

DOI: 10.4081/ija.2015.710

Efficacia ambientale degli Standard di Condizionalità 1.1a (Solchi acquai temporanei) e 1.2g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione) nella riduzione dell'erosione del suolo^{1,2} e valutazione del differenziale economico di competitività indotto dagli standard a carico delle aziende agricole

**Paolo Bazzoffi,¹ Rosa Francaviglia,² Ulderico Neri,² Rosario Napoli,²
Alessandro Marchetti,² Margherita Falcucci,² Bruno Pennelli,² Giampiero Simonetti,²
Antonio Barchetti,² Melania Migliore,² Marco Fedrizzi,³ Mirko Guerrieri,³
Mauro Pagano,³ Daniele Puri,³ Giulio Sperandio,³ Domenico Ventrella⁴**

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-RPS, Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Roma

³CREA-ING, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Monterotondo (RM)

⁴CREA-SCA, Unità di Ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo-aridi, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Bari, Italia

Parole chiave: Condizionalità; sviluppo rurale; Standard 1.1a; Standard 1.2g; erosione del suolo; competitività.

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".

Riassunto

Nel presente lavoro vengono riportati i risultati del monitoraggio effettuato in tre aziende collinari della rete del progetto MONACO al fine di verificare l'efficacia dello Standard 1.1 (impegno a) (Solchi acquai temporanei) e 1.2_g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione) nella riduzione dell'erosione del suolo, contenuti nella Norma 1: "Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche" del decreto Mipaaf del 2009 e seguenti, fino al recente decreto n. 180 del 23 gennaio 2015. Oltre all'efficacia ambientale dello standard 1.1(impegno a) 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 loro esecuzione.

Nel monitoraggio si è inoltre messo a confronto l'erosione realmente osservata in campo con quella predetta dal modello RUSLE (Equazione Universale per le Perdite di Suolo) (su appezzamenti collinari, nelle due ipotesi: con e senza la presenza di solchi acquai, ovvero nell'ipotesi Fattuale (rispetto della condizionalità) ed in quella Controfattuale (Infrazione). Questo confronto è stato effettuato in considerazione del fatto che il modello RUSLE è stato scelto dall'European Evaluation Network for Rural Development (ENRD, 2013) come strumento previsionale per la quantificazione dell' Indicatore Comune "erosione idrica del suolo".

I risultati del rilievo dell'erosione effettuata con metodologia UAV-GIS su due aziende di monitoraggio in due anni di osservazioni hanno dimostrato che i solchi acquai sono risultati efficaci nel far diminuire l'erosione, mediamente, del 42,5% passando da 36,59 t ha⁻¹ a 21,05 t ha⁻¹ nel periodo di monitoraggio. Se si considerano anche i risultati di sperimentazioni pregresse a Guiglia (Modena), la diminuzione dell'erosione in applicazione dello standard 1.1a si pone nell'intervallo compreso fra il 48% e il 94%. Per quanto riguarda i deflussi, la presenza del solco acquai ha determinato una generale diminuzione dei volumi delle acque di scorrimento superficiale pari a circa il 46,3%. Si è anche valutata l'efficacia regimante delle fasce inerbite (in deroga alla realizzazione dei solchi acquai. I risultati hanno evidenziato una forte, altamente significativa, diminuzione dell'erosione di circa il 35% volte rispetto al suolo nudo e una riduzione significativa anche dei deflussi.

Relativamente allo Standard 1.2 (impegno g) l'analisi statistica dei dati evidenzia una forte ed altamente significativa diminuzione dell'erosione per effetto della copertura vegetale del suolo rispetto al suolo nudo (controfattuale 2).

Il differenziale economico di competitività dello standard 1.1_a è stato calcolato nell'ipotesi che l'impegno venga applicato dal beneficiario nella maniera meno onerosa possibile, ossia adottando una distanza fra i solchi pari a 80 metri, valore massimo ammissibile riportato nel decreto. I risultati mostrano un costo medio pari a 2,34 € ha⁻¹ anno⁻¹ in un intervallo di variazione compreso fra 1,95 e 2,72 € ha⁻¹ anno⁻¹. Da misure effettuate in ambiente GIS su immagini satellitari del territorio italiano, relative a appezzamenti in regime di condizionalità, si è osservato che il differenziale di competitività si attesta a 4,07±1.42 € ha⁻¹ anno⁻¹, mentre l'emissione di CO₂ dovuta all'esecuzione dei solchi acquai è di 2,58 kg ha⁻¹ anno⁻¹.

Per quanto riguarda lo standard 1.2g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione) il valore medio del differenziale di competitività di chi aderisce al regime di condizionalità è risultato pari a 50,22±13,7 € ha⁻¹ anno⁻¹ ed una produzione di CO₂ pari a 31,52 kg ha⁻¹ anno⁻¹ di CO₂. Nell'ipotesi di dover costituire la copertura vegetale, il differenziale di competitività riferito al solo anno di impianto della vegetazione seminata è pari mediamente a 196,62 € ha⁻¹ anno⁻¹ mentre l'emissione in atmosfera di CO₂ risulta pari a 48,77 kg ha⁻¹ anno⁻¹.

Introduzione

La Condizionalità è entrata in vigore progressivamente a partire dal 1° gennaio 2005. Essa ha il proprio fondamento normativo nel Reg. (CE) n. 1782/2003 e nel successivo Reg. (CE) applicativo n. 796/2004 e rappresenta una delle principali novità introdotte a seguito della riforma della Politica Agricola Comune (PAC) approvata nel 2003.

Il Decreto del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali n. 30125 del 22 dicembre 2009, recependo l'articolo 6 e all'allegato III del Regolamento (CE) n. 73/09, fissa l'elenco delle Norme e delle Misure di Condizionalità, dette anche "Standard", per il mantenimento dei terreni in buone condizioni agronomiche e ambientali (BCAA), puntando al conseguimento di 5 obiettivi ambientali³.

³Obiettivo 1: erosione del suolo: proteggere il suolo mediante misure idonee

obiettivo 2: sostanza organica del suolo: mantenere i livelli di sostanza organica del suolo mediante opportune pratiche

obiettivo 3: struttura del suolo: mantenere la struttura del suolo mediante misure adeguate

obiettivo 4: livello minimo di mantenimento: assicurare un livello minimo di mantenimento dei terreni ed evitare il deterioramento degli habitat

obiettivo 5: protezione e gestione delle risorse idriche: proteggere le acque dall'inquinamento e dal ruscellamento e gestire l'utilizzo delle risorse idriche

L'ultimo decreto MiPAAF sulla condizionalità n. 180 del 23 gennaio 2015 non modifica sostanzialmente l'assetto degli Standard BCAA.

Per il raggiungimento dell'obiettivo 1: erosione del suolo: proteggere il suolo mediante misure idonee, la Norma n.1 rende cogenti alcune " Misure per la protezione del suolo", fra le quali lo Standard 1.1: "Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche". Lo Standard 1.1_(impegno a) (da qui in poi abbreviato con Standard 1.1_a) si applica ai seminativi e obbliga il beneficiario del pagamento diretto alla "Realizzazione di solchi acquai temporanei, per cui l'acqua piovana raccolta, anche a monte dell'appezzamento considerato, mantenga una velocità tale da non pregiudicare la funzione del solco stesso e sia convogliata nei fossi collettori e negli alvei naturali, disposti ai bordi dei campi, ove esistenti. Tale impegno interessa i terreni declivi che manifestano fenomeni erosivi evidenziabili dalla presenza di incisioni diffuse (rigagnoli) in assenza di sistemazioni."

In assenza di provvedimenti specifici da parte delle Regioni e delle Province autonome finalizzati ad adattare questo obbligo di Condizionalità alla realtà specifica dei territori⁴, lo Standard prevede la realizzazione di solchi acquai temporanei con distanza tra loro non superiore a metri 80. Nel caso di ricorso alla deroga, in considerazione dell'elevata acclività o dell'assenza di canali naturali o artificiali dove convogliare l'acqua raccolta dai solchi acquai temporanei, è necessario realizzare fasce inerbite. Queste sono finalizzate al contenimento dell'erosione e realizzate con andamento trasversale rispetto alla massima pendenza, di larghezza non inferiore a metri 5, ad una distanza tra loro non superiore a metri 60 e con modalità in grado di assicurare la sicurezza delle macchine e dei relativi operatori.

Stato dell'arte

La valutazione dell'efficacia ambientale dello standard 1.1_a è iniziata con il precedente progetto EFFICON⁵ (Efficacia della Condizionalità). Si riporta qui una breve sintesi dei risultati più significativi emersi dal progetto EFFICON, mentre per i risultati dettagliati si

⁴Si tratta di provvedimenti riguardanti gli aspetti applicativi, l'intervallo temporale di applicazione dell'impegno; l'eventuale suddivisione del territorio in aree omogenee per caratteristiche pedoclimatiche e gli impegni alternativi previsti (fasce inerbite o altri interventi conservativi equivalenti) finalizzati a proteggere il suolo dall'erosione nel caso sia necessario ricorrere a quanto previsto dalle deroghe.

⁵EFFICON (=EFFicacia ambientale delle norme di CONDizionalità) è un progetto del CRA, iniziato nel 2009 e nato dall'esigenza specifica della RRN di monitorare e valutare le azioni a tutela dell'ambiente demandate dalla PAC alla politica agricola nazionale ed implementate dai Piani di Sviluppo Rurale Regionali (PSR).

rimanda alla pubblicazione di Bazzoffi *et al.* (2011) che, insieme al presente lavoro, danno completezza alla trattazione del tema. I risultati pregressi hanno messo in luce che la valutazione dell'efficacia ambientale dei solchi acquai deve essere affrontata sotto il duplice aspetto dell'efficacia sia di intercettare tutto il deflusso nei momenti di picco sia di abbattere l'erosione del suolo fino ai limiti tollerabili.

A tale proposito è importante ricordare che la tollerabilità dell'erosione non può essere fissata solo in relazione ad un valore preciso ($t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$) ritenuto valido per tutti i suoli e per tutte le situazioni. La soglia di erosione tollerabile dovrebbe essere fissata in considerazione della pericolosità, della vulnerabilità e del valore esposto, tenendo conto, quindi, della diversa natura e fragilità dei suoli, del loro valore economico e degli effetti a distanza dell'erosione (Bazzoffi, 2008). Nonostante queste nuove prospettive, si ritiene necessario, allo stato attuale, che la normativa sulla condizionalità si riferisca al limite di $11\ t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$, ritenuto accettabile negli Stati Uniti, oppure al limite di $6\ t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$, indicato dall'OCSE. I solchi acquai, quando eseguiti a regola d'arte, cioè con inclinazione rispetto alla linea di massima pendenza non superiore al 2,5% e con profondità dell'assolcatura adeguata, consentono al materiale eroso nella parte a monte di depositarsi nel solco, mantenendo così il materiale asportato sul versante; ciò determina, di conseguenza, l'importante esternalità positiva costituita dalla diminuzione dell'apporto di materiale solido al reticolo idrografico. In una sperimentazione pregressa condotta a Guiglia (Modena) su piccoli bacini coltivati a mais (Chisci e Boschi, 1988), i solchi acquai hanno ridotto in modo statisticamente significativo l'erosione del suolo del 94%, passando da $14,4\ t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ (sopra il limite OCSE) a $0,8\ t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ (entro i limiti).

Per quanto riguarda l'impegno alternativo all'esecuzione dei solchi acquai, che consiste nella realizzazione di fasce inerbite (larghezza minima pari a 5 m), una ricerca condotta a Volterra nell'azienda sperimentale Santa Elisabetta del CRA-ABP ha dimostrato la loro efficacia nel ridurre l'erosione. La tesi con una sola fascia inerbita di 5 metri, simile quindi a quanto prescritto nella deroga ai solchi acquai, mostra di essere efficace nel contenimento dell'erosione, determinando una diminuzione delle asportazioni di suolo pari a circa 6,7 volte rispetto al suolo nudo. Per quanto riguarda i deflussi, le fasce inerbite hanno determinato una generale diminuzione di circa il 40% dei volumi delle acque di scorrimento superficiale rispetto al suolo nudo.

L'efficacia dei solchi acquai temporanei è stata anche valutata attraverso l'applicazione del modello RUSLE (Renard *et al.*, 1997) nelle aree di controllo AGEA dell'anno 2009, comparando il rischio di erosione su aree campione in presenza o in assenza dei solchi acquai.

I risultati dell'analisi, che indicano una riduzione media dell'erosione determinata dai solchi acquai pari al 67%, sono riportati in dettaglio nella pubblicazione: Indicatori per la valutazione dell'efficacia dello standard 1.1_a a scala geografica regionale (Bazzoffi, 2015b). Inoltre, sono state inoltre prodotte le linee guida per l'assistenza aziendale nella realizzazione dei solchi acquai efficaci nel contenimento dell'erosione (Bazzoffi, 2015c). Considerando che l'erosione del suolo è direttamente correlata al volume di deflusso (Bagarello *et al.*, 2009; Mannocchi *et al.*, 2009), un corretto dimensionamento e distanziamento dei solchi acquai è importante in relazione alla capacità di intercettare l'acqua che proviene dall'area compresa fra una scolina e l'altra, diminuendone la velocità e consentendo ai materiali in sospensione di depositare. Laddove invece le scoline risultassero sottodimensionate, l'irruenza del deflusso può determinare la distruzione del solco acquai, con accelerazione dell'erosione nella zona a valle. L'acqua che defluisce rovinosamente a partire dal punto di collasso del solco può distruggere anche i solchi che si trovano a valle, con un effetto a cascata che va crescendo da monte a valle.

Da queste considerazioni deriva l'imperativo che la realizzazione dei solchi acquai debba essere effettuata a regola d'arte, altrimenti questa pratica agronomica risulta peggiorativa, accelerando l'erosione del suolo. Elaborando i dati raccolti in diverse sperimentazioni sul territorio nazionale si è ottenuta un'equazione, che consente di fornire indicazioni precise all'agricoltore sul dimensionamento dei solchi acquai e sul tipo di scavafossi da utilizzare, in funzione della lunghezza del solco, della pendenza del versante e della spaziatura fra solchi (vedi la pubblicazione: Linee guida per l'assistenza aziendale nella realizzazione dei solchi acquai efficaci nel contenimento dell'erosione (Standard di Condizionalità 1.1a) nell'ambito della Misura M02, Sottomisura 2.3 (Sostegno alla formazione dei consulenti) dei PSR (Bazzoffi, 2015b).

Finalità del monitoraggio dell'efficacia dei solchi acquai

Il monitoraggio in campo dell'effetto dei solchi acquai sull'erosione del suolo è necessario per due finalità:

- Per consentire la valutazione dell'efficacia ambientale delle azioni agronomiche implementate attraverso questo Standard di Condizionalità.

- Per calibrare e validare i modelli di stima dell'erosione del suolo che comunemente vengono adottati nelle analisi dei fabbisogni e di scenario che costituiscono la premessa alla formulazione dei PSR e nelle valutazioni in itinere ed ex-post dei PSR

Nella programmazione 2007-2013 il “valutatore indipendente” (Reg.(CE) n. 1698/2005) di alcuni PSR ha stimato in modo quantitativo l'effetto benefico nella riduzione dell'erosione del suolo determinato dall'implementazione delle misure agroambientali, sottraendo dall'efficacia complessiva (riduzione dell'erosione in $t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$) la quota parte di riduzione dell'erosione determinata dall'applicazione degli standard di condizionalità preposti al contrasto dell'erosione del suolo (ovvero misurando l'effetto delle misure agroambientali oltre la “baseline” rappresentate dalla condizionalità). In queste valutazioni è stato utilizzato il modello RUSLE (Renard *et al.*, 1997).

Il medesimo modello RUSLE è stato scelto dall' European Evaluation Network for Rural Development (ENRD) come strumento previsionale per la quantificazione in $tha^{-1}anno^{-1}$ a scala regionale dell' Indicatore Comune “erosione idrica del suolo” al fine di dare risposta al Quesito Valutativo per la Focus area 4C dei PSR (prevenzione dell'erosione e miglioramento della gestione del suolo) “In che misura gli interventi del Piano di Sviluppo Rurale hanno contribuito alla prevenzione dell'erosione del suolo e al miglioramento della gestione del suolo, che codifica l'applicazione del Reg. (CE) n. 1305/2013, richiede infatti che per ogni Focus Area nel PSR debba essere data risposta al quesito valutativo nel Rapporto di implementazione che dovranno essere presentati nel 2017, nel 2019 e nella valutazione ex-post.

La calibrazione e la validazione del modello RUSLE risulta quindi cruciale per una corretta valutazione dei PSR. La calibrazione necessita l'attribuzione di valori ai coefficienti del modello che sono specifici per il sito in esame. La validazione consiste invece nel paragonare i valori di erosione realmente osservati in campo con le previsioni ottenute.

Attraverso il presente lavoro si è quindi inteso fornire alle Regioni una metodologia per la messa a punto del modello RUSLE adattandolo ai vari contesti territoriali.

Materiali e metodi

Descrizione dei siti di monitoraggio

Il monitoraggio dello standard 1.1_a, è stato condotto in quattro aziende agricole sperimentali (Figura 1):

1. Azienda di Monitoraggio CRA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Fagna (Scarperia, FI).
2. Azienda di Monitoraggio CRA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Santa Elisabetta, Località Vicarello (Volterra, PI).
3. Azienda di Monitoraggio CRA-RPS, Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Tor Mancina (Roma).
4. Azienda di Monitoraggio CRA-SCA, Unità di ricerca per i sistemi colturali degli ambienti caldo-aridi, M.E. Venezian Scarascia, Rutigliano (BA).

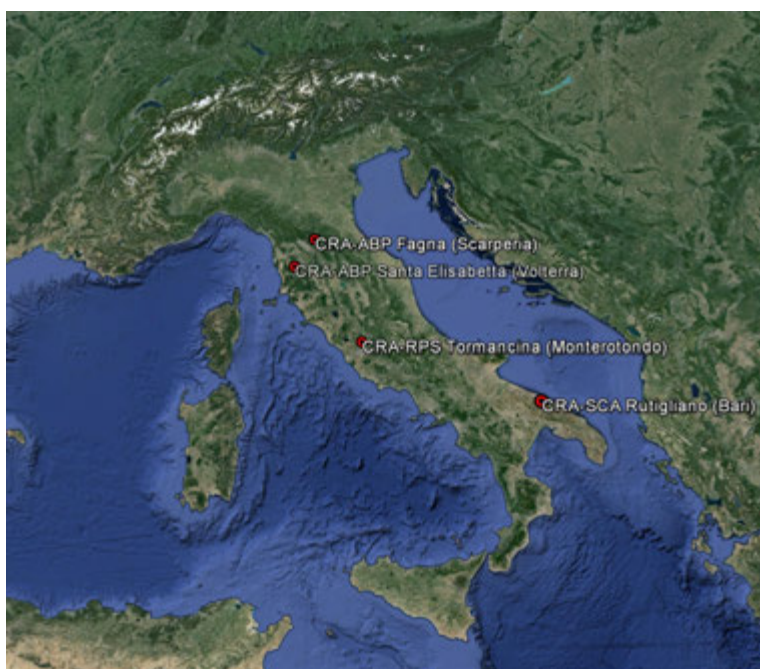


Figura 1. Localizzazione dei siti di monitoraggio.

Sito di monitoraggio: Azienda Santa Elisabetta (Volterra, Provincia di Pisa)

Caratteri generali

L'azienda S. Elisabetta è situata in località Vicarello, Volterra (Pisa) ed è raggiungibile percorrendo la SP15 Volterrana e poi deviando per Via Vicinale di Capriggine (Figura 2). Le coordinate geografiche WGS84 del centroide aziendale sono le seguenti: N 43° 27' 48,26"; E 10° 51' 54,71", l'altitudine media è 153,2 m s.l.m.

I suoli dell'azienda si sono evoluti da argille marine plioceniche. Dal punto di vista morfologico ricadono nella Soil Region 61.3 nel sistema di terre 91MA1AM206150 rilievi di media e bassa collina a bassa e media pendenza con drenaggio dendritico. La destinazione d'uso è il seminativo avvicendato o il pascolo (Righini *et al.*, 2001).

Il rilevamento pedologico di Lulli e Ronchetti del 1973 condotto a scala aziendale 1:400 riporta le seguenti tipologie di suoli:

I suoli della serie **Mattaione** sono argilloso limosi da sottili a profondi su depositi marini del Pliocene (Piacenziano), con mineralogia delle argille Illitico-cloritica. Presentano caratteri vertici. e colore bruno grigiastro 2,5Y 5/2. In parte desalinizzati, presentano un fenomeno di concentrazioni di ferro a livelli bassi; Subcalcini raramente superano 8 di pH. Sono classificati Vertic Xerorthent per la Soil Taxonomy USDA (Soil Survey Staff, 2014) e Calcaric Regosols per il WRB 1998.

I suoli della serie **Pegolina** sono argilloso limosi profondi, su depositi marini del Pliocene (Piacenziano) con mineralogia delle argille Illitico-cloritica. Presentano caratteri vertici e colore bruno oliva chiaro 2,5Y 5/3. In parte desalinizzati, presentano concentrazioni di Fe-Mn e carbonati; reazione da sub alcalina a neutra. Sono classificati Vertic Xerochept per la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) e Vertic Cambisols per il WRB (1998). Nell'argilla i minerali dominanti sono: caolinite, illite, clorite

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 14.2°C, le precipitazioni medie annue sono intorno ai 833 mm, equivalente ad un aridity index calcolato con l'equazione di De Martonne è di 34.2 classe (35-40) leggermente umido. Il regime termico del suolo è termico (15-22) con temperatura media del suolo a 50 cm di 16.4°C. Il regime idrico è ustico (60-85) ovvero il numero di giorni di secco cumulati nella sezione di controllo del suolo è di circa 79 per anno.

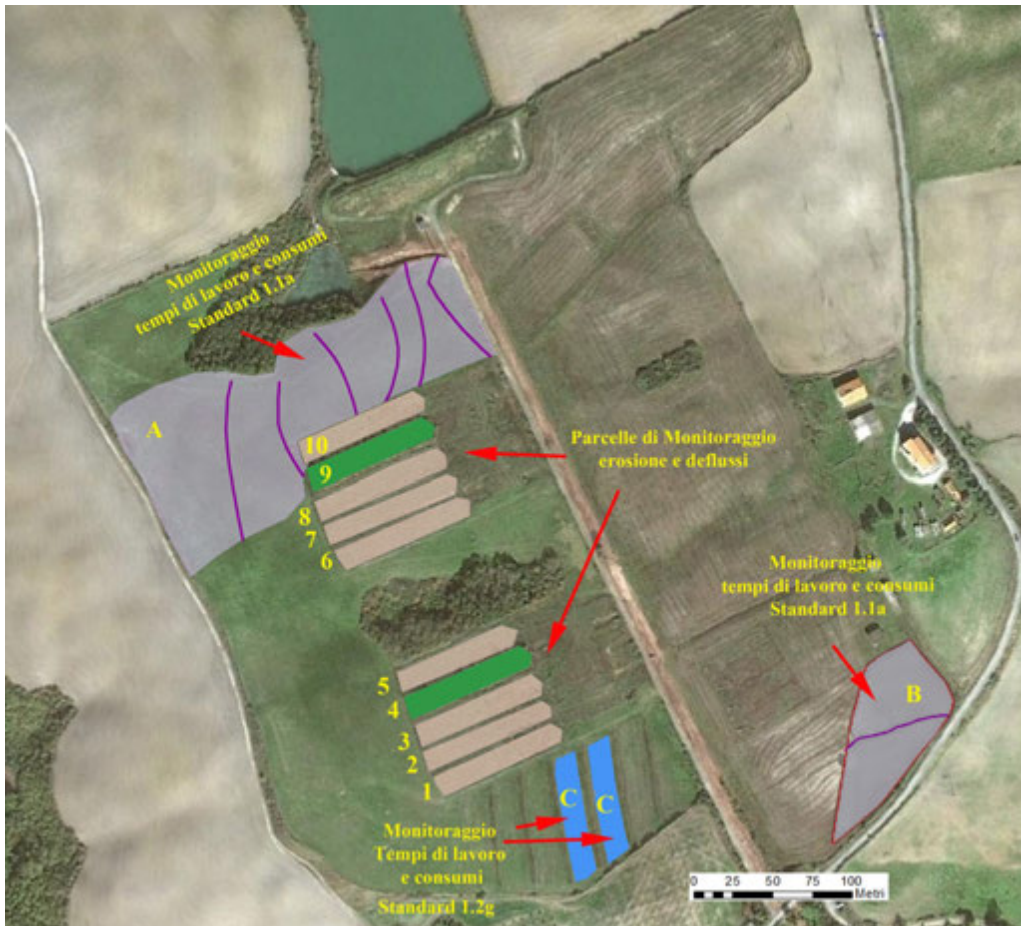


Figura 2. Azienda di Santa Elisabetta (CREA-ABP) e localizzazione dei versanti e delle aree interessate dal monitoraggio dello standard 1.1_a e dello standard 1.2_g.

Materiali e metodi di monitoraggio

Nell'azienda si sono monitorati:

- Per lo standard 1.1_a: l'erosione e i deflussi in condizioni di attuazione dello standard (Fattuale) e in condizioni di non attuazione (controfattuale); con terreno seminato a grano.
- Per lo standard 1.2_g: l'erosione e i deflussi in condizioni a) di terreno ritirato dalla produzione con gestione della copertura vegetale (Fattuale) b) copertura vegetale permanente non trinciata annualmente (controfattuale); c) terreno seminato a grano.
- Il differenziale economico di competitività conseguente agli impegni di questo standard, e le emissioni di CO₂ in relazione al consumo di carburante per la realizzazione dei solchi.

La valutazione dell'efficacia dei solchi acquai e delle superfici con copertura vegetale durante tutto l'anno nel regimare i deflussi e diminuire l'erosione del suolo è stata valutata in due anni di monitoraggio mediante un impianto parcellare (Figura 3), presente fin dagli anni '60. Le parcelle, lunghe 75 m sulla massima pendenza e larghe 15 m, con pendenza del 25%, sono attrezzate con unità idrologiche elettroniche di registrazione degli afflussi e dei deflussi con sensore a pentola basculante (Bazzoffi, 1993a, 1993b) con acquisizione del dato di estremo dettaglio (un record per ciascuna basculata della pentola).

Per la valutazione dell'efficacia dello standard 1.2_g si sono utilizzati dati raccolti in una precedente ricerca condotta nel periodo 1999-2002 sulle medesime parcelle sperimentali. Si sono considerati i valori di erosione e deflusso nel periodo autunno-vernino (fino a prima della levata del grano), in quanto trattasi del periodo di massima occorrenza delle piogge erosive e per le condizioni del suolo predisponenti all'erosione (condizione di letto di semina e minima copertura vegetale del suolo).

Si sono effettuati tre tipi di valutazioni:

Standard 1.1_a (solchi acquai)

Le tesi a confronto sono state due: 1) tesi Fattuale (con un solco acquaio situato a una distanza di 36 m dal bordo superiore della parcella e discissura in luogo dell'ordinaria aratura) e 2) tesi Controfattuale (senza solco acquaio e lavorazione del suolo con aratro a versoio), le repliche sono 4 per un totale di 8 parcelle. Le parcelle con tesi Fattuale sono indicate in Figura 2 con i numeri 1, 3, 6, 8; mentre le parcelle con tesi Controfattuale sono indicate in Figura 2 con i numeri 2, 5, 7, 10.

Standard 1.1_a fasce inerbite (in deroga alla realizzazione dei solchi acquai)

Le tesi a confronto sono state 5 con 2 repliche per un totale di 10 parcelle, come segue: 1) una fascia inerbita da 3 m; (36 m di suolo nudo dal bordo superiore e da quello inferiore); 2) due fasce da 3 m; (23 m dal bordo superiore, 23 m fra la prima e la seconda fascia e 23 m fra la seconda striscia e il bordo a valle della parcella); 3) una fascia da 5 m; (35 m di suolo nudo dal bordo superiore e da quello inferiore della parcella); 4) due fasce da 5 m (21,5 metri dal bordo superiore, 21,5 m fra la prima e la seconda fascia e 21,5 m fra la seconda fascia e il fondo parcella) 5) suolo nudo in condizione di letto di semina (arato e discato, mantenuto privo di infestanti con diserbo chimico).

Si sono considerati i valori di erosione e deflusso nel periodo autunno-vernino (fino a prima della levata del grano), in quanto trattasi del periodo di massima occorrenza dei

fenomeni erosivi, a causa della condizione del suolo (presenza di piccoli aggregati dovuti alla preparazione del letto di semina, massima occorrenza di piogge erosive e minima copertura vegetale del suolo),

Standard 1.2_g (copertura vegetale, naturale o seminata, durante tutto l'anno)

Le tesi a confronto sono state due: 1) tesi Fattuale (ritirata dalla produzione, con gestione annuale dell'erba mediante trinciatura), 2) tesi Controfattuale 1 (ritirata dalla produzione con vegetazione a macchia mediterranea, senza gestione della copertura vegetale), 3) Tesi controfattuale 3 (suolo nudo). Le repliche sono 2 per un totale di 4 parcelle. Le parcelle con tesi Fattuale sono indicate in Figura 2 con i numeri 5 e 19 (le tesi hanno riguardato anni diversi rispetto agli anni in cui è stato monitorata l'efficacia dei solchi acquai, nei quali era presente il grano). Le parcelle con tesi Controfattuale sono indicate in Figura 2 con i numeri 4 e 9. L'impianto parcellare al tempo dei rilievi è mostrato nelle nel capitolo Risultati del monitoraggio, relativamente allo Standard 1.1a Fasce inerbite.

Differenziale economico di competitività

La misurazione dei tempi di lavoro e dei consumi di carburante per lo standard 1.1_a è stata effettuata nelle zone contrassegnate con le lettere A e B in Figura 2. Invece, per lo standard 1.2_g, le misurazioni sono state effettuate sulle due parcelle contrassegnate con la lettera C in Figura 2 ove si è praticato un unico sfalcio annuale dell'erba.



Figura 3. Impianto parcellare nell'azienda Santa Elisabetta per la misura dei deflussi e dell'erosione.

Nell'area dove si è effettuato il monitoraggio si è rilevata composizione dei suoli riportata in Tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli nelle aree di monitoraggio nell'azienda Santa Elisabetta.

Parametro monitorato	Sito di monitoraggio	Scheletro, >2000 μm (%)	Sabbia totale, 53-2000 μm (%)	Limo, 20-53 μm (%)	Argilla, 2 μm (%)	pH (1:2.5) H_2O	CaCO_3 (%)	Sostanza organica (%)
Erosione e deflussi	Parcelle 1,2,3,5	0	19	38,1	43	8,3	13,4	1,23
Erosione e deflussi	Parcelle 6,7,8,10	0	17	39,25	43,75	8,5	13,8	1,095
Diff. Competitività ed emiss. CO_2	Zona A	0	23	37,3	39,7	8,2	13,6	1,07
Diff. competitività ed emiss. CO_2	Zona B	0	13,5	40,7	45,9	8,3	11,6	1,395
Diff. competitività ed emiss. CO_2	Zona C	0	23,75	34,75	41,5	8,3	11,25	0,965
Erosione e deflussi su ritirato dalla produzione CF	Parcelle 4	0	19	38,2	43	8,3	13,4	1,23
Erosione e deflussi su ritirato dalla produzione CF	Parcelle 9	0	16,5	40,3	43,5	8,5	13,7	1,18

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

Caratteri generali

L'azienda (Figura 4), 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.

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 (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 USDA (Soil Survey Staff, 2014) 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 (1998). I minerali argillosi dominanti sono: illite, caolinite e halloisite. La densità apparente del suolo al momento del rilievo UAV è risultata mediamente 1.222 t m^{-3} .

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° , 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.

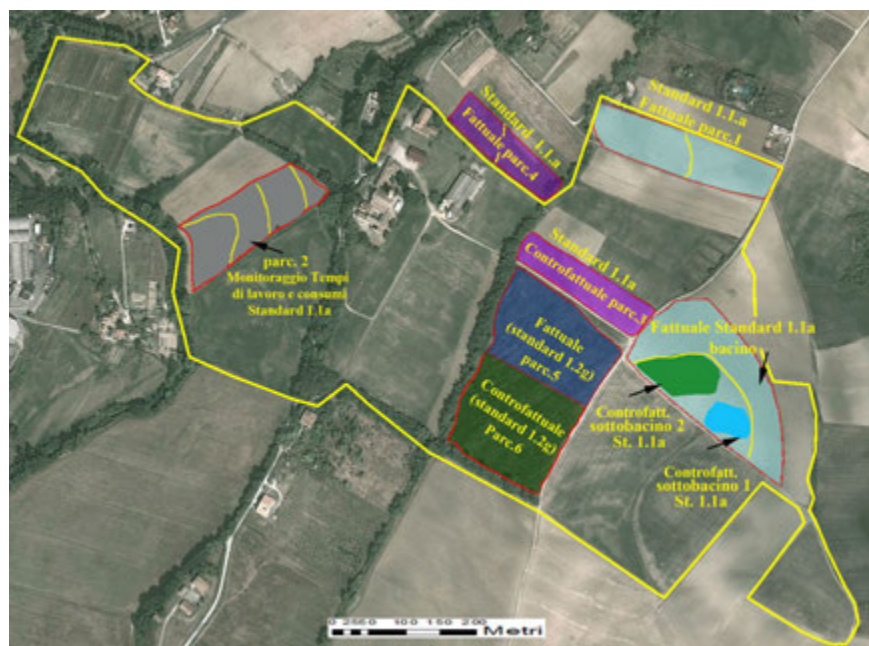


Figura 4. Azienda di Fagna (CREA-ABP) e localizzazione delle parcelle interessate dal monitoraggio (Standard 1.1a).

Materiali e metodi di monitoraggio

Nell'azienda Fagna si sono monitorati:

- Per lo standard 1.1_a: l'erosione in condizioni di attuazione dello standard (Fattuale) e in condizioni di non attuazione (controfattuale); con terreno seminato a grano.
- Per lo standard 1.2_g: l'erosione in condizioni a) di terreno ritirato dalla produzione con gestione della copertura vegetale (Fattuale)
- Il differenziale economico di competitività conseguente agli impegni di questo standard, e le emissioni di CO₂ in relazione al consumo di carburante per la realizzazione dei solchi.

La valutazione dell'efficacia dei solchi acquai e delle superfici con copertura vegetale durante tutto l'anno nel diminuire l'erosione del suolo è stata effettuata attraverso una metodologia innovativa messa a punto tramite il presente progetto e descritta nella pubblicazione dal titolo: "Valutazione dell'erosione incanalata del suolo (rill erosion) tramite metodologia UAV-GIS" (Bazzoffi, 2015 a) ed alla quale si rimanda per una descrizione dettagliata.

La metodologia consente di stimare il volume di scavo del suolo causato dalle acque di scorrimento superficiale (volume dei rigagnoli) e di determinare quindi la componente: "erosione incanalata" che si ritiene prevalente rispetto alla quota parte dell'erosione costituita dallo scorrimento superficiale diffuso "erosione laminare".

Poiché gli impegni dello standard 1.1_{si} applica a terreni declivi che manifestano fenomeni erosivi evidenziabili dalla presenza di incisioni diffuse (rigagnoli), si ritiene che la metodologia proposta sia rispondente ai fini del monitoraggio di efficacia ambientale dello standard, anche in considerazione della fattibilità e dell'economicità di realizzazione. Nella Figura 5 e nella Figura 6 è mostrata una parcella di monitoraggio nell'azienda Fagna.

Si sono effettuati tre tipi di valutazioni:

Standard 1.1_a (solchi acquai)

Le tesi a confronto sono state due: 1) tesi Fattuale (con solchi acquai e lavorazione primaria tramite discissura in luogo dell'ordinaria aratura) e 2) tesi Controfattuale (senza solchi acquai e lavorazione del suolo con aratro a versoio).

Le parcelle con tesi Fattuale sono indicate in Figura 4 con i numeri 1, 2, 4; e con le zone denominate "Fattuale bacino" e "Fattuale sottobacino 1" e "Fattuale sottobacino 2". Per la tesi controfattuale si ha una sola parcella denominata "controfattuale parcella 3".

Standard 1.2 g(copertura vegetale, naturale o seminata, durante tutto l'anno)

Le tesi a confronto sono state due: 1) tesi Fattuale (ritirata dalla produzione con vegetazione naturale sottoposta a una trinciatura annuale) e 2) tesi Controfattuale (ritirata dalla produzione con vegetazione naturale senza alcuna trinciatura annuale). La parcella con tesi Fattuale è indicata in Figura 4 con il numero 5; mentre la parcella con tesi Controfattuale indicata in Figura 4 con il numero 6.

Differenziale economico di competitività

La misurazione dei tempi di lavoro e dei consumi di carburante per lo standard 1.1_a è stata effettuata nelle parcelle indicate con i numeri 1 e 4 in Figura 4. Invece, per lo standard 1.2g, le misurazioni riguardanti la trinciatura dell'erba sono state effettuate sulla parcella 5 in Figura 4. Le parcelle e i bacini di monitoraggio hanno le caratteristiche (orizzonte superficiale 0-20 cm) riportate in Tabella 2.

Tabella 2. Caratteristiche fisiche, chimiche e mineralogiche dei suoli nelle aree di monitoraggio dello standard 1.1a e per lo standard 1.2g 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) H ₂ O	CaCO ₃ (%)	Sostanza organica (%)
Fattuale Standard 1.1a parcella 1	0	16,32	40,54	43,14	8,45	15,13	1,67
Fattuale Standard 1.1a parcella 2	10,4	46,34	25,20	26,04	8,16	3,08	2,24
Controfattuale Standard 1.1a parcella 3	0	12,47	39,88	47,64	8,00	12,90	1,76
Fattuale Standard 1.1a parcella 4	0	36,14	40,44	23,42	8,3	10,6	1,70
Fattuale standard 1.2.g parcella 5	0	17,79	36,68	45,53	8,13	12,01	1,84
Controfattuale standard 1.2.g parcella 6	0	11,88	44,08	40,34	8,32	23,52	1,96
Fattuale Standard 1.1a bacino	0	12,94	37,25	49,81	8,03	15,44	1,96
Controfattuale Standard 1.1a Sottobacino 1	0	12,47	39,88	47,64	8,00	12,90	1,76
Controfattuale Standard 1.1a Sottobacino 2	0	12,47	39,88	47,64	8,00	12,90	1,76



Figura 5. Sito di monitoraggio nell'azienda Fagna (foto da drone). Si notino le mire posizionate a distanze regolari (ground Reference Points) per la georeferenziazione delle immagini zenitali.



Figura 6. Solco acquaio realizzato a regola d'arte nell'azienda Fagna.

Sito di monitoraggio: Azienda Tor Mancina (Monterotondo, Provincia di Roma)

Caratteri generali

I monitoraggi sono stati effettuati a Tor Mancina (Monterotondo, provincia di Roma), presso l'Azienda Sperimentale del CREA-RPS, Centro di ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo (Figura 7).

Le Coordinate WGS84 del centroide aziendale sono le seguenti: N 42° 05' 43,09"; E 12° 38' 04,83" , l'altitudine media è 43 m s.l.m. L'Azienda è raggiungibile dalla SS3 Via Salaria, percorrendo poi la strada provinciale SP35d "Via della Neve" km 1,000. Le superfici coltivate sono dislocate per circa il 24 % in pianura, su suoli di media fertilità e sufficiente profondità dello strato arabile, in due appezzamenti separati da un canale che confluisce in un laghetto artificiale di raccolta delle acque. La rimanente superficie coltivabile è situata su collina di lieve pendenza.

L'area è situata, soprattutto, sui tufi pedogenizzati stratificati, rappresentati dal codice tps, sui tufi con livelli di lapilli e ceneriti con scorie leucititiche del Pleistocene codice βT ; e in minor parte da alluvioni attuali recenti, codice qa della Carta geologica d'Italia 1:1.000.000 del foglio 144.



Figura 7. Azienda Tor Mancina. Localizzazione dei bacini e delle parcelle interessate dal monitoraggio (Standard 1.1_a).

Dal punto di vista semantico ricade nella Soil region 56.1 e nel sistema di terre 356EVAM204243 caratterizzato dai versanti delle incisioni profonde del plateau vulcanico a pendenza media e bassa con scarpate sommitali. Le incisioni profonde defluiscono nella vicina valle del Tevere indicato dal sistema 30AMALs20; piana alluvionale con drenaggio meandriforme.

Riguardo alla rappresentatività in ambito locale, regionale e nazionale, si tratta di suoli vulcanici pesanti che presentano una fertilità medio-bassa per l'esistenza di un pancone tufaceo coerente e superficiale (30-50 cm di profondità) caratterizzato da leucite ad elevato grado di analcimizzazione, che oltre a ridurre notevolmente lo strato arabile e a impedire un rapido smaltimento delle acque meteoriche in eccesso, apporta discrete quantità di sodio la cui azione negativa sullo stato strutturale del terreno è nota.

Rispetto alla tipologie nazionali (1:1.000.000), i suoli aziendali potrebbero essere correlabili con la 56.1LVvi1 FFI, 56.1PHlv1 fine oppure con la 56.1CMlen1 loamy-skeletal. La classificazione del suolo nell'area di monitoraggio è Typic Argixeroll secondo la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014). La densità apparente del suolo al momento del rilievo UAV è risultata 1.247 t/ m³.

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°, le precipitazioni medie annue sono intorno ai 890 mm, equivalente ad un aridity index calcolato con l'equazione di De Martonne di 37.5 classe (35-40) moderatamente umido. Il regime termico del suolo è termico (15-22) con temperatura media del suolo a 50 cm di 16.3°. Il regime idrico è xerico (80-115) ovvero con un numero di giorni di secco cumulati nella sezione di controllo del suolo è di circa 88 per anno.

Materiali e metodi di monitoraggio

Nell'azienda Tor Mancina sono stati monitorati:

- Per lo standard 1.1.a: l'erosione in condizioni di attuazione dello standard (Fattuale) e in condizioni di non attuazione (controfattuale); con terreno seminato a grano.
- Il differenziale economico di competitività conseguente agli impegni di questo standard, e le emissioni di CO₂ in relazione al consumo di carburante per la realizzazione dei solchi.

La valutazione dell'efficacia dei solchi acquai e delle superfici con copertura vegetale durante tutto l'anno nel diminuire l'erosione del suolo è stata effettuata, come per l'azienda Fagna, attraverso la metodologia UAV-GIS" (Bazzoffi, 2015a).

Si sono effettuati due tipi di valutazioni:

Standard 1.1_a (solchi acquai)

Confronti bacinali

Le tesi a confronto sono state due su due annate agrarie diverse (2012-2013 e 2013-2014) per un totale di 4 bacini monitorizzati: 1) tesi Fattuale (con un solchi acquai e lavorazione primaria tramite discissura in luogo dell'ordinaria aratura) e 2) tesi Controfattuale (senza solchi acquai e lavorazione del suolo con aratro a versoio).

I bacini con tesi Fattuale sono indicati in Figura 7 con “Fattuale ‘13” e “Fattuale ‘14”; mentre quelli con tesi controfattuale sono indicati con “Controfattuale ‘13” e “Controfattuale ‘14”.

Nelle Figure 8 e 9 sono mostrate due foto riprese a terra, relative ai bacini di monitoraggio dell'annata 2012-2013, che illustrano lo sviluppo dei rigagnoli.

Confronti parcellari

Le tesi, le annate e le date di rilievo con drone sono le medesime dei confronti bacinali. Le parcelle sono due e contraddistinte in Figura 7 con: “Fattuale” e “Controfattuale”

Differenziale economico di competitività

La misurazione dei tempi di lavoro e dei consumi di carburante per lo standard 1.1_a è stata effettuata sul bacino indicato in Figura 7 con “Fattuale ‘13”.

Le parcelle e i bacini di monitoraggio hanno le caratteristiche morfologiche e chimiche (orizzonte superficiale 0-20 cm) riportate in Tabella 3.

Tabella 3. Caratteristiche del suolo dei siti di monitoraggio a Tor Mancina.

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 (%)
Parcella Fattuale	0	40,9	42,3	16,8	6,91	0	2,70
Parcella Controfattuale	0	31,5	46,2	22,3	6,93	0	1,57
Bacino Controfattuale'13	0	39,3	30,0	30,7	6,90	0	1,61
Bacino Fattuale'13	0	33,3	31,3	35,3	6,94	0	1,58
Bacino Controfattuale'14	0	35,3	27,4	37,3	6,92	0	1,62
Bacino Fattuale'14	0	37,3	26,6	36,0	6,81	0	1,73

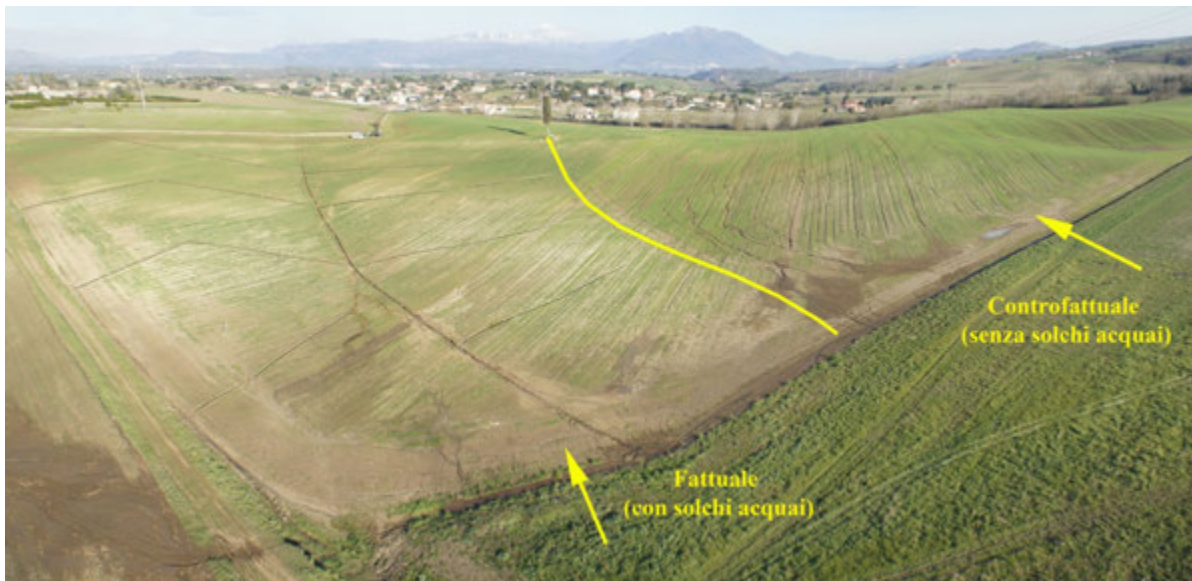


Figura 8. Bacini di monitoraggio dell'erosione a Tor Mancina. Si noti il forte sviluppo di rigagnoli nella zona ove non sono stati realizzati i solchi acquai (Controfattuale)



Figura 9. Azienda Tor Mancina. Particolare della zona ove non sono stati realizzati i solchi acquai (Controfattuale) con severa erosione per rigagnoli.

Sito di monitoraggio: Azienda M.E. Venezian Scarascia Rutigliano (BA)

Caratteri generali

Il dispositivo di monitoraggio è localizzato a Rutigliano (BA) presso l'Azienda Sperimentale "M.E. Venezian Scarascia" del CREA-SCA, Unità di ricerca per i sistemi colturali degli ambienti caldo-aridi (Figura 10).

Le Coordinate WGS84 del centroide aziendale sono le seguenti: N 40°59' 37,01"; E 17° 2'7.66". L'altitudine media aziendale è m 125 m s.l.m. L'altitudine media aziendale è m 125 m s.l.m.

Il suolo è classificato come Rhodoxeralf Lithic Ruptic secondo la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) e si è evoluto sul complesso calcareo "Tufi delle Murge" di origine pleistocenica.

Nell'area dove si è effettuato il monitoraggio si è rilevata la composizione del suolo riportata in Tabella 4.

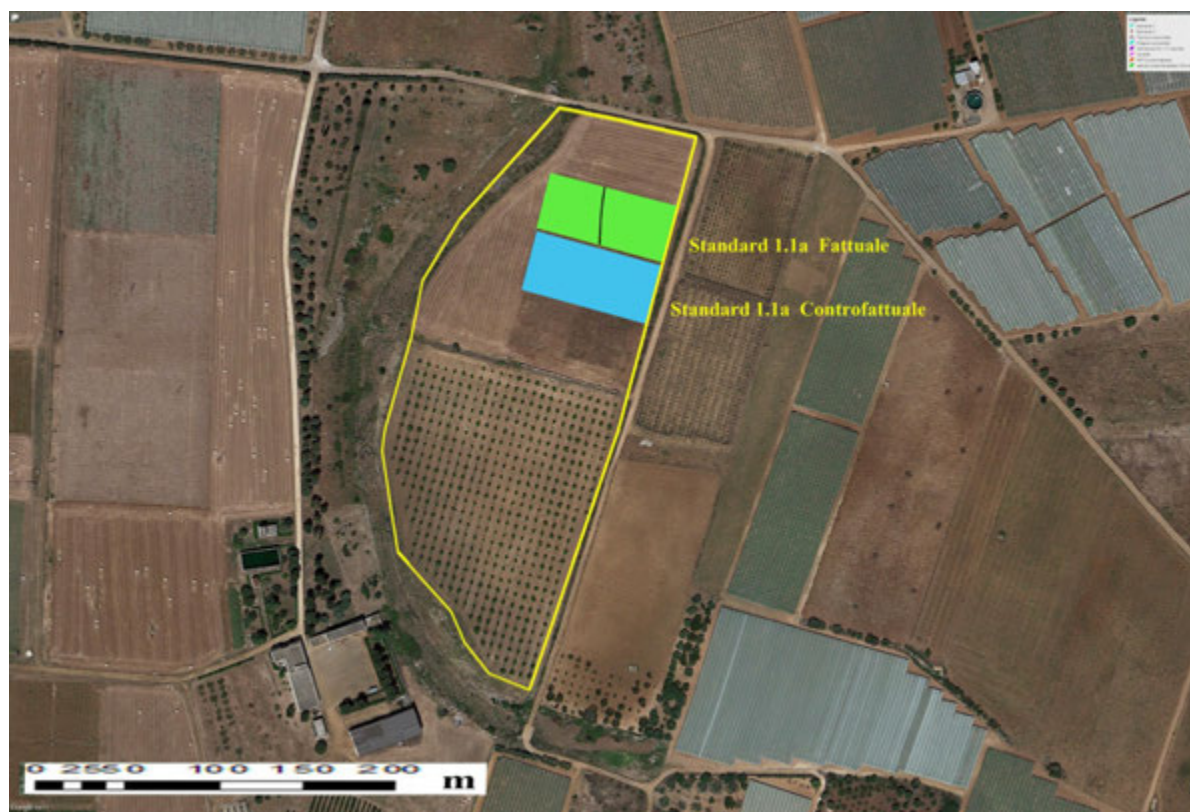


Figura 10. Azienda M.E. Venezian Scarascia, Rutigliano (CREA-SCA). Localizzazione delle parcelle interessate dal monitoraggio (Standard 1.1_a).

Tabella 4 . Caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli nelle aree di monitoraggio nell'azienda Santa Elisabetta

Parametro monitorato	Scheletro, >2000 μm (%)	Sabbia totale, 53-2000 μm (%)	Limo, 20-53 μm (%)	Argilla, 2 μm (%)	pH (1:2.5) H_2O	CaCO ₃ (%)	Sostanza organica (%)
Differenziale di Competitività ed emissioni di CO ₂	3,43	15,25	43,61	41,14	7,9	6,59	3,60

Nell'azienda si è monitorato un solo parametro:

Differenziale economico di competitività

La misurazione del consumo di carburante e dei tempi di lavoro per lo standard 1.1a è stato effettuato nella parcella colorati in verde nella Figura 10.

Risultati del monitoraggio

Risultati del monitoraggio diretto dell'erosione e del deflusso su parcelle attrezzate - Azienda Santa Elisabetta

Standard 1.1a (solchi acquai)

L'analisi statistica dei dati (Tabella 5 e Figura 11) evidenzia una forte ed altamente significativa diminuzione dell'erosione per effetto dei solchi acquai.

La tesi Fattuale (con un solco acquaio) mostra di essere significativamente efficace nel contenimento dell'erosione, determinando una diminuzione delle asportazioni di circa l'84,4% rispetto al suolo senza solco acquaio.

Per quanto riguarda i deflussi, la presenza del solco acquaio ha determinato una generale diminuzione dei volumi delle acque di scorrimento superficiale pari a circa il 46,3 % (con significatività 86,4%).

Tabella 5. Valutazione dell'efficacia dei solchi acquai su unità idrologiche parcellari nell'azienda Santa Elisabetta. Confronti statistici.

Tesi	Erosione Standard 1.1a		Duncan (separazione medie)*	N eventi
	t ha ⁻¹ anno ⁻¹ media	Err. Std.		
Fattuale (con solchi acquai)	1,12	0,07	B	88
Controfattuale (senza solchi acquai)	5,23	1,25	A	88

Tesi	Deflusso Standard 1.1a		Duncan (separazione medie)*	N eventi
	m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹ media	Err. Std.		
Fattuale (con solchi acquai)	70,95	26,41	A	88
Controfattuale (senza solchi acquai)	132,18	30,90	A	88

PIOGGIA attiva totale mm 405,08; * P≤0,05

Standard 1.1a Fasce inerbite (in deroga alla realizzazione dei solchi acquai)

L'analisi statistica dei dati (Tabella 6) evidenzia una forte, altamente significativa, diminuzione dell'erosione per effetto delle fasce inerbite, che passa da 8,16 t ha⁻¹ anno⁻¹ nel caso del suolo nudo a 0,84 t ha⁻¹ anno⁻¹ nelle tesi che presentano due fasce inerbite da 3 metri. Anche le altre tesi a fasce inerbite hanno determinato una notevole riduzione dell'erosione, che è passata mediamente a 1,44 t ha⁻¹ anno⁻¹, pari a una riduzione di circa 5,7 volte rispetto all'erosione osservata sul suolo nudo.

Per quanto riguarda i deflussi si osserva una generale diminuzione dei volumi delle acque di scorrimento superficiale determinato dalle fasce inerbite che passano mediamente da 166,25 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ per il suolo nudo a 108,51 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ per la fascia inerbita da 5 m.

Tabella 6. Valutazione dell'efficacia delle fasce inerbite su unità idrologiche parcellari nell'azienda Santa Elisabetta. Confronti statistici.

Tesi	Erosione Standard 1.1a Fasce inerbite			N eventi
	t ha ⁻¹ anno ⁻¹ media	Err. Std.	Duncan (separazione medie)*	
Fattuale 2 fasce da 3m	0,84	1,322	B	46
Fattuale 1 fascia da 5m	1,22	1,325	B	46
Fattuale 1 fascia da 3m	1,77	1,316	B	46
Fattuale 2 fasce da 5m	1,94	1,312	B	46
Controfattuale Suolo nudo	8,16	1,098	A	46

Tesi	Deflusso Standard 1.1a Fasce inerbite			N eventi
	m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹ media	Err. Std.	Duncan (separazione medie)*	
Fattuale 2 fasce da 3m	101,28	27,60	BC	46
Fattuale 1 fascia da 3m	102,66	27,60	BC	46
Fattuale 1 fascia da 5m	108,51	23,04	BC	66
Controfattuale Suolo nudo	166,25	27,60	AB	46
Fattuale 2 fasce da 5m	219,06	27,60	A	46

PIOGGIA attiva totale mm 33,80; * P≤0,05.

La tesi con una sola fascia inerbita di 5 metri, simile quindi a quanto prescritto nella deroga ai solchi acquai, mostra di essere efficace nel contenimento dell'erosione, determinando una diminuzione delle asportazioni di suolo pari a circa il 35% rispetto al suolo nudo. Nella Figura 11 viene mostrato l'impianto parcellare nell'azienda Santa Elisabetta con i diversi trattamenti a fasce inerbite, mentre nella Figura 12 viene mostrato l'allestimento delle parcelle per il monitoraggio dell'erosione e dei deflussi con pentole basculanti e datalogger.



Figura 11. Un gruppo di parcelle nell'azienda Santa Elisabetta (Volterra) per la misura dei deflussi e dell'erosione (si notino le fasce inerbite).



Figura 12. Allestimento delle parcelle per il monitoraggio dell'erosione e dei deflussi con pentole basculanti e datalogger nell'azienda Santa Elisabetta (Volterra).

Risultati del monitoraggio dell'erosione tramite metodologia UAV-GIS nelle aziende Fagna e Tor Mancina

Standard 1.1a (solchi acquai)

Nella Tabella 7 si riporta il quadro sinottico della misura dell'erosione osservata sui siti di monitoraggio e ricavata con metodologia UAV-GIS (Bazzoffi, 2015a), espressa in $t\ ha^{-1}$ periodo⁻¹, dove per periodo si intende il lasso di tempo che è intercorso fra la data di esecuzione dei solchi acquai (immediatamente dopo la semina del grano) e la data del rilievo con drone (le date sono indicate in Tabella). Nella medesima Tabella 7 sono riportati le caratteristiche dei siti di monitoraggio, delle piogge nel periodo di osservazione, i fattori dell'equazione di stima delle perdite di suolo e la stima dell'erosione tramite RUSLE applicata in ambiente GIS. L'ultima colonna a destra mostra, per i piccoli bacini idrografici, la stima dell'erosione tramite RUSLE applicata in ambiente GIS con DEM ricampionato a 20 metri (la dimensione originaria del DEM è 4,7 cm).

Per quanto riguarda l'azienda M.E. Venezian Scarascia, nel periodo di monitoraggio non si sono verificati eventi con deflusso per cui sulla superficie non si è evidenziata la formazione di rigagnoli rilevabili con metodologia UAV-GIS, pertanto l'erosione nel periodo di monitoraggio è risultata pari a $0\ t\ ha^{-1}$ (Figura 13).



Figura 13. Evidenza visuale della mancanza totale di rigagnoli di erosione sulle parcelle dell'Azienda M.E. Venezian Scarascia a Rutigliano interessate dal monitoraggio dello Standard 1.1a.

Tabella 7. Rilievo dell'erosione incanalata con metodologia UAV-GIS, caratteristiche dei siti di monitoraggio e delle piogge, fattori RUSLE e stima dell'erosione tramite RUSLE-GIS.

Località	Trattamento FT/CF	Sito di monitoraggio	Periodo da	Periodo a	Periodo in mesi	Pendenza (%)	Lunghezza (m)	Area del poligono monitorato (ha)	t ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Pioggia nel periodo (mm)	Fattori RUSLE*				RUSLE GIS su DEM 20metri t ha ⁻¹ periodo ⁻¹
											R periodo	K	C	P	
Fagna	Fattuale	Parcella 4	01/10/2012	07/01/2013	3,3	13,2	171,4	0,75	18,2	427,0	9911,35	0,040	1,00	1,00	na
Fagna	Fattuale	Parcella 1	25/12/2013	26/01/2014	1,1	14,4	250,7	1,18	29,1	69,4	1550,14	0,040	1,00	1,00	66,39
Fagna	Controfattuale	Parcella 2	25/12/2013	26/01/2014	1,1	14,8	192,3	0,87	22,3	69,4	1550,14	0,040	1,00	1,00	Na
Fagna	Fattuale	Bacino Crocioni tutto	08/10/2011	03/05/2012	6,9	16,5	79,9	1,05	33,0	427,0	9911,35	0,040	1,00	1,00	54,97
Fagna	Controfattuale	Bacino Crocioni sottobacino 1	08/10/2011	03/05/2012	6,9	20,3	38,7	0,09	17,5	427,0	9911,35	0,040	1,00	1,00	79,00
Fagna	Controfattuale	Bacino Crocioni sottobacino 2	08/10/2011	03/05/2012	6,9	20,3	47,6	0,18	37,3	427,0	9911,35	0,040	1,00	1,00	55,40
Tor Mancina	Controfattuale	Bacino'13	16/11/2012	27/02/2013	3,4	15,4	136,1	1,58	87,6	372,8	6580,82	0,054	1,00	1,00	79,38
Tor Mancina	Fattuale	Bacino e'13	16/11/2012	28/02/2013	3,5	13,8	147,7	1,72	43,9	372,8	6580,82	0,054	1,00	1,00	57,22
Tor Mancina	Fattuale	Bacino'14	19/09/2014	23/11/2014	2,2	13,2	142,1	2,50	2,8	210,9	9486,20	0,054	1,00	1,00	3,12
Tor Mancina	Controfattuale	Bacino e'14	19/09/2014	23/11/2014	2,2	13,8	218,9	2,45	12,4	210,9	9486,20	0,054	1,00	1,00	13,9
Tor Mancina	Fattuale	Parcella	16/11/2012	27/02/2013	3,4	12,4	123,7	0,13	6,4	372,8	6580,82	0,054	1,00	1,00	na
Tor Mancina	Controfattuale	Parcella	16/11/2012	28/02/2013	3,5	13,5	126,0	0,11	34,0	372,8	6580,82	0,054	1,00	1,00	na
Tor Mancina	Fattuale	Parcella	19/09/2014	23/11/2014	2,2	12,4	123,7	0,18	14,0	210,9	9486,20	0,054	1,00	1,00	na
Tor Mancina	Controfattuale	Parcella	19/09/2014	23/11/2014	2,2	13,5	126,0	0,12	45,0	210,9	9486,20	0,054	1,00	1,00	na

*Fattore LS calcolato secondo Nearing (1997) su ogni singola cella attraverso il GIS; na, non applicabile per problemi di geometria parcellare (non è possibile ricampionare il DEM in celle di 20 m).

Nella Tabella 8 sono riportate le medie generali dell'erosione misurata in campo tramite metodologia UAV-GIS, sui siti in presenza di solchi acquai (Fattuale) e su quelli in assenza di solchi acquai (Controfattuale), i limiti di confidenza e la separazione delle medie con il test di Duncan .

Tabella 8. Valori medi dell'erosione rilevata con metodologia drone-GIS (Standard 1.1a). Statistiche descrittive e test di Duncan di separazione delle medie ($P \leq 0.005$).

Tesi Solchi acquai	N	Media	t ha⁻¹periodo⁻¹ Dev.Std.	Conf. ±95,00%	Duncan test Separazione medie
Controfattuale (senza solchi acquai temporanei)	7	36,59	25,28	23,38	A
Fattuale (con solchi acquai temporanei)	7	21,05	14,92	13,79	A

Evidenze visuali dell'efficacia o dell'inefficacia dei solchi acquai

Nelle Figure 14, 15, 16 e 17 è mostrata in modo visuale l'efficacia dei solchi acquai sia nell'intercettare il deflusso sia nel diminuire la formazione dei rigagnoli.

Nella Figura 18 viene invece mostrato l'effetto disastroso di concentrazione del deflusso sia la loro inefficacia laddove i solchi non riescono ad assolvere la loro funzione di allontanamento delle acque di scorrimento superficiale.



Figura 14. Dimostrazione visuale dell'efficacia dei solchi acquaio nell'interrompere lo sviluppo dei rigagnoli e conseguentemente nel diminuire l'erosione. A sinistra, veduta da drone. A destra, foto a terra della zona di connettività idraulica fra rigagnolo e solco acquaio (Azienda Fagna).



Figura 15. Dimostrazione visuale dell'efficacia dei solchi acquaio nell'intercettare il deflusso (Azienda Tor Mancina).



Figura 16. Dimostrazione visuale dell'efficacia dei solchi acquai nel diminuire la formazione dei rigagnoli nella zona a valle (Azienda Tor Mancina).



Figura 17. Foto zenitale (da drone) della confluenza dei rigagnoli nei solchi acquai. In questo caso i solchi acquai hanno svolto efficacemente la loro funzione di regimazione dei deflussi. Si noti la diminuzione dell'erosione incanalata a valle del solco acquai (Azienda Tor Mancina).



Figura 18. Foto zenitale (da drone) che illustra le zone di rottura dei solchi acquai a causa del loro sottodimensionamento. Le frecce di diversi colori identificano i diversi rigagnoli e indicano le zone dove il deflusso non è stato intercettato efficacemente dai solchi acquai, determinando un effetto “domino” di concentrazione dell’erosione a valle (Azienda Tor Mancina).

Standard 1.2 g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione)

Monitoraggio parcellare nell'Azienda Santa Elisabetta

Relativamente allo Standard 1.2 (impegno g) l'analisi statistica dei dati (Tabella 9) evidenzia una forte ed altamente significativa diminuzione dell'erosione per effetto della copertura vegetale del suolo rispetto al suolo nudo (controfattuale 2).

Nella tesi Fattuale (superficie ritirata, gestita) la diminuzione dell'erosione è risultata dell' 89,7% (pari a 0,55 t ha⁻¹ anno⁻¹) e nella tesi controfattuale 1 (superficie ritirata, non gestita, a macchia mediterranea) l'erosione è risultata, praticamente, azzerata e pari a 0,0003 t ha⁻¹ anno⁻¹ rispetto al suolo nudo. Sempre per lo standard 1.2 g la tesi Fattuale (superficie ritirata, gestita) mostra di essere significativamente efficace nel ridurre i deflussi dell' 96,1% rispetto al suolo nudo, passando da 89,65 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ a 3,51 m³ ha⁻¹ anno⁻¹. Rispetto, invece, alla tesi Controfattuale (superficie ritirata, non gestita, a macchia mediterranea) che ha mostrato un deflusso medio di 1,40 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ i deflussi sulla tesi Fattuale appaiono leggermente maggiori (3,52 m³ ha⁻¹ anno⁻¹).

Tabella 9. Rilievo dell'erosione incanalata e dei deflussi: confronto fra le superfici ritirate e gestite con sfalcio annuale dell'erba (Fattuale Standard 1.2g) e Controfattuale (Superficie ritirata non gestita). Statistiche descrittive e test di Duncan di separazione delle medie.

Tesi	Erosione Standard 1.2 _g		Duncan (separazione medie)*	N eventi con deflusso
	t ha ⁻¹ anno ⁻¹ media	Err. Std.		
Fattuale (Superficie ritirata sfalciata)	0,55	0,27	B	153
Controfattuale 1 (Superficie ritirata non sfalciata)	0,0003	0,0092	B	153
Controfattuale 2 (Suolo nudo)	5,33	1,32	A	153

Tesi	Deflusso Standard 1.2 _g		Duncan (separazione medie)*	N eventi con deflusso
	m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹ media	Err. Std.		
Fattuale (Superficie ritirata sfalciata)	3,51997	2,12	B	153
Controfattuale 1 (Superficie ritirata non sfalciata)	1,39502	1,35	B	153
Controfattuale 2 (Suolo nudo)	89,65	27,34	A	153

*P≤0.005.

Rilievo UAV-GIS nell'Azienda Fagna

Riguardo allo Standard 1.2_g su ambedue le tesi a confronto: tesi Fattuale (ritirata dalla produzione con vegetazione naturale sottoposta a una trinciatura annuale) e tesi Controfattuale (ritirata dalla produzione con vegetazione naturale senza alcuna trinciatura annuale) nel periodo di monitoraggio non si è evidenziata la formazione di rigagnoli rilevabili con metodologia UAV-GIS., pertanto l'erosione è risultata pari a 0 t ha⁻¹ (Figura 19).

La stima dell'erosione tramite modello RUSLE fornisce in ambedue le tesi un valore pari a 0,54 t ha⁻¹ periodo⁻¹, cioè un valore prossimo allo zero (Tabella 10).



Figura 19. Evidenza visuale della mancanza totale di rigagnoli di erosione sulle parcelle dell'Azienda Fagna interessate dal monitoraggio dello Standard 1.2_g. È possibile solamente distinguere tracce sulla superficie del suolo non imputabili all'erosione (camminamenti e tracce di antiche lavorazioni antecedenti al ritiro dalla produzione).

Tabella 10. Azienda Fagna: rilievo dell'erosione incanalata con metodologia UAV-GIS sulle superfici a seminativo ritirate dalla produzione. Caratteristiche dei siti di monitoraggio e delle piogge e stima dell'erosione tramite RUSLE in ambiente GIS.

Località	Sito di monitoraggio	Sito di monitoraggio	Periodo da	Periodo a	Periodo in mesi	Pendenza (%)	Area del poligono monitorato (ha)	Densità app. Suolo t.m ³	t ha ⁻¹ periodo ⁻¹	Pioggia nel periodo (mm)	Fattori RUSLE					RUSLE_GIS su DEM 20metri t ha ⁻¹ periodo ⁻¹
											R periodo	K	C	P	LS Mean*	
Fagna	Ritirato dalla produzione (con trinciatura erba)	Parcella 5	25/12/2013	26/01/2014	1,1	17,4	17760,1	1,22	0,0	69,4	1550,14	0,040	0,02	1,00	0,41	0,54
Fagna	Ritirato dalla produzione (senza trinciatura erba)	Parcella 6	25/12/2013	26/01/2014	1,1	16,7	19662,1	1,22	0,0	69,4	1550,14	0,040	0,02	1,00	0,40	0,54

*Fattore LS calcolato secondo Nearing (1997) su ogni singola cella attraverso il GIS.

Validazione del modello RUSLE

Dai risultati di erosione del suolo acquisiti attraverso l'applicazione della metodologia UAV-GIS e dall'applicazione del modello RUSLE in ambiente GIS (Tabelle 7 e 10) è stato possibile validare il modello previsionale RUSLE.

Il test di Duncan per la separazione delle medie (Tabella 11) mostra che non esiste differenza significativa fra le medie dei valori osservati ed i valori predetti con il modello RUSLE. Il test di Levene, riportato nella medesima Tabella 11, mostra che le varianze sono omogenee. La Figura 20 mostra la regressione fra valori predetti dall'equazione RUSLE ed i valori osservati con metodologia UAV-GIS mentre la Tabella 12 mostra il riepilogo della regressione. Nonostante le poche osservazioni a disposizione si può affermare che la performance del modello RUSLE è abbastanza soddisfacente.

Tabella 11. Test di Duncan per la separazione delle medie (Erosione osservata ed erosione RUSLE) e test di Levene di omogeneità delle varianze.

Test Duncan: Gruppi Omogenei, alfa = 0,05000 Errore: MS Tra gruppi P=901,89, gl=16				
	Erosione media (t ha⁻¹ periodo⁻¹)		1	
Erosione osservata	27,34444		****	
Erosione stimata con RUSLE	36,82889		****	
Test di Levene di Omogeneità delle Varianze (validazione RUSLE) Gradi di libertà per tutte le F: 1, 16				
	MS Effetto	MS Errore	F	P
Erosione	272,8102	191,7197	1,422964	0,250

Tabella 12. Riepilogo della regressione fra valori stimati con modello RUSLE e valori misurati con metodologia UAV-GIS.

Regressione R²= 0,797 F(1,7)=27,467 P<0,00120 Err. Standard di stima: 13,584						
	Beta	Err. Std. di Beta	B	Err. Std. di B	t(7)	P
Intercetta			-1,843	7,178	-0,257	0,805
Erosione stimata con RUSLE	0,893	0,170	0,793	0,152	5,240	0,001**

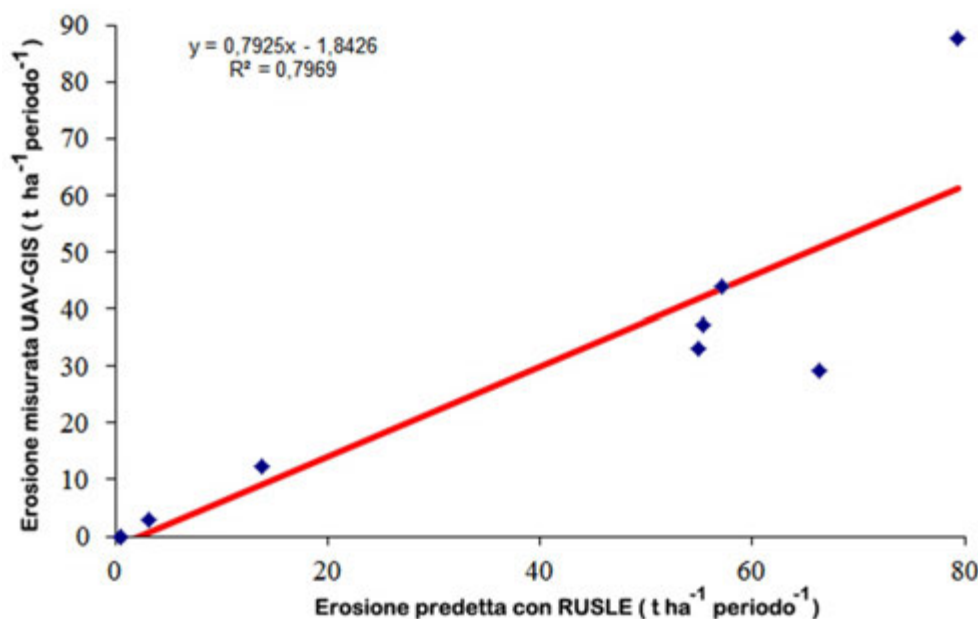


Figura 20. Regressione fra valori stimati con modello RUSLE e valori misurati con metodologia UAV-GIS.

Differenziale di competitività per lo Standard 1.1a (Solchi acquai temporanei)

Oltre all'efficacia ambientale dello standard 1.1_a si è valutato il differenziale economico di competitività da esso indotto a carico delle imprese agricole, ossia i costi aggiuntivi indotti dalla regolamentazione comunitaria ed italiana in materia di Condizionalità. L'analisi ha consentito di determinare i consumi energetici determinati dall'applicazione dello Standard, al fine di valutare le emissioni di CO₂ conseguenti all'adozione di questo impegno da parte del beneficiario dei pagamenti diretti.

Si sono considerate due ipotesi:

- a) Applicazione dello standard da parte del beneficiario secondo il criterio restrittivo di adozione della distanza massima di 80 metri consentita dal decreto per lo standard 1.1_a nelle: “ Disposizioni vigenti in assenza dell'intervento delle Regioni e Province autonome”.
- b) Applicazione dello standard secondo quanto avviene nella realtà, secondo valori di intensità di realizzazione dei solchi acquai ricavato da un'indagine territoriale su immagini satellitari
- c)

In genere l'agricoltore realizza un numero di solchi notevolmente superiore a quanto stabilito, come minimo, dallo standard 1.1a; infatti la distanza di 80 metri fra i solchi è il limite massimo indicato dallo standard 1.1_a, ma niente vieta di adottare una distanza inferiore fra i solchi acquai.

Differenziale di competitività per lo standard 1.1a nell'ipotesi di applicazione minimale dello standard secondo le “ Disposizioni vigenti in assenza dell'intervento delle Regioni e Province autonome” del decreto sulla Condizionalità

Per valutare il differenziale economico di competitività conseguente all'impegno dello standard 1.1_a il costo delle lavorazioni meccaniche è stato calcolato utilizzando i dati provenienti dai rilievi in campo effettuati nelle varie Unità Operative 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, 2003 a, 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.

In Tabella 13 sono riportati, per i diversi siti di monitoraggio, i tempi di lavoro, i consumi di gasolio, la potenza richiesta per l'esecuzione dei solchi, nonché i parametri di emissione di CO₂ a metro lineare e a m².

Tabella 13. Tempi di lavoro, metri lineari di solchi acquai eseguiti, consumi di gasolio, potenza richiesta e parametri derivati di emissione di CO₂ per i diversi siti di monitoraggio.

Località	Tempo per unità di superficie (min ha ⁻¹)	Tempo per metro lineare (min m ⁻¹)	Metri lineari di solchi acquai interessati dal monitoraggio (m)	Attrezzo utilizzato	Potenza del motore/potenza richiesta (kW)	Consumo (g gasolio ha ⁻¹)	Emissione di CO ₂ (kg ha ⁻²)	Emissione di CO ₂ (g m ⁻¹)
Fagna	4,999	0,040	328	Scavafossi rotativo	44	438,537	1,39	11,121
Fagna	3,690	0,030	245	Scavafossi rotativo	44	372,123	1,18	9,437
Santa Elisabetta	4,134	0,033	451	Scavafossi rotativo	74	592,092	1,88	15,015
Tor Mancina	3,059	0,024	273	Aratro monovomere	67	409,622	1,30	10,388
Tor Mancina	4,401	0,035	273	Aratro monovomere	40	365,511	1,16	9,269
Rutigliano	3,750	0,030	30	Aratro monovomere	47	405,195	1,28	10,276

Per ogni tipologia di lavorazione, disponendo di una base statistica specifica del monitoraggio del progetto, è stato calcolato sia il valore medio del costo (Tabella 14) sia i valori ottenuti sottraendo e addizionando alla media la deviazione standard (indicati nella medesima Tabella 12 rispettivamente come limite inferiore e superiore del costo di lavorazione). Il monitoraggio di questi 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 in quanto considerati identici nelle due condizioni.

Tabella 14. Differenziale economico di competitività per la coltura del frumento tenero determinato con i valori medi delle lavorazioni meccaniche e con i valori ottenuti aggiungendo e sottraendo alla media delle singole lavorazioni i valori della deviazione standard. I valori sono calcolati nell'ipotesi minimale di esecuzione di 125 m ha⁻¹ di solchi acquai.

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
Solchi acquai	1,95	-	2,34	-	2,72	-
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
Totale costo lavorazioni meccaniche	312,81	310,86	461,18	458,84	609,54	606,82
Differenziale di competitività (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		1,95		2,34		2,72
Differenziale di competitività (€ m ⁻¹ anno ⁻¹)		0,0156		0,01872		0,02176

In riferimento a quanto indicato nel decreto ministeriale numero 30125 (Mipaaf, 2009), poiché i solchi acquai temporanei devono essere realizzati in funzione delle caratteristiche specifiche dell'appezzamento e devono avere una distanza tra loro non superiore a 80 metri, per semplicità si è ipotizzato che, in un ettaro di terreno di forma quadrata (ossia con lato pari a 100 m, per cui sia obbligatoria dallo standard 1.1_a la realizzazione di un solo solco), caratterizzato da acclività medio alta, possa essere mediamente presente uno sviluppo lineare complessivo di solchi acquai pari a 125 metri (considerando anche l'inclinazione rispetto alla linea di massima pendenza).

La voce relativa al costo di esecuzione dei solchi acquai è responsabile di produrre una lieve variazione nei costi complessivi nel presente standard. Infatti, la realizzazione dei solchi acquai, a causa dell'elevata velocità di esecuzione, della ridotta superficie interessata, dell'uso di trattrici di bassa potenza e di macchine operatrici semplici, leggere ed economiche, risulta essere di costo molto contenuto, in riferimento alle ipotesi di calcolo fatte in precedenza (rilievo del solo tempo netto composto dal tempo effettivo TE e dal tempo di voltata TAV).

Inoltre, la presenza dei solchi acquai non ha rappresentato un ostacolo per l'esecuzione delle lavorazioni successive necessarie alla coltura praticata.

Per determinare il differenziale di competitività indotto dall'applicazione di questo standard, in riferimento ai valori medi di lavorazione (Tabella 13), 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 $2,34 \pm 0,38 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. Riferito al metro lineare il costo è di $0,01872 \pm 0,003 \text{ € m}^{-1} \text{ anno}^{-1}$; pertanto l'adesione all'impegno previsto da questo standard impone un aumento dei costi che rappresenta una modesta perdita economica per l'agricoltore. L'emissione di CO_2 dovuta all'esecuzione dei solchi acquai è di $\text{kg ha}^{-1} 1,365 \pm 0,46$.

Differenziale di competitività per lo standard 1.1_a secondo un'analisi territoriale condotta su superfici aziendali ove lo standard è stato applicato secondo criteri decisionali autonomi da parte dei beneficiari del pagamento unico disaccoppiato

È comunemente possibile osservare in campo, laddove i solchi acquai vengono realizzati correttamente secondo i dettami della norma, cioè in senso trasversale rispetto alla linea di massima pendenza che in genere l'agricoltore realizza un numero di solchi notevolmente superiore a quanto stabilito, come minimo, dallo standard 1.1_a nelle disposizioni vigenti in assenza dell'intervento delle Regioni e Province autonome. Infatti la distanza di 80 metri fra i solchi è il limite massimo indicato dallo standard 1.1_a laddove non esistano diverse disposizioni, ma niente vieta al beneficiario di adottare una distanza inferiore fra i solchi acquai, ovvero una densità superiore di presenza dei solchi. Da misure effettuate in ambiente GIS su immagini satellitari riguardanti casi studio reali limitrofi all'azienda Fagna, non si è mai osservata una distanza prossima agli 80 metri fra i solchi. Al contrario, gli agricoltori hanno adottato una distanza assai minore, nell'intervallo compreso fra 35-60 metri.

Nella Tabella 15 vengono riportate le misure, effettuate in ambiente GIS (P. Bazzoffi, com. pers.), dello sviluppo totale dei solchi acquai (m) e delle aree (m^2) per alcune delle zone del presente monitoraggio ove l'esecutore dei solchi acquai è stato volutamente lasciato libero di scegliere le distanze e la localizzazione ottimale dei solchi. Oltre ai siti di monitoraggio del presente progetto si sono effettuate analoghe misure su campi limitrofi all'azienda Fagna e su altri appezzamenti del territorio italiano, appartenenti ad agricoltori non coinvolti nel presente monitoraggio e pertanto da considerare assolutamente liberi nell'applicazione dello standard

1.1_a (Figura 21). Per queste superfici il rilievo della lunghezza totale dei solchi e delle aree è stato fatto su immagini satellitari Google Earth Pro dell'anno 2013.



Figura 21. Foto satellitare GoogleEarth 2013 di una delle zone di Tabella 15, ed utilizzata per il calcolo del differenziale di competitività, dove l'agricoltore ha effettuato i solchi acquai a regola d'arte con spaziatura inferiore a 80 m.

Dai dati riportati in Tabella 15, relativi ad un totale di 25 siti, si desume che in media il differenziale di competitività si attesta a € ha⁻¹ 4,07 ±1,42 (Conf. ±95%), mentre l'emissione di CO₂ dovuta all'esecuzione dei solchi acquai è di kg ha⁻¹ 2,575±0,88 (Conf. ±95%). La densità dei solchi acquai risulta pari a m ha⁻¹ 217,16±73,83 (Conf. ±95%), ovvero 1,736 volte più densa dell'ipotesi minimale prevista dal decreto (cioè con una distanza media fra solchi di 80 m). I suddetti valori sono realistici ed utilizzabili per l'applicazione a scala geografica dei due indicatori: differenziale di competitività ed emissione di CO₂.

Tabella 15. Valori della lunghezza dei solchi acquai e dell'area rilevati su 25 siti campione, con i corrispondenti valori di densità dei solchi ad ettaro, differenziale di competitività ed emissioni di CO₂.

Sito*	Provincia	solchi acquai totali (m)	Area della superficie interessata dai solchi acquai (m ²)	Densità solchi ad ha (m ha ⁻¹)	Differenziale di competitività (€ ha ⁻¹)	Emissione di CO ₂ g (ha ⁻¹)
Tor Mancina Fattuale'13	Roma	879	23232	429,1	8,0337	5088,711
Tor Mancina Fattuale '14	Roma	1383	25002	553,2	10,3551	6559,136
Fagna fattuale parc2	Firenze	328	16155	203,0	3,8008	2407,499
Fagna Bacino Fattuale	Firenze	293	11393	188,3	4,8143	2232,591
Fagna campo confinante 1	Firenze	394	20926	233,0	3,5246	2762,737
Fagna campo confinante 2	Firenze	200	8584	217,0	4,3616	2573,693
Fagna campo confinante 3	Firenze	868	39991	253,0	4,0632	2999,470
Fagna campo confinante 4	Firenze	584	23087	301,0	4,7353	3568,959
Fagna campo confinante 5	Firenze	851	28274	381,0	5,6344	4517,807
Fagna campo confinante 6	Firenze	1217	31942	257,2	7,1324	3049,501
Santa Elisabetta	Pisa	451	19701	228,9	4,2854	2714,485
Saline	Volterra	6047	599962	100,8	1,8868	1195,158
Rocchetta Mattei	Bologna	1643	99792	164,6	3,0814	1951,848
San Venanzo	Terni	1506	56401	267,0	4,9982	3165,941
Isola di Fano	Pesaro e Urbino	1394	70390	198,0	3,7066	2347,871
San Lorenzo in Campo	Pesaro e Urbino	2490	162246	153,5	2,8732	1819,968
Teora	Avellino	534	24411	218,6	4,0925	2592,282
Giarrossa centro	Potenza	702	45309	154,9	2,9001	1836,990
Centomani Tora	Potenza	257	8865	289,9	5,4260	3436,960
Casteltevere in Val Fortore	Benevento	511	30309	168,7	3,1588	2000,867
Rigolizia	Siracusa	851	51264	166,0	3,1070	1968,057
Ripescia	Grosseto	2008	190181	105,6	1,9760	1251,656
Montiano	Grosseto	936	113300	82,6	1,5462	979,427
Marruccheti sito 1	Grosseto	1144	168750	67,8	1,2689	803,762
Marruccheti sito 2	Grosseto	484	28897	167,5	3,1358	1986,269
Bagnovignoni Valdorcica	Siena	2328	187189	124,4	2,3283	1474,810
Montebello di Bertona	Pescara	387	20470	188,8	3,5345	2238,815
Medie				217,16±34%**	4,0652±35%**	2575,010±34%**

Valori utilizzati per i calcoli: Differenziale di competitività € m⁻¹ = 0,01872±17% (Conf. ±95%) da Tabella 11.
Emissione di CO₂ g m⁻¹ = 11,8577±12% (Conf. ±95%) da Tabella 10.

*Per il rispetto della privacy si omettono le coordinate del centroide delle superfici oggetto del rilievo; **Conf. ±95%.

Differenziale di competitività per lo Standard 1.2g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione)

Anche per lo standard 1.2_g si è valutato il differenziale economico di competitività. L'analisi ha inoltre consentito di determinare i consumi energetici, al fine di valutare le emissioni di CO₂ conseguenti all'adozione di questo impegno da parte del beneficiario dei pagamenti diretti.

Per prevenire i fenomeni erosivi, lo standard 1.2_g prevede che nelle superfici a seminativo non più utilizzate a fini produttivi e che manifestano fenomeni erosivi sia assicurata la presenza di una copertura vegetale, naturale o seminata, durante tutto l'anno. Qualora la copertura vegetale naturale non fosse presente, in condizione di adesione agli impegni dello standard, l'agricoltore dovrebbe favorirne lo sviluppo attraverso la preparazione del terreno con una tecnica a basso impatto (ad esempio erpicatura) e la successiva semina di specie erbacee. A questo riguardo nei calcoli è stato considerato il costo di acquisto della semente necessaria alla semina di un erbaio misto (avena e veccia). Si ipotizza che, a volte, i proprietari di superfici a seminativo non più utilizzate a fini produttivi possano non avere interesse ad effettuare le operazioni colturali necessarie per garantire la copertura vegetale, come richiesto dallo standard. Infatti queste operazioni, verrebbero realizzate in terreni marginali, frequentemente caratterizzati da condizioni pedoclimatiche sfavorevoli e rappresentano un sensibile costo diretto, come evidenziato in Tabella 14.

Tabella 14. costi necessari per assicurare la presenza di una copertura vegetale e relativi consumi di gasolio ed emissioni di anidride carbonica.

Elementi del conto economico	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)	Consumo medio gasolio (kg ha ⁻¹)	Emissione media di CO ₂ (kg ha ⁻¹)
Erpicatura	28,04	50,08	72,12	10,46	33,15
Semina	24,93	39,01	53,08	4,93	15,62
Totale lavorazioni meccaniche	52,97	89,09	125,20	15,38	48,77
Totale costo fattori produttivi	107,53	107,53	107,53	-	-
Differenziale di competitività	160,50	196,62	232,73	-	-

Normalmente non risulta necessario ripetere queste operazioni colturali se negli anni successivi il terreno presenta una copertura vegetale adeguata, e pertanto possono essere considerate interventi da realizzarsi una tantum. Qualora le superfici a seminativo non più utilizzate a fini produttivi siano già provviste di copertura vegetale naturale, in caso di adesione agli impegni dello standard 1.2g, l'agricoltore non deve sostenere i costi suddetti.

I terreni che ricadono nell'ambito applicativo dello standard 1.2g, frequentemente ricadono anche nell'ambito di applicazione dello standard 4.2, che mira ad evitare l'abbandono progressivo delle superfici agricole, a prevenire la formazione di potenziali inneschi di incendi, ad evitare la diffusione delle infestanti e a tutelare la fauna selvatica. A tale scopo le superfici sono soggette all'attuazione di un numero di interventi di sfalcio, o altri interventi ammessi, pari ad almeno uno l'anno.

Per valutare il differenziale economico di competitività conseguente agli impegni dello standard 1.2g, il costo delle lavorazioni meccaniche è stato calcolato utilizzando i dati provenienti dai rilievi in campo effettuati dalle varie Unità Operative durante lo svolgimento delle operazioni colturali. L'elaborazione delle informazioni acquisite ha permesso la definizione dei tempi di lavoro di ogni lavorazione meccanica, con metodologia analoga a quella adottata per lo standard 1.1a.

Nel corso del monitoraggio per la realizzazione dell'operazione di sfalcio è stata utilizzata in alcuni casi una falciatrice a barra oscillante ed in altri una trinciatrice rotativa. Si tratta di macchine con le quali si elimina la vegetazione presente sul terreno, e in entrambi i casi si tratta di macchine operatrici azionate dalla presa di potenza della trattrice. L'operatività di queste due macchine differisce in quanto la falciatrice si limita ad effettuare esclusivamente un taglio della vegetazione al di sopra del colletto lasciando sul suolo la parte epigea integra della pianta, mentre la trinciatrice rotativa realizza una frammentazione della vegetazione che viene rilasciata sul suolo ridotta in piccoli frammenti. Poiché le due lavorazioni differiscono anche per i tempi di lavoro e per il consumo di combustibile, il costo dell'operazione di sfalcio è stato calcolato per entrambe le macchine operatrici (Tabella 15).

Per ogni tipologia di lavorazione, disponendo di una base statistica specifica del monitoraggio del progetto MO.NA.CO., è stato calcolato sia il valore medio del costo (Tabella 15) sia i valori ottenuti sottraendo e addizionando alla media la deviazione standard (indicati nella medesima tabella 15 come limite inferiore e superiore del costo di lavorazione rispettivamente).

Tabella 15. Costo dell'operazione di sfalcio realizzata con due differenti tipologie di macchine operatrici, consumi di gasolio ed emissioni di anidride carbonica.

Attrezzatura utilizzata per l'operazione di sfalcio	Valore del limite inferiore del costo di lavorazione (€ ha ⁻¹)	Valore medio del costo di lavorazione (€ ha ⁻¹)	Valore del limite superiore del costo di lavorazione (€ ha ⁻¹)	Consumo medio gasolio (kg ha ⁻¹)	Emissione media di CO ₂ (kg ha ⁻¹)
Falciatrice a barra oscillante	27,27	33,40	39,52	6,30	19,96
Trinciatrice rotativa	45,83	67,05	88,27	13,59	43,09
Valore medio	36,55	50,22	63,89	9,94	31,52

Il differenziale economico di competitività per l'adozione di questo standard, coincide con il costo che l'agricoltore deve sostenere per la realizzazione di un solo intervento annuale di sfalcio che ammonta mediamente a 50,22 € ha⁻¹ anno⁻¹ (Tabella 15), con una variazione compresa tra 27,27 e 39,52 € ha⁻¹ anno⁻¹ in caso di utilizzo della falciatrice a barra oscillante, mentre è pari a 67,05 € ha⁻¹ anno⁻¹, con una variazione compresa tra 45,83 e 88,27 € ha⁻¹ anno⁻¹, qualora venga utilizzata una trinciatrice rotativa. Il valore medio del differenziale di competitività per lo standard 1.2_g, risulta pertanto pari a 50,22±13,7 € ha⁻¹ anno⁻¹.

Il rispetto dell'impegno previsto dallo standard si configura come un aumento di costi per l'agricoltore che aderisce al regime di condizionalità. La realizzazione dello sfalcio con le attrezzature sopra descritte, poiché implica consumo di combustibile, provoca l'emissione in atmosfera di 31,52 kg ha⁻¹ di CO₂ (Tabella 15).

Nell'ipotesi di dover costituire la copertura vegetale, il differenziale di competitività riferito al solo anno di impianto della vegetazione seminata è pari mediamente a 196,62 € ha⁻¹ mentre l'emissione in atmosfera risulta pari a 48,77 kg ha⁻¹ di CO₂ (Tabella 14).

Conclusioni e discussione

I risultati del rilievo dell'erosione effettuata con metodologia UAV-GIS su due aziende di monitoraggio in due anni di osservazioni hanno dimostrato che i solchi acquai sono risultati efficaci nel far diminuire l'erosione, mediamente, del 47,7% passando da 36,59 t ha⁻¹ a 21,05 t ha⁻¹ nel periodo di monitoraggio. Questo risultato può essere considerato molto soddisfacente se si considera che il periodo di monitoraggio è stato caratterizzato da piogge abbondanti e piuttosto intense occorse in pochi mesi, nel periodo autunno-vernino. Pertanto i solchi acquai sono stati testati per la loro capacità di riduzione dell'erosione in condizioni severe, avendo dovuto far fronte ad un notevole volume di deflusso. Anche il monitoraggio condotto su parcelle attrezzate con strumenti per la misura dei deflussi e dell'erosione, nell'azienda Santa Elisabetta, ha evidenziato una riduzione dell'erosione statisticamente significativa, pari all'84,4% determinata dalla tesi Fattuale in attuazione dello standard 1.1a, rispetto alla tesi Controfattuale (in assenza dei solchi acquai).

Per quanto riguarda i deflussi, la presenza del solco acquai ha determinato una generale diminuzione dei volumi delle acque di scorrimento superficiale pari a circa il 46,3%. A ulteriore conferma di quanto osservato giova ricordare i risultati di una sperimentazione pregressa condotta a Guiglia (Modena) su piccoli bacini coltivati a mais (Chisci e Boschi, 1988), ove i solchi acquai hanno ridotto in modo statisticamente significativo l'erosione del suolo del 94%, passando da 14,4 t ha⁻¹ anno⁻¹ (sopra il limite fissato dall' OCSE di 6 t ha⁻¹ anno⁻¹) a 0,8 t ha⁻¹ anno⁻¹ (entro i limiti).

In definitiva, la diminuzione dell'erosione in applicazione dello standard 1.1a, osservata nel presente monitoraggio e nell'esperienza di Guiglia, si pone nell'intervallo compreso fra il 48% e il 94%.

Si è anche valutata l'efficacia regimante delle fasce inerbite (in deroga alla realizzazione dei solchi acquai) dai dati di erosione e deflusso di una prova sperimentale pregressa, effettuata nell'azienda Santa Elisabetta (Volterra) su parcelle attrezzate con strumenti per la misura dei deflussi e dell'erosione. I risultati hanno evidenziato una forte, altamente significativa, diminuzione dell'erosione per effetto delle fasce inerbite, che passa da 8,16 t ha⁻¹ anno⁻¹ nel caso del suolo nudo a 0,84 t ha⁻¹ anno⁻¹ nelle tesi che presentano due fasce inerbite da 3 metri. Anche le altre tesi a fasce inerbite hanno determinato una notevole riduzione dell'erosione, che è passata mediamente a 1,44 t ha⁻¹ anno⁻¹, pari a una riduzione di circa il 35% volte rispetto al suolo nudo.

Per quanto riguarda i deflussi si osserva una generale diminuzione dei volumi delle acque di scorrimento superficiale determinato dalle fasce inerbite che passano mediamente da 166,25 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ per il suolo nudo a 108,51 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ per la fascia inerbita da 5 m.

Relativamente allo Standard 1.2 (impegno g) l'analisi statistica dei dati evidenzia una forte ed altamente significativa diminuzione dell'erosione per effetto della copertura vegetale del suolo rispetto al suolo nudo. Nella tesi Fattuale (superficie ritirata, gestita) la diminuzione dell'erosione è risultata dell' 89,7% (pari a 0,55 t ha⁻¹ anno⁻¹) e nella tesi controfattuale 1 (superficie ritirata, non gestita, a macchia mediterranea) l'erosione è risultata, praticamente, azzerata e pari a 0,0003 t ha⁻¹ anno⁻¹ rispetto al suolo nudo. Sempre per lo standard 1.2 g la tesi Fattuale (superficie ritirata, gestita) mostra di essere significativamente efficace nel ridurre i deflussi dell' 96,1% rispetto al suolo nudo, passando da 89,65 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ a 3,51 m³ ha⁻¹ evento⁻¹. Rispetto, invece, alla tesi Controfattuale (superficie ritirata, non gestita, a macchia mediterranea) che ha mostrato un deflusso medio di 1,40 m³ ha⁻¹ anno⁻¹ i deflussi sulla tesi Fattuale appaiono leggermente maggiori (3,52 m³ ha⁻¹ anno⁻¹).

Dai risultati di erosione del suolo acquisiti attraverso l'applicazione della metodologia UAV-GIS e dall'applicazione del modello RUSLE in ambiente GIS (Tabelle 7 e 10) è stato possibile validare il modello previsionale RUSLE. Nonostante le poche osservazioni a disposizione si può affermare che la performance del modello RUSLE è abbastanza soddisfacente. Il differenziale economico di competitività dello standard 1.1_a è stato calcolato nell'ipotesi che l'impegno venga applicato dal beneficiario nella maniera meno onerosa possibile, ossia adottando una distanza fra i solchi pari a 80 metri, valore massimo ammissibile riportato nel decreto. I risultati mostrano un costo medio pari a 2,34±0,38 € ha⁻¹ anno⁻¹.

Occorre comunque evidenziare che in genere l'agricoltore realizza un numero di solchi notevolmente superiore a quanto stabilito, come minimo, dallo standard 1.1 (impegno a). Da misure effettuate in ambiente GIS su immagini satellitari del territorio italiano, relative a appezzamenti in regime di condizionalità, si è osservato che il differenziale di competitività si attesta a 4,07±1,42 € ha⁻¹ anno⁻¹, mentre l'emissione di CO₂ dovuta all'esecuzione dei solchi acquai è di 2,58 kg ha⁻¹ anno⁻¹. La densità dei solchi acquai risulta pari a m ha⁻¹ 217,16±73,83% (Conf. ±95%), ovvero 1,736 volte più densa dell'ipotesi minimale prevista dal decreto di Condizionalità. Poiché gli appezzamenti con presenza di solchi acquai oggetto dell'indagine appartengono ad agricoltori non coinvolti nel presente monitoraggio si ritiene che i valori siano realistici ed utilizzabili per l'applicazione a scala geografica dei due indicatori: differenziale di competitività ed emissione di CO₂.

Per quanto riguarda lo standard 1.2g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione) il valore medio del differenziale di competitività di chi aderisce al regime di condizionalità è risultato pari a $50,22 \pm 3,7$ € ha⁻¹ anno⁻¹ ed una produzione di CO₂ compresa nell'intervallo 31,52-48,77 kg ha⁻¹ anno⁻¹.

Contributi

Paolo Bazzoffi: coordinatore del progetto MO.NA.CO. e dell' Unità operativa CREA-ABP: stesura del testo, impostazione metodologica del monitoraggio, sviluppo della metodologia UAV-GIS per la misura dell'erosione, misure dell'erosione su parcelle attrezzate nell'azienda Santa Elisabetta, rilievo dello sviluppo dei solchi acquai nei 25 siti campionari per la determinazione del valore reale del differenziale di competitività e sviluppo dei relativi calcoli, rilievi in campo, rilievi GPS, elaborazioni GIS, contributo ai rilievi del differenziale competitività.

Silvia Carnevale: rilievi in campo e in laboratorio, contributo ai rilievi n campo del differenziale competitività (aziende Fagna e Santa Elisabetta).

Andrea Rocchini: rilievi in campo e in laboratorio, rilievi GPS, ha contribuito ai rilievi n campo del differenziale competitività (aziende Fagna e Santa Elisabetta).

Rosa Francaviglia: coordinatore attività UO CREA-RPS, elaborazione dati analitici delle parcelle e dei bacini di monitoraggio (Azienda Tor Mancina).

Ulderico Neri: progettazione dei dispositivi sperimentali sulle parcelle e sui bacini di monitoraggio, conduzione agronomica, rilievi di campo, rilievi differenziale competitività (Azienda Tor Mancina).

Rosario Napoli: inquadramento pedologico e geologico dei siti di monitoraggio.

Alessandro Marchetti: contributi analitici in ambiente GIS.

Margherita Falcucci: analisi di laboratorio sui parametri chimici del suolo (Azienda Tor Mancina).

Bruno Pennelli: rilievi di campo per le analisi fisico-idrologiche (Azienda Tor Mancina).

Giampiero Simonetti: collaborazione all'allestimento e alla conduzione agronomica dei dispositivi sperimentali sulle parcelle e sui bacini di monitoraggio, rilievi di campo, rilievi differenziale competitività (Azienda Tor Mancina).

Antonio Barchetti: filmati differenziale di competitività (Azienda Tor Mancina).

Melania Migliore: analisi fisico-idrologiche sui campioni di suolo (Azienda Tor Mancina).

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.

Domenico Ventrella: Responsabile U.O. CREA-SCA: nell'azienda di Rutigliano ha contribuito all'impostazione metodologica del monitoraggio, ai rilievi dei parametri ambientali in campo e in laboratorio, al rilievo del differenziale competitività. Ha contribuito alla stesura del testo per l'azienda di Rutigliano.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Dott.ssa Maria Carmen Beltrano dell'Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'Agricoltura di Roma (CREA-CMA) per avere reso disponibili i dati orari di temperatura e precipitazione rilevati presso la stazione della Rete Agrometeorologica Nazionale di Monterotondo.

Bibliografia

- 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.
- Bagarello V, Birtone M, Ferro V, Giordano G, Pampalone V, Pomilla S, 2009. Effetto della lunghezza della parcella sulla perdita di suolo. Memoria n. 1-1 in: Atti IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto.
- Bazzoffi P, 1993a. Fagna-type Hydrological unit for runoff measurement and sampling on experimental plots. Soil Technol. 6:251-259.

- Bazzoffi P, 1993b. The enhanced Fagna-type hydrological unit for measurement and sampling of runoff waters. pp. 195-204 in: Atti Int. Workshop "on Soil Erosion in Semi-Arid Mediterranean Areas", ESSC-CSEI, Taormina.
- Bazzoffi P, 2008, Soil erosion tolerance and water runoff control: minimum environmental standards. *J. Reg. Environ. Change* 9:169-179.
- Bazzoffi P, 2015a. Measurement of rill erosion through a new UAV-GIS methodology. *Ital. J. Agron.* 10(s1):708.
- Bazzoffi P, 2015b. Indicatori per la valutazione a scala geografica regionale dell'efficacia dello standard 1.1 di condizionalità (solchi acquai temporanei). *Ital. J. Agron.* 10(s1):718.
- Bazzoffi P, 2015c. Linee guida per l'assistenza aziendale nella realizzazione dei solchi acquai efficaci nel contenimento dell'erosione (Standard di Condizionalità 1.1a.) nell'ambito della Misura M02, Sottomisura 2.3 (Sostegno alla formazione dei consulenti) dei PSR. *Ital. J. Agron.* 10(s1):719.
- Bazzoffi P, Ciancaglini A, Laruccia N, 2011. Effectiveness of the GAEC cross compliance standard Short-term measures for runoff water control on sloping land (temporary ditches and grass strips) in controlling soil erosion. *Ital. J. Agron.* 6:(s1)e3.
- Biondi P, 1999. *Meccanica agraria. Le macchine agricole.* Torino UTET, pp. 547-561.
- Chisci G, Boschi V, 1988. Runoff and erosion control with hill farming in the sub-coastal Apennines climate. *Soil Till. Res.* 12:105-120.
- ENRD (European Evaluation Network for Rural development), 2013. Approaches in using common Rural Development indicators in regional RDPs. 2013. Good Practice Workshop: Specific challenges in using common RD indicators at regional level". Roma. Disponibile a: <https://enrd.ec.europa.eu/en/evaluation/evaluation-expert-network>
- Manfredi E, 1971. Raccomandazione A.I.G.R. IIIa sezione denominazione, simbolo e unità di misura delle grandezze fondamentali relative all'impiego delle macchine in agricoltura, con particolare riguardo alle colture erbacee. *Riv. Ing. Agr.* 2:258-260.
- Mannocchi F, Todisco F, Vergni L, Vinci A, 2009. Misura della perdita di suolo a scala parcellare in una stazione sperimentale Umbra. Memoria n. 1-2 in: Atti IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto.
- MiPAAF, 2009. Testo consolidato del decreto ministeriale n. 30125 del 22 dicembre 2009. Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 303 del 31 dicembre 2009. Serie generale.

- Nearing MA, 1997. A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:917-919.
- 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.
- Righini G, Costantini EAC, Sulli L, 2001. La banca dati delle regioni pedologiche italiane. *Boll. Soc. It. Sc. Suolo* 50:261-27.
- Soil Survey Staff, 2014. Keys to soil taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA.
- WRB (World Reference Base for Soil Resources) 1998. World Soil Resources Reports no. 84. FAO, ISRIC, ISSS, Roma.