

DOI: 10.4081/ija.2015.707

Efficacia ambientale dello Standard di Condizionalità 1.1c (manutenzione della rete idraulica aziendale e della baulatura)^{1,2} e valutazione del differenziale economico di competitività a carico delle aziende agricole

**Paolo Bazzoffi,¹ Sergio Pellegrini,¹ Silvia Carnevale,¹ Lamberto Borrelli,²
Marisanna Speroni,² Lorenzo Furlan,³ Francesca Chiarini,³ Michele Colauzzi,³
Francesco Fracasso,³ Marco Fedrizzi,⁴ Mirko Guerrieri,⁴ Mauro Pagano,⁴
Daniele Puri,⁴ Giulio Sperandio⁴**

¹CREA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Firenze

²CREA-FLC, Centro di Ricerca per le produzioni Foraggere e Lattiero-Casearie, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Lodi

³Veneto Agricoltura, Agenzia Regionale per l'Agricoltura, le Foreste e il Settore Agro-alimentare, Settore Ricerca Agraria, Legnaro (PD)

⁴CREA-ING, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Monterotondo (RM), Italia

Parole chiave: Condizionalità; standard; fossi collettori; baulatura.

Riassunto

Nel presente lavoro vengono riportati i risultati del monitoraggio effettuato in tre aziende della rete del progetto MO.NA.CO. al fine di verificare l'efficacia dello Standard di Condizionalità 1.1(impegno c) orientato al raggiungimento dell'OBIETTIVO 1: EROSIONE DEL SUOLO: "Proteggere il suolo mediante misure idonee" e contenuto nella Norma 1: "Misure per la protezione del suolo" del decreto MiPAAF³sulla Condizionalità n. 30125/2009 (MiPAAF 2009) e seguenti, fino al recente decreto n. 180 del 23 gennaio 2015. Questo standard obbliga l'agricoltore alla "manutenzione della rete idraulica aziendale e alla manutenzione della baulatura dei campi" al fine di garantirne l'efficienza e la funzionalità

¹Redazione a cura di Paolo Bazzoffi.

²Lavoro svolto nell'ambito del Progetto MO.NA.CO. (Rete di monitoraggio nazionale dell'efficacia ambientale della condizionalità e del differenziale di competitività da essa indotto a carico delle imprese agricole) finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MiPAAF) nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale nel contesto dell'Azione 1.2.2 "Laboratori interregionali per lo sviluppo" del Programma Operativo denominato "Rete Rurale Nazionale 2007-2013".

³Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

nello sgrondo delle acque. Oltre all'efficacia ambientale dello standard rispetto all'obiettivo di proteggere il suolo dall'erosione, si è valutato il differenziale di competitività da esso indotto a carico delle imprese agricole, ossia i costi aggiuntivi a carico del beneficiario del pagamento unico determinati dalla ripulitura dei fossi collettori.

L'efficacia è stata determinata attraverso la valutazione della degradazione della struttura del suolo a fine inverno, su terreni di pianura seminati in autunno, nelle due ipotesi: a) Fattuale (fossi collettori, al margine del campo, non ostruiti e suolo coltivato non impantanato; B) Controfattuale (fossi collettori ostruiti e suolo impantanato).

Il parametro "struttura del suolo" è stato considerato idoneo sia nella valutazione del rischio di erosione del suolo sia nella valutazione della resistenza al degrado della struttura indotta dalla manutenzione della rete idraulica aziendale nei terreni soggetti a ristagni idrici. Il monitoraggio ha confermato un effetto positivo della manutenzione della rete idraulica aziendale e della baulatura sul predisporre il suolo alle condizioni ideali per il mantenimento della struttura. Nonostante le evidenze statistiche riscontrate, occorre dire che la variazione del fattore rugosità superficiale (T) e del fattore da esso derivato S_r del modello RUSLE (per la stima dell'erosione) è talmente modesta da non assumere alcun significato pratico al fine di affermare che la manutenzione funzionale dei fossi collettori abbia avuto efficacia. Nel complesso, i suoli sono risultati destrutturati e incrostati al termine dei periodi di osservazione. Gli indici I_{c_i} , NTU, e DS mostrano una fragilità di struttura da media a elevata per i suoli delle tre aziende in esame. Questo spiega la mancanza di differenze agronomicamente apprezzabili del parametro rugosità del suolo, in relazione alle abbondanti piogge e ai lunghi periodi di impantanamento occorsi nelle annate agrarie di monitoraggio. Il differenziale di competitività indotto dall'applicazione di questo standard, in riferimento ai valori medi del costo di lavorazione, è risultato pari a $19,89 \pm 6,35 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. La manutenzione dei fossi collettori con l'attrezzatura sopra descritta provoca emissioni in atmosfera di CO_2 , con media pari a $14,53 \pm 6,62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. Si ritiene importante far notare che allo stato attuale l'allegato II: "Regole di condizionalità" del regolamento (UE) n. 1306/2013 non annovera una BCAA che tenga conto della minaccia ambientale determinata dai ristagni idrici nelle terre coltivate, arrecata al suolo, alle coltivazioni e all'atmosfera, a causa della possibile produzione di gas ad effetto serra. Per quanto riguarda i criteri d'infrazione allo standard si suggerisce l'introduzione della verifica della presenza della baulatura nei terreni di pianura.

Introduzione

Lo Standard di Condizionalità 1.1_(impegno c) orientato al raggiungimento dell'OBIETTIVO 1: EROSIONE DEL SUOLO: “Proteggere il suolo mediante misure idonee” è contenuto nella Norma 1: “Misure per la protezione del suolo” del decreto MiPAAF sulla Condizionalità n° 30125/2009 e seguenti, fino al recente decreto n. 180 del 23 gennaio 2015.

Questo standard, che fino dal 2005 è reso obbligatorio dai decreti del MiPAAF⁴ per ogni superficie a seminativo, obbliga il beneficiario del pagamento unico alla “manutenzione della rete idraulica aziendale e della baulatura, rivolta alla gestione e alla conservazione delle scoline e dei canali collettori (presenti ai margini dei campi), al fine di garantirne l'efficienza e la funzionalità nello sgrondo delle acque”.

Fino al D.M. n. 13286/2007, di disciplina del regime di condizionalità, questo standard era orientato al raggiungimento delle finalità riportate nell'allegato IV del Reg. CE 1782/03 e cioè al raggiungimento dell'obiettivo ambientale 3: “*Struttura del suolo: Mantenere la struttura del suolo mediante misure adeguate*”. Lo standard era reso obbligatorio nell'ambito della Norma 3.1 intitolata: “Difesa della struttura del suolo (...)”. Successivamente, con il decreto MiPAAF sulla Condizionalità n. 30125/2009, emanato dopo l'Health Check della CAP⁵, questo Standard è stato indirizzato al raggiungimento di un diverso obiettivo ambientale, cioè a proteggere il suolo dall'erosione.

L'ultimo decreto di Condizionalità MiPAAF n.180 del 23/01/2015 riporta questo impegno nell'allegato 1: SETTORE AMBIENTE: Cambiamenti climatici e buone condizioni agronomiche del terreno; TEMA PRINCIPALE: Suolo e stock di carbonio; BCAA 5: Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche per limitare l'erosione. Questo impegno ha la medesima formulazione sia di quello contenuto nella suddetta Norma 3.1 sia dello standard 1.1_c del D.M. 30125/2009.

Il cambiamento di obiettivo ambientale per questo standard e la sua ancora non ottimale finalizzazione nel decreto 180/15 è giustificabile considerando che l'allegato II: “Regole di condizionalità” del regolamento (UE) n. 1306/2013 non annovera una BCAA che tenga conto della minaccia ambientale determinata dai ristagni idrici nelle terre coltivate.

⁴Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

⁵Il 20 novembre 2008 i ministri dell'agricoltura dell'UE hanno raggiunto un accordo politico sull'Health Check (stato di salute) della politica agricola comune (PAC). L'Health Check ha introdotto una serie di modifiche alle norme UE per il regime di pagamento unico (RPU) e altri regimi di aiuto diretto.

Pertanto nel decreto n. 180/2015 il legislatore ha inserito l'impegno di cui alla lettera "c" nella BCAA 5 - "Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche per limitare l'erosione", reputando che nella BCAA5 si potesse individuare il migliore compromesso fra tutte le BCAA riguardo all'obiettivo ambientale da attribuire a questo impegno.

Per sostenere l'esigenza di definire meglio una BCAA che tenga conto degli eccessi idrici occorre considerare che essi, oltre a determinare la degradazione della struttura del suolo, arrecano danni alle coltivazioni per asfissia radicale e danni all'atmosfera, per il possibile aumento delle emissioni di N_2O dovute alla denitrificazione (Allen *et al.*, 2010) e di CH_4 già osservabili dopo 7-14 giorni dall'impantanamento (Angel *et al.*, 2011; Fenner *et al.*, 2011).

Dopo questo necessario chiarimento occorre dire che l'efficacia dello standard 1.1_c del D.M. 30125/2009 è stata valutata nel presente monitoraggio in relazione all'obiettivo ambientale contenuto nel decreto, cioè rispetto all'obiettivo: "Erosione del Suolo: Proteggere il suolo mediante misure idonee". D'altra parte occorre considerare che talvolta l'erosione del suolo può verificarsi anche nei terreni di pianura, arrecando notevoli danni (Figura 1).



Figura 1. L'erosione può verificarsi anche in pianura su suoli fortemente erodibili e per eventi piovosi particolarmente intensi.

Leggendo il testo che descrive questo impegno, si comprende come il parametro ambientale principale oggetto del monitoraggio debba essere la conservazione della struttura del suolo in quanto correlabile all'erodibilità del suolo e quindi all'erosione. Come noto, una

struttura del suolo resistente predispone il suolo alla resistenza all'erosione (Renard *et al.*, 1997; Cogo *et al.*, 1984). Bisogna però osservare che lo standard 1.1_c obbliga il beneficiario dei pagamenti diretti sia alla manutenzione della rete idraulica aziendale sia alla manutenzione della baulatura dei campi (Figura 2).

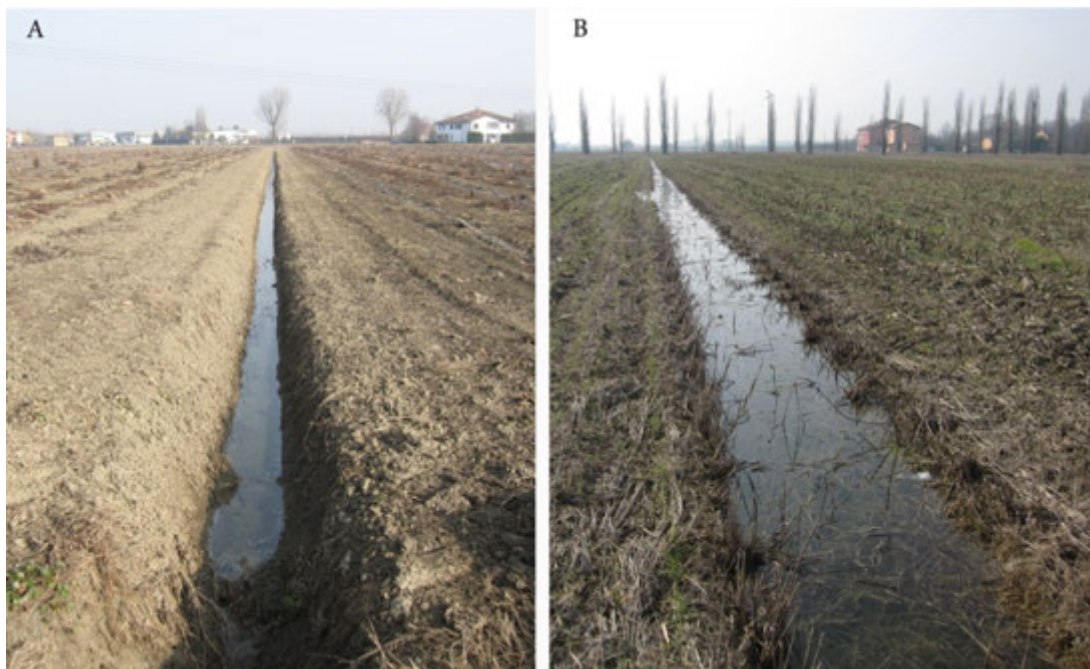


Figura 2. Lo standard 1.1_c impegna alla manutenzione della rete idraulica aziendale. A) Fosso mantenuto correttamente; B) fosso invaso da vegetazione erbacea che non assicura un efficace sgrondo delle acque dai campi.

Sempre dal testo di legge si evince che i terreni di elezione per l'applicazione dello standard 1.1_c siano quelli in pianura. Infatti, il decreto n. 30125/2009 ed anche il decreto sulla n.180/2015 non specificano per lo standard 1.1_c, come invece avviene per lo standard 1.1_a (fossi acquai temporanei), che: *“tale impegno interessa i terreni declivi che manifestano fenomeni erosivi evidenziabili dalla presenza di incisioni diffuse (rigagnoli) in assenza di sistemazioni”*, inoltre la Circolare AGEA 2014 Prot. N. ACIU.2014.529 determina nel seguente modo l'infrazione per questo standard 1.1_c: *“Si ha infrazione alla presente Norma nel caso in cui siano rilevate le seguenti non conformità agli impegni applicabili all'azienda: [...] 1.1.4. assenza della manutenzione della rete idraulica, con contemporanea presenza di ristagni idrici”* (Figure 3 e 4).



Figura 3. Ristagni idrici in un terreno di pianura del padovano.



Figura 4. Danni da eccesso idrico in terreni di pianura in un'annata caratterizzata da abbondanti piogge autunno-vernine evidenziati dal colore bruno della vegetazione (Immagine Google Earth, giugno 2013, nel comune di Padova).

Senza dubbio, la suddetta normativa consente di individuare nei terreni di pianura il contesto agricolo prevalente per l'applicazione dello standard 1.1_c. Infatti, la manutenzione della baulatura è indicata dallo standard fra le azioni da adottare ed essa, come noto, è una

pratica agronomica tipica per la pianura, finalizzata a garantire che il franco di coltivazione⁶ mantenga valori compatibili con la riuscita delle piante coltivate. Si ritiene quindi importante che anche la presenza della baulatura rientri nei criteri di determinazione dell'infrazione per questo standard.

Poiché l'abbassamento della falda acquifera ad opera della baulatura, con la conseguente scomparsa dei ristagni idrici superficiali, può richiedere un periodo abbastanza lungo (da 2 a 3 giorni) dopo l'ultima pioggia, è importante che venga rispettato un ragionevole lasso di tempo, almeno 7 giorni dall'ultima precipitazione, prima di verificare la presenza di impantanamenti sulla superficie dei campi.

La baulatura: fondamenti ed elementi per la definizione dell'infrazione

Al fine di fornire elementi conoscitivi idonei alla definizione dell'infrazione riguardo alla baulatura è importante richiamare alcuni concetti fondamentali.

La baulatura rappresenta un importante complemento di tutte le sistemazioni di pianura laddove non viene realizzato il drenaggio sottosuperficiale. Essa ha lo scopo di prevenire la formazione di ristagni idrici superficiali favorendone il deflusso verso fossi di raccolta posizionati lungo i bordi dei campi. Senza la baulatura i fossi collettori non potrebbero svolgere efficacemente la loro funzione di emungimento delle acque.

La baulatura consiste nel realizzare un profilo convesso della superficie del terreno ottenibile attraverso ripetute arature "a colmare"⁷ o attraverso riporti di terreno eseguiti con ruspe o livellatrici (Figura 5). Le pendenze adottate per gli spioventi della baulatura, è modesta, nell'intervallo 1-3% (minima in suoli molto permeabili, massima in suoli argillosi) ma sufficiente ad impedire il ristagno superficiale in terreni a tessitura fine e a bassa permeabilità (<http://it.wikipedia.org/wiki/Baulatura>).

⁶Franco di coltivazione: Spessore minimo dello strato superficiale del terreno, libero da acqua di percolazione, necessario per il normale sviluppo della pianta. Deriva dall'abbassamento della falda acquifera ed è la distanza fra la superficie del terreno ed il livello superiore della falda nel punto più lontano dai condotti emungenti (drenaggi) dopo un periodo abbastanza lungo (da 2 a 3 giorni) dall'ultima pioggia.

⁷Aratura a colmare: L'aratura inizia dalla linea di mezzzeria procedendo in circolo verso i bordi del campo. Il ribaltamento del terreno verso la linea di mezzzeria, ripetuto negli anni, determina la formazione di un profilo convesso che determina lo scorrimento del deflusso verso i fossi laterali. Quando si raggiungono le pendenze desiderate la baulatura viene conservata alternando di anno in anno l'aratura a colmare con quella a scolmare.

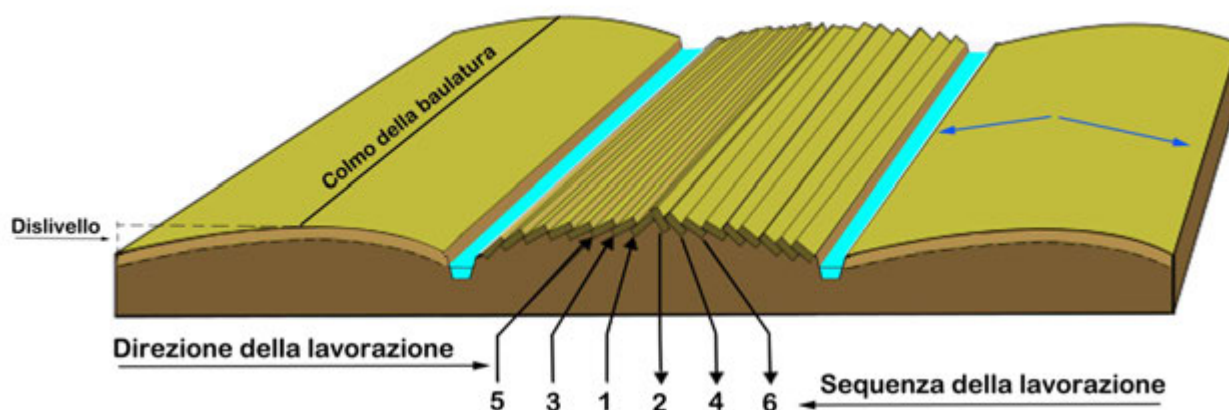


Figura 5. Realizzazione della baulatura attraverso la “lavorazione a colmare” e indicazione del dislivello da valutare in campo per definire l’infrazione (Immagine rieditata, tratta da http://en.wikipedia.org/wiki/Ridge_and_furrow).

Fra le sistemazioni di pianura che utilizzano la baulatura dei campi ricordiamo la sistemazione a Cavino, la sistemazione a Cavalletto e la sistemazione alla Ferrarese (o a Larghe) (Figura 6). Di questi tre schemi di parcellizzazione adottati nel passato, dove i campi erano dimensionati sulla base della capacità di aratura giornaliera di una coppia di buoi, oggi prevale uno schema semplificato della sistemazione alla ferrarese e, in misura minore, della sistemazione a cavini. Le dimensioni dei campi sono il frutto della mediazione tra le esigenze produttive, le risorse energetiche per le lavorazioni e le caratteristiche ambientali (piovosità, natura e quota del suolo, vocazione agronomica). In tutti i casi i campi hanno mantenuto la larghezza tipica delle classiche sistemazioni di pianura (Figura 6) in modo da garantire lo sgrondo laterale dell’acqua. Invece, per quanto riguarda la lunghezza, non esistono più le limitazioni del passato, considerata la disponibilità delle macchine agricole per l’esecuzione delle operazioni campestri.

Tipicamente, il dislivello fra limite del campo lungo il fosso laterale e colmo della baulatura è di 30-40 cm nelle sistemazioni del meridione; 60-80 cm nelle sistemazioni emiliane e 150 cm in quelle padovane. A questi valori può essere fatto riferimento per la definizione dei criteri di infrazione.

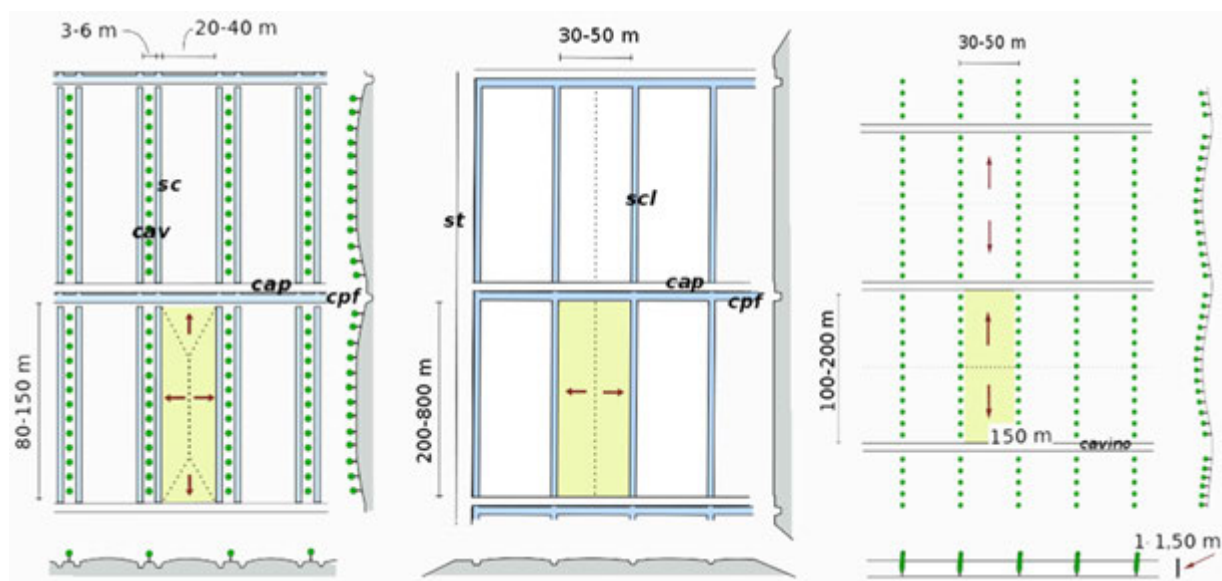


Figura 6. Principali sistemazioni di pianura adottate in Italia nel passato. A sinistra: Cavalletto Bolognese, al centro: Larga Ferrarese, a sinistra: Cavino Padovano (da Wikipedia, G. Dessi, 2010).

Stato dell'arte

In un precedente lavoro sull'efficacia dello standard 1.1c (Bazzoffi e Nieddu, 2011) è stato evidenziato l'effetto positivo della manutenzione della rete idraulica aziendale e della baulatura sul predisporre il suolo alle condizioni ideali per il mantenimento della struttura.

In particolare sono risultati rilevanti i risultati di una ricerca di laboratorio condotta sull'effetto della durata dell'impantanamento sulla stabilità della struttura e i risultati di alcune ricerche condotte nel passato mirate: 1) alla valutazione dell'effetto di diversi livelli di umidità del terreno sulla stabilità della struttura, 2) alla valutazione dell'effetto sull'effetto di diversi cicli di inumidimento e disseccamento sulla stabilità degli aggregati, 3) alla determinazione della resistenza degli aggregati sotto l'azione del gelo-disgelo in condizioni di differenti contenuti idrici del suolo, 4) alla determinazione della resistenza degli aggregati, con umidità alla capacità di campo, ad un numero crescente di cicli di gelo-disgelo (0, 1, 3, 5, 11 cicli).

Le prove nelle quali il suolo è stato trattato con cicli di gelo-disgelo sono state effettuate considerando che durante l'inverno può verificarsi il congelamento del suolo impantanato, con effetti di destrutturazione dovuti all'espansione dell'acqua all'interno dei pori, durante la fase di congelamento (Figura 7).

I risultati hanno mostrato che nei suoli sabbiosi e ricchi di scheletro l'imbibizione rapida determina significativi fenomeni di disgregazione rispetto a suoli con maggior contenuto di limo e argilla.

I risultati hanno pure mostrato che sono sufficienti tre i cicli di inumidimento-disseccamento perché inizi a verificarsi la disgregazione della struttura del suolo. Questo comportamento è stato più evidente nei suoli con maggior contenuto di limo e argilla rispetto al suolo franco-sabbioso. Oltre il terzo ciclo di inumidimento-disseccamento la disaggregazione è aumentata con l'aumentare del numero dei cicli. Questa prova, soprattutto per l'umidità pari al 50%, conferma che la manutenzione in efficienza della rete di fossi aziendali ha un effetto favorevole sulla struttura, in quanto un buon emungimento delle acque, assicurato da fossi efficienti, evita l'impantanamento e contrasta la dispersione dell'argilla e del limo. Queste due frazioni granulometriche, quando il suolo asciuga, danno origine ad una crosta superficiale che disturba gli scambi idrici e gassosi, nonché la crescita delle piante.

Il decadimento della stabilità strutturale dovuta al gelo-disgelo segue un andamento logaritmico in funzione del numero di cicli. Inoltre, il decadimento della struttura dipende molto strettamente dal potenziale matriciale (e quindi dall'umidità) degli aggregati prima del gelo-disgelo. In genere si può affermare che un contenuto idrico compreso fra la saturazione e la capacità di campo predispone i suoli a una disgregazione molto più elevata rispetto a quando il suolo è secco all'aria o al punto di appassimento.



Figura 7. Effetto destrutturante dei ristagni idrici e dell'azione del gelo. Si notino le pozze gelate nella zona impantanata.

In definitiva, i risultati hanno evidenziato che bastano poche alternanze di gelo-disgelo per determinare un notevole decadimento della struttura in suoli con alto contenuto idrico e con tessitura da franca ad argillosa.

L'allontanamento dell'acqua in eccesso ha un ruolo positivo nel diminuire sia il rischio di dispersione dei microaggregati nel dominio dell'argilla e del limo sia il rischio che si verifichi un decadimento della stabilità strutturale a causa dei cicli invernali di gelo-disgelo.

Materiali e metodi

Localizzazione dei siti di monitoraggio

Il monitoraggio dello standard 1.1c, è stato condotto in tre aziende agricole sperimentali (Figura 8):

1. Azienda di Monitoraggio CREA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Fagna (Scarperia, FI).
2. Azienda di Monitoraggio CREA-FLC, Centro di ricerca per le Produzioni Foraggere e Lattiero Casearie (Lodi).
3. Azienda di Monitoraggio Vallevicchia (Caorle, VE). Veneto Agricoltura. Agenzia Regionale per l'agricoltura le foreste e il settore agro-alimentare, Settore Ricerca Agraria - Legnaro (PD).

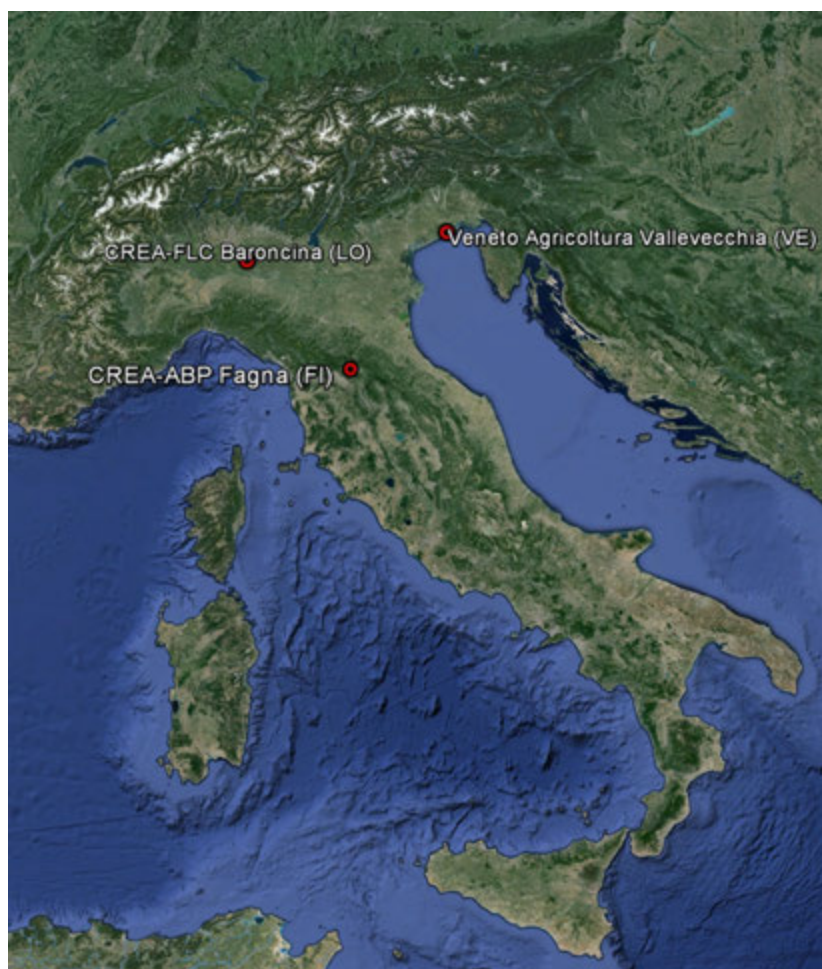


Figura 8. Localizzazione dei siti di monitoraggio.

Metodologia di rilievo del parametro ambientale: rugosità del suolo

Per valutare l'efficacia ambientale dello Standard 1.1_c, orientato al raggiungimento dell' OBIETTIVO 1: EROSIONE DEL SUOLO: "Proteggere il suolo mediante misure idonee", è stato prescelto il parametro ambientale "struttura del suolo" misurata attraverso la rugosità superficiale o zollosità. Infatti, la scabrezza della superficie del suolo influenza l'erosione sia direttamente (Cogo *et al.*, 1984) diminuendo la velocità del deflusso e riducendo la sua capacità di trasporto, sia indirettamente agendo sull'efficacia dei residui colturali nel proteggere il suolo.

Nel presente monitoraggio si è preso in considerazione il modello RUSLE (Renard *et al.*, 1997) che stima il rischio di erosione laminare e per rigagnoli attraverso la moltiplicazione dei valori attribuiti ad alcuni parametri, come segue:

$$E = R \times K \times LS \times C \times P \quad (\text{eq. 1})$$

Dove E ($t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$) è proporzionale ad un parametro R , detto erosività della pioggia e del ruscellamento, che nelle unità del Sistema Internazionale (S.I.) ha le dimensioni in $MJ\ mm\ h^{-1}\ ha^{-1}\ anno^{-1}$.

Il fattore erodibilità del suolo K ($t\ ha\ h\ ha^{-1}\ .MJ^{-1}\ mm^{-1}$) rappresenta la perdita di suolo per unità di R , misurata su parcella standard lunga 22,13 m, con il 9% di pendenza, lavorata nel senso della pendenza e mantenuta libera da vegetazione (suolo preparato per la semina). Il fattore LS (fattore topografico) accorpa il fattore lunghezza e pendenza. Questo fattore adimensionale tiene conto dell'effetto della lunghezza della pendice sull'erosione e rappresenta il rapporto fra le perdite di suolo relative ad una data lunghezza dell'appezzamento rispetto a quello della parcella standard, avente lunghezza 22,13 m. Il fattore pendenza S (adimensionale) è il rapporto tra le perdite di suolo della parcella in esame e quella della parcella standard avente pendenza del 9%. C (adimensionale) è il fattore relativo alla coltura e alle tecniche colturali, esso varia fra 0 e 1 ed esprime il rapporto fra l'erosione di una data coltura e tecnica colturale con quello del suolo preparato per la semina. P (adimensionale) rappresenta il fattore relativo alle pratiche per conservare il suolo dall'erosione (esso varia fra 0 e 1), come rapporto fra erosione derivante da una data pratica conservativa e quello ottenibile dal terreno nudo preparato per la semina e lavorato a rittochino. Poiché il modello è moltiplicativo, è sufficiente che uno dei valori inseriti sia prossimo a zero affinché anche il risultato finale diminuisca drasticamente.

Nella RUSLE il fattore copertura e gestione "C" è composto da 4 sottofattori nel seguente modo:

$$C = c_c\ g_c\ s_r\ r_h\ s_b\ s_c\ p_p\ a_m \quad (\text{eq. 2})$$

dove: c_c = sottofattore copertura vegetale delle chiome della vegetazione, g_c = sottofattore copertura del terreno da parte di vegetazione a terra e residui, s_r = sottofattore rugosità superficiale del suolo; r_h = sottofattore altezza delle creste dei solchi, s_b = sottofattore biomassa del suolo, s_c = sottofattore consolidamento del suolo, p_p = sottofattore impozzangheramento, and a_m = sottofattore umidità del suolo precedente alla pioggia.

Il sottofattore SR (Surface Roughness) ed è definita come la deviazione standard delle quote della superficie del suolo depurate dai cambiamenti della superficie dovuti alla pendenza o le depressioni non casuali (tracce lasciate dal trattore, solchi effettuati dall'uomo, ecc.).

Un'alta rugosità della superficie incrementa l'infiltrazione e diminuisce il grado di sigillamento del suolo dovuto all'impatto delle gocce (Sumner e Stewart, 1992). Al contrario un suolo finemente amminutato, o addirittura polverizzato da eccessive lavorazioni, sarà soggetto a sigillare velocemente con formazione della crosta superficiale e conseguentemente ad avere bassi tassi di infiltrazione, generando deflusso. Il sottofattore S_r (adimensionale) viene calcolato secondo la seguente espressione:

$$S_r = e^{[-0,026(RR-6,1)]} \quad (\text{eq. 3})$$

Dove RR è la rugosità superficiale (Random Roughness in mm) e 6,1 mm è il valore standard di rugosità di riferimento (Figura 9).

Valori del sottofattore rugosità inferiori a 1 si hanno quando la rugosità superficiale della condizione sito-specifica è maggiore di 6,1 mm, mentre valori superiori a 1 si hanno quando la rugosità superficiale sito-specifica è inferiore a 6,1 mm. Il valore del sottofattore S_r può variare da circa 1,2 per una superficie perfettamente liscia a meno di 0,3 per un suolo fortemente zoloso.

La RR (random roughness), il più noto indice di rugosità, nella formulazione definitiva di Currence e Lovely (1970) è espresso come la deviazione standard delle altezze relative del profilo o della superficie campionate secondo un passo o maglia regolare:

$$RR = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_y) / n} \quad (\text{eq. 4})$$

dove: n è il numero delle altezze relative campionate; μ_y , la media aritmetica delle altezze campionate; Y_i il valore di ogni singola altezza relativa nel profilo.

Per il calcolo della RR (dimensionalmente una lunghezza, L) è necessario procedere ad una preliminare eliminazione di trend lineari o non lineari eventualmente presenti sull'intero profilo e determinati, ad esempio, dalla pendenza locale. In questo caso, l'indice RR viene calcolato sui residui rispetto al trend rimosso. L'operazione di rimozione del trend viene operata normalmente mediante una regressione lineare o polinomiale

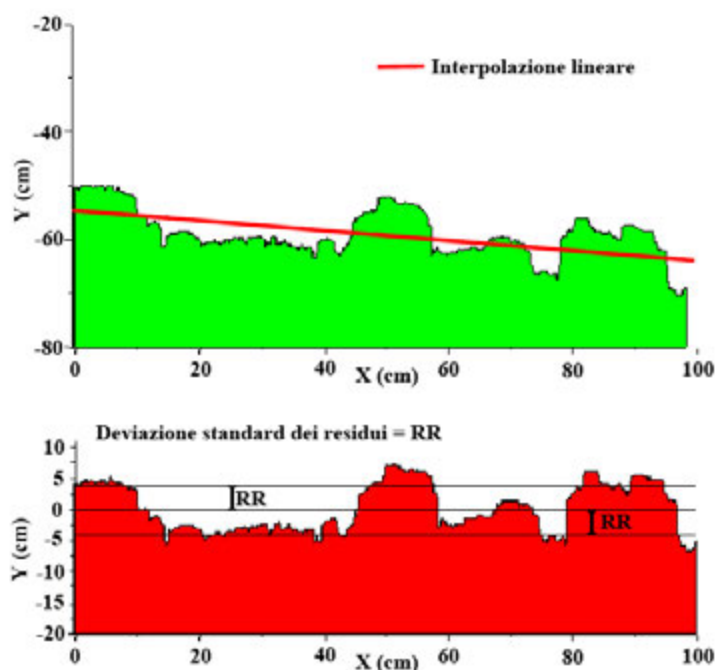


Figura 9. Indice RR. Esempificazione della modalità di calcolo di RR e dell'eliminazione del trend dei profili di rugosità, importante per eliminare (o calcolare) l'effetto pendenza. Il trend dei profili di rugosità viene normalmente rimosso prima di fare il calcolo degli indici di rugosità.

Nel presente monitoraggio la rugosità superficiale del suolo è stata determinata attraverso l'indice di Tortuosità (Boiffin, 1984), definito come il rapporto fra la lunghezza totale dello sviluppo di una sezione superficiale del suolo (transetto) e la sua proiezione perpendicolare sul piano (Figura 10).

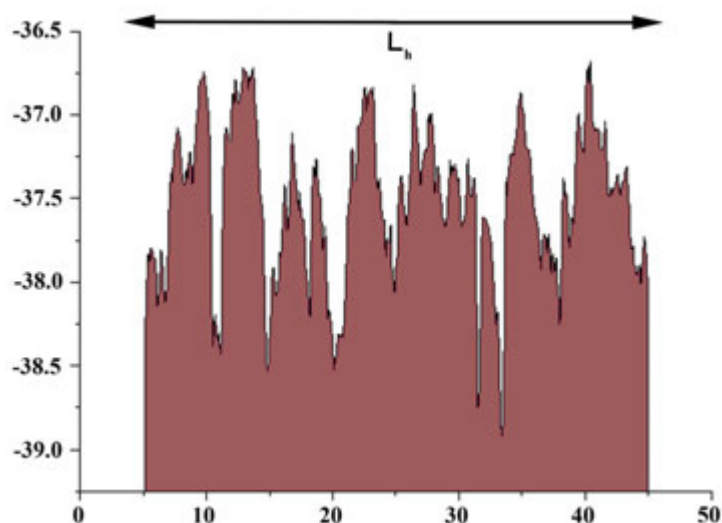


Figura 10. Esempio della modalità di calcolo dell'indice di tortuosità T.

Nel Progetto MO.NA.CO. l'indice di tortuosità è stato rilevato con il metodo della catenella (Bertuzzi *et al.*, 1990), cioè utilizzando una “roller chain” (catena da bicicletta) della lunghezza di 100 cm. In pratica la catenella viene poggiata sul suolo, seguendo tutte le zollosità, misurando poi la lunghezza effettiva della catenella.

Il rilievo viene eseguito su 10 sezioni perpendicolari alla direzione della lavorazione e su 10 sezioni nel verso della lavorazione (Figure 11 e 12).



Figura 11. Misure dell'indice di tortuosità con il metodo della catenella (a sinistra le sezioni sono perpendicolari alla direzione della lavorazione, mentre a destra sono nella direzione della lavorazione).

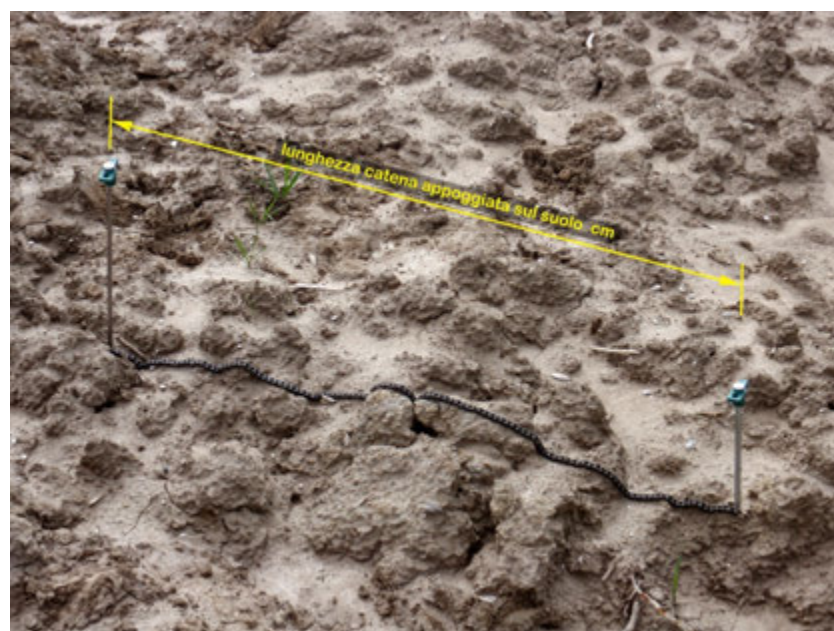


Figura 12. Misure dell'indice di tortuosità con il metodo della catenella. Esempio di rilievo in campo di una delle sezioni.

L'indice di tortuosità T viene espresso dalla seguente equazione:

$$T = \frac{100 \text{ cm (lunghezza catena distesa)}}{X \text{ cm (misurati fra le due estremità della catena appoggiata al suolo)}} \quad (\text{eq. 5})$$

L'indice di tortuosità (T) è stato trasformato nel corrispondente valore di random roughness (RR) attraverso l'equazione di regressione (6), con $R^2=0,88$, ricavata ponendo RR come variabile dipendente e T come variabile indipendente su un dataset di 179 osservazioni ed elaborando con il software MRIC (Borselli, 1998) altrettanti profili superficiali si suolo ottenuti in diverse ricerche pregresse presso CREA-ABP (l'equazione è valida solo per valori di $RR \leq 0,3$ cm). Il riepilogo della regressione è indicato in Tabella 1, mentre il grafico dei valori previsti ed osservati è riportato in Figura 13.

$$RR \text{ (cm)} = 89,7117 - 89,6805 T + 222,1443 \text{ Log}_{10} T \quad (\text{eq. 6})$$

Tabella 1. Riepilogo della regressione per la variabile Random Roughness (RR).

R= 0,936 R²= 0,876 F(2,176)=624,47 P<0,0000 Err.Standard di stima: 0,0237						
	Beta	Err. Std. di Beta	B	Err.Std. di B	t(176)	P-level
Intercetta			89,7117	9,87758	9,08235	0,000000
Log ₁₀ T	21,3289	2,250076	222,1443	23,43493	9,47920	0,000000
T	-20,4255	2,250076	-89,6805	9,87921	-9,07771	0,000000

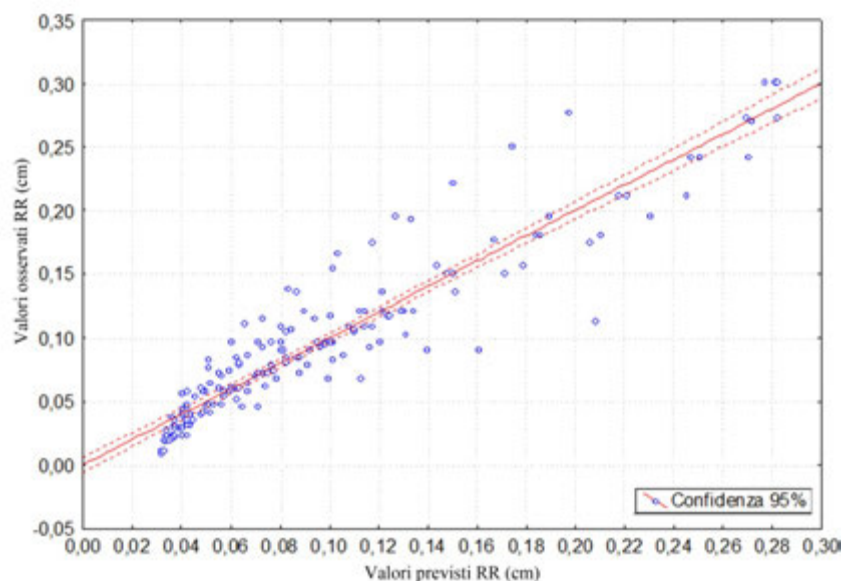


Figura 13. Valori di RR previsti ed osservati con il modello di regressione.

Dai valori di tortuosità (T) si sono ricavati i corrispondenti valori di Random Roughness (RR) che, trasformati da cm in mm, hanno permesso di calcolare il sottofattore S_r utilizzando l'equazione (3).

Metodologia di calcolo dei parametri ambientali suscettività all'incrostamento e fragilità della struttura in relazione ai ristagni idrici suolo

Per la valutazione della suscettività all'incrostamento si sono utilizzate tre indici di stima: 1) l'indice di sensibilità all'incrostamento (I_{cLi}) presente sul manuale "Metodi di valutazione dei suoli e delle terre" (Calzolari *et al.*, 2006) e semplificato da Bazzoffi e Pellegrini in questo studio attraverso una rielaborazione dei dati originali, 2) l'indice NTU_{ratio} stimato (Nephelometric Turbidity Units) (Pellegrini *et al.*, 2005) e 3) l'indice DS che esprime la fragilità della struttura causata dai ristagni idrici (waterlogging) (Bazzoffi e Nieddu, 2011).

Indice di sensibilità all'incrostamento (I_{cLi})

L'indice I_c originario si presenta come nell'Equazione 7, mentre le classi di rischio sono riportate in Tabella 2.

$$I_c = (1,5Z_f + 0,5Z_c)/(C+10 OM) \quad (\text{eq. 7})$$

dove:

Zf = % limo fine

Zc = % limo grosso

C = % argilla

OM = % sostanza organica

Tabella 2. Classi di rischio di incrostamento del suolo secondo il valore dell'indice Ic.

Ic	Rischio di incrostamento
<1,2	Basso
1,2-1,6	Moderato
>1,6	Elevato

L'indice semplificato I_{cLi} (ove viene considerato il limo totale, Li, anziché le due frazioni: limo grosso e limo fine) utilizzato in questo studio è calcolato tramite la seguente equazione:

$$I_{cLi} = Li / (C + 10 OM) \quad (\text{eq. 8})$$

dove:

Li = (-0,0734 + 1,126 % limo totale)

C = % argilla

OM = % sostanza organica

L'equazione di semplificazione, il cui riepilogo è mostrato in Tabella 3, è la seguente:

$$Li = (-0,0734 + 1,126 \% \text{ limo totale}) \quad (\text{eq. 9})$$

Tabella 3. Riepilogo della regressione per la variabile Li.

$R^2 = 0,89$, $F(1,398) = 3090,1$; $P < 0,0000$; Err. Standard di stima: 4,8932

	Beta	Err.Std. di Beta	B	Err.Std. di B	t(398)	P-level
Intercetta			-0,073427	0,632311	-0,11612	0,907612

Limo Tot	0,941221	0,016932	1,12599	0,020256	55,58861	0,000000
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------

I valori previsti e osservati della variabile Li con il modello di regressione sono mostrati in Figura 14.

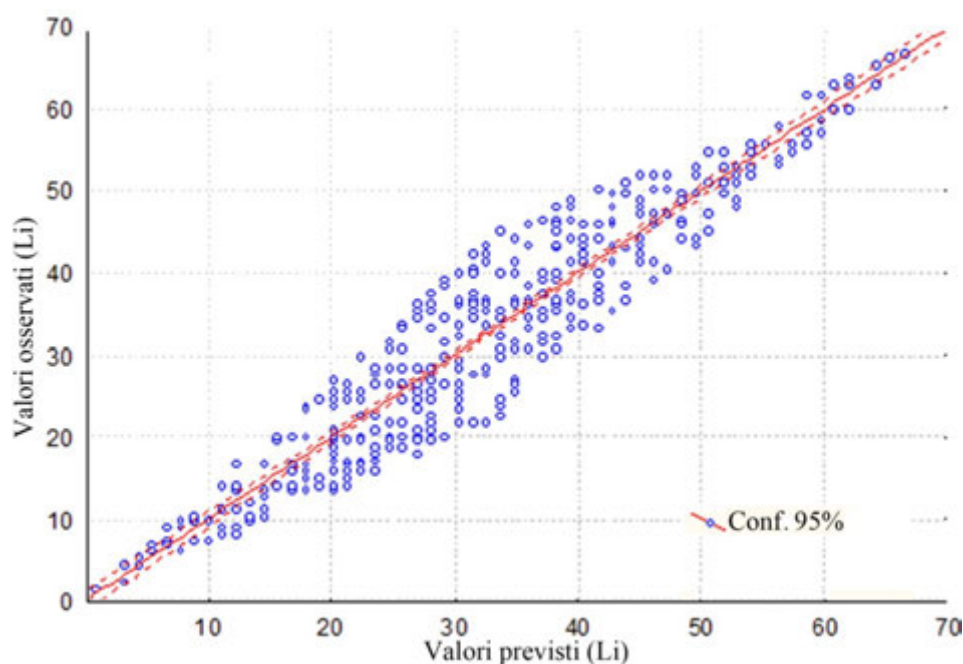


Figura 14. Valori previsti e osservati della variabile Li con il modello di regressione (x).

Indice di sensibilità del suolo all'incrostamento (NTU_{ratio} stimato)

Con questo indice la perdita di struttura è stata valutata indirettamente tramite prove di stabilità degli aggregati condotte tramite il metodo torbidimetrico (Dexter e Czyz, 2000) che misura la torbidità in unità NTU (Nephelometric Turbidity Unit) di una dispersione di suolo in acqua dopo agitazione. L'indice utilizzato nel presente monitoraggio è il seguente:

$$NTU_{ratio} = NTU_{1h} / NTU_{18h} \quad (\text{eq. 10})$$

dove NTU_{1h} e NTU_{18h} rappresentano i valori di torbidità dopo 1h e 18h di agitazione ($NTU \text{ g}^{-1} \text{ L}^{-1}$), corrispondente quest'ultimo alla massima quantità di argilla disperdibile.

Misure di stabilità di struttura utilizzando questo metodo sono state eseguite su 19 suoli diversi per composizione granulometrica e/o contenuto di carbonio organico, al fine di verificare come varia l'indice NTU_{ratio} in funzione di questi due parametri. Dall'elaborazione dei dati è stato possibile formulare il seguente modello di stima dell'indice NTU:

$$NTU_{ratio \text{ stimato}} = 0,6844 + (0,00134 * (\% \text{ limo})) + (-0,42014 * \log_{10}(\% \text{ sostanza organica})) \quad (\text{eq. 11})$$

Nella Tabella 4 è mostrato il riepilogo della regressione.

Tabella 4. Riepilogo della regressione per la variabile NTU_{ratio} stimato.

$R^2 = 0,83$; $F(2,16)=39,202$; $P<0,00000$; Err. Standard di stima 0,04073

	Beta	Err. Std. di Beta	B	Err. Std. di B	t(16)	P-level
Intercetta			0,6844	0,0604	11,3277	0,0000
Limo totale (%)	0,1203	0,1033	0,0013	0,0011	1,1642	0,2614
\log_{10} (S.O.%)	-0,9140	0,1033	-0,4201	0,0475	-8,8460	0,0000

I valori della variabile NTU_{ratio} stimato previsti e osservati con il modello di regressione sono mostrati in Figura 15.

Utilizzando la Tabella 5 è possibile attribuire la classe di rischio di incrostamento attraverso il valore di NTU_{ratio} stimato.

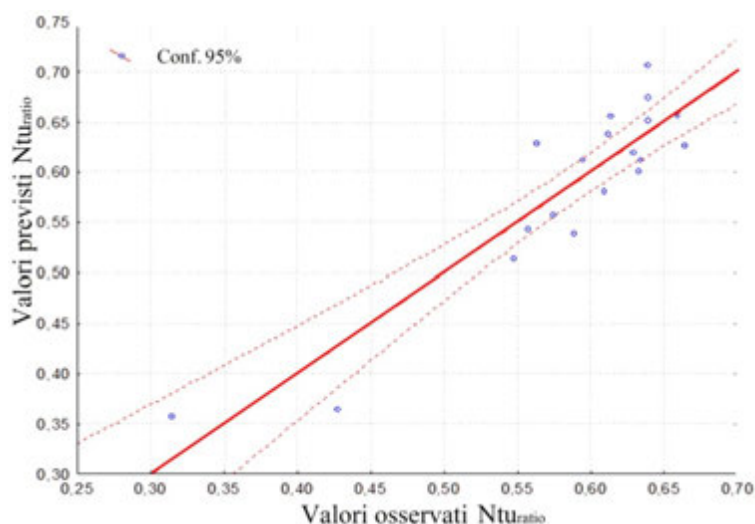


Figura 15. Valori previsti e osservati della variabile NTU_{ratio} stimato con il modello di regressione.

Tabella 5. Classi di rischio di incrostamento del suolo secondo il valore dell'indice NTU_{ratio} stimato.

NTU_{ratio} stimato	Rischio di incrostamento
<0,48	Basso
0,48–0,63	Moderato
>0,63	Elevato

Indice DS fragilità della struttura del suolo causata dai ristagni idrici

Bazzoffi e Nieddu (2011) hanno messo a punto un indice per la definizione della disaggregazione della struttura del suolo causata da cicli di inumidimento-disseccamento.

La percentuale di disaggregazione DS è funzione del numero di cicli di inumidimento-disseccamento e della percentuale di argilla+limo, secondo l'equazione (12):

$$DS = 37,0078 + \frac{130549,02}{x^2} - 0,0041 y^3 \quad (\text{eq. 12})$$

Nella Tabella 6 si riportano le classi di rischio di disaggregazione del suolo secondo il valore dell'indice DS.

Tabella 6. Classi di rischio di disaggregazione del suolo secondo il valore dell'indice DS.

Percentuale di disaggregazione DS	Fragilità della struttura per ristagno idrico
0 - 20	Basso
21 - 50	Moderato
51 - 100	Elevato

Sito di monitoraggio: Azienda Fagna (Scarperia, Provincia di Firenze)

Caratteri generali

L'azienda (Figura 16), raggiungibile percorrendo la strada provinciale SP503 "Passo del Giogo" oltre la zona industriale di Scarperia, è situata sulle argille e limi lacustri del Pleistocene (Villafranchiano); e nelle alluvioni ghiaioso sabbiose (Olocene) (come rappresentato nella Carta geologica d'Italia 1:1.000.000, foglio 106).

Le Coordinate WGS84 del centroide aziendale sono le seguenti: N 43° 58' 53,35"; E 11° 20' 57,27". L'altitudine media aziendale è m 247,6 s.l.m.

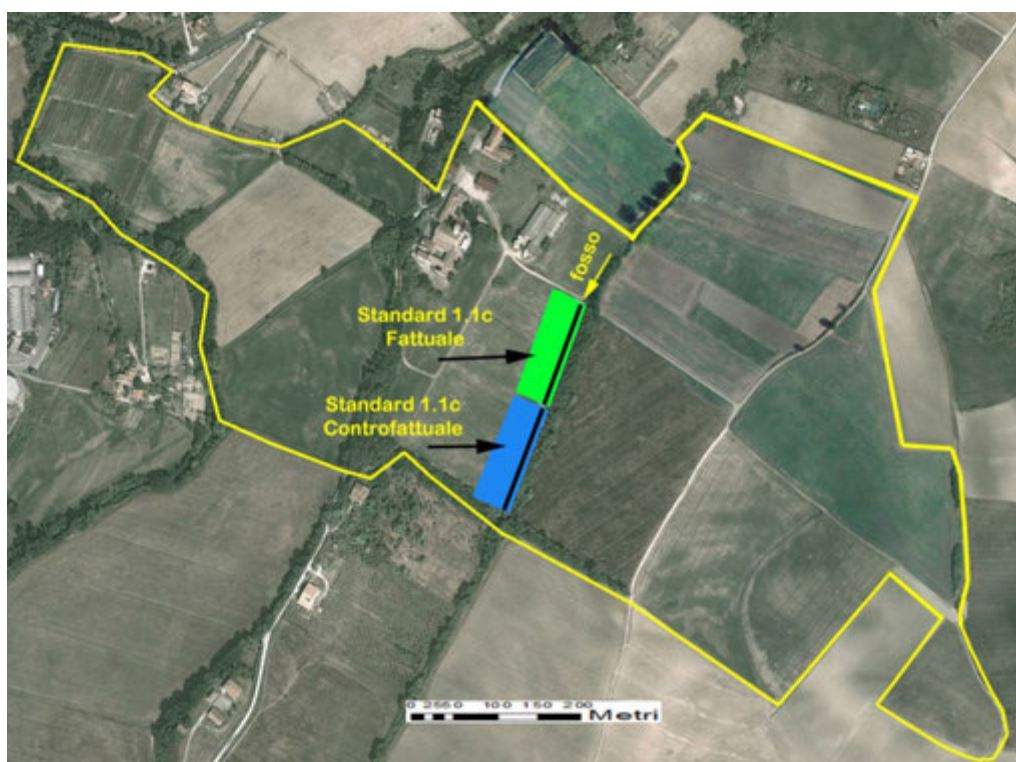


Figura 16. Azienda Fagna (CREA-ABP) e localizzazione delle parcelle interessate dal monitoraggio (Standard 1.1c).

I suoli dell'area di interesse ricadono nell'unità cartografica TBB1-PRE1-MDS1 della carta dei suoli della Regione Toscana 1:250.000. I suoli della serie TBB1 (Trebbiolo) sono moderatamente profondi, non ghiaiosi, a tessitura da argillosa ad argilloso limosa, con

spiccati caratteri vertici, molto calcarei, da debolmente a fortemente alcalini, piuttosto mal drenati. Sono classificati come Typic Udorthents fine, vermiculitic, calcareous, mesic per la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) e come Calcaric Regosols secondo il WRB (1998).

I suoli della serie PRE1 (Pretaglia) sono moderatamente profondi, non ghiaiosi, a tessitura da argillosa ad argilloso limosa, con spiccati caratteri vertici, molto calcarei, moderatamente alcalini, piuttosto mal drenati. Sono classificati come Vertic Eutrudepts fine, mixed, mesic per la Soil Taxonomy e come Calcari Vertic Cambisols secondo il WRB (1998).

I suoli della serie MDS1 (Molino della Sorcella) sono profondi, non ghiaiosi, a tessitura da franco limoso argillosa ad argilloso limosa, moderatamente calcarei, moderatamente alcalini, piuttosto mal drenati. Presentano caratteri idromorfi. Si rilevano su superfici subpianeggianti o leggermente pendenti, poste generalmente ai piedi dei versanti. Sono classificati come Aquic Eutrudepts fine, mixed, mesic secondo la Soil Taxonomy e come Calcari Endostagnic Cambisols per la WRB. I minerali argillosi dominanti sono: illite, caolinite e halloisite.

Dal punto di vista climatico e pedoclimatico, secondo i dati di lungo periodo del database pedologico nazionale ISIS 1.0, la temperatura media annua dell'aria è di circa 12.6°C, le precipitazioni medie annue sono intorno ai 1178 mm, equivalente ad un aridity index calcolato con l'equazione di De Martonne di 52,2 classe (>50) perumido. Il regime termico del suolo è mesico (8-15) con temperatura media del suolo stimata a 50 cm di 14,2°. Il regime idrico è udico (0-60) ovvero con un numero di giorni di secco cumulati nella sezione di controllo del suolo di circa 55 per anno. Le parcelle di monitoraggio hanno le caratteristiche morfologiche e chimiche (orizzonte superficiale 0-20 cm) riportate in Tabella 7. Le piogge osservate nel periodo di monitoraggio sono riportate nella Figura 17.

Tabella 7. Caratteristiche dei suoli nelle aree di monitoraggio dello standard 1.1c nell'azienda Fagna.

Sito di monitoraggio	Scheletro, >2000 µm (%)	Sabbia totale, 53-2000 µm (%)	Limo, 20-53 µm (%)	Argilla, 2 µm (%)	pH (1:2.5) H₂O	CaCO₃ (%)	Sostanza organica (%)
-----------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------	--------------------------	----------------------------------	-----------------------------	------------------------------

Fattuale standard 1.1.c	0	19,79	35,65	44,42	8,11	15,01	1,81
Controfattuale standard 1.1.c	0	13,88	42,05	40,31	8,32	21,42	1,86

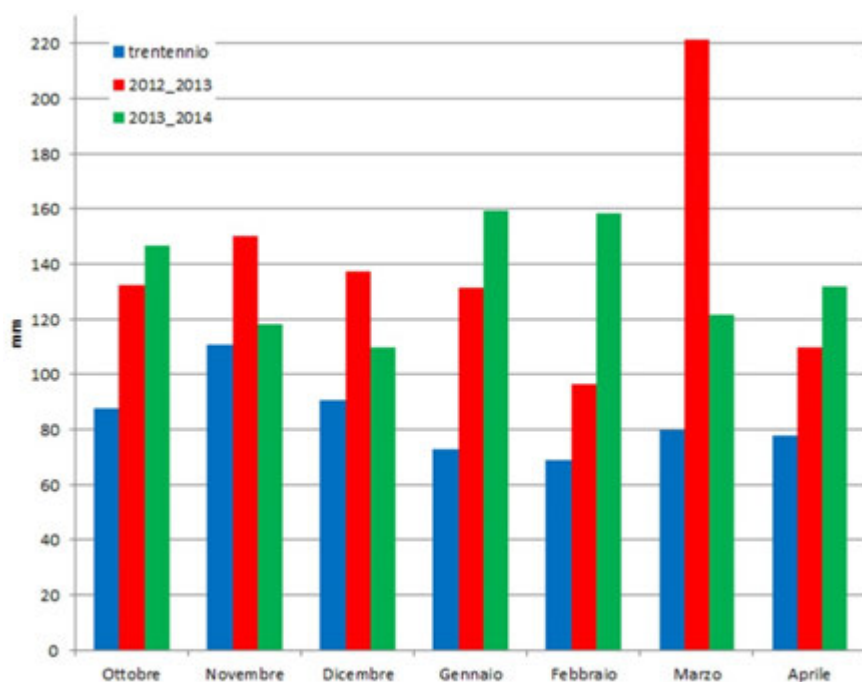


Figura 17. Azienda Fagna: piogge mensili nel periodo di monitoraggio e piogge medie trentennali.

Descrizione del monitoraggio nell'azienda Fagna

Le tesi a confronto sono state due:

- TRATTAMENTO FATTUALE: pulizia e manutenzione del fosso collettore per mantenerlo in perfetto stato di funzionalità. La pulitura del fosso collettore è stata effettuata mediante un passaggio con scavafossi rotativo monoruota per liberarlo dalla vegetazione erbaceo-arbustiva.
- TRATTAMENTO CONTROFATTUALE: fosso collettore in assenza di manutenzione ed in stato di degrado funzionale (interrito e con vegetazione erbaceo-arbustiva).

Rilievi effettuati

Si sono rilevati: La rugosità superficiale dei terreni, in data 21 marzo 2013 e in data 28

marzo 2014 e si è proceduto alla valutazione agronomica dello stato dei campi per mezzo di giudizio qualitativo (Conservati, sufficientemente conservati, degradati, molto degradati).

Differenziale economico di competitività

La misurazione dei tempi di lavoro e dei consumi di carburante per lo standard 1.1_c è stata effettuata nelle parcelle fattuali durante l'operazione di pulitura dei fossi. Le emissioni di CO₂ in relazione al consumo di carburante per la pulizia dei fossi sono state desunte dal quantitativo di gasolio impiegato.

Sito di monitoraggio: Azienda Baroncina (Lodi)

Caratteri generali

L'azienda Baroncina (Figura 18) è ubicata nelle vicinanze sud di Lodi ed è raggiungibile percorrendo la SP23.

Le Coordinate WGS84 del centroide aziendale sono le seguenti: N 45° 17' 32,97"; E 9° 29' 54,45". L'altitudine media aziendale è m 73 s.l.m. L'azienda si estende per 39 ettari. I siti di monitoraggio sono situati in due campi confinanti con l'azienda come indicato nella Figura 18.

L'azienda ricade sulle alluvioni fluviali e fluvioglaciali sabbioso ghiaiose con lenti limose, rappresentati dal codice fgwg della Carta geologica d'Italia 1:1.000.000, foglio 60. Dal punto di vista semantico ricadono nella Soilregion 18.8 e nel sistema di terre 134AGsASI2032 caratterizzato da piana alluvionale parzialmente incisa con locali terrazzamenti e alvei drenanti con drenaggio meandriforme.

La destinazione d'uso è il seminativo avvicendato (foraggio) in aree irrigue. Rispetto alle delimitazioni delle Unità di terre 1:50.000 si colloca nella porzione meridionale della piana fluvioglaciale e fluviale che costituisce il livello fondamentale della Pianura (L.F.d.P.), formata per colamento alluvionale durante l'ultima glaciazione (wurmiana). È caratterizzata da superfici modali stabili, pianeggianti o leggermente ondulate, intermedie tra le aree più rilevate (dossi) e depresse (conche e paleoalvei). I sedimenti sono fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo. Secondo la carta pedologica della regione Lombardia a scala 1:50000 ricade nella UC (LOD1).

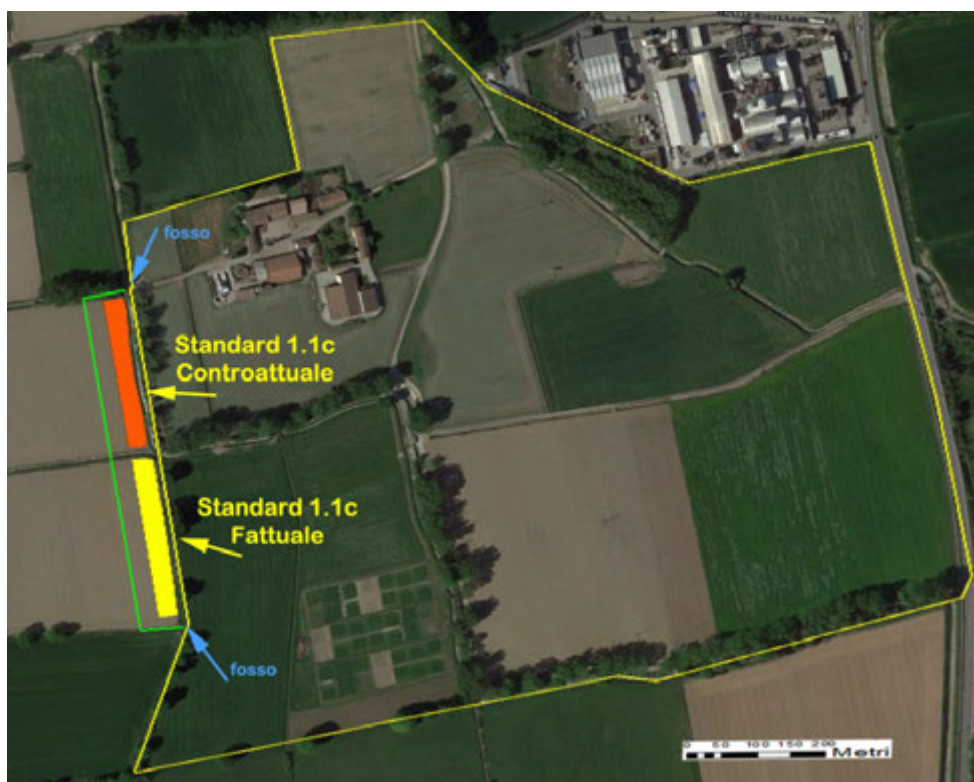


Figura 18. Azienda Baroncina (CREA-FLC) e localizzazione delle parcelle interessate dal monitoraggio (Standard 1.1c).

I suoli della serie LOD1 sono franco sabbiosi, presentano un orizzonte superficiale di spessore 30-56 cm, di colore bruno oliva chiaro (bruno giallastro scuro), a tessitura franco sabbiosa (franca); sono da subacidi a neutri; gli orizzonti profondi, nella parte superiore (Bt), hanno spessore di 40-50 cm, colore bruno scuro o bruno giallastro scuro, tessitura franco sabbiosa, franca o franco sabbioso argillosa; hanno comuni argillans; sono da subacidi a neutri; mentre nella parte inferiore (BC), hanno spessore di 30-40 cm, colore bruno giallastro scuro, tessitura franco sabbiosa; sono neutri. Il substrato a partire da 132-150 cm di profondità ha colore bruno oliva chiaro o bruno giallastro (bruno grigiastro) con screziature bruno giallastro scuro, tessitura sabbiosa; sono da neutri a subalcalini. Sono classificati Ultic Haplustalfs fine loamy, mixed, superactive, mesic per la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) e Dystric Luvisols per la WRB (1998). I suoli aziendali potrebbero appartenere semanticamente anche alla UC ISS1 con presenza di suoli più evoluti, classificati come Ultic Haplustalfs coarse loamy, mixed, superactive, mesic. Profilo di riferimento ERSP1236 (P2/31).

Come suoli accessori della delimitazione si può rilevare una Fase2 IN SA 7051 (già LOD2), chiamata SBR. Presentano drenaggio buono, in alcuni casi mediocre e Permeabilità moderata. Il Parent material è costituito da depositi fluviali e fluvioglaciali medi non calcarei, in falda. Sono una tipologia di suolo molto diffusa nell'alta pianura e per questo sono rappresentativi e correlabili con la UTS 18.8LVct2 fine-loamy della banca dati dei suoli d'Italia 1:1.000.000.

Dal punto di vista climatico e pedoclimatico, secondo i dati di lungo periodo ISIS 1.0 la temperatura media annua è di circa 12,7°C, le precipitazioni medie annue sono intorno ai 774 mm, equivalente ad un aridity index calcolato con l'equazione di de Martonne di 34.1 classe (30-35) leggermente umido. Il regime termico del suolo è mesico (8-15°C) con temperatura media del suolo a 50 cm di 13,3°C. Il regime udometrico è ustico (60-85) ovvero con un numero di giorni di secco cumulati nella sezione di controllo del suolo di circa (80/anno).

Le parcelle di monitoraggio hanno le caratteristiche morfologiche e chimiche (orizzonte superficiale 0-20 cm) riportate in Tabella 8.

Le piogge osservate nel periodo di monitoraggio sono riportate nella Figura 19.

Tabella 8. Caratteristiche dei suoli nelle aree di monitoraggio dello standard 1.1c nell'azienda Baroncina.

Sito di monitoraggio	Scheletro, >2000 µm (%)	Sabbia totale, 53-2000 µm (%)	Limo, 20-53 µm (%)	Argilla, 2 µm (%)	pH (1:2.5) H₂O	CaCO₃ (%)	Sostanza organica (%)
Fattuale e Controfattuale standard 1.1.c	0	54,10	38,21	8,11	6.0	0	2.11

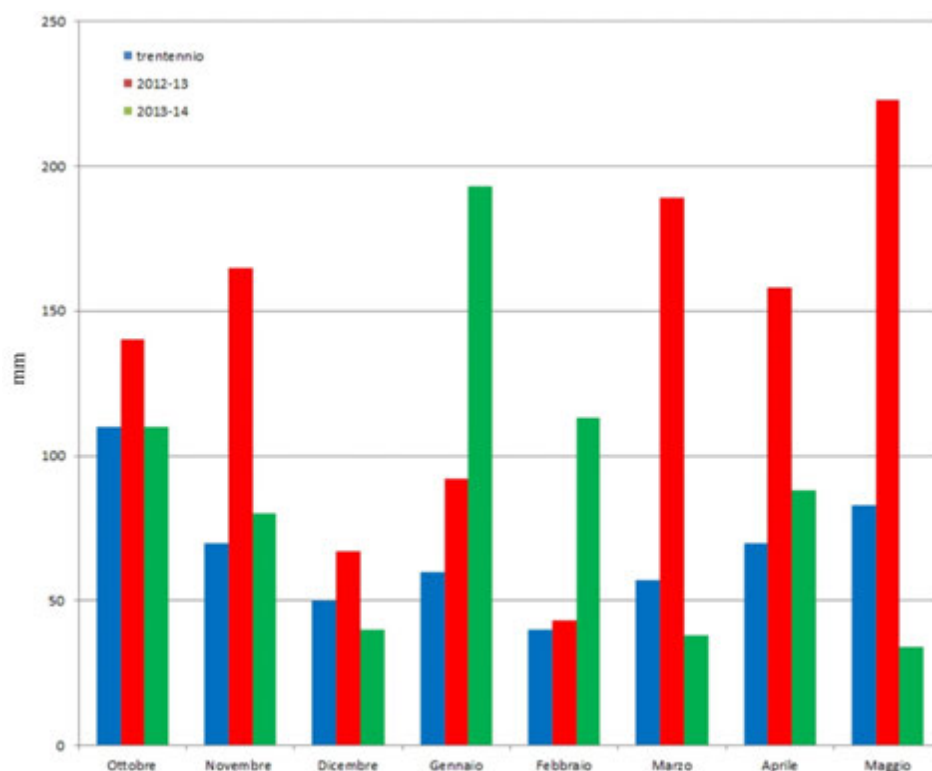


Figura 19. Azienda Baroncina: piogge mensili nel periodo di monitoraggio e piogge medie trentennali.

Descrizione del monitoraggio nell'azienda Baroncina

Le tesi a confronto sono state due:

- TRATTAMENTO FATTUALE: pulizia e manutenzione del fosso collettore per mantenerlo in perfetto stato di funzionalità (Figura 20). La pulitura del fosso collettore è stata effettuata mediante trinciatura (Figura 21) della flora avventizia (erbacea ed arbustiva) con decespugliatore portato marca "BRUNI" a 18 coltelli.
- TRATTAMENTO CONTROFATTUALE: fosso collettore in assenza di manutenzione ed in stato di degrado funzionale (ostruito da vegetazione erbacea e arbustiva) (Figura 20).

Rilievi effettuati

Si sono rilevati: La rugosità superficiale dei terreni, in data 1 marzo 2012 e in data 20 marzo 2013 e 25 marzo 2014 e si è proceduto alla valutazione agronomica dello stato dei campi per mezzo di giudizio qualitativo.



Figura 20. Azienda Baroncina (Lodi). Trattamento fattuale con pulizia del fosso collettore (a sinistra) e controfattuale con fosso in condizioni di degrado funzionale (a destra).



Figura 21. Azienda Baroncina (Lodi). Trattamento fattuale con pulizia del fosso collettore mediante trinciatura della flora avventizia (erbacea ed arbustiva) con decespugliatore portato marca “Bruni” a 18 coltelli.

Sito di monitoraggio: Azienda Vallev ecchia (Caorle, Provincia di Venezia)

Caratteri generali

L'Azienda Sperimentale Vallev ecchia (Figura 22) è situata nel Comune di Caorle (Venezia) sulla costa nord-orientale dell'Italia ed è raggiungibile percorrendo la strada provinciale Portogruaro Brussa. Le Coordinate WGS84 del centroide aziendale sono le seguenti: N 45° 37' 45,49"; E 12° 57' 20,92". La S.A.U. è pari a circa 385 ha destinati a colture erbacee. I terreni oggetto delle prove sono un'altitudine media di 0-1 m s.l.m.

L'azienda è situata nelle dune costiere e formazioni sabbiose litoranee di natura calcareo-dolomitica del foglio 52-53 della carta geologica D'Italia 1.100.000. Dal punto di vista semantico ricade nella soil region 18.8 e nel sistema 211DLDT20 caratterizzato da aree pianeggianti e depresse lagunari costiere. Negli ultimi 50 anni ha subito pesanti azioni di bonifica che hanno portato alla realizzazione dell'isola di Vallev ecchia, che in precedenza come si evince dalle carte d'epoca, faceva parte del complesso lagunare. La destinazione d'uso è il seminativo irriguo principalmente mais, soia e colza.



Figura 22. Azienda Vallev ecchia (Veneto Agricoltura) e localizzazione delle parcelle interessate dal monitoraggio (Standard 1.1c).

Come riportato dalla carta geopedologica di Comel (1962) i suoli dell'area di Vallevicchia sono Entisuoli molto poveri in sostanza organica e fosforo assimilabile; su sedimenti di bonifica di fondo lagunare sabbioso-limosi calcareo-dolomitici cosparsi di conchiglie marine.

Per la Carta dei suoli della Regione Veneto 1:250.000 ricade nel sottosistema CL2.4 al confine con CL1.2. CL2.4 aree lagunari bonificate ad apporto fluviale di Piave, Livenza e Tagliamento composto da limi estremamente calcarei. L'UC è composta per un 50-75% dalla serie TDF1 caratterizzati da un profilo Ap-Bg-Cg, moderatamente profondi, tessitura Franco Limoso Argillosa, reazione alcalina, non salini, leggermente salini in profondità, estremamente calcarei, drenaggio lento, falda profonda sono classificati Gley-Fluvis Cambisols (hypercalcaric) per la WRB (1998). Il restante 25-50% è composto dalla serie CFO1 a profilo Ap-Bg-Cg, profondi, tessitura moderatamente fine, media in profondità, reazione alcalina, leggermente salini, molto salini nel substrato, estremamente calcarei, drenaggio mediocre, falda molto profonda. Sono classificati secondo la Soil Taxonomy come Gley-Fluvis Cambisols (Soil Survey Staff, 2014).

Dal punto di vista climatico e pedoclimatico secondo i dati di lungo periodo della banca dati ISIS 1.0; la temperatura media annua dell'aria è di circa 13,7°C, le precipitazioni medie annue sono intorno ai 1019 mm, equivalente ad un aridity index calcolato con l'equazione di de Martonne di 41.2 classe (40-50) umido. Il regime termico del suolo è termico (8-15) con temperatura media del suolo stimata a 50 cm di 14,5°C. Il regime udometrico è udico1 (0-60), con un numero di giorni di secco cumulati nella sezione di controllo del suolo di circa 58 per anno.

Dal punto di vista agronomico i suoli presentano una spiccata tendenza alla formazione di crosta superficiale che si manifesta nella stagione estiva, soprattutto in regime non-irriguo.

Le condizioni climatiche nel periodo: autunno 2012 - primavera 2013 sono state dominate da sequenze di eventi piovosi intensi e numerosi. La precipitazione totale annua del 2013 di Vallevicchia è stata di oltre 300 mm superiore alla media, soprattutto nei mesi di marzo ed aprile. Si sono verificate pertanto situazioni favorevoli ai ristagni idrici.

Le parcelle di monitoraggio hanno le caratteristiche morfologiche e chimiche (orizzonte superficiale 0-20 cm) riportate in Tabella 9.

Le piogge osservate nel periodo di monitoraggio sono riportate nella Figura 23.

Tabella 9. Caratteristiche dei suoli nelle aree di monitoraggio dello standard 1.1c nell'azienda Vallevecchia.

Sito di monitoraggio	Scheletro, >2000 μm (%)	Sabbia totale, 53-2000 μm (%)	Limo, 20-53 μm (%)	Argilla, 2 μm (%)	pH (1:2.5) H ₂ O	CaCO ₃ (%)	Sostanza organica (%)
Fattuale e controfattuale standard 1.1.c	0	18,1	51,4	30,5	7,9	62.02	1,62

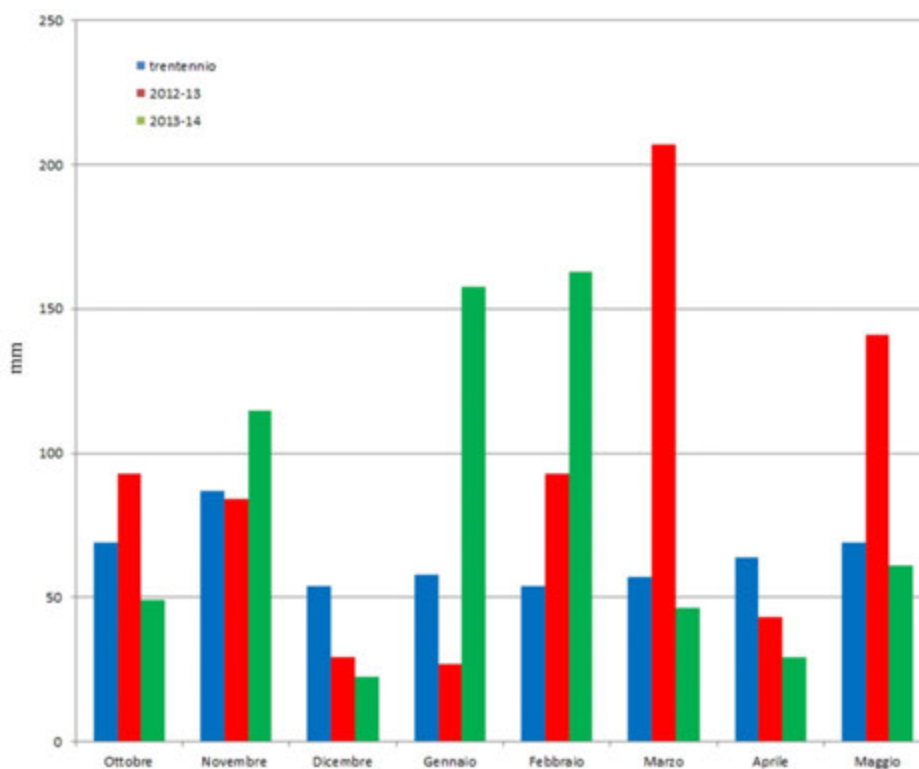


Figura 23. Azienda Vallevecchia: piogge mensili nel periodo di monitoraggio e piogge medie trentennali.

Descrizione del monitoraggio nell'azienda Vallevecchia

Le tesi a confronto sono state due:

- TRATTAMENTO FATTUALE: pulizia e manutenzione del fosso collettore per mantenerlo in perfetto stato di funzionalità.

-TRATTAMENTO CONTROFATTUALE: fosso collettore in assenza di manutenzione ed in stato di degrado funzionale.

Rilievi effettuati:

Si sono rilevati: La rugosità superficiale dei terreni, nelle date 29 marzo 2013, 8 maggio 2013, 16 gennaio 2014 e 28 marzo 2014 e si è proceduto alla valutazione agronomica dello stato dei campi per mezzo di giudizio qualitativo (Conservati, sufficientemente conservati, degradati, molto degradati).

Per l'allestimento delle condizioni di monitoraggio: 'fattuale' e 'controfattuale' si è operato nel seguente modo: Nel novembre del 2012 si è provveduto ad effettuare la pulizia in alveo del capofosso aziendale nonché delle scoline nella parte 'fattuale'. A tal proposito va segnalato il fatto che il sistema di canali e sistemazioni aziendali di Vallevicchia è molto efficiente riguardo alla capacità di sgrondo dell'acqua in quanto è stato progettato per fronteggiare situazioni particolarmente difficili. La parte 'controfattuale' è stata ottenuta non provvedendo alla pulizia del fondo dell'alveo delle scoline e dei relativi capifossi. Si è inoltre provveduto ad accentuare la situazione di cattivo sgrondo dell'acqua ostruendo il deflusso delle acque tramite la realizzazione di una piccola barriera (diga) in terra all'interno del canale capofosso.

Risultati del monitoraggio

Nella Tabella 10 e nella Figura 24 sono mostrate le medie dei valori rilevati dell'indice di tortuosità (T) nelle tre aziende in relazione ai due trattamenti Fattuale (con pulizia del fosso collettore) e Controfattuale (in condizione di degrado funzionale, interrato e con vegetazione erbaceo-arbustiva). La medesima Tabella 10 mostra il test di Duncan di separazione delle medie dal quale si evince che nell'azienda Fagna la rugosità del suolo è significativamente superiore del 5,9% nel trattamento fattuale rispetto al controfattuale. Nell'azienda Vallevicchia la differenza (F-CF) è risultata del 2,6% senza raggiungere la significatività statistica, mentre nell'azienda Baroncina non si rileva differenze fra tesi.

Nella Tabella 11 è mostrato il test di significatività per l'indice di Tortuosità (T), tesi Fattuale vs. Controfattuale sulle 3 aziende.

Tabella 10. Differenze del fattore T (Tortuosità e indici derivati RR e Sr) nelle tre aziende di monitoraggio in relazione ai trattamenti Fattuale e Controfattuale.

Gruppi Omogenei, alfa = 0,05						
Errore: MS tra gruppi= 0,0029, gl = 250,00						
Aziende	Fattuale ControF.	Tortuosità (T)	Test Duncan Separazione medie		Rugosità RR	sottofattore Sr
Fagna	CF	1,012	****		0,107	1,139
Baroncina	F	1,040	****	****	0,229	1,104
Baroncina	CF	1,041	****	****	0,231	1,103
Vallevecchia	CF	1,046	****	****	0,245	1,099
Vallevecchia	F	1,074		****	0,282	1,089
Fagna	F	1,076		****	0,282	1,089

Tabella 11. Test di significatività per l'indice di Tortuosità (T), tesi Fattuale vs. Controfattuale sulle 3 aziende.

	SS	Gradi di Libertà	MS	F	P
Intercetta	169,334	1	169,33	58333,78	0,000000
Località	0,017	2	0,0083	2,86	0,058883
Tesi (F vs. CF)	0,035	1	0,035	12,08	0,000600
Località*Tesi	0,020	2	0,010	3,44	0,033720
Errore	0,726	250	0,003		

Nell'insieme delle aziende il trattamento fattuale mostra mediamente un indice T significativamente superiore al trattamento controfattuale (Tabella 12 e Figura 25). La separazione delle medie con il test di Duncan mostra che mediamente il valore dell'indice T per il trattamento fattuale è significativamente più alto del 2,7% rispetto al trattamento controfattuale.

Tabella 12. Differenze del fattore T (Tortuosità e indici derivati RR e Sr) su tutte le aziende di monitoraggio in relazione ai trattamenti Fattuale e Controfattuale.

Gruppi Omogenei, alfa =0,05				
Errore: MS tra gruppi = 0,003, gl = 254,0				
	Tortuosità (T)	Test Duncan	Rugosità RR	Sottofattore Sr
Controfattuale	1,041	****	0,230	1,165
Fattuale	1,069	****	0,281	1,163

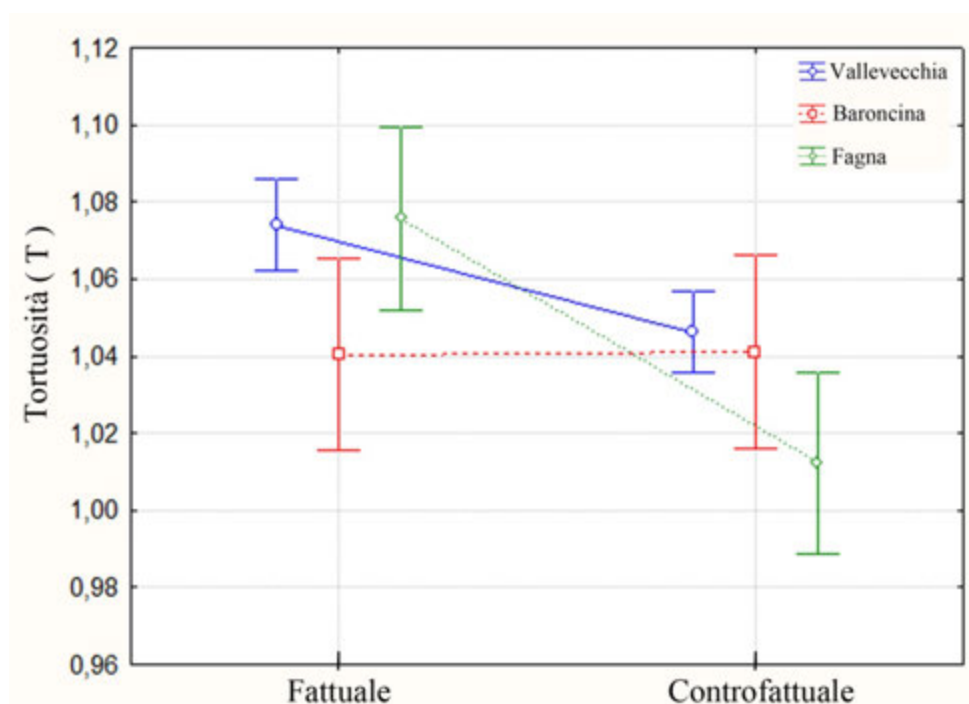


Figura 24. Medie dell'indice di Tortuosità (T); tesi Fattuale vs. Controfattuale separatamente sulle 3 aziende. Le barre verticali indicano gli intervallo di confidenza $\pm 95\%$.

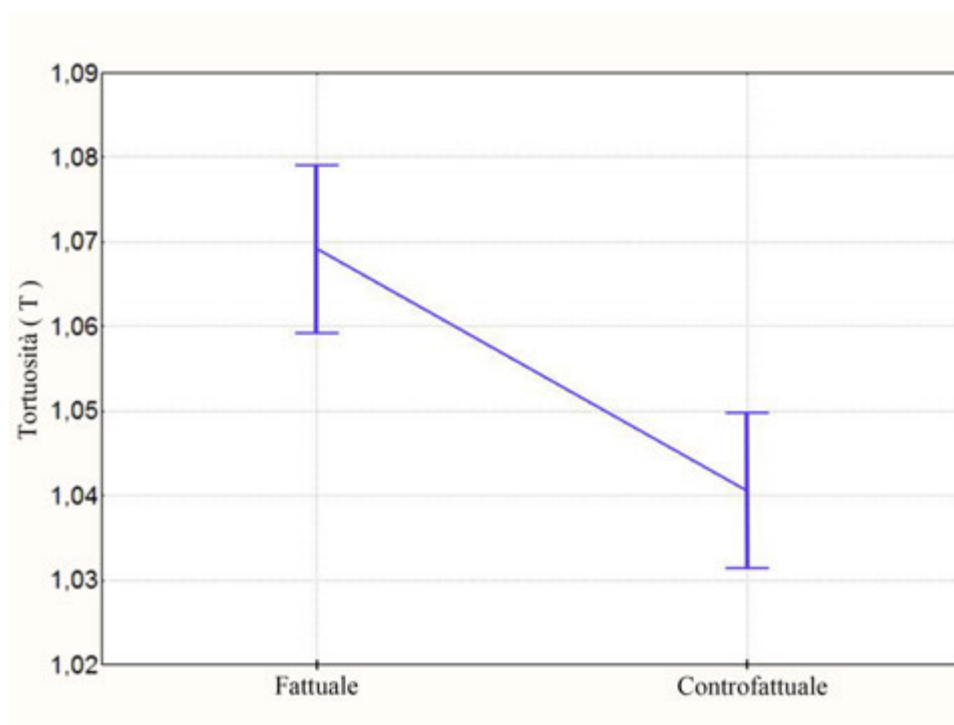


Figura 25. Test di significatività per l'indice di Tortuosità (T); tesi Fattuale vs. Controfattuale sulle 3 aziende. Le barre verticali indicano gli intervallo di confidenza $\pm 95\%$.

Nonostante le evidenze statistiche riscontrate, occorre dire che la variazione del fattore rugosità superficiale (T) e del fattore da esso derivato RR a favore del trattamento fattuale è talmente modesta da non assumere alcun significato pratico al fine di affermare che la manutenzione funzionale dei fossi collettori abbia avuto efficacia. Lo stesso si può dire riguardo al sottofattore S_r della equazione (3) la cui variazione in favore del contenimento dell'erosione del suolo è talmente modesta da risultare ininfluente. Nel complesso i suoli sono risultati destrutturati e incrostati al termine dei periodi di osservazione.

Gli indici I_{cLi} , NTU, e DS mostrano una di fragilità di struttura da media a elevata per i suoli delle tre aziende in esame. Questo spiega la mancanza di differenze agronomicamente apprezzabili del parametro rugosità del suolo, in relazione alle abbondanti piogge e ai lunghi periodi di impantanamento occorsi nelle annate agrarie di monitoraggio (Figure 26 e 27).

Nella Tabella 13 si riporta il giudizio complessivo sulla fragilità di struttura in relazione ai ristagni idrici suolo e il rischio di incrostamento per i suoli delle aziende di monitoraggio basato sugli indici I_{cLi} , NTU e DS.

Tabella 13. Giudizio complessivo sulla fragilità di struttura e rischio di incrostamento per i suoli delle aziende di monitoraggio.

Sito di monitoraggio	Parametri di input per i modelli				Indici di rischio			Giudizio complessivo sulla fragilità di struttura e rischio di incrostamento
	Sabbia totale (%)	Limo totale (%)	Argilla (%)	Sostanza organica (%)	I_{cLi}	NTU	DS	
Fagna	13,88	42,05	40,31	1,86	0,80(B)	0,63(M)	56,25(E)	Medio
Baroncina	54,1	38,21	8,11	2,11	1,47(M)	0,60(M)	97,85(E)	Medio elevato
Vallevecchia	18,1	51,4	30,5	1,62	1,24(M)	0,67(E)	56,47(E)	Prevalentemente elevato

Classi di rischio: B, Basso; M, Medio; E, Elevato.

Oltre alle misure della rugosità superficiale si sono effettuate valutazioni agronomiche qualitative dello stato dei campi nei momenti delle misurazioni (Tabella 14 e Figura 26). Da esse si evince che i ristagni idrici sono stati piuttosto frequenti nei mesi di monitoraggio, a causa delle piogge molto abbondanti e largamente superiori alle medie di lungo periodo, per

cui l'affossatura non ha potuto emungere sufficientemente l'acqua in eccesso, nemmeno nei trattamenti fattuali.

Tabella 14. Valutazione qualitativa dello stato dei campi al momento dei rilievi della rugosità superficiale.

Azienda	Stagione	Trattamento	Giudizio sullo stato superficiale del suolo	Ristagni idrici superficiali
Baroncina	Inverno 2012	F	Degradato con presenza di crosta superficiale	Presenti
	Inverno 2012	CF	Degradato con presenza di crosta superficiale	Presenti
	Inverno 2013	F	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
	Inverno 2013	CF	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
	Primavera 2014	F	Zollosità sufficientemente conservata	Assenti
	Primavera 2014	CF	Zollosità sufficientemente conservata	Assenti
Fagna	Primavera 2013	F	Zollosità sufficientemente conservata	Assenti
	Primavera 2013	CF	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
	Primavera 2014	F	Zollosità sufficientemente conservata	Presenti
	Primavera 2014	CF	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
Vallevecchia	Inverno 2012	F	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
	Inverno 2012	CF	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
	Inverno 2013	F	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
	Inverno 2013	CF	Degradato con presenza di crosta superficiale	Molto presenti
	Primavera 2014	F	Degradato con presenza di crosta superficiale	Presenti
	Primavera 2014	CF	Degradato con presenza di crosta superficiale	Presenti



Figura 26. Evidenze della degradazione della struttura e dell'incrostamento nell'azienda Fagna.



Figura 27. Azienda Baroncina. Ristagni idrici osservati nell'inverno 2013 nelle tesi Fattuale (a sinistra) e Controfattuale (a destra).

Differenziale economico di competitività per lo Standard 1.1c – Pulitura fossi collettori in pianura

Predisposizione degli appezzamenti

Per valutare il differenziale economico di competitività conseguente all'impegno dello standard 1.1c, il costo delle lavorazioni meccaniche è stato calcolato utilizzando i dati provenienti dai rilievi in campo durante lo svolgimento delle operazioni colturali. L'elaborazione delle informazioni acquisite ha permesso la definizione dei tempi di lavoro di ogni lavorazione meccanica attraverso le indicazioni riportate nella raccomandazione dell'Associazione Italiana di Genio Rurale (A.I.G.R.) III^a R.1 (Manfredi, 1971), che considera la metodologia ufficiale della Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture (C.I.O.S.T.A.). I rilievi effettuati in campo sono stati relativi al tempo effettivo di lavoro (TE) e al tempo accessorio per voltare (TAV), la cui somma rappresenta il tempo netto di lavoro (TN). Oltre ai tempi di lavoro, per la definizione del costo orario e del costo per unità di superficie di ogni lavorazione è stato necessario determinare il costo di esercizio delle macchine motrici e operatrici, tramite una specifica metodologia (Biondi, 1999) e le norme tecniche cui questa fa riferimento (ASAE, 2003a, 2003b). Il dato relativo alla retribuzione dei lavoratori agricoli, utilizzato nella suddetta metodologia, corrisponde alla media dei valori riconosciuti dalla "Confederazione Italiana Agricoltori" nel contratto collettivo nazionale vigente per la qualifica di operaio specializzato super, livello A, area 1, riferiti alle province dei casi studio monitorati. Per ogni tipologia di lavorazione, disponendo di una base statistica specifica del monitoraggio del progetto, è stato calcolato sia il valore medio del costo sia i valori ottenuti sottraendo e addizionando alla media la deviazione standard.

Il monitoraggio di questo standard è stato effettuato su appezzamenti coltivati con frumento tenero e, nel bilancio economico della coltura, per semplicità di calcolo, non vengono computati i costi dei fattori produttivi e i ricavi provenienti dalla vendita della granella perché non incidono sul differenziale.

Per determinare il differenziale di competitività indotto dall'applicazione di questo standard, in riferimento ai valori medi del costo di lavorazione (Tabella 15), è stata calcolata la differenza tra il totale dei costi sostenuti per le lavorazioni meccaniche nella condizione di adesione e quelli sostenuti nella condizione di non adesione agli impegni dello standard. Il differenziale economico di competitività è risultato pari a $19,89 \pm 6,35 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

Pertanto l'adesione agli impegni previsti da questi standard rappresenta uno svantaggio economico determinato da un aumento dei costi.

Tabella 15. Differenziale economico di competitività per la coltura del frumento tenero determinato con i valori medi delle lavorazioni meccaniche e con i valori ottenuti addizionando e sottraendo alla media delle singole lavorazioni i valori della deviazione standard.

Lavorazioni meccaniche	Valori del limite inferiore del costo di lavorazione (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		Valori medi del costo di lavorazione (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		Valori del limite superiore del costo di lavorazione (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)	
	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità
Aratura	139,51	139,51	210,17	210,17	280,82	280,82
Erpicatura	28,04	28,04	50,08	50,08	72,12	72,12
Concimazione	3,50	3,50	6,86	6,86	10,21	10,21
Semina	24,93	24,93	39,01	39,01	53,08	53,08
Rullatura	16,02	16,02	19,32	19,32	22,62	22,62
Diserbo	4,87	4,87	6,78	6,78	8,68	8,68
Mietitrebbiatura	93,98	93,98	126,64	126,64	159,29	159,29
Manutenzione dei fossi collettori	13,54		19,89		26,24	
Totale costo lavorazioni meccaniche	324,40	310,86	478,73	458,84	633,06	606,82
Differenziale di competitività (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		13,54		19,89		26,24

La manutenzione dei fossi collettori con l'attrezzatura sopra descritta, poiché implica consumo di combustibile, provoca emissioni in atmosfera di CO₂ dovute al consumo di carburante, i cui valori sono mostrati in Tabella 16, con media pari a 14,53±6,62 kg ha⁻¹ anno⁻¹.

Tabella 16. Valori della lunghezza dei fossi collettori della rete idraulica, con i corrispondenti valori di consumo di gasolio ed emissioni di CO₂.

Struttura	Macchina operatrice	Tempo effettivo di lavoro		Lunghezza complessiva dei fossi collettori monitorati(m)	Potenza del motore (kw)	Consumo gasolio (g ha ⁻¹)	Emissione di CO ₂ (kg ha ⁻²)	Emissione di CO ₂ (g m ⁻¹)
		Per unità di superficie (min ha ⁻¹)	Per metro lineare (min m ⁻¹)					
CREA-ABP FAGNA	Scavafossi rotativo monoruota	36,75	0,1225	233,35	64,77	6661,29	21,100	70,39
CREA-ABP FAGNA	Scavafossi rotativo monoruota	25,05	0,0835	109,00	64,77	4540,21	14,400	47,97
CREA-ABP FAGNA	Scavafossi rotativo per solco semicircolare	18,30	0,0610	140,00	60,00	3072,59	9,700	32,47
CREA-ABP FAGNA	Scavafossi rotativo per solco semicircolare	24,22	0,0807	110,00	60,00	4066,36	12,90	42,97

Conclusioni

Il monitoraggio ha confermato un effetto positivo della manutenzione della rete idraulica aziendale sul predisporre il suolo al mantenimento della struttura.

Nell'azienda Fagna la rugosità del suolo è risultata superiore del 5,9% nel trattamento fattuale rispetto al controfattuale. Nell'azienda Vallevecchia tale la differenza è risultata del 2,6% mentre nell'azienda Baroncina non si rileva differenze fra tesi.

Nonostante le evidenze statistiche riscontrate, occorre dire che la variazione del fattore rugosità superficiale (T) e del fattore da esso derivato S_r del modello RUSLE (per la stima dell'erosione) è talmente modesta da non assumere alcun significato pratico al fine di affermare che la manutenzione funzionale dei fossi collettori abbia avuto efficacia.

Nel complesso, i suoli sono risultati destrutturati e incrostati al termine dei periodi di osservazione.

Gli indici I_{c_i} , NTU, e DS mostrano una di fragilità di struttura da media a elevata per i suoli delle tre aziende in esame. Questo spiega la mancanza di differenze agronomicamente apprezzabili del parametro rugosità del suolo, in relazione alle abbondanti piogge e ai lunghi periodi di impantanamento occorsi nelle annate agrarie di monitoraggio.

Oltre alle misure della rugosità superficiale si sono effettuate valutazioni qualitative dello stato dei campi nei momenti delle misurazioni osservando che i ristagni idrici sono stati frequenti nei mesi di monitoraggio a causa delle piogge molto abbondanti e largamente superiori alle medie di lungo periodo, per cui l'affossatura non ha potuto emungere sufficientemente l'acqua in eccesso, nemmeno nei trattamenti fattuali.

Il differenziale di competitività indotto dall'applicazione di questo standard, in riferimento ai valori medi del costo di lavorazione, è risultato pari a $19,89 \pm 6,35 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

La manutenzione dei fossi collettori con l'attrezzatura sopra descritta provoca emissioni in atmosfera di CO_2 , con media pari a $14,53 \pm 6,62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

Si ritiene importante far notare che allo stato attuale l'allegato II: "Regole di condizionalità" del regolamento (UE) n. 1306/2013 non annovera una BCAA che tenga conto della minaccia ambientale determinata dai ristagni idrici nelle terre coltivate, arrecata al suolo, alle coltivazioni e all'atmosfera, a causa della possibile produzione di gas ad effetto serra. Pertanto bene ha fatto il legislatore a porre nel decreto sulla condizionalità n. 180/2015 l'impegno di cui alla lettera c nella BCAA 5- gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche per limitare l'erosione. La presenza dell'impegno BCAA 5(lettera

c) del tutto uguale allo standard 1.1_c del D.M. MiPAAF 30125/2009 ha consentito di non trascurare la rilevanza ambientale dei ristagni idrici, anche se l'evidente carenza riscontrata nel suddetto allegato II del Regolamento (UE) 1306/2013 ha obbligato il legislatore a finalizzare l'impegno alla limitazione dell'erosione, secondo quanto stabilito dalla medesima BCAA5. Evidentemente, questa finalizzazione appare illogica sotto l'aspetto delle minacce ambientali da contrastare attraverso l'impegno BCAA 5(lettera c), che sono ben diverse ed incongruenti rispetto alla minaccia ambientale rappresentata dall'erosione del suolo.

Per quanto riguarda i criteri d'infrazione allo standard si suggerisce l'introduzione della verifica della presenza della baulatura nei terreni di pianura. Tipicamente, il dislivello fra limite del campo lungo il fosso laterale e colmo della baulatura è di 30-40 cm nelle sistemazioni del meridione; 60-80 cm nelle sistemazioni emiliane e 150 cm in quelle padovane; pertanto a questi valori può essere fatto riferimento per la definizione dei criteri di infrazione. Oltre a ciò, poiché l'abbassamento della falda acquifera ad opera della baulatura, con la conseguente scomparsa dei ristagni idrici superficiali, può richiedere un periodo abbastanza lungo (da 2 a 3 giorni) dopo l'ultima pioggia, è importante che venga rispettato un ragionevole lasso di tempo, almeno 7 giorni dall'ultima precipitazione, prima di verificare la presenza di impantanamenti sulla superficie dei campi.

Contributi

Paolo Bazzoffi: coordinatore del progetto MONACO: stesura del testo, impostazione metodologica del monitoraggio, messa a punto degli indicatori, rilievi in campo, contributo ai rilievi del differenziale competitività.

Sergio Pellegrini: elaborazione dell'indice di incrostamento $NTU_{stimato}$, contributo all'impostazione metodologica, alle elaborazioni e alla stesura del testo.

Silvia Carnevale: rilievi in campo e analisi di laboratorio, contributo ai rilievi in campo del differenziale competitività (aziende Fagna).

Andrea Rocchini: rilievi in campo e analisi di laboratorio, contributo ai rilievi del differenziale di competitività (aziende Fagna).

Marco Fedrizzi, responsabile U.O. CREA-ING: Impostazione metodologica del monitoraggio del differenziale di competitività, applicazione della metodologia di rilievo dei

tempi di lavoro e della determinazione del costo delle operazioni colturali, rilievo, gestione ed elaborazione dati per la valutazione del differenziale di competitività e delle emissioni di CO₂.

Giulio Sperandio, Mauro Pagano, Mirko Guerrieri e Daniele Puri: Impostazione metodologica del monitoraggio del differenziale di competitività, applicazione della metodologia di rilievo dei tempi di lavoro e della determinazione del costo delle operazioni colturali, rilievo, gestione ed elaborazione dati per la valutazione del differenziale di competitività e delle emissioni di CO₂.

Marisanna Speroni: Responsabile UO CREA-FLC.

Lamberto Borrelli, rilievi in campo, rilievo dei tempi di lavoro e della determinazione del costo delle operazioni meccaniche, elaborazioni dati e stesura relazione.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Angelo Passerini e Paolo Broglia per l'assistenza tecnica durante il monitoraggio nell'azienda Baroncina. Si ringrazia Giorgio Moretti per per l'assistenza tecnica durante il monitoraggio nell'azienda Fagna.

Bibliografia

- Allen DE, Kingston G, Rennenberg H, Dalal RC, Schmidt S, 2010. Effect of nitrogen fertilizer management and waterlogging on nitrous oxide emission from subtropical sugarcane soils. *Agr. Ecosys. Environ.* 136:209-217.
- Angel R, Claus P, Conrad R, 2011. Methanogenic archaea are globally ubiquitous in aerated soils and become active under wet anoxic conditions. *ISME J.* 6:1-16.
- ASAE, 2003a. Standard EP496.2. American Society of Agricultural Engineers Publ., St. Joseph, MI, USA, pp 367-372.
- ASAE, 2003b. Standard D497.4. American Society of Agricultural Engineers Publ., St. Joseph, MI, USA, pp 373-380.
- Bazzoffi P, Nieddu S, 2011. Effects of waterlogging on the soil structure of some Italian soils in relation to the GAEC cross-compliance standard Maintenance of farm channel networks and field convexity. *Ital. J. Agron.* 6(Suppl.1)e9.

- Bertuzzi P, Rauws G, Corrault D, 1990. testing roughness indices to estimate soil surface roughness changes due to simulated rainfall. *Soil Tillage Res.* 17:87-99.
- Biondi P, 1999. *Meccanica agraria. Le macchine agricole.* Torino, UTET, pp. 547-561
- Boiffin J, 1984. *La dégradation structurel des couches superficielles sous l'action des pluies.* PhD Degree, Inst. Nat. Agron., Paris, France.
- Borselli L, 1998. *Dinamica della rugosità superficiale del suolo e sua influenza nei processi di infiltrazione: analisi sperimentale e modellizzazione.* PhD Degree, University of Florence, Italy.
- Calzolari C, Guermandi M, Aramini G, Colloca C, Corea AM, Paone R, Tamburino V, Zimbone SM, Andiloro S, 2006. *Attitudine dei suoli allo spandimento dei reflui.* In: E.A.C. Costantini (ed.), *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre.* Cantagalli, Siena.
- Cogo ND, Moldenhauer WC, Foster GR, 1984. *Soil loss reduction from conservation tillage practices.* *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:368-373.
- Comel A, 1962. *Studi pedologici in provincia di Venezia. VI. I terreni agrari compresi nella tavoletta I. G. M. "Caorle".* Pubblicaz. n° 47. *Nuovi Studi della Stazione Chimico-Agraria Sperimentale di Udine.*
- Currence HD, Lovely WG, 1970. *The analysis of soil surface roughness.* *transaction of the asae*, 13, 710-714.
- Dexter AR, Czyz EA, 2000. *Soil physical quality and the effects of management.* In: M.J. Wilson and B. Maliszewska-Kordybach (eds.) *Soil quality, sustainable agriculture, and environmental security in central and eastern Europe.* Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Fenner N, Williams R, Toberman H, Hughes S, Reynolds B, Freeman C, 2011. *Decomposition 'hotspots' in a rewetted peatland: implications for water quality and carbon cycling.* *Hydrobiologia* 674:51-66.
- Manfredi E, 1971. *Raccomandazione A.I.G.R. IIIa sezione denominazione, simbolo e unità di misura delle grandezza fondamentali relative all'impiego delle macchine in agricoltura, con particolare riguardo alle colture erbacee.* *Riv. Ing. Agr.* 2:258-260.
- Pellegrini S., Vignozzi N., Batistoni E., Rocchini A., 2005. *Valutazione della suscettibilità all'incrostamento tramite torbidimetria.* *Bollettino SISS*, Vol. 54, (1-2), 96-102.
- Renard KG, Foster GR, Weessies GA, Mccool DK, Yoder DC, 1997. *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).* *Agriculture Handbook 703*, U.S. Department of Agriculture.

Soil Survey Staff, 2014. Keys to soil taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA.

Sumner ME, Stewart BA, 1992. Soil crusting: chemical and physical processes. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.

WRB (World Reference Base for Soil Resources) 1998. World Soil Resources Reports no. 84. FAO, ISRIC, ISSS, Roma.