

Efficacia ambientale degli Standard di Condizionalità 1.1a (Solchi acquai temporanei) e 1.2 g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei seminativi ritirati dalla produzione) nella riduzione dell'erosione del suolo 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

Autore corrispondente: Paolo Bazzoffi
E-mail: paolo.bazzoffi@crea.gov.it

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

Lavoro 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".

Paolo Bazzoffi: Dirigente di Ricerca CREA-ABP, Coordinatore del progetto MO.NA.CO.

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 di campo, rilievi GPS, elaborazioni GIS, contributo ai rilievi del differenziale competitività. Silvia Carnevale: rilievi in campo e in laboratorio, contributo ai rilievi di campo del differenziale competitività (aziende Fagna e Santa Elisabetta). Andrea Rocchini: rilievi in campo e in laboratorio, rilievi GPS, ha contribuito ai rilievi di 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.

©Copyright P. Bazzoffi et al., 2015
Licenziatario PAGEPress, Italy
Italian Journal of Agronomy 2015; 10(s1):710
doi:10.4081/ija.2015.710

Questo articolo è distribuito secondo i termini della licenza Noncommercial Creative Commons Attribution (by-nc 3.0) che permette qualsiasi uso non commerciale, la distribuzione e la riproduzione con qualsiasi mezzo, a condizione che l'autore (autori) originale(i) e la fonte siano accreditati.

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 dallo European Evaluation Network for Rural Development come strumento previsionale per la quantificazione dell'Indicatore Comune "erosione idrica del suolo".

I risultati del rilievo dell'erosione effettuata con tecnologia 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.

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.

Il differenziale economico di competitività dello Standard 1.1_a si attesta a ha⁻¹ 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 1.2_g il valore medio del differenziale di competitività è risultato pari a 50,22±13,7 € ha⁻¹ anno⁻¹ ed una produzione di CO₂ pari a 31,52 kg ha⁻¹ di CO₂.

Premessa

Lo Standard di Condizionalità 1.1_(impegno a) Reg. (CE) n. 1782/2003 (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" nei terreni declivi che manifestano fenomeni erosivi.

In assenza di provvedimenti specifici da parte delle Regioni lo Standard prevede la realizzazione di solchi acquai temporanei con distanza tra loro non superiore a metri 80 oppure la realizzazione fasce inerbite di larghezza non inferiore a metri 5, ad una distanza tra loro non superiore a metri 60.

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 utilizzando il modello RUSLE (Renard *et al.*, 1997).

Il medesimo modello RUSLE è stato scelto dallo European Evaluation Network for Rural Development (ENRD, 2013) come strumento previsionale per la quantificazione in t ha⁻¹ anno⁻¹ a scala regionale dell'Indicatore Comune "erosione idrica del suolo". Questo indicatore è definito come il tasso medio di perdita di suolo dovuto all'erosione idrica (t ha⁻¹ anno⁻¹) ed è stato adottato al fine di dare risposta al Quesito Valutativo per la Focus area 4C (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". Il Regolamento (UE) n. 808/2014, 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 CREA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Fagna (Scarperia, FI).
2. Azienda di Monitoraggio CREA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Santa Elisabetta, Località Vicarello (Volterra, PI).
3. Azienda di Monitoraggio CREA-RPS, Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Tor Mancina (Roma).
4. Azienda di Monitoraggio CREA-SCA, Unità di ricerca per i sistemi culturali degli ambienti caldo-aridi, M.E. Venezian Scarascia, Rutigliano (BA).

Sito di monitoraggio: Azienda Santa Elisabetta

Caratteri generali

L'azienda S. Elisabetta è situata in località Vicarello, Volterra (Pisa) (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. Sono classificati come Vertic Xerorthent e Vertic Xerocept per la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014). Nell'argilla i minerali dominanti sono: caolinite, illite, clorite.

Materiali e metodi di monitoraggio

Nell'azienda si sono monitorati:

- Per lo Standard 1.1_g: 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 di 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 (Figura 3). 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:



Figura 1. Localizzazione dei siti di monitoraggio.

Standard 1.1_a (solchi acquai)

Le tesi a confronto sono state due con quattro repliche per un totale di 8 parcelle (Figura 3): 1) tesi Fattuale (con un solco acquai situato a una distanza di 36 m dal bordo superiore della parcella e disciussa in luogo dell'ordinaria aratura); e 2) tesi Controfattuale (senza solco acquai 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,



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.



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

mantenuto privo di infestanti con diserbo chimico).

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

Le tesi a confronto sono state tre con due repliche per un totale di 6 parcelle: 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 2 (suolo nudo).

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.

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.

Sito di monitoraggio: Azienda Fagna

Caratteri generali

L'azienda (Figura 4) è situata in località Fagna (Scarperia, provincia di Firenze). 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 si sono evoluti sulle argille e limi lacustri del Pleistocene (Villafranchiano); e nelle alluvioni ghiaioso sabbiose (Olocene).

I suoli sono moderatamente profondi, 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 fini (Soil Survey Staff, 2014). I minerali argilloso dominanti sono: illite, caolinite e halloisite.

La densità apparente del suolo al momento del rilievo UAV è risultata mediamente 1,222 t m⁻³.

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 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 *Measurement of rill erosion through a new UAV-GIS methodology* (Bazzoffi, 2015), ed alla quale si rimanda per una descrizione dettagliata. Nella Figura 5 e nella Figura 6 è mostrata una parcella di monitoraggio nell'azienda Fagna.

Si sono effettuati tre tipi di valutazioni, come segue.

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".



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



Figura 5. Azienda Tor Mancina CREA-RPS. Localizzazione dei bacini e delle parcelle interessate dal monitoraggio (Standard 1.1a).

Standard 1.2_g (copertura vegetale, naturale o seminata, durante tutto l'anno sulle superfici ritirate dalla produzione)

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 in Figura 4. Invece, per lo Standard 1.2_g, le misurazioni riguardanti la trinciatura dell'erba sono state effettuate sulla parcella 5 in Figura 4.

Sito di monitoraggio: Azienda Tor Mancina

Caratteri generali

I monitoraggi sono stati effettuati a Tor Mancina (Monterotondo, provincia di Roma). 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 (Figura 5).

I suoli sono costituiti da tufi pedogenizzati stratificati, rappresentati dal codice tps, sui tufi con livelli di lapilli e ceneriti con scorie leucitiche del Pleistocene codice T; e in minor parte da alluvioni attuali recenti, codice qa della Carta geologica d'Italia 1:1.000.000 del foglio 144.

La classificazione del suolo nell'area di monitoraggio è Typic Argixeroll (Soil Survey Staff, 2014). La densità apparente del suolo al momento del rilievo UAV è risultata mediamente 1,247 t m⁻³.

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 (Figure 6 e 7).
- 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 come nell'azienda Fagna (Bazzoffi, 2015).

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"

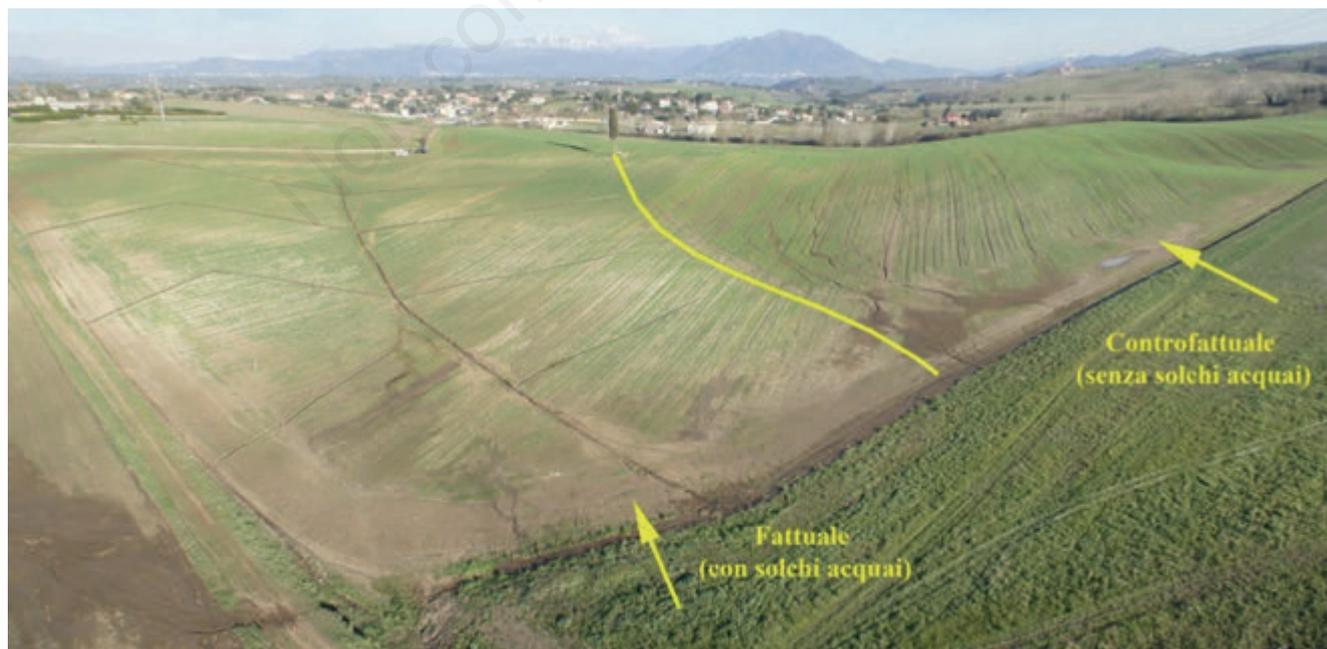


Figura 6. Bacini di monitoraggio dell'erosione a Tor Mancina. Si noti il forte sviluppo di rigagnoli nella zona ove non sono stati realizzati i solchi acquai (Controfattuale).

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 5 con “Fattuale ‘13”.

Sito di monitoraggio: Azienda M.E. Venezian

Caratteri generali

Le parcelle di monitoraggio sono situate a Rutigliano (BA). 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. (Figura 8). Il suolo è classificato come Rhodoxeralf Lithic Ruptic (Soil Survey Staff, 2014) e si è evoluto sul complesso calcareo “Tufi delle Murge” di origine pleistocenica. 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 1.1_a è stato effettuato nella parcella colorati in verde nella Figura 9.



Figura 7. Azienda Tor Mancina. Particolare della zona ove non sono stati realizzati i solchi acquai (Controfattuale) con severa erosione per rigagnoli.



Figura 8. Azienda M.E. Venezian Scarascia, Rutigliano (CREA-SCA). Localizzazione delle parcelle di monitoraggio.



Figura 9. Un gruppo di parcelle nell'azienda Santa Elisabetta (Volterra) per la misura dei deflussi e dell'erosione con differenti tesi a fasce inerbite.

Tabella 1. Valutazione dell'efficacia dei solchi acquai su unità idrologiche parcellari nell'azienda Santa Elisabetta. Confronti statistici.

| Tesi | Erosione Standard 1.1 _a | | 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 1.1 _a | | 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.

Risultati del monitoraggio

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

Standard 1.1_a (solchi acquai)

L'analisi statistica dei dati (Tabella 1) 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%).



Figura 10. Dimostrazione visuale dell'efficacia dei solchi acquai 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 11. 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).

Tabella 2. Valutazione dell'efficacia delle fasce inerbite su unità idrologiche parcellari nell'azienda Santa Elisabetta. Confronti statistici.

| Tesi | Erosione T ha ⁻¹ anno ⁻¹ media | Standard 1.1 _a - Fasce inerbite Err.Std. | Duncan (separazione medie)* | N |
|---------------------------|--|--|-----------------------------|----------|
| 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 | Erosione m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹ media | Standard 1.1 _a - Fasce inerbite Err.Std. | Duncan (separazione medie)* | N eventi |
| 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 | 133,80 | | | |

*P≤0,05.

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

L'analisi statistica dei dati (Tabella 2) 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.

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



Figura 12. Evidenza visuale della mancanza totale di rigagnoli di erosione sulle parcelle dell'Azienda Fagna interessate dal monitoraggio dello Standard 1.2g. È possibile solamente distinguere tracce sulla superficie del suolo non imputabili all'erosione (camminamenti e tracce di antiche lavorazioni antecedenti al ritiro dalla produzione).

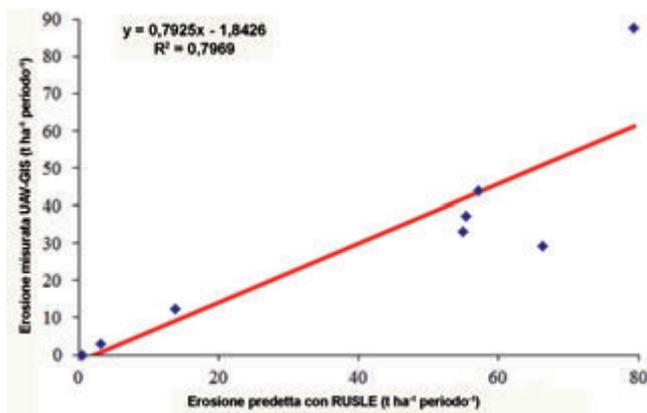


Figura 13. Regressione fra valori stimati con modello RUSLE e valori misurati con metodologia UAV-GIS.

Tabella 3. 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 ha ⁻¹ periodo ⁻¹ | |
|-------------|-------------------|-------------------------------|------------|------------|-----------------|--------------|---------------|-----------------------------------|--|--------------------------|----------------|-------|------|---|-------|
| | | | | | | | | | | | R | 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 | 23/12/2013 | 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 | 1,38 | 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).

contenimento dell'erosione, determinando una diminuzione delle asportazioni di suolo pari a circa il 35% rispetto al suolo nudo.

Nelle Figura 9 viene mostrato l'impianto parcellare nell'azienda Santa Elisabetta con i diversi trattamenti a fasce inerbite.

Risultati del monitoraggio dell'erosione nelle aziende Fagna e Tor Mancina

Standard 1.1_a (solchi acquai)

Nella Tabella 3 si riporta il quadro sinottico della misura dell'erosione osservata sui siti di monitoraggio e ricavata con metodologia UAV-GIS (Bazzoffi, 2015), 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 3 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 $0\ t\ ha^{-1}$.

Nella Tabella 4 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 4. 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 | N | Erosione ($t\ ha^{-1}\ periodo^{-1}$) | | | Testi di Duncan Separazione medie |
|---|---|---|----------|---------------------|-----------------------------------|
| | | Media | Dev.Std. | Conf. $\pm 95,00\%$ | |
| 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 |

Tabella 5. Valutazione dell'efficacia della copertura vegetale sulle parcelle situate nell'azienda Santa Elisabetta. Confronti statistici.

| Tesi | Erosione Standard 1.2 _g | | | |
|--|------------------------------------|----------|-----------------------------|----------|
| | $t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ media | Err.Std. | Duncan (separazione medie)* | N eventi |
| 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 | | | |
| | $m^3\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ media | Err.Std. | Duncan (separazione medie)* | N eventi |
| 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 |

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

Nella Figura 10 è mostrata in modo visuale l'efficacia dei solchi acquai sia nell'intercettare il deflusso sia nel diminuire la formazione dei rigagnoli.

Nella Figura 11 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.

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_g (impegno g) l'analisi statistica dei dati (Tabella 5) 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 $89,65\ m^3\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ a $3,51\ m^3\ ha^{-1}\ anno^{-1}$. Rispetto, invece, alla tesi Controfattuale (superficie ritirata, non gestita, a macchia mediterranea) che ha mostrato un deflusso medio di $1,40\ m^3\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ i deflussi sulla tesi Fattuale appaiono leggermente maggiori ($3,52\ m^3\ ha^{-1}\ anno^{-1}$).

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 tecnologia UAV-GIS, pertanto l'erosione è risultata pari a 0 t ha^{-1} (Figura 12).

La stima dell'erosione tramite modello RUSLE fornisce in ambedue le tesi un valore pari a $0,54 \text{ t ha}^{-1} \text{ periodo}^{-1}$, cioè un valore prossimo allo zero (Tabella 6).

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 3 e 6) è stato possibile validare il modello previsionale RUSLE.

Il test di Duncan per la separazione delle medie (Tabella 7) 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 7, mostra che le varianze sono omogenee. La Figura 13 mostra la regressione fra valori predetti dall'equazione RUSLE ed i valori osservati con metodologia UAV-GIS mentre la Tabella 8 mostra il riepilogo della regressione.

Nonostante le poche osservazioni a disposizione si può affermare che la performance del modello RUSLE è abbastanza soddisfacente.

Differenziale di competitività per lo Standard 1.1_a (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:

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".

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

In genere l'agricoltore realizza un numero di solchi notevolmente superiore a quanto stabilito, come minimo, dallo Standard 1.1_a; 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 1.1_a 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 il costo delle lavorazioni meccaniche è stato calcolato utilizzando i dati provenienti dai rilievi in campo effettuati nelle varie Unità Operative del progetto MO.NA.CO. durante lo svolgimento delle operazioni colturali.

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 9) sia i valori ottenuti sottraendo e aggiungendo alla media la deviazione Standard (indicati nella medesima Tabella come limite inferiore e superiore del costo di lavorazione rispettivamente).

Tabella 6. 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* K C P | RUSLE GIS su DEM 20 metri ha ⁻¹ periodo ⁻¹ |
|----------|--|----------------------|------------|------------|-----------------|--------------|-----------------------------------|---|--|--------------------------|-------------------------|--|
| 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 | 0,54 |
| 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 | 0,54 |

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

Il monitoraggio del differenziale per questo Standard è stato effettuato su appezzamenti coltivati con frumento tenero e, nel bilancio economico della coltura, per semplicità di calcolo, non vengono computati i costi dei fattori produttivi e i ricavi provenienti dalla vendita della granello perché non incidono sul differenziale in quanto considerati identici nelle due condizioni.

Per determinare il differenziale di competitività indotto dall'applicazione di questo Standard, in riferimento ai valori medi di lavorazione, 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 $\text{kg ha}^{-1} 1,365 \pm 0,46$.

Si è anche misurato in ambiente GIS (P. Bazzoffi, com. pers.), lo sviluppo totale dei solchi acquai (m) e delle aree (m^2) per 25 appezzamenti del territorio italiano, appartenenti ad agricoltori non coinvolti nel presente monitoraggio e pertanto da considerare assolutamente liberi nell'applicazione dello Standard 1.1a.

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.

Dall'analisi si desume che in media il differenziale di competitività si attesta a $\text{€ ha}^{-1} 4,07 \pm 1,42$ (Conf. $\pm 95\%$), mentre l'emissione di CO_2 dovuta all'esecuzione dei solchi acquai è di $\text{kg ha}^{-1} 2,575 \pm 0,88$ (Conf. $\pm 95\%$). La densità dei solchi acquai risulta pari a $\text{m ha}^{-1} 217,16 \pm 73,83$ (Conf. $\pm 95\%$), 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 CO_2 .

Differenziale di competitività per lo Standard 1.2_g (Copertura vegetale durante tutto l'anno nei semina-tivi ritirati dalla produzione)

Anche per lo Standard 1.2_g si è valutato il differenziale economico di competitività relativo al mantenimento di una copertura vegetale, natu-

rale o seminata, durante tutto l'anno.

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 10) sia i valori ottenuti sottraendo e addizionando alla media la deviazione Standard (indicati nella medesima tabella 10 come limite inferiore e superiore del costo di lavorazione rispettivamente).

Il differenziale economico di competitività ammonta mediamente a $50,22 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ (Tabella 10), con una variazione compresa tra $27,27$ e $39,52 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ in caso di utilizzo della falciatrice a barra oscillante, mentre è pari a $67,05 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$, con una variazione compresa tra $45,83$ e $88,27 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$, qualora venga utilizzata una trinciatura rotativa. Il valore medio del differenziale di competitività per lo Standard 1.2_g, risulta pertanto pari a $50,22 \pm 13,7 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. La realizzazione dello sfalcio con le attrezzature sopra descritte, provoca l'emissione in atmosfera di $31,52 \text{ kg ha}^{-1}$ di CO_2 .

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 $196,62 \text{ € ha}^{-1}$ mentre l'emissione di CO_2 in atmosfera per questo Standard (semina e trinciatura) risulta pari a $48,77 \text{ kg ha}^{-1}$.

Discussione e Conclusioni

I risultati del rilievo dell'erosione effettuata con tecnologia Drone-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 $36,59 \text{ t ha}^{-1}$ a $21,05 \text{ t ha}^{-1}$ 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 significati-

Tabella 7. 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 ($\text{t ha}^{-1} \text{ periodo}^{-1}$) | Separazione delle medie |
|----------------------------|--|-------------------------|
| 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 8. Riepilogo della regressione fra valori stimati con modello RUSLE e valori misurati con metodologia UAV-GIS.

Regressione $R^2 = 0,797$ $F(1,7) = 27,467$; $P < 0,00120$ Err. Std. 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** |

Tabella 9. Differenziale economico di competitività per la coltura del frumento tenero determinato con i valori medi delle lavorazioni meccaniche e con i valori ottenuti addizionando e sottraendo alla media delle singole lavorazioni i valori della deviazione Standard. I valori sono calcolati nell'ipotesi minimale di esecuzione di 125 m ha⁻¹ di solchi acquai.

| | 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 |
| Eripicatura | 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 | | | |

Tabella 10. Costo dell'operazione di sfalcio realizzata con due differenti tipologie di macchine operatrici.

| 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) |
|---|--|---|--|
| Falciatrice a barra oscillante | 27,27 | 33,40 | 39,52 |
| Trinciatrice rotativa | 45,83 | 67,05 | 88,27 |
| Valore medio | 36,55 | 50,22 | 63,89 |

va, pari all'84,4% determinata dalla tesi Fattuale in attuazione dello Standard 1.1_a, 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.

In definitiva, la diminuzione dell'erosione in applicazione dello Standard 1.1_a, osservata nel presente monitoraggio e nella precedente sperimentazione di Guiglia, si pone nell'intervallo compreso fra il 48% e il 94%.

I risultati hanno anche 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 larghe 3 metri. 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 larga 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_a 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).

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.

Relativamente al differenziale economico di competitività dello Standard 1.1_a i risultati mostrano un costo medio pari a 2,34 ± 0,38 € ha⁻¹ anno⁻¹ per solchi distanziati 80 m e 4,07 ± 1,42 € ha⁻¹ anno⁻¹ per solchi realizzati dagli agricoltori come è risultato dall'indagine territoriale. L'emissione di CO₂ dovuta all'esecuzione dei solchi acquai è di 1,365 kg ha⁻¹ anno⁻¹ per solchi distanziati 80 m, e 2,58 kg ha⁻¹ anno⁻¹ come determinato nell'analisi territoriale.

Per quanto riguarda lo Standard 1.2_g il valore medio del differenziale di competitività di chi aderisce al regime di condizionalità è risultato pari a $50,22 \pm 13,7 \text{ € ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ ed una produzione di CO₂ compresa nell'intervallo $31,52\text{-}48,77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

Bibliografia

- 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. *Proc. Int. Workshop on Soil Erosion in Semi-Arid Mediterranean Areas, Taormina, Italy*, pp. 195-204.
- Bazzoffi P, 2015. Measurement of rill erosion through a new UAV-GIS methodology. *Ital. J. Agron.* 10(Suppl.1):708.
- 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. *Workshop Specific challenges in using common RD indicators at regional level*, Rome, Italy. Disponibile a: <https://enrd.ec.europa.eu/en/evaluation/evaluation-expert-network>.
- 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, Wessies GA, McCool DK, Yoder DC, 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Agriculture Handbook 703*, U.S. Department of Agriculture.
- Soil Survey Staff, 2014. *Keys to soil taxonomy*, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

Non commercial use only