto* - “**Espansione delle produzioni di riso biologico**”.

Il prezzo di vendita del riso biologico diminuisce a causa di un'espansione significativa dell'offerta. Le produzioni sono supportate dalla diffusione di agrotecniche, mezzi tecnici sviluppati ad-hoc, ed azioni di formazione e supporto agli agricoltori. La crescita del settore su questo fronte (ingresso nuovi operatori, aumento delle superfici coltivate e dei volumi prodotti), risulta sovradimensionata

però alla domanda. Il trend dei consumi, e quindi la sensibilità dei consumatori verso temi “cibo-ambiente” e la propensione all’acquisto di prodotti biologici, rimane infatti invariata. Se da un lato, la forbice dei prezzi con il convenzionale, per il calo dei prezzi per il biologico, dall’altro la transizione al biologico porta meno rischi d’impresa ed incertezze rispetto al passato.



Scenario 2 – Scenario positivo: *prezzo alto & potenziale produttivo alto* - “**Espansione di produzioni e consumi di riso biologico**”.

L’azione efficace delle politiche per il settore porta allo sviluppo di innovazione e know-how, consentendo, parimenti allo scenario 1, l’ottenimento di rese potenziali superiori per il riso biologico, e quindi incentivando l’ingresso di nuovi operatori, con l’espansione di superfici e produzioni. In questo caso, contrariamente allo scenario 1, però, l’aumento dell’offerta è controbilanciata da un incremento e diversificazione della domanda, e pertanto non si verificano riduzioni dei prezzi di vendita. I consumatori hanno sempre maggior propensione a spendere una quota crescente del loro budget per prodotti alimentari, mostrano un’aumentata sensibilità verso i temi cibo-ambiente e la richiesta crescente di prodotti gluten-free e lattosio-free (es. gallette e bevande a base di riso). Si aprono nuove prospettive di mercato per il biologico sia localmente (es. ristorazione pubblica, filiere corte, e-commerce), sia a livello internazionale, con la promozione del riso biologico “Made in Italy” attraverso mirate politiche di marketing.



Scenario 3 – Scenario negativo: *prezzo basso & potenziale produttivo basso* - “**Collasso del settore**”.

In assenza di misure efficaci, per contrastare le distorsioni di mercato, dovute ai fenomeni di frode e alle importazioni estere, si verifica un crollo dei prezzi per il riso biologico, esacerbato anche dalla perdita di fiducia ed interesse da parte dei consumatori nei confronti del prodotto. Il livello di produttività raggiunto dai pionieri del settore non subisce incrementi, mancando supporto agli agricoltori da parte di tecnici esperti e alla ricerca & sviluppo di innovazione. La bassa produttività e valore di mercato non coprono quindi i rischi legati alla aleatorietà delle produzioni biologiche, portando ad un progressivo abbandono degli operatori e una crisi generalizzata per il settore.



Scenario 4 – Scenario intermedio: *prezzo alto & potenziale produttivo basso* - “**Produzioni e consumi di nicchia**”.

Da un lato non vengono messe in atto misure efficaci per il potenziamento della produttività del riso biologico, con l’assenza di programmi per lo sviluppo di innovazione, da parte di enti pubblici e privati. Dall’altro, però, il prodotto continua a trovare riscontro positivo tra alcune tipologie di consumatori, premiando gli sforzi e rischi sostenuti dai pionieri del settore, attraverso piattaforme di vendita diretta ed accordi di filiera vantaggiosi, in grado di valorizzare le produzioni. Prezzi

maggiori vengono anche sostenuti da efficaci azioni perpetuate dalle istituzioni a contrasto delle frodi, con l'eliminazione delle relative distorsioni dei prezzi. Nonostante questo, pochi imprenditori si avventurano nel rischio d'impresa che il passaggio al biologico comporta e il settore rimane su un mercato di nicchia.

1.4 Identificazione delle variabili del sistema colturale e degli indicatori

Grazie alle attività della sezione 2.1 e 2.2, i modelli di gestione della risaia biologica sono stati identificati e caratterizzati nelle loro diverse componenti. Per ciascuno è stato costruito un database contenente:

- ✓ sequenza e tipologia delle operazioni (es. lavorazioni, semine, etc.)
- ✓ piano di gestione dell'acqua (i.e. calendario sommersioni - asciutte)
- ✓ input produttivi (es. gasolio, semente).

Il database ha fornito i dati in input per stimare l'impatto ambientale della risaia biologica, attraverso la metodologia LCA (Life Cycle Assessment) e l'impiego di software dedicato, con il calcolo dei seguenti **indicatori ambientali** per categoria d'impatto:

- ✓ Climate change = kg CO₂ eq
- ✓ Ozone depletion = kg CFC-11 eq
- ✓ Human toxicity, non-cancer effects = CTUh
- ✓ Human toxicity, cancer effects = CTUh
- ✓ Particulate matter = kg PM_{2.5} eq
- ✓ Ionizing radiation HH = kBq U235 eq
- ✓ Ionizing radiation E (interim) = CTUe
- ✓ Photochemical ozone formation = kg NMVOC eq
- ✓ Acidification = molc H⁺ eq
- ✓ Terrestrial eutrophication = molc N eq
- ✓ Freshwater eutrophication = kg P eq
- ✓ Marine eutrophication = kg N eq
- ✓ Freshwater ecotoxicity = CTUe
- ✓ Land use = kg C deficit
- ✓ Water resource depletion = m³ water eq
- ✓ Mineral, fossil & ren resource depletion = kg Sb eq

Le figure 3 e 4 di seguito dettagliano schematicamente la metodologia LCA impiegata per la stima degli indicatori ambientali.

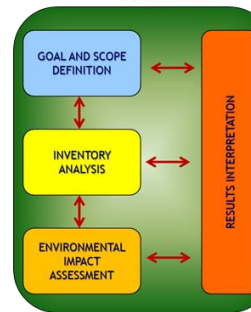


LCA PER LA STIMA DEGLI IMPATTI AMBIENTALI: l'impronta di carbonio e idrica



ISO14040, 14044: Metodologia di analisi definita da specifiche norme ISO. Considerando l'intero ciclo di vita del prodotto prevede l'elencazione dei flussi di massa e di energia che caratterizzano il sistema studiano in un set di indicatori ambientali numerici

- Originariamente messo a punto per processi industriali
- + può essere applicato ai processi più disparati
- + è utilizzata e accettata a livello internazionale



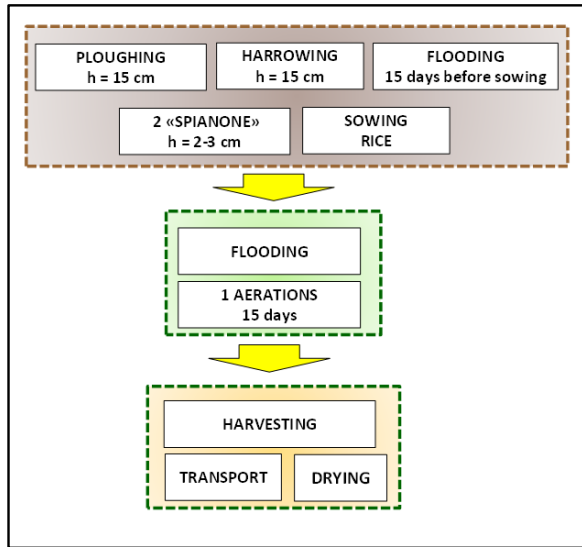
UF = unità di riferimento a cui vengono riferiti i risultati e che deve esprimere la funzione principale del processo produttivo considerato e garantire (il più possibile) la comparabilità dei risultati con studi precedentemente condotti



Confini del Sistema: “dalla culla al cancello aziendale”, nell’analisi sono stati considerati tutti i processi che intercorrono dalla produzione dei fattori produttivi impiegati fino all’essiccazione del risone passando dalle diverse operazioni colturali. Sono quindi escluse le operazioni di lavorazione del risone così come quelle di distribuzione e uso del riso.



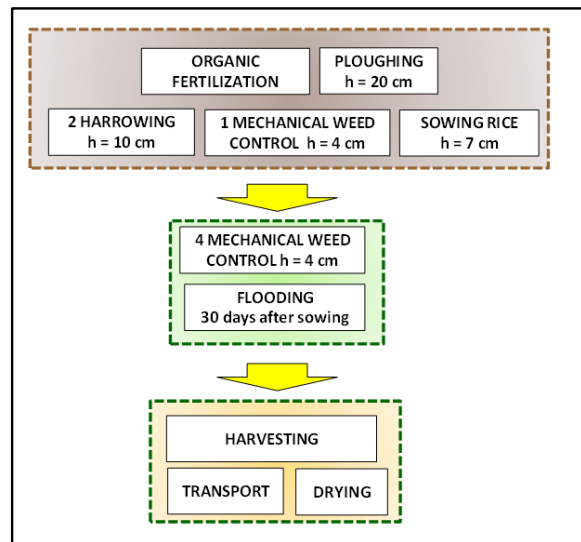
Figura 3 Descrizione sintetica del metodo impiegato per il calcolo di indicatori ambientali



Contenimento delle infestanti attraverso **diserbo meccanico in acqua** con l'uso di macchine da lavorazione minima



Contenimento delle infestanti attraverso **diserbo meccanico in asciutta con strigliatore**



Contenimento delle infestanti attraverso l'impiego della **pacciamatura verde** ottenuta da cover crop

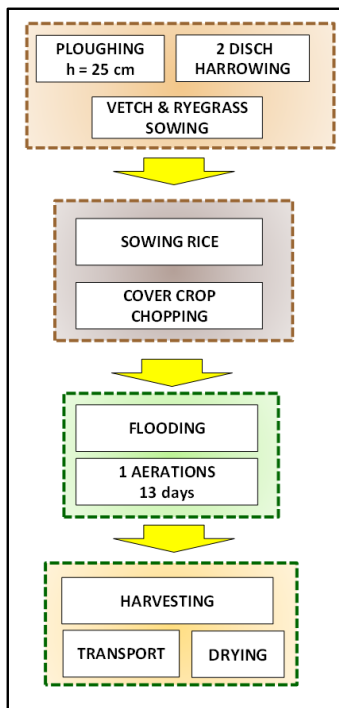


Figura 4 Esempi di diagrammi di flusso (operazioni ed input) implementati per l'LCA su tre modelli di gestione



Sinergia con le attività degli altri WP: per quanto riguarda gli indicatori economici questi sono stimati da parte del WP2. Una volta che i valori ambientali ed economici vengono associati ad ogni modello di gestione, le informazioni possono essere integrate in un modello *agro-economico*, assieme agli scenari narrativi della sezione 1.3. La struttura prototipale del modello agro-economico è stata impostata attraverso software GAMS, ma è in attesa di ulteriore definizione dell'architettura ed implementazione con dati in input, in relazione alla fase di valutazione economica. Il modello consentirà di simulare le scelte delle aziende sulla base della massimizzazione del “gross margin” nei diversi scenari, e in parallelo stimare le ricadute ambientali dal punto di vista ambientale di tali scelte. Non essendo ad oggi però disponibile il dataset necessario di indicatori economici, nel presente report si riportano proiezioni alternative fatte su due scenari ipotizzati, come descritto nella sezione 1.5.

1.5 Quantificazione degli indicatori ambientali nei diversi scenari e proiezioni

Le proiezioni sono state valutate senza tener conto degli aspetti economici, e quindi considerando:

- i) solo indicatori di performance ambientali, riferiti all'unità funzionale 1 ton di risone (sezione 1.4),
- ii) solo uno dei due driver di cambiamento (sezione 1.3; i.e. “Innovazione & know-how, tradotto in potenziale produttivo”; Fig. 2 Asse Y), escludendo “Prezzo di vendita” (Fig. 2 Asse X), non essendo il valore degli indicatori ambientali influenzato dalle fluttuazioni di prezzo, bensì da quelle di produttività (i.e. Emissioni di CO₂eq. per ton di riso).

Pertanto, gli indicatori ambientali sono stati valutati in due “coppie di scenario”:

- “**Scenario Migliorativo**” (Scenario 1 + 2): potenziale produttivo incrementato da sviluppo di innovazione & know-how
- “**Scenario Stazionario**” (Scenario 3 + 4): potenziale produttivo invariato in mancanza di azioni target; rinominato



Sinergia con le attività degli altri WP: i potenziali produttivi da associare ai due scenari sono stati stimati sulla base degli intervalli di resa risultanti dal monitoraggio triennale (2016-2018, sezione 1.1, 1.2) condotto da UNIMI su una popolazione campionaria di 50 risaie, in attesa del quadro onnicomprensivo in corso di elaborazione da parte degli altri WP.

La popolazione campionaria mostra distribuzione normale (Fig. 5), con i seguenti quartili (Fig. 6):

- ✓ Q1: rese basse, proprie dei primi anni di conversione e dovute a grossi errori di gestione e nell'applicazione o scelta delle agro-tecniche
- ✓ Q2: rese intermedie, le più frequenti, ovvero vicine alla mediana della distribuzione normale

- ✓ Q3: rese alte, spesso frutto dell'introduzione graduale delle rotazioni e dell'incremento del know-how dell'agricoltore nell'applicazione puntuale e tempestiva delle pratiche agronomiche.

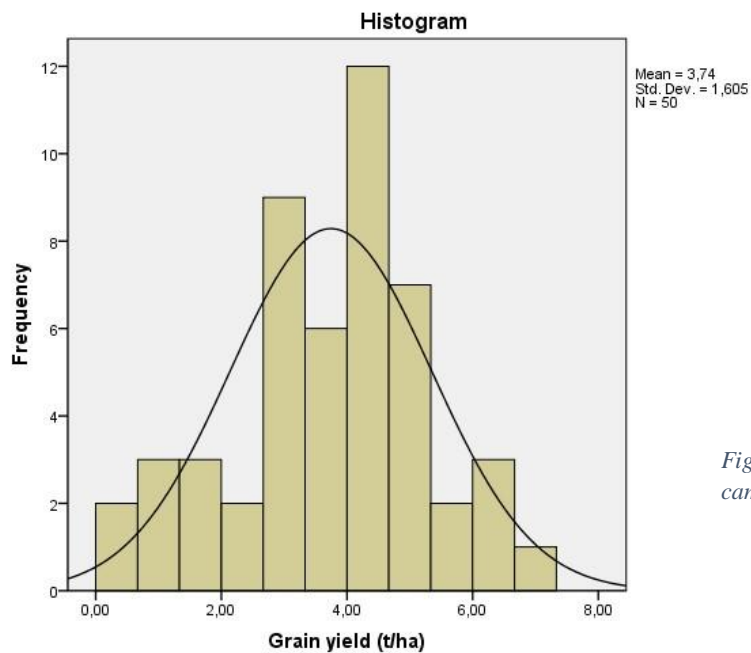


Figura 5 Distribuzione di frequenza della popolazione campionaria (t/ha risone al 14% di umidità)

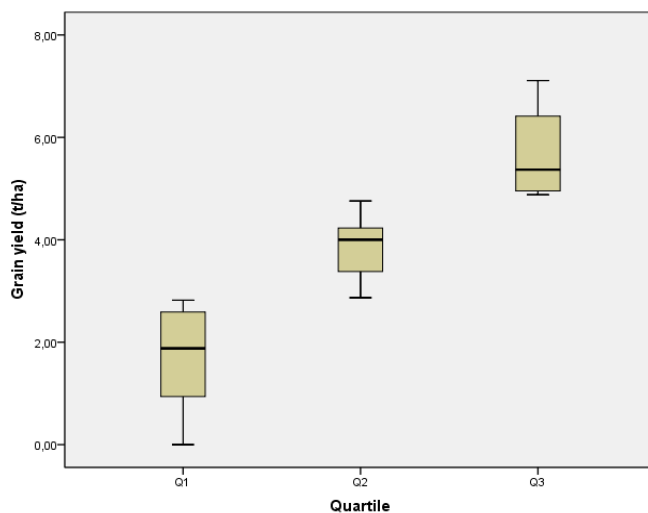


Figura 6 Box plot sui tre quartili della popolazione campionaria (t/ha risone al 14% di umidità)

Allo **Scenario Stazionario** è stata associata la media del **Q2** (3.9 t/ha), ipotizzando che i livelli di rendimento intermedi, raggiunti ad oggi dagli agricoltori pionieri del riso biologico, prevalentemente attraverso dinamiche di “botton-up innovation” (innovazione dal basso) e approcci “self-help” (auto-aiuto) e “trial-and-error” (per tentativi ed errori), possano essere gli stessi ottenibili in uno scenario esente da azioni mirate per lo sviluppo di innovazione, formazione e supporto tecnico.

Allo **Scenario Migliorativo** è stata associata la media del **Q3** (5.65 t/ha), ipotizzando che, sotto la spinta di azioni target (es. tecnici esperti, macchinari ad-hoc, varietà competitive, etc.), il potenziale produttivo del settore possa allinearsi a quello osservato per le risaie “migliori”, frutto dell’esperienza e perfezionamento delle pratiche da parte degli agricoltori.



A scala di campo: gli indicatori ambientali sono stati valutati sui due scenari e calcolati per 4 diversi modelli di gestione prevalenti ottenendo 8 proiezioni.



A scala territoriale: anche in assenza del modello agro-economico implementato con input economici per l’esecuzione delle simulazioni, sono state comunque valutate delle proiezioni a partire da:

- i vincoli territoriali all’adozione dei 4 diversi modelli di gestione
- una percentuale di conversione al biologico plausibile con gli scenari associati.

2. I principali risultati

2.1 I modelli di gestione della risaia biologica.

Le **strategie** più promettenti per garantire le migliori performance dei sistemi biologici in risicoltura sono rivolte principalmente al contenimento delle specie infestanti in assenza di diserbo chimico.

Sono state individuate a tal riguardo tre strategie principali, contraddistinte tra loro da diversi principi funzionali e caratterizzate al loro interno da una certa gamma di varianti:



A) Diserbo meccanico in asciutta: falsa semina con l'ausilio dell'erpice strigliatore, associata a semina interrata (varianti legate al numero di strigliature, decise caso per caso in base all'incidenza di malerbe). La descrizione della tecnica è rappresentata nella scheda 1.



B) Diserbo meccanico in acqua: falsa semina con l'ausilio di lavorazione minima in acqua con destrutturazione dello strato superficiale del suolo, associata a semina a spaglio (varianti legate al tipo di macchinario usato per i passaggi in acqua). La descrizione della tecnica è rappresentata nella scheda 2.



C) Pacciamatura verde: uso di un erbaio intercalare, sulla cui biomassa avviene la semina del riso a spaglio (**c1**) o a file su sodo con seminatrice da frumento (**c2**) (altre varianti legate al trattamento della biomassa; alla tipologia di erbaio; ai tempi per il suo abbattimento, alla gestione dell'acqua). La descrizione della tecnica è rappresentata nella scheda 3.

Tali strategie non sono però da intendersi come nettamente distinte. Gli agricoltori, nell'ambito della *gestione adattativa* della risaia, possono impiegare il principio funzionale di una strategia, come anche una combinazione tra questi (es. A+B; C+B). Nel triennio di monitoraggio si è assistito ad un affinamento progressivo delle pratiche, non nella direzione di una convergenza di agrotecniche, ma piuttosto nella direzione di un *adattamento sito-specifico* al contesto produttivo, risultante nella generazione di una *gamma ampliata di varianti o agro-tecniche* tra cui scegliere in corso d'opera, secondo le esigenze della stagione e le peculiarità del sito.

N.B. Prerequisito per tutti i modelli di gestione è l'eliminazione della mono-successione, e quindi l'alternanza di riso con annate di terreno a riposo con erbaio o con la coltivazione di altre colture, tra cui specie miglioratrici.

La figura 7 mostra i margini inerbiti di una risaia biologica e campo di riso soggetto a modello C (pacciamatura verde)



Figura 7 Margini inerbiti di una risaia biologica e campo di riso soggetto a modello C (pacciamatura verde)

SCHEDA 1

A) Diserbo meccanico in asciutta



Questa strategia si basa sulla ben nota tecnica della falsa semina (Ferrero, 2003). La preparazione del letto di semina con erpice favorisce la germinazione di infestanti, che successivamente vengono rimosse tempestivamente prima della loro radicazione con l'ausilio dello strigliatore (2-7 passaggi in funzione dell'incidenza di malerbe). Lo strigliatore si presenta come una macchina leggera e dai bassi consumi rispetto ad un erpice tradizionale, che "rastrella" i primi centimetri di suolo (3-4 cm). A questo modello di gestione si associa la semina in asciutta a file interrate. Il riso viene seminato ad una profondità di oltre 4 cm (fino a 6-7), in funzione della tessitura (i.e. semine più profonde in caso di terreni sciolti e sabbiosi).

Questo consente l'azione dello strigliatore anche in post-semina, prima dell'emergenza del riso. Passaggi post-semina possono essere eseguiti anche in post-emergenza ma solo entro una ristretta finestra temporale onde evitare danni alla coltura, ed aumentando la distanza tra i denti dello strigliatore (i.e. le piante di riso devono essere abbastanza ancorate al suolo, per non essere eradicte insieme alle infestanti, da un lato, ma non devono aver lamine fogliari ben sviluppate per evitare il loro danneggiamento). Segue, pertanto, un periodo di asciutta post-semina per consentire l'ingresso della macchina, protratto per la durata di 20-30 giorni.



Livello di innovazione: Se da un lato, l'uso dello strigliatore per la coltivazione del riso rappresenta una novità per gli areali europei, dall'altro, la letteratura scientifica sull'argomento parla dell'uso di strigliatori "indigeni" o "realizzati-disegnati localmente" (Verma and Dewangan, 2006; Pande et al. 1994; Calilung, 1985) nelle aree risicole asiatiche caratterizzata da un'agricoltura poco industrializzata.



Aspetti chiave: questa tecnica si è dimostrata idonea in caso di terreni sciolti, con una buona percentuale di sabbia, quali quelli presenti nell'areale lombardo (i.e. Lomellina, Pavese), mentre si è mostrata inadeguata su suoli pesanti, con crescenti percentuali di limo e argilla, caratteristici dell'areale Piemontese (i.e. Baraggia, Vercellese). D'altro canto, rappresenta una delle uniche tecniche applicabili con successo in caso di fornitura idrica vincolata (tempistiche stabilite dal calendario del consorzio di bonifica), poiché la tempestività nella modulazione dei cicli di sommersioni ed asciutte è meno fondamentale rispetto ai modelli B e C. Altro punto di forza è rappresentato dall'investimento nell'acquisto di un macchinario, quale lo strigliatore, poi impiegabile con successo per le altre colture di asciutta inserite in rotazione. Questo modello di gestione può comportare consistenti posticipi dell'epoca di semina. Inoltre, in caso di piogge persistenti, l'ingresso dello strigliatore in campo, e quindi la sua efficacia, possono essere compromessi: tra gli aspetti chiave, infatti, vi è la tempestività delle operazioni, che devono essere svolte prima del radicamento delle giovani plantule. Un altro punto critico è l'individuazione della giusta profondità di semina per il riso, che va stabilita caso per caso dall'agricoltore, in base alla tessitura e al grado di affinamento del terreno.

SCHEDA 2

B) Diserbo meccanico in acqua



Questa strategia si basa su operazioni di falsa semina con erpice, seguite da un periodo di *sommersione pre-semina*, al fine di favorire l'emergenza delle specie acquatiche. Le infestanti vengono rimosse con diversi tipi di macchinari (ex novo, es. rotolama, Valsesia et al., 2009; modifiche su macchine preesistenti, spianone modificato; uso di macchine formulate per altri scopi o in disuso, fresa coreana, erpice vasino). Queste macchine *lavorano in acqua o su suolo saturo*, interessando i primi centimetri (3-5 cm). Le giovani piante vengono eradicte e salgono a galla, venendo poi allontanate insieme alle acque di scarico. Queste operazioni sono associate a cicli brevi di sommersioni ed asciutte o a variazioni nell'altezza d'acqua di

sommersione. Solitamente due settimane prima della semina la risaia viene sommersa ed in questo periodo avvengono almeno due passaggi di lavorazione in acqua, intervallati tra loro da una breve asciutta o dall'abbassamento dell'altezza d'acqua.



Livello di innovazione: questo modello di gestione affianca il ben noto principio del diserbo meccanico, il così detto effetto "puddling" (i.e. miscela di terra e acqua, fango). La letteratura riporta effetti positivi del "puddling" nel controllo delle infestanti (Ponnamperuma, 1981; Bhagat et al., 1996; Sharma and Datta, 1985; Sureshkumar et al., 2016). La lavorazione su terreno saturo porta, infatti, alla destrutturazione dei primi centimetri di suolo, creando un fango entro il quale le plantule restano intrappolate, e generando condizioni anaerobiche che uccidono i giovani germogli e ritardano la germinazione dei semi (Bhagat et al., 1996). È una tecnica abitualmente adottata in risicoltura nelle regioni tropicali, dove viene però utilizzata principalmente per creare uno strato di soffice fango atto al trapianto del riso, e ridurre la percolazione (attraverso destrutturazione e compattamento del suolo), risultando in un modello di gestione altamente energivoro e basato su lavorazioni profonde in acqua con aratro o erpice. Invece, nell'area di studio, il principio del "puddling" viene mirato al controllo delle infestanti e si basa su macchinari innovativi e da minimum tillage, spesso frutto dell'ingegno degli agricoltori.



Aspetti chiave: questa tecnica si è dimostrata idonea là dove è consentita un'oculata e tempestiva regolazione nell'altezza e nei tempi di sommersione (i.e. gestione libera della fornitura idrica). Risulta efficace su suoli caratterizzati da scarso drenaggio ed alta percentuale di limo, che favorisce la destrutturazione dei primi centimetri e l'effetto "puddling". Per questo è impiegata prevalentemente nell'areale Piemontese (i.e. Baraggia, Vercellese), dove viene spesso alternata al modello C (anni alterni), piuttosto che nell'areale Lombardo. A tal riguardo, nel Pavese, il principio "puddling" è stato ripreso ed integrato al modello C, "pestando" la pacciamatura verde a terreno saturo (strato di fango e biomassa vegetale). In generale, questo modello di gestione è il meno diffuso, a causa dell'investimento in macchinari non reimpiegabili per colture in asciutta, e per l'incerta efficacia, dipendente dalle peculiarità pedologiche sito-specifiche. Altro fattore è lo scarso livello di sviluppo di macchinari ad-hoc da parte di ditte specializzate.

SCHEDA 3

C) Pacciamatura verde



Questa strategia si basa sull'uso di una coltura intercalare (cover crop), composta in primis da un miscuglio di graminacee (i.e. *Lolium multiflorum* Lam.) e leguminose (es. veccia). La semina del riso avviene direttamente sull'erbaio che non viene sovesciato. In tempi variabili (dopo la semina: **c1**; dopo un'asciutta prolungata: **c2**) la biomassa della cover crop viene abbattuta e sommersa, innescando fenomeni fermentativi più o meno intensi, interrotti successivamente con un'asciutta di 10-14 giorni o cicli più brevi di asciutte e sommersioni ed il conseguente ricambio d'acqua.



Sinergia con le attività degli altri WP: in parallelo alla ricerca partecipata condotta da UNIMI sulle realtà aziendali, questo modello è stato valutato su parcelle sperimentali anche da altre U.O. di progetto, con risultati integrativi e complementari a quanto di seguito descritto.

Nel corso del triennio di monitoraggio, il modello di gestione della pacciamatura verde è stato declinato dagli agricoltori in numerose varianti allo scopo di definire soluzioni sito-specifiche adattate alle peculiarità dei diversi ambienti di coltivazione. Il sistema ha mostrato ampia risposta (variazioni di produttività) a piccole variazioni nei tempi e modalità delle principali operazioni. Gli aspetti soggetti a variante hanno riguardato:

- dose e tipologia di specie per la cover crop (es. rapporto graminacee/leguminose; *L. multiflorum* in purezza o in miscuglio; quantità risultante di biomassa)
- modalità ed epoche di semina del miscuglio (es. a spaglio, a file; semina a fine estate o tardiva),
- trattamento della biomassa (es. allettata, trinciata, parzialmente asportata e pestata)
- epoca e durata di sommersioni ed asciutte,
- modalità di semina del riso (a spaglio: **c1**; o a file su sodo: **c2**).

La cover crop svolge funzione di contenimento delle infestanti attraverso molteplici principi funzionali:

1. **competizione** (per acqua, luce e nutrienti) svolta dall'erbaio durante il suo ciclo, nei confronti delle potenziali specie infestanti;

2. **effetto pacciamante** della biomassa abbattuta, il così detto green mulching, il cui ruolo nel contenimento delle infestanti è ampiamente studiato in letteratura;
3. **interazioni allelopatiche** tra le specie della cover crop e le specie infestanti (i.e. una specie, mediante svariati meccanismi, inibisce o rallenta lo sviluppo di un'altra specie), come suggerito dai risultati di sperimentazioni in ambiente controllato condotte da UNIMI sulla coppia *L. multiflorum* (loietto) - *Echinochloa oryzoides* (giavone);
4. **tossicità degli acidi organici** generati dalla fermentazione della biomassa pacciamante sommersa.

Per quanto riguarda in particolare l'ultimo meccanismo d'azione (4), è da sottolineare come l'ambiente delle fermentazioni sia nocivo sia per il riso che per le specie invasive, sebbene quest'ultime sembrino mostrare maggiore sensibilità rispetto al riso. Un'eccessiva fermentazione può però condurre ad una bassa densità di piante con ridotto investimento finale, e ripercussioni sulla resa. Gli sforzi degli agricoltori, alla base del ventaglio di varianti, sono proprio in questa direzione: ottimizzare l'uso della cover crop minimizzando l'impatto delle fermentazioni sul riso, e quindi riducendo intensità e durata del processo.



Aspetto comune a tutti i modelli (A, B, C): attualmente viene impiegata una dose di seme tendenzialmente superiore rispetto ai sistemi convenzionali, per ovviare alle perdite che le azioni per il contenimento delle infestanti possono comportare anche per il riso.

Nelle figure 8-9-10-11 che seguono si riportano rappresentazioni schematiche di alcune delle **varianti testate** in azienda dagli agricoltori nel corso del triennio per il modello C: *alcune delle quali sono rimaste a livello di prova sperimentale, ed altre invece si sono affermate nel tempo e diffuse tra le aziende per la loro funzionalità.*

VARIANTI PER LA COVER CROP

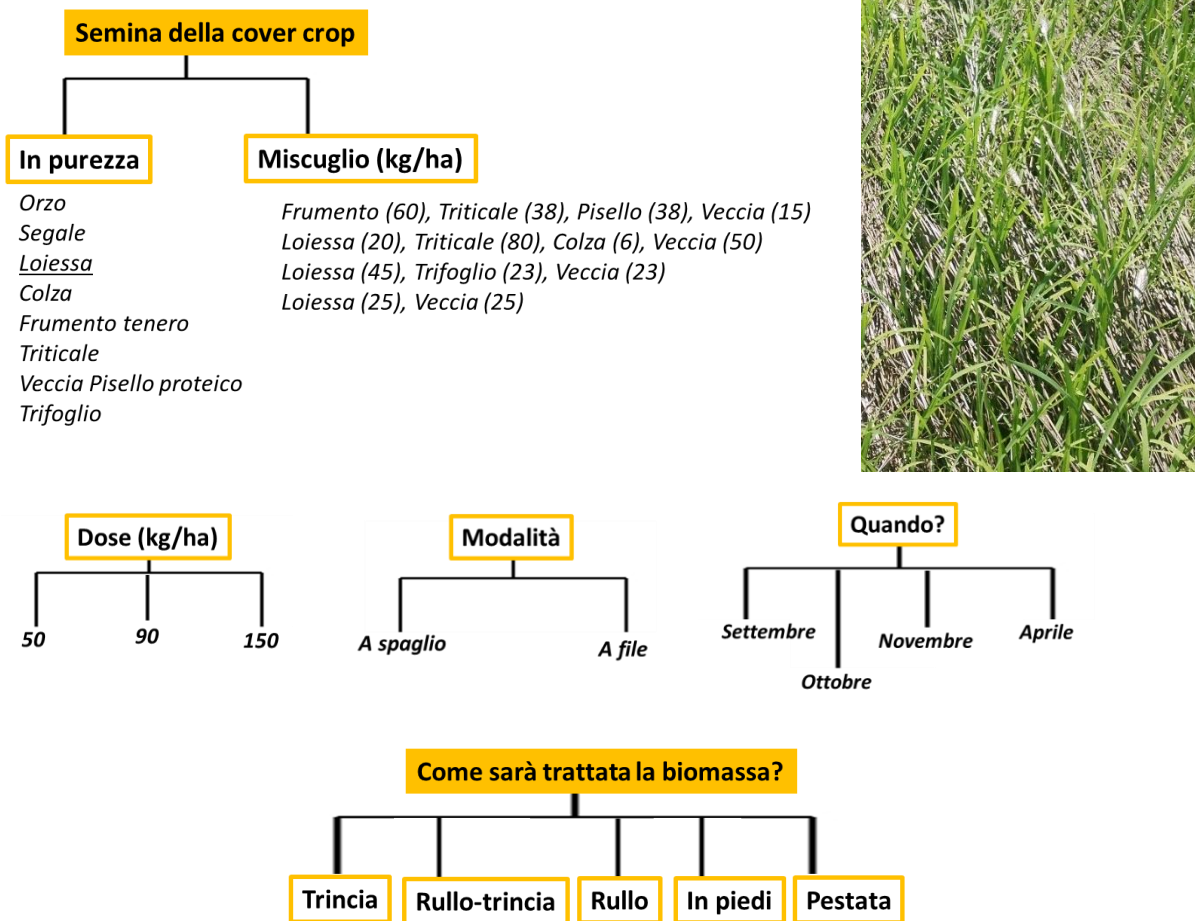


Figura 8 rappresentazioni schematiche di alcune delle varianti testate in azienda dagli agricoltori nel corso del triennio per il modello C: pacciamatura verde

ESEMPI DI COMBINAZIONI: MODALITA' DI SEMINA & TRATTAMENTO BIOMASSA PER LA COVER CROP

A file + trincia



A spaglio + rullo-trincia



A spaglio + rullo



A spaglio e lasciata in piedi



VARIANTI PER IL RISO

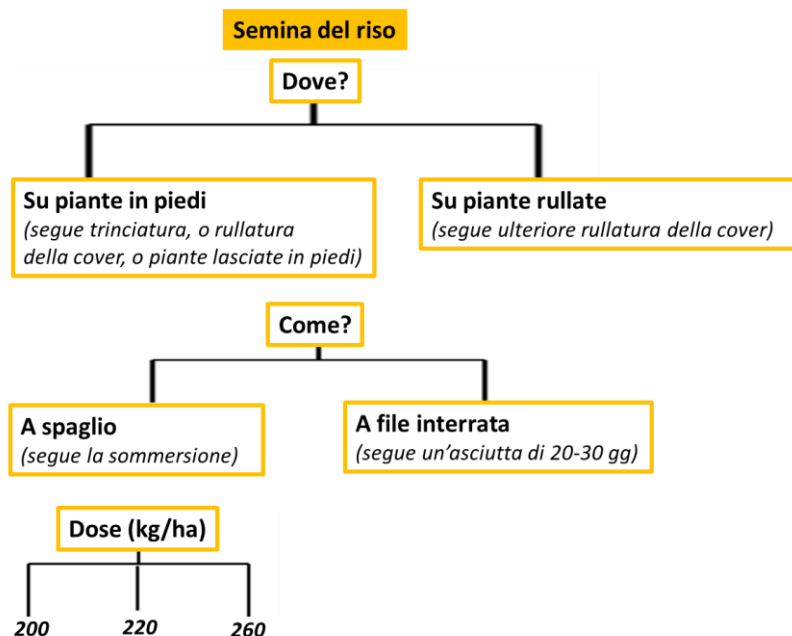
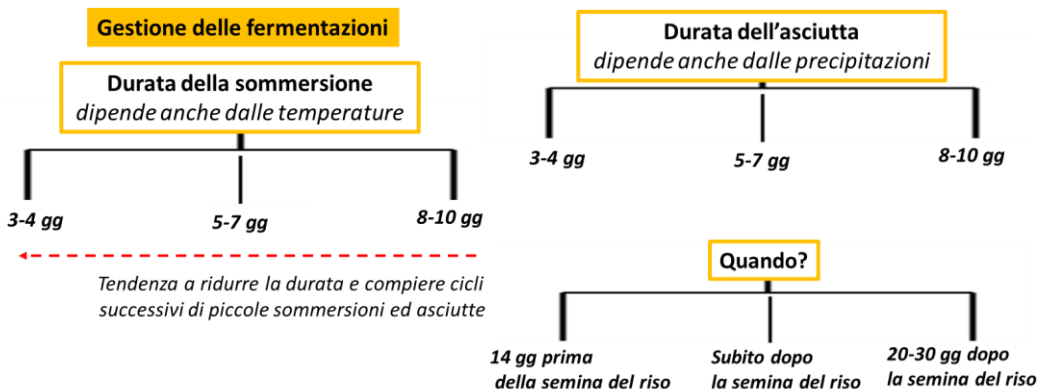


Figura 9 rappresentazioni schematiche di alcune delle varianti testate in azienda dagli agricoltori nel corso del triennio per il modello C: pacciamatura verde

VARIANTI PER LA GESTIONE DELL'ACQUA E DELLE FERMENTAZIONI



SEGNALI UTILIZZATI DAGLI AGRICOLTORI PER MONITORARE LA FERMENTAZIONE



Il coleotile del riso, bianco ed arricciato, viene interpretato come un segnale di stress, cui far seguito con l'interruzione della sommersione, l'asciutta e il ricambio d'acqua.

Allo stesso modo, l'avanzare della fermentazione viene monitorato attraverso l'osservazione della colorazione d'acqua di risaia, che vira dal marrone verso il verde e poi il rosso, a causa dello sviluppo di formazioni batteriche e di acidi organici. Le varianti per la gestione dell'acqua tendono a minimizzare lo stato di sofferenza del riso e non giungere a livelli di fermentazioni intesi (colorazioni rosso mattone).

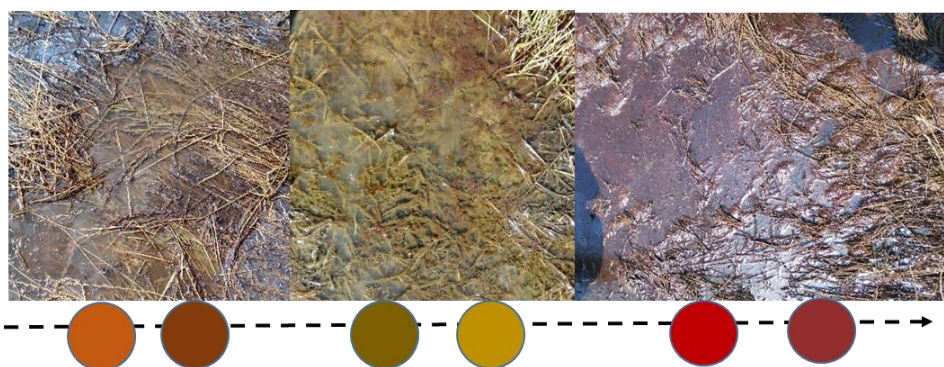


Figura 10 rappresentazioni schematiche di alcune delle varianti testate in azienda dagli agricoltori nel corso del triennio per il modello C: pacciamatura verde

I DUE MODELLI DI GESTIONE PRINCIPALI PER LA PACCIAMATURA VERDE (C1 E C2)



C1) Il riso viene seminato a spaglio sulle piante dell'erbaio in piedi, subito dopo segue la trinciatura della biomassa della cover crop e la sommersione della risaia. L'innescò della fermentazione avviene con il riso allo stadio di germinazione, figura 11 di riferimento.

Figura 11 piante di riso sopra il sottostante strato di biomassa trinciata (visibile sul fondo).




C2) Il riso viene seminato in asciutta a file, su sodo con seminatrice da frumento, tra le piante dell'erbaio in piedi. Segue un periodo di asciutta prolungato fino a 20-30 giorni (brevi intervalli con basse sommersioni al bisogno), dopo il quale la cover crop viene abbattuta e sommersa. L'innescò della fermentazione avviene quando il riso è allo stadio di 3-4° foglia. Figura 12 di riferimento

Figura 12 piantine di riso (cerchio rosso) tra erbaio di *L. multiflorum*.



Livello di innovazione: questo modello di gestione è totalmente innovativo rispetto al quadro delle conoscenze esistenti sul riso biologico, e nasce e si diffonde attraverso l'esperienza dei primi agricoltori locali, pionieri del settore.

 **Aspetti chiave:** questa tecnica si è dimostrata idonea là dove è consentita un'oculata e tempestiva gestione delle acque (fornitura libera), e si sta diffondendo con successo sia nelle aree risicole lombarde che piemontesi. Presenta, infatti, un alto potenziale produttivo per l'efficace contenimento delle infestanti, attuato attraverso operazioni puntuali e tempestive. Inoltre, al contrario del modello A e B, non prevede investimenti in macchinari, quindi incentiva gli agricoltori a fare delle prove in azienda. D'altro canto è la tecnica che restituisce la più alta variabilità di resa e rischio di fallimento, per errori gestionali (es. danni al riso per eccessiva durata delle fermentazioni legata ad un mancato livellamento; pacciamatura inefficace per l'esigua biomassa prodotta; mancato innesco delle fermentazioni per eccessivo drenaggio, etc.). Pertanto, in questo modello gestionale il know-how dell'agricoltore e la sua capacità di sviluppare soluzioni sito-specifiche gioca un ruolo chiave.


2.1.1 Conclusioni modelli di gestione

La tabella 2 riassume i risultati dell'analisi SWOT per i principali modelli di gestione della risaia biologica, caratterizzati ciascuno da diversi principi funzionali (PF) impiegati nel controllo delle specie infestanti

Tabella 2 analisi SWOT per i principali modelli di gestione della risaia biologica, caratterizzati ciascuno da diversi principi funzionali (PF) impiegati nel controllo delle specie infestanti

<i>Strategia</i>	<i>Punti di forza</i>	<i>Debolezze</i>	<i>Opportunità</i>	<i>Rischi</i>
A) Diserbo meccanico in asciutta PF: azione meccanica	Adatta anche in caso di fornitura idrica vincolata; Facile da apprendere; Know-how disponibile (testata da lungo tempo sul territorio); Limitata variabilità di resa	Non adatta a suoli pesanti; Posticipo dell'epoca di semina del riso; Molti passaggi con il trattore	Lo strigliatore, impiegabile anche per altre colture, incoraggia la rotazione e diversificazione produttiva	Le operazioni, ostacolate dalle piogge, possono posticipare eccessivamente la semina; Errori nello stabilire la giusta profondità di semina
B) Diserbo meccanico in acqua PF: azione meccanica; effetto puddling	Pochi passaggi col il trattore; Non influenza l'epoca di semina; Operazioni non ostacolate dalle piogge	Non adatta a suoli leggeri; Necessita di fornitura idrica libera; Prevede l'uso (investimento) di macchine non versatili per altre colture; Poco sviluppo di macchine ad-hoc; Poco know-how disponibile (testata da pochi); Ampia variabilità di resa.	E' una misura di emergenza quando serve una semina tempestiva o il modello C non è compatibile con la rotazione; Possibilità di attrarre fondi in R&S per macchine innovative; Possibilità di essere accoppiata all'uso di rullo in copertura di recente ideazione tra gli agricoltori	Investimento in macchinari senza garanzie che il modello si adatti alle peculiarità del sito; L'uso poco diffuso implica tempi più lunghi per il miglioramento della tecnica e la creazione di know-how
C) Pacciamatura verde PF: competizione, pacciamatura, controllo chimico (acidi organici e composti allelopatici)	Pochi passaggi col il trattore; Non prevede l'uso (investimento) di macchine per il diserbo; Prospetta un alto potenziale produttivo (picchi di resa); Ampia gamma di varianti per disegnare soluzioni sito-specifiche; Know-how in rapido sviluppo (testata da molti)	Necessita suoli ben livellati, drenaggio limitato, e fornitura idrica libera; La semina della cover crop può essere ostacolata dalla rotazione; Alta variabilità di resa ed efficacia, dipendente da puntualità e tempestività delle operazioni, trend meteo, esperienza dell'agricoltore; Assenza di ricette e protocolli unici; Know-how non strutturato.	Promuove modelli agroecologici basati sull'uso di risorse endogene al sistema anziché input esterni; Il processo di innovazione dal basso può ridurre le criticità; Tecnica versatile per altre colture; Modello low-input che incentiva nuovi agricoltori a provare la coltivazione del riso biologico; La comprensione incompleta dei PF lascia spazio a R&S	Perdite di raccolto legate all'aleatorietà ed imprevedibilità del sistema, dipendente da numerose variabili interagenti, e sensibile a piccoli cambiamenti

2.2 Performance ambientali a scala di campo

 Nelle tabelle che seguono si riportano le performance ambientali dei principali **modelli di gestione** (sezione 2.1):

- **A** = Diserbo meccanico in asciutta; variante con 7 passaggi meccanici
- **B** = Diserbo meccanico in acqua; variante con 2 passaggi di “spianone modificato”
- **C1** = Pacciamatura verde (miscuglio loietto e leguminose); variante con semina in acqua
- **C2** = Pacciamatura verde (miscuglio loietto e leguminose); variante con semina in asciutta.

nei due **scenari** di sviluppo di innovazione e know-how (sezione 1.3):

- **Stazionario**
- **Migliorativo**

valutate in base alle **categorie d’impatto** ritenute più attinenti all’attività agricola (sezione 1.4):

- Riscaldamento globale
- Assottigliamento dello strato di ozono
- Formazione particolato
- Formazione smog fotochimico
- Acidificazione
- Eutrofizzazione terrestre
- Eutrofizzazione delle acque dolci
- Eutrofizzazione marina
- Consumo di risorse fossili, minerali e rinnovabili

Scenario Stazionario, tabella 3

Tabella 3 Scenario stazionario di sviluppo di innovazione e know-how (sezione 1.3)

Impatto	Unità di misura	A	B	C1	C2
Riscaldamento globale	kg CO2 eq	780	1050	1296	1365
Assottigliamento strato ozono	g CFC-11 eq	0.000038	0.000031	0.000032	0.000039
Formazione particolato	kg PM2.5 eq	0.44	0.62	1.17	1.18
Formazione smog fotochimico	kg NMVOC eq	2.70	2.38	2.82	2.94
Acidificazione	molc H+ eq	15.34	24.62	49.97	50.14
Eutrofizzazione terrestre	molc N eq	68.18	109.91	223.87	224.19
Eutrofizzazione acque dolci	g P eq	0.150	0.147	0.149	0.160
Eutrofizzazione marina	kg N eq	7.36	11.47	22.62	22.65

Consumo risorse fossili, etc.	g Sb eq	0.014	0.007	0.006	0.006
-------------------------------	---------	-------	-------	-------	-------

Scenario Migliorativo, tabella 4

Tabella 4 Scenario migliorativo di sviluppo di innovazione e know-how (sezione 1.3)

Impatto	Unità di misura	A	B	C1	C2
Riscaldamento globale	kg CO2 eq	623	832	975	1038
Assottigliamento strato ozono	g CFC-11 eq	0.000030	0.000025	0.000026	0.000032
Formazione particolato	kg PM2.5 eq	0.38	0.50	0.88	0.89
Formazione smog fotochimico	kg NMVOC eq	1.99	1.75	2.07	2.18
Acidificazione	molc H+ eq	13.83	20.21	37.79	37.95
Eutrofizzazione terrestre	molc N eq	61.40	90.06	169.10	169.40
Eutrofizzazione acque dolci	g P eq	0.110	0.108	0.109	0.120
Eutrofizzazione marina	kg N eq	6.49	9.31	17.07	17.09
Consumo risorse fossili, etc	g Sb eq	0.010	0.005	0.004	0.005

Contatti: CREA-CI, sede di Vercelli

Ss 11 per Torino km 2,5

13100-Vercelli

++39-0161-391134/48

Email: risobiosystems.ris@crea.gov.it



2.2.1 Conclusioni a scala di campo

Non possiamo parlare di impatto della risicoltura biologica considerata come un sistema univoco e statico, piuttosto questa va valutata nella sua complessità, e quindi come un insieme di sistemi possibili che:

- ✓ trovano **molteplici declinazioni**, in termini di agrotecniche e strategie di gestione (es. A, B, C1, C1), sovrapponibili ed integrative tra loro
- ✓ non sono pronti ad essere definiti attraverso categorizzazioni rigide poiché **in costante evoluzione**
- ✓ a tutt'oggi mutevoli, sotto la spinta di innovazioni e conoscenze di recente acquisizione, **con performance variabili** e dipendenti da numerosi fattori, primo tra tutti il know-how

Questo ha generato per ogni indicatore ambientale, non un valore, ma **una forbice o gamma di valori possibili**, come riportato dalle figure che seguono.

I valori degli indicatori ambientali si muovono entro un ampio intervallo (**Fig. 13 e 14**), variando a seconda **a)** delle strategie ed agrotecniche prescelte (i.e. modelli di gestione), **b)** del potenziale produttivo (i.e. gli scenari, dipendenti dal livello di innovazione e know-how).

Nelle **figure 15, 16, 17 e 18**, si riportano a titolo di esempio la forbice di valori, che si delinea per alcuni degli indicatori ambientali stimati, prendendo in considerazione le diverse combinazioni “modello x scenario”.

Nella figura 13 prendendo in considerazione l'intero dataset costituito dalle possibili combinazioni “modello di gestione x scenario”, per ogni indicatore (uno per raggio) si riporta la variazione percentuale del valore massimo (linea blu) e minimo (linea arancio) rispetto alla media (linea nera).

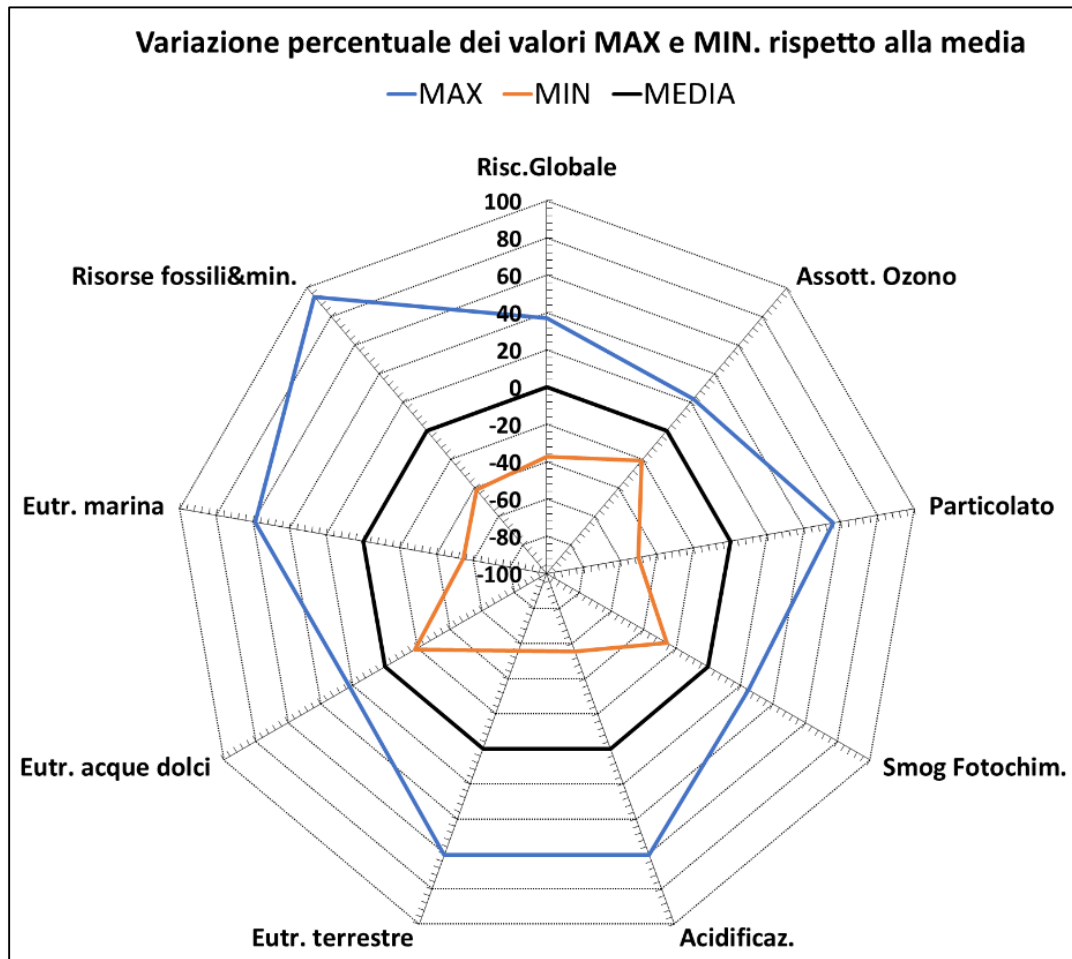


Figura 13 Prendendo in considerazione l'intero dataset costituito dalle possibili combinazioni "modello di gestione x scenario", per ogni indicatore (uno per raggio) si riporta la variazione percentuale del valore massimo (linea blu) e minimo (linea arancio) rispetto alla media (linea nera).

Gli stessi valori della fig. 13 sono rappresentati nella fig. 14 in una diversa rappresentazione grafica. Prendendo in considerazione l'intero dataset costituito dalle possibili combinazioni "modello di gestione x scenario", si riporta per ogni indicatore (asse delle X) la variazione percentuale (asse delle Y) del valore massimo (istogramma blue) e minimo (istogramma arancio) rispetto alla media (linea allo zero).

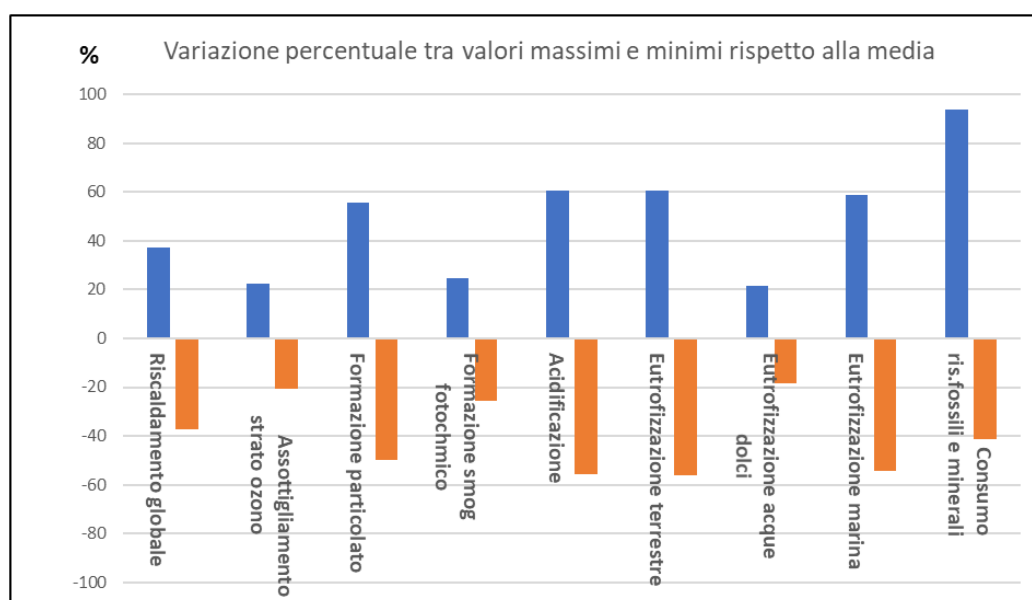


Figura 14 Riporta per ogni indicatore (asse delle X) la variazione percentuale (asse delle Y) del valore massimo (istogramma blue) e minimo (istogramma arancio) rispetto alla media (linea allo zero).

La categoria d'impatto con il più ampio range di valori è il "consumo di risorse" (Fig. 13 e 14). Il dato è legato all'uso di gasolio, e quindi all'intensità di input meccanici, molto variabile tra i modelli gestionali (es. modello A, basato esclusivamente su diserbo meccanico, vs. modello C, che esclude la gestione meccanica delle malerbe).

La Fig. 15 rappresenta un grafico con la forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "riscaldamento globale", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

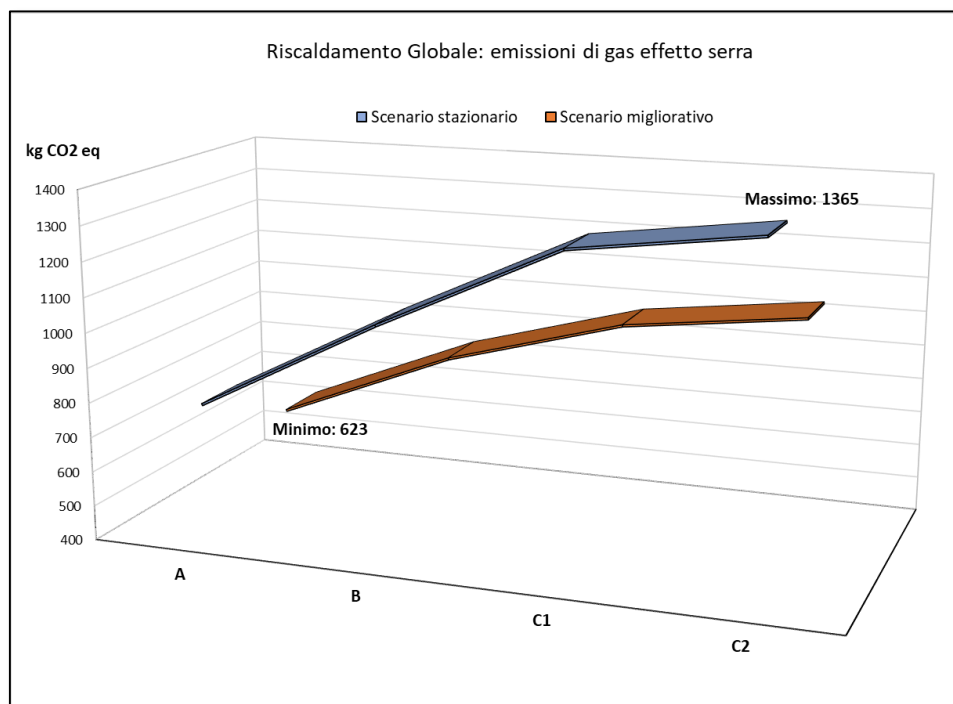


Figura 15 Forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "riscaldamento globale", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

La Fig. 16 rappresenta graficamente la forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "consumo di risorse fossili e minerali", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

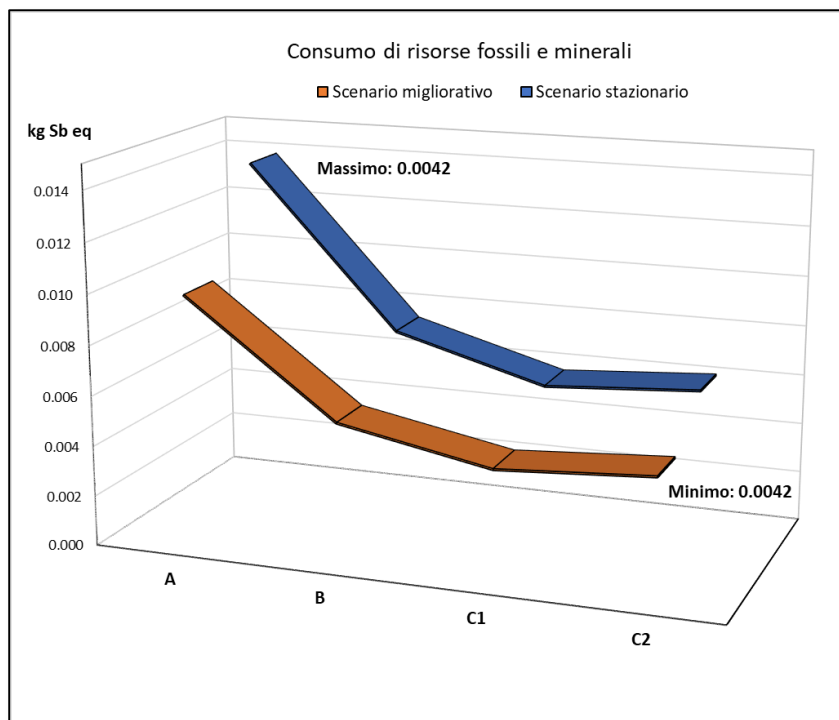


Figura 16 Forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "consumo di risorse fossili e minerali", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

La Fig. 17 rappresenta la forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "acidificazione", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

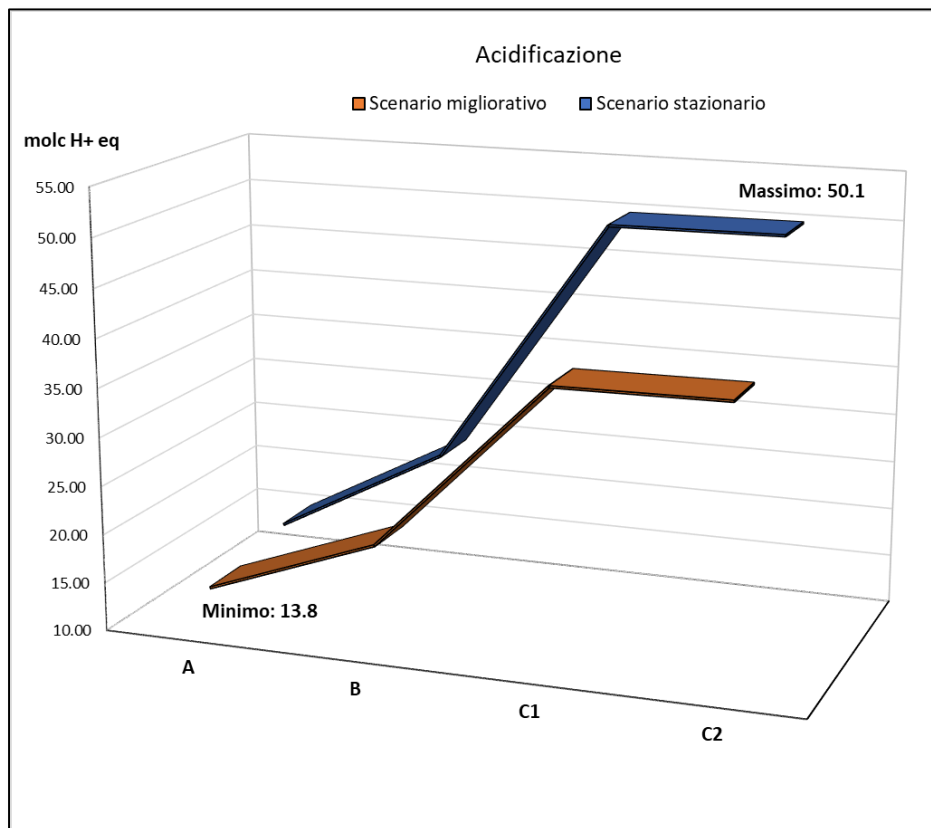


Figura 17 forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "acidificazione", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

La Fig. 18 rappresenta graficamente la forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "eutrofizzazione terrestre", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

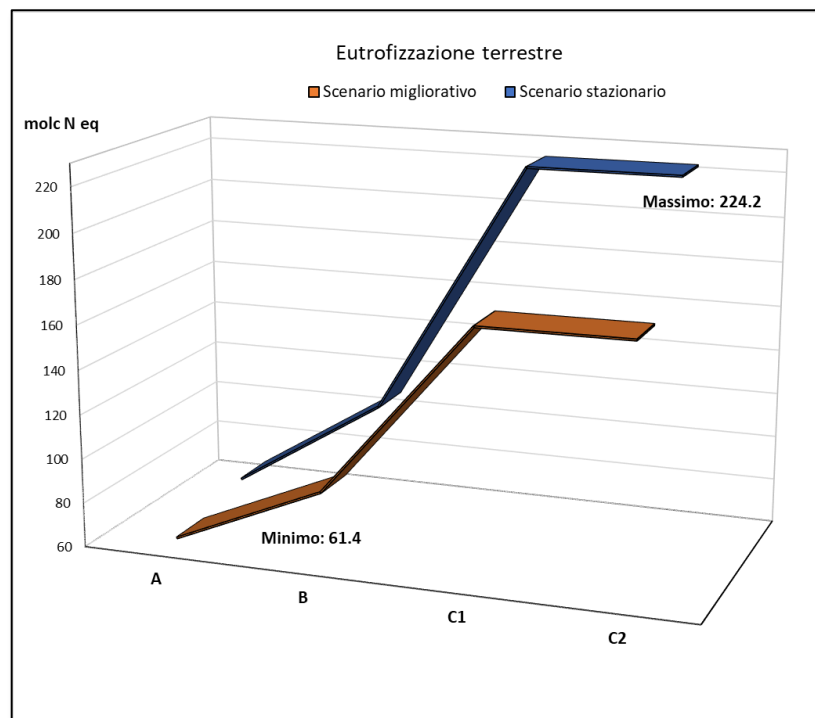


Figura 18 forbice di valori (asse delle Y) stimati per l'indicatore "eutrofizzazione terrestre", data dalle combinazioni dei due scenari (stazionario, in blue; migliorativo, in arancio) per i 4 modelli di gestione (asse delle X).

In linea generale, il modello C2 risulta più impattante all'indagine condotta con approccio LCA, rispetto agli altri, per quasi tutti gli indicatori, ad esclusione del "consumo di risorse". Il modello C1 segue un andamento analogo al C2, ma con performance migliori e valori simili a quelli dei modelli A e B per alcuni indicatori (i.e. "assottigliamento dello strato di ozono", "eutrofizzazione delle acque dolci").

Per quanto riguarda un confronto tra modelli di questo tipo però ci sono due fattori rilevanti da tenere ben presente:

- L'analisi LCA tiene conto di alcuni aspetti ambientali: degli impatti, senza contabilizzare i benefit. I modelli C1 e C2, sebbene più impattanti da un lato, sono i più conformi alle *misure del greening* e ai dettami delle policy EU sull'agricoltura sostenibile. La cover crop: protegge il suolo dall'erosione; i residui della pacciamatura dopo la raccolta del riso vengono incorporati, incrementando la sostanza organica, e quindi la fertilità fisica e biologica del suolo; prevede, il più delle volte, leguminose nel miscuglio, e quindi fissazione di azoto con miglioramento della fertilità chimica.

● La metodologia LCA, nata per confrontare metodi di produzione industriale, presenta delle approssimazioni nel caso di sistemi complessi, quali gli agroecosistemi: es. considera in maniera simile apporti di azoto inorganico da fertilizzanti di sintesi industriale, e apporti di azoto organico con concimi organici o biomassa di leguminose, poiché simula che nel lungo periodo anche l'azoto organico sarà mineralizzato, reso disponibile nella soluzione circolante e soggetto ai processi di nitrificazione e denitrificazione.

● L'indagine condotta è preliminare: avendo incluso molte aziende agli esordi, non ha consentito di definire intervalli di resa da associare ai singoli modelli gestionali, a causa dell'ampia variabilità inter-modello, dovuta ad altri fattori (es. know-how, rotazioni). Pertanto, gli stessi scenari sono stati ipotizzati per tutti i modelli. Da SWOT analysis però sono emerse "tendenze" che identificato i modelli C1 e C2 come quelli dalle maggiori potenzialità (previa apprendimento e tempestività delle operazioni per minimizzare e controllare le fermentazioni). Se tali "tendenze" venissero confermate in futuro, questo andrebbe ad abbassare l'impatto ambientale stimato con LCA per i modelli C1 e C2, rispetto ai modelli A e B.

La "risposta", in termini di performance ambientali, nei due scenari è diversa tra i modelli di gestione. I modelli "più impattanti", per i singoli indicatori, infatti mostrano, per contro, una maggior diminuzione percentuale degli impatti al passaggio dallo scenario stazionario a quello migliorativo. Due esempi sono riportati in **figura 19 e 20**, ma si possono anche evincere dalle **figure 15, 16, 17 e 18**, che vedono un ampliamento della forbice di valori in corrispondenza dei modelli più impattanti.

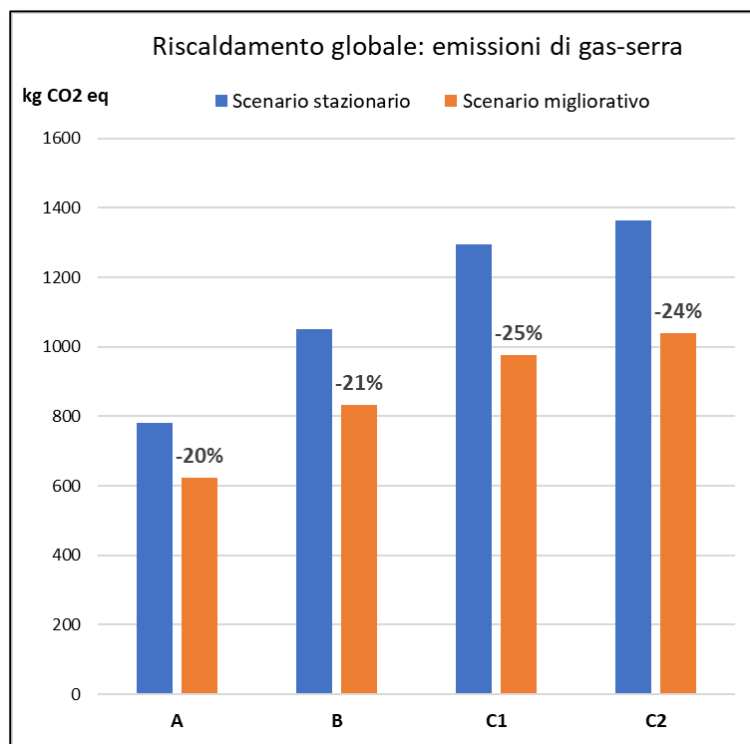


Figura 19 Indicatore “Riscaldamento globale”: valori stimati (asse delle Y) per i 4 modelli di gestione (asse delle X) nei due scenari e diminuzione percentuale registrata al passaggio dallo scenario stazionario, allo scenario migliorativo

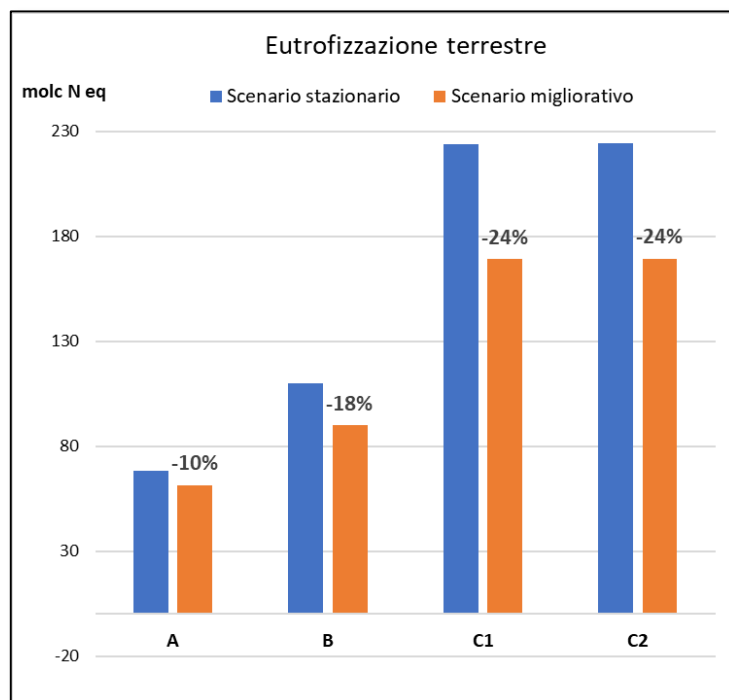


Figura 20 Indicatore “Eutrofizzazione terrestre”: valori stimati (asse delle Y) per i 4 modelli di gestione (asse delle X) nei due scenari e diminuzione percentuale registrata al passaggio dallo scenario stazionario, allo scenario migliorativo

Confronto con altri studi in bibliografia:

Prendendo in esame per semplicità il solo tenore delle emissioni clima-alteranti, i valori trovati per l'indicatore "cambiamento climatico" vanno da un minimo di **623** CO_{2eq}/t (Modello A nello scenario Migliorativo) ad un massimo di **1365** CO_{2eq}/t (Modello C2 nello scenario stazionario). Tali valori sono inferiori rispetto ai risultati mostrati da studi analoghi condotti con l'LCA su risaie biologiche, che riportano valori di **2000** CO_{2eq}/t (Hokazono and Hayashi, 2012), **2676** CO_{2eq}/t (He et al., 2018) e **3270** CO_{2eq}/t (Bacenetti et al., 2016). Tali studi prendono in esame protocolli di coltivazione differenti, caratterizzati da numerose false semine, effettuate con macchine più energivore dello strigliatore (i.e. erpice), e da un maggior input in concimi organici, che invece nelle risaie oggetto di monitoraggio tende ad essere sotto-dimensionato rispetto all'usuale. Questo conferma quanto sottolineato in precedenza circa la variabilità esistente in termini di modelli di gestione, impatti e performance in un settore ai suoi esordi e le cui tecniche sono in via di definizione e perfezionamento.

Note sulle rese:

I dati di resa ad ettaro usati per stimare gli impatti legati alla produzione di 1 t di risone si riferiscono al monitoraggio di UNIMI su un campione di aziende, in attesa dell'integrazione dati da parte delle altre U.O.

I risultati derivanti sono da considerarsi preliminari poiché:

- sono inclusivi di aziende in conversione con un basso know-how sui metodi di coltivazione, e quindi potenzialmente capaci in futuro di migliorare la produttività;
- riguardano un settore pioniere, a tutt'oggi in evoluzioni in termini di agrotecniche poiché mancante di concreto supporto esterno all'innovazione di prodotto e di sistema (es. macchinari ad-hoc; varietà resistenti ed allelopatiche nei confronti delle infestanti; nessuna ricerca per i nostri areali, molte ricerche per gli areali asiatici; es. Jabran; 2017 "Rice allelopathy for weed control", Springer), e quindi potenzialmente capace di incrementare la produttività;
- non sono state considerate le performance delle colture in rotazione (indispensabili in biologico): queste sono considerate da alcuni come "annate di mancato raccolto" nel conteggio delle performance, ma invece possono trovare mercato e rappresentare diversificazione produttiva, in sinergia con azioni target delle policy a supporto dell'avvio di nuove filiere sul territorio.
- sono stati presi in esame i modelli di coltivazione sviluppati dagli agricoltori, e non le performance di recenti pratiche in corso di messa a punto da parte di imprese specializzate (es. trapianto, sarchiatura di precisione).

Le **figure 21, 22, 23 e 24** illustrano rispettivamente per i modelli A, B, C1 e C2, come le diverse fasi del processo produttivo contribuiscano in maniera differenziale al valore complessivo degli impatti per i più rilevanti indicatori ambientali.

Suddivisione delle fasi:

- **Lavorazioni del terreno** (i.e. aratura ed erpicatura), **diserbo meccanico** (i.e. strigliatore Modello A; spianone modificato Modello B), **manutenzione** (i.e. livellamento ed argini ogni 3 anni)

- *Semina e semente* di riso (spaglio Modello B e C1; file Modello A e C2)
- *Concimazione e concime* (ogni anno Modello A; ogni 2 anni Modello B e C)
- *Raccolta e post-raccolta* (uguale per tutti)
- *Emissioni* legate alle fermentazioni in risaia (i.e. metano),
- *Emissioni* da composti azotati (in atmosfera, N₂O, e nella soluzione circolante del suolo, ammoniaca e nitrati) legate a input quali concimi organici e biomassa vegetale.
- *Cover crop*: semina e semente, trinciatura (solo Modelli C1 e C2)

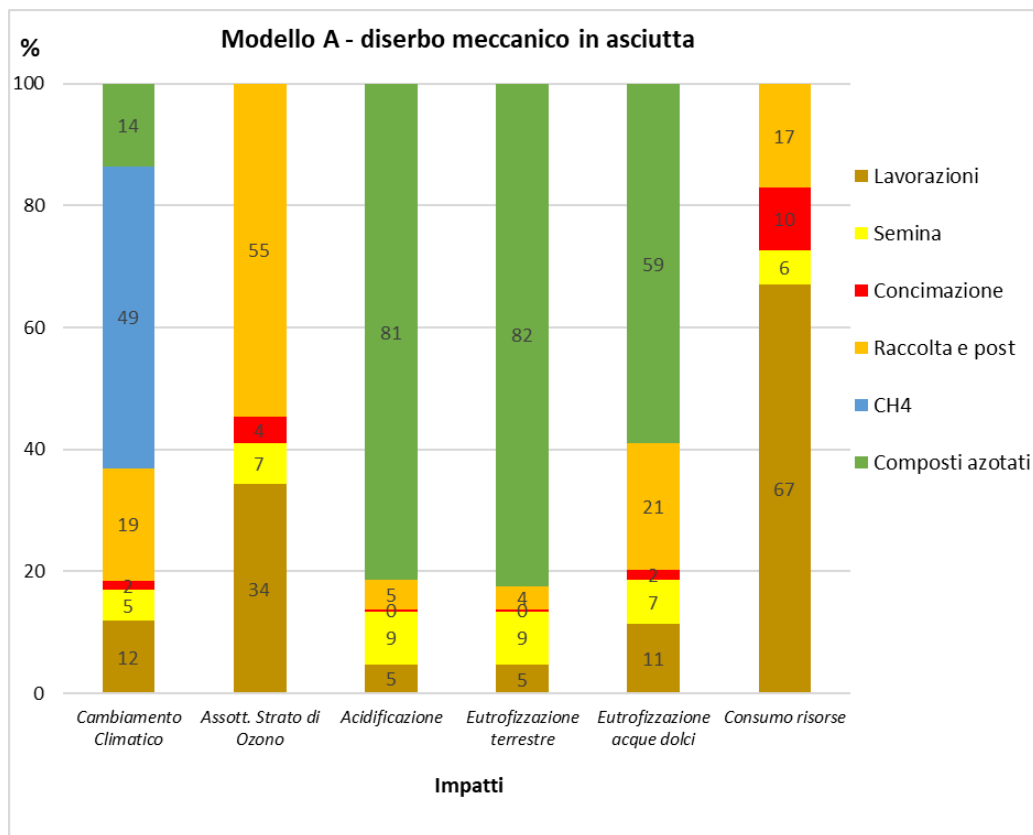


Figura 21 Contributo relativo (%) delle diverse fasi di produzione al tenore totale degli impatti per il modello A

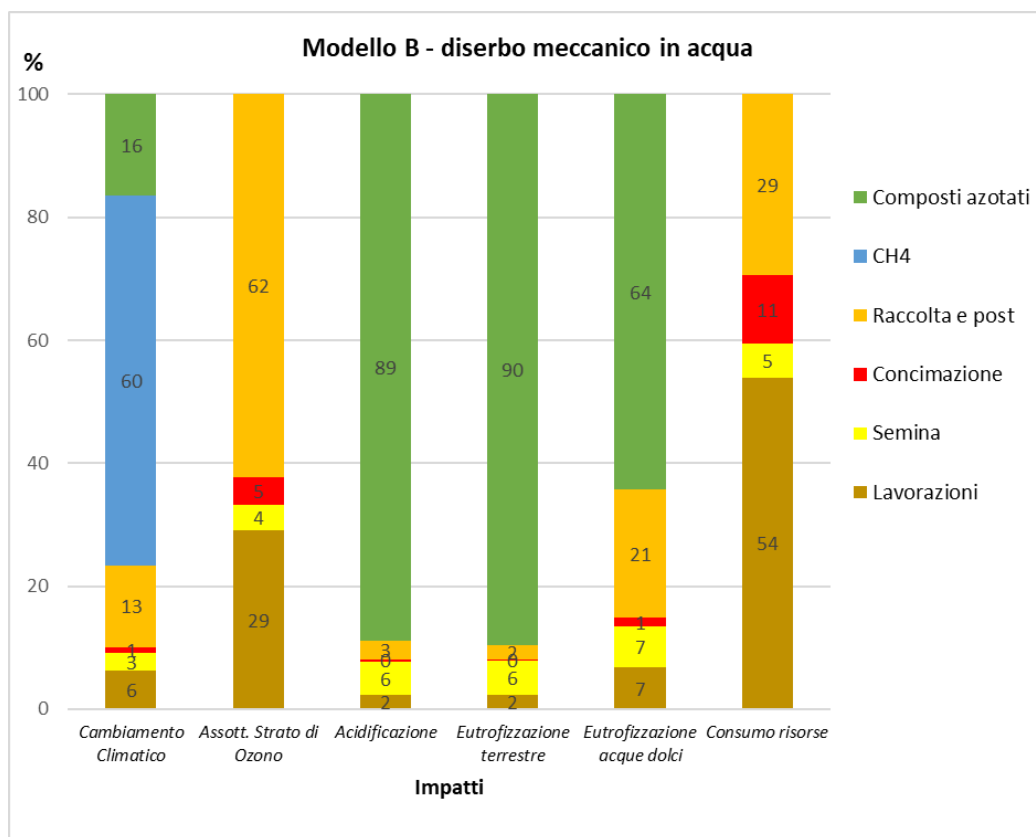


Figura 22 Contributo relativo (%) delle diverse fasi di produzione al tenore totale degli impatti per il modello B

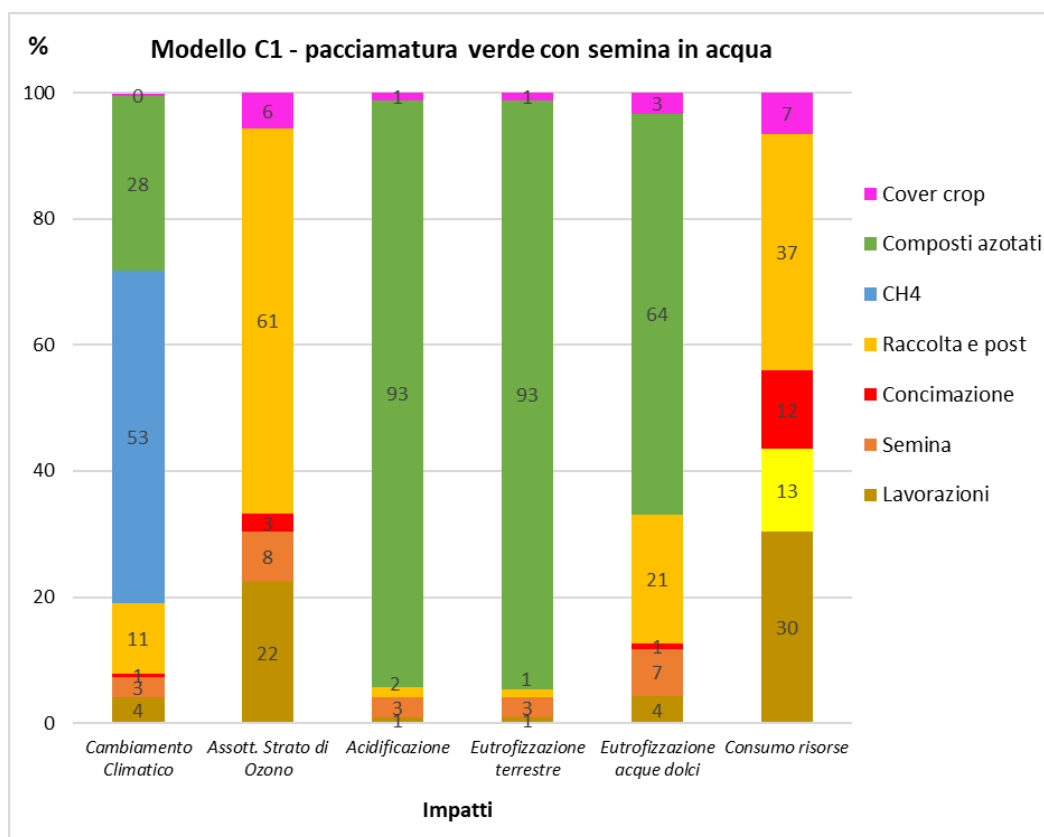


Figura 23 Contributo relativo (%) delle diverse fasi di produzione al tenore totale degli impatti per il modello C1

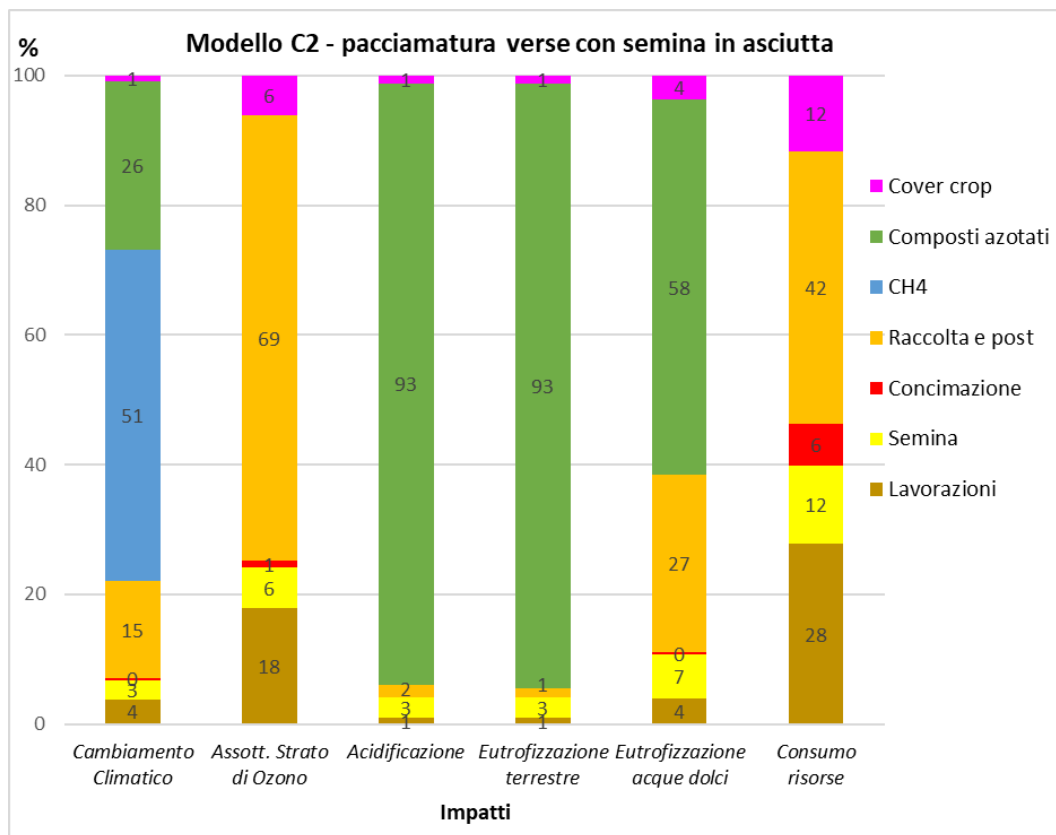


Figura 24 Contributo relativo (%) delle diverse fasi di produzione al tenore totale degli impatti per il modello C2

Alcune osservazioni:

- Nei modelli C1 e C2, la presenza di azoto organico nella biomassa della cover crop (i.e. Verde) contribuisce per una percentuale maggiore agli impatti, rispetto ai modelli A e B, per i quali invece le lavorazioni meccaniche (i.e. colore Marrone) hanno un peso maggiore sugli impatti.
- Nel modello B, prevedendo la sommersione anticipata della risaia, pesano maggiormente nel bilancio delle emissioni di gas effetto serra (impatto cambiamento climatico), le emissioni di metano (Azzurro).

2.3 Performance ambientali a scala territoriale

Per una valutazione a scala territoriale è stato selezionato *l'areale risicolo della Lomellina*, figura 25, comprensivo di 22 comuni nella provincia di Pavia e caratterizzato da *due tipologie di suolo*: una prevalente (UTS 574), con tessitura franco-sabbiosa, e una secondaria (UTS 601), con tessitura franco-limoso

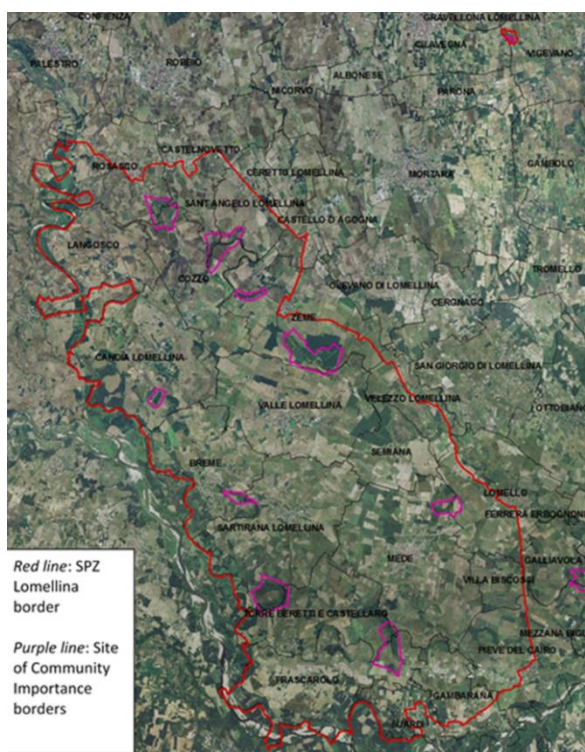
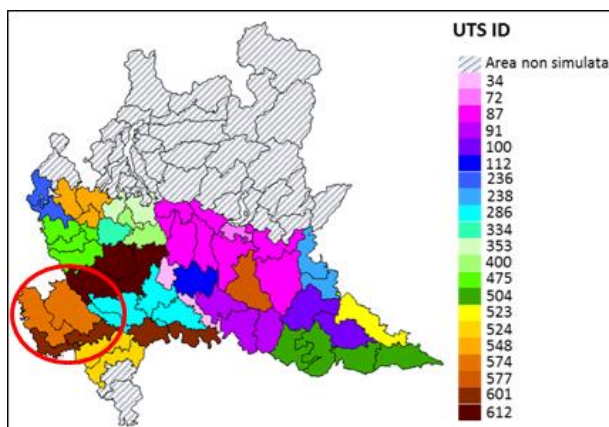


Figura 25 Confini della Lomellina (figura a sinistra) e tipologie di suolo (cerchio rosso nella figura sottostante)



Sono stati presi in considerazione due *scenari narrativi* della sezione 1.3:



Scenario 4 – Scenario intermedio: *prezzo alto & potenziale produttivo basso* - “**Produzioni e consumi di nicchia**”, inclusivo quindi del corrispondente **Scenario Stazionario** (sezione 2.5). La risicoltura biologica non vede miglioramenti nel potenziale produttivo e la sua diffusione sul territorio resta a livello di nicchia. Sono state ipotizzate le suddivisioni tra SAU a riso convenzionale e biologico restituite dal **SIARL 2013**, prima quindi della forte espansione del biologico per questo settore produttivo cui si è assistito negli ultimi anni. Dal database sono stati estratti i dati delle aziende risicole, prendendo in considerazione le sole aziende con una SAU totale > 20 ha, una superficie a riso > 2 ha e superiore al 10% della SAU totale. Ne risultano circa 17 mila ha destinati a riso, di cui:

- 93% coltivato con sistema convenzionale (15,845 ha): 78% su suolo UTS 574 e 22% su UTS 601.
- 7% coltivato con sistemi biologici (1,241 ha): 63% su suolo UTS 574, e 37% su UTS 601.

Tenendo conto dell’idoneità dei 4 modelli di gestione individuati, rispetto alle tipologie di suolo e ai limiti dettati dalle modalità di fornitura idrica dei consorzi (vedi sezione 3.1: Modello A atto a suoli sabbiosi e con gestione dell’acqua vincolata; Modello B atto a suoli limosi e con gestione dell’acqua libera; Modello C1 e C2 atti ad entrambe le tipologie di suolo, ma nei limiti di un drenaggio ridotto, e con gestione dell’acqua libera; Modello A spesso adottato come unica soluzione in certe condizioni di produzione o alternato a Modelli C; Modelli B e C sono alternativi ed alternati in certi contesti con suoli a tessitura pesante), sono stati ipotizzati i seguenti vincoli territoriali per le superfici a riso biologico:

- su suolo UTS 574: 60% SAU a riso coltivata con Modello A, 20% Modello C1, 20% Modello C2;
- su suolo UTS 601: 40% SAU a riso coltivata con Modello C1, 40% Modello C2, 20% Modello B.



Scenario 1 – Scenario intermedio: *prezzo basso & potenziale produttivo alto* - “**Espansione delle produzioni di riso biologico**”, inclusivo quindi del corrispondente **Scenario Migliorativo** (sezione 2.5). La risicoltura biologica vede innovazioni e miglioramenti nel potenziale produttivo e si diffonde significativamente sul territorio. Rispetto allo scenario 4, le suddivisioni tra SAU a riso convenzionale e biologico sono state modificate, ipotizzando la conversione del 50% della SAU coltivata a riso convenzionale (7,923 ha), e quindi il passaggio di queste superfici per:

- 1/3 alla coltivazione di leguminose biologiche (2,641 ha), considerato che l’introduzione di colture miglioratrici (es. pisello proteico, fagiolo borlotto) in rotazione e la diversificazione produttiva sono tratti caratterizzanti l’azienda biologica.
- 2/3 a riso biologico (5,282 ha), che si sono andati a sommare ai 1,241 ha previsti dallo scenario 4.

I vincoli territoriali per l’attribuzione dei diversi modelli di gestione del riso biologico sulla SAU coltivata sono rimasti i medesimi ipotizzati nello scenario 4.

La figura 26 riassume il quadro complessivo dell'uso del suolo (ha, asse Y) risultante dallo scenario 4 (istogrammi blu) e dallo scenario 1 (istogrammi arancio), dopo la parziale conversione a biologico della SAU destinata a riso, con sotto-insiemi per areale pedologico (tratteggio rosso) e modelli di gestione (tratteggio verde).

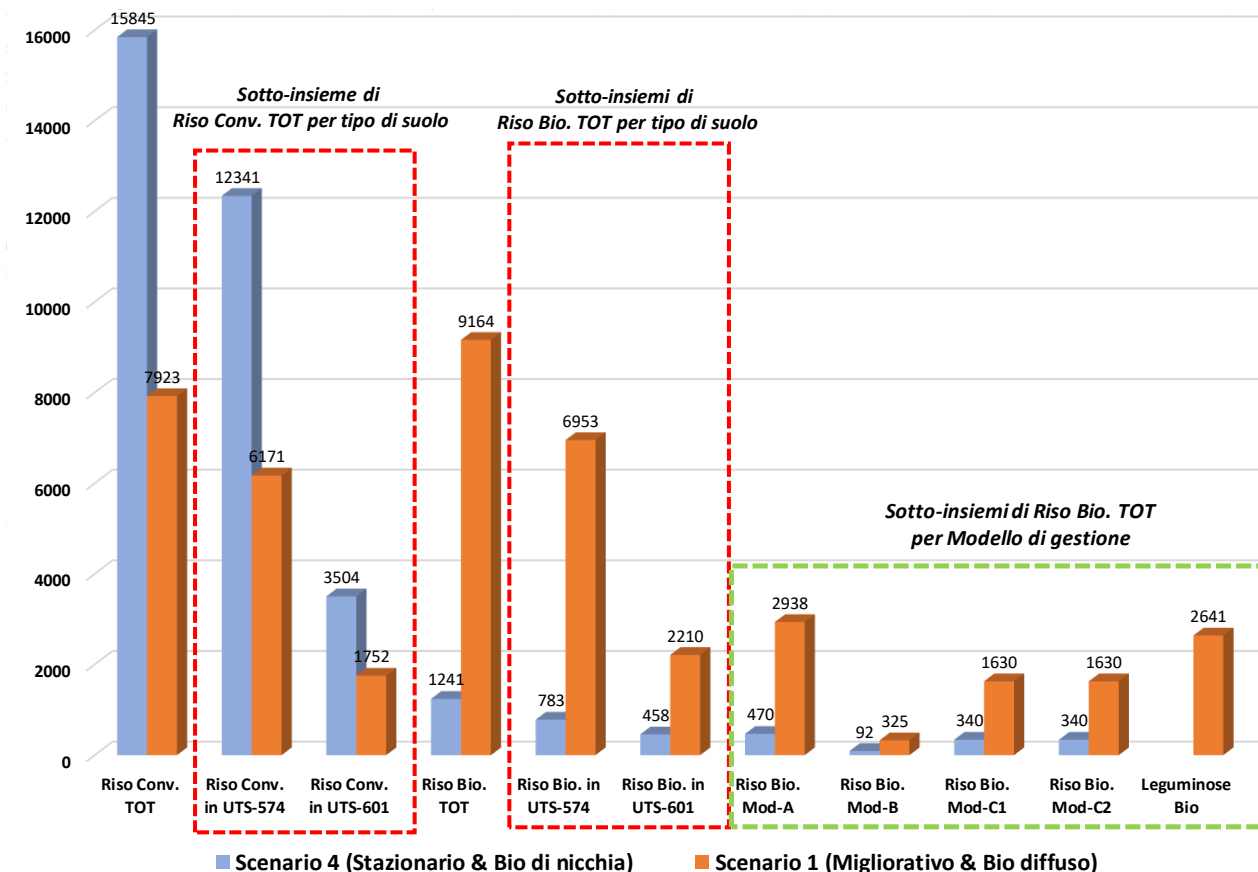


Figura 26 quadro complessivo dell'uso del suolo (ha, asse Y) risultante dallo scenario 4 (istogrammi blu) e dallo scenario 1 (istogrammi arancio), dopo la parziale conversione a biologico della SAU destinata a riso, con sotto-insiemi per areale pedologico (tratteggio rosso) e modelli di gestione (tratteggio verde).

In ognuno dei due scenari, a ciascun ettaro di SAU è stato assegnato un tenore di emissioni di gas clima-alteranti (CO₂eq.) considerando:

- per il riso biologico, i risultati del presente studio per i 4 modelli di gestione (indicatore cambiamento climatico, sezione 3.2), stimati per lo scenario Stazionario e Migliorativo
- per il riso convenzionale, i risultati riportati dallo studio di Fusi et al. (2014), per lo stesso areale, che associa un tenore di **669 kg CO₂eq. per ton.**
- per la coltivazione di legumi biologici irrigui, i risultati riportati dallo studio di Aguilera et al. (2015), per un'areale mediterraneo simile (Spagna), che associa un tenore di **160 kg CO₂eq. per ton.**

Riferimenti bibliografici:

- Fusi, A., Bacenetti, J., González-García, S., Vercesi, A., Bocchi, S., & Fiala, M. (2014). *Environmental profile of paddy rice cultivation with different straw management. Science of the Total Environment*, 494, 119-128.
- Aguilera, E., Guzmán, G., & Alonso, A. (2015). *Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops. Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 713-724.

2.3.1 Conclusioni a scala territoriale

Dalle proiezioni emerge l'importanza di compiere valutazioni non solo a scala di campo, ma anche a scala aziendale o territoriale, e quindi considerare l'impatto, non soltanto del passaggio dalla coltivazione di riso convenzionale a riso biologico, ma del complesso delle trasformazioni sistemiche che l'azienda compie nella transizione, prima tra tutti l'introduzione delle rotazioni.

La figura 27 riassume il totale delle emissioni in kg CO₂ eq. (asse Y) prodotti da 17086 ha di SAU coltivati da aziende risicole della Lomellina, nello scenario 4 (istogrammi blu), che prevede la maggior parte della superficie destinata a riso convenzionale, e nello scenario 1, che prevede una conversione del 50% della SAU convenzionale a biologico.

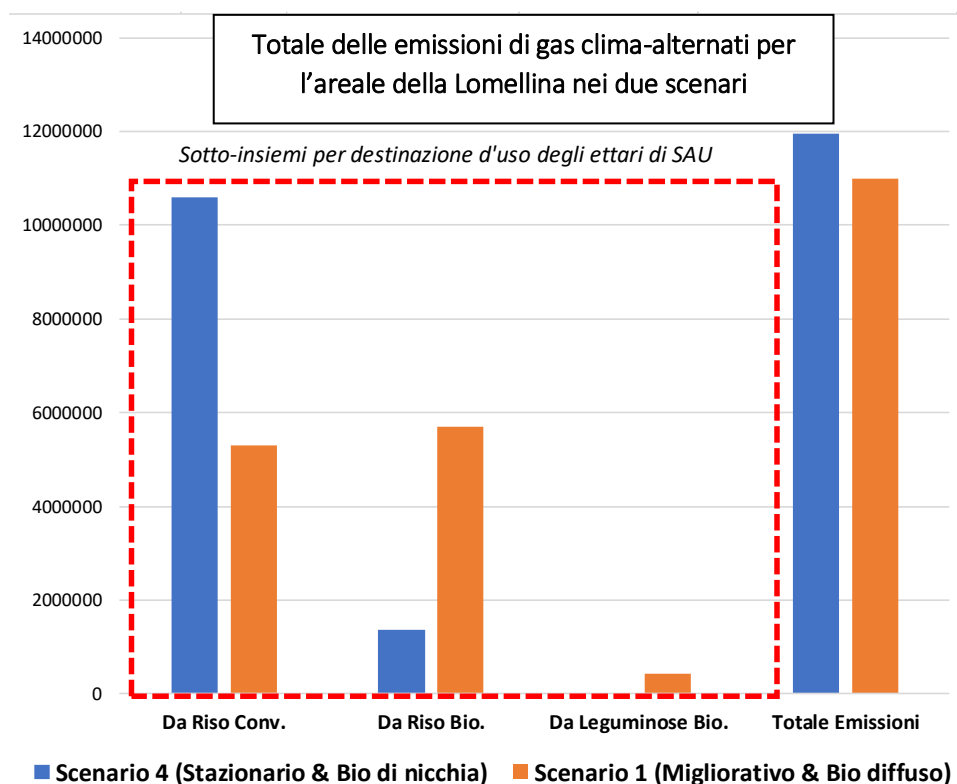


Figura 27 totale delle emissioni in kg CO₂ eq. (asse Y) prodotti da 17086 ha di SAU coltivate da aziende risicole della Lomellina, nello scenario 4 (istogrammi blu), che prevede la maggior parte della superficie destinata a riso convenzionale, e nello scenario 1, che prevede una conversione del 50% della SAU convenzionale a biologico.

Da bibliografia le emissioni associate al riso convenzionale si attestano su valori simili a quelli stimati per il modello A per il biologico, mentre sono significativamente inferiori rispetto al modello B (-41%), che prevede la sommersione anticipata della risaia, e ai modelli C (-75%), che prevedono la gestione di biomassa verde ricca di azoto, fattori questi che incidono negativamente sul bilancio delle emissioni, stando all'approccio LCA.

Nonostante questo, lo scenario 1 favorevole alla diffusione del biologico, che vede una conversione del 50% delle SAU coltivata a riso convenzionale nello scenario 4, porta ad una riduzione delle emissioni complessive sul territorio dell'8%, anziché un suo aumento.

Questo si spiega con l'introduzione delle rotazioni. In particolare, è stata ipotizzata l'introduzione di leguminose irrigue su 1/3 (33%) della SAU, in linea con la realtà monitorata (sezione 2.1) che vede il riso coltivato su una percentuale della SAU complessiva inferiore al 65% in 9 casi su 10. Da bibliografia, le leguminose irrigue, come in generale tutte le colture non sommerse, hanno tenori di emissioni ampiamente inferiori rispetto al riso (-76% rispetto al riso convenzionale), e pertanto la diversificazione produttiva implicita nel passaggio al biologico, compensa le maggiori emissioni di cui sopra.



In questo contesto da osservare che l'espansione della risicoltura biologica, sebbene da un lato comporti quantitativi inferiori di riso, commodity di cui l'Italia è principale esportatrice in Europa, dall'altro implica una maggior produzione di legumi, di cui invece l'Italia dipende dalle importazioni su tenori che vanno dal 60% al 90% del fabbisogno. Per rendere efficaci però trasformazioni aziendali di questo tipo, servono azioni target da parte delle istituzioni atte a favorire l'avvio di nuove filiere sul territorio, con la nascita di centri di trasformazione post-raccolta anche di piccola taglia e a diffusione capillare, e la promozione di nuovi mercati e filiere corte, tali da garantire agli agricoltori la giusta remunerazione del prodotto e spuntare la concorrenza con le importazioni.