

# PSR “Agribiocons”

---

STUDIO PRELIMINARE DELL'EROSIONE,  
SANT'URBANO – APIRO (MC)



Dott.ssa Giulia Luzi,  
Dott.ssa Dominique Serrani,  
Prof.ssa Stefania Cocco, Ph.D.,  
Prof. Giuseppe Corti, Ph.D.

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI ED AMBIENTALI (D3A)  
UNIVPM

## Sommario

Il fenomeno dell'erosione.....	2
Inquadramento dell'area di studio.....	3
Il macchinario .....	4
Il campionamento e le analisi fisicochimiche .....	5
Risultati .....	7
Conclusioni.....	10
Bibliografia .....	11

Il progetto AGRIBIOCONS è finanziato dal Bando “Sostegno alla creazione e al funzionamento di Gruppi Operativi del PEI – Sottomisura 16.1 Azione 2” annualità 2017 – PSR Marche 2014/2020.

Il partenariato del Gruppo Operativo è costituito da:

- Società Agricola Biologica Fileni s.r.l., in qualità di capofila del progetto;
- Arca s.r.l. Benefit;
- Università Politecnica delle Marche (UNIVPM), con le due aree
  - area di Scienza del Suolo, gruppo di Pedologia,
  - area di Genetica Agraria;
- A.E.A s.r.l.;
- Società Agricola Agri Blu di Zingaretti e Soci

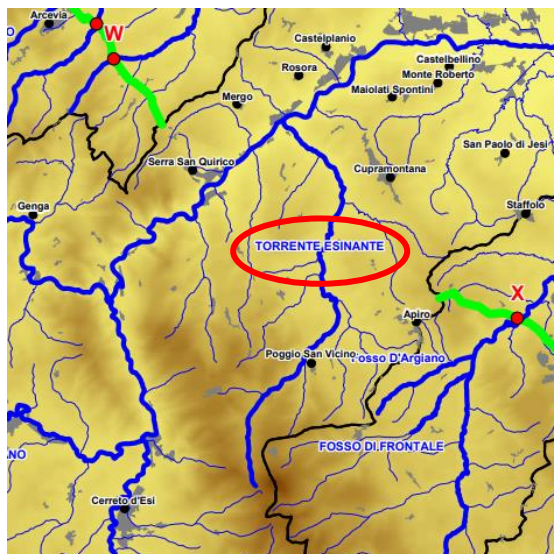
Uno degli obiettivi del progetto è stimare in maniera diretta la quantità di suolo eroso e di sospensione corrivata lungo un versante collinare a uso agricolo incluso nel bacino idrografico del torrente Esinante (MC-AN). I suoli collinari marchigiani sono infatti fortemente minacciati dall’erosione, responsabile della riduzione dello spessore e della fertilità del suolo, con una perdita di sostanza organica e nutrienti che si riversano nel fondovalle. Questo report sintetizza i primi risultati ottenuti dall’analisi quantitativa e qualitativa del materiale eroso e della sospensione corrivata raccolta attraverso l’utilizzo di macchinari appositamente progettati dal gruppo di Pedologia UNIVPM e dall’Azienda Loccioni.

## Il fenomeno dell’erosione

L’erosione è un processo naturale che provoca la rimozione di particelle di suolo per l’azione di acqua e vento (Corti et al., 2013) e rappresenta un problema ambientale globale in costante aumento (FAO, 2017; Lal, 2017; Morgan, 2009). Nel 2017, la FAO ha stimato che nel mondo il 16% dei suoli sono a rischio di erosione accelerata, con perdite di circa 75 miliardi di tonnellate di suolo all’anno. L’erosione dei suoli a livello europeo si attesta attorno al 12% (CEC, 2006) mentre in Italia sale al 30%, con perdite di circa 10 tonnellate di suolo ad ettaro ogni anno (Corti et al., 2013). In gran parte del territorio italiano, soprattutto nelle zone rurali, i suoli sono soggetti a erosione idrica, che è considerata la forma più dannosa e degradativa (Altobelli et al., 2020). La vulnerabilità dei suoli all’erosione idrica è determinata dalla geomorfologia, dalla morfometria e dall’idrogeologia del versante, dalle caratteristiche e dall’uso del suolo, e dalla capacità erosiva della pioggia. L’erosione idrica produce effetti sul suolo a breve e lungo termine. Tra i primi troviamo la rimozione degli orizzonti superficiali, la diminuzione dello spessore del suolo, l’alterazione degli equilibri idrici di versante, la perdita di elementi nutritivi e la formazione di incisioni superficiali più o meno profonde come *rills* e *gullies*. Tra gli effetti a lungo termine si ha il degrado del suolo e del versante, la perdita di fertilità, la riduzione del tempo di corrivazione delle acque, l’eutrofizzazione e l’interramento dei corsi d’acqua superficiali, con aumento del rischio di inondazioni a valle (Cocco et al., 2020; Corti et al., 2011; Costantini e Barbetti, 2008; Lo Papa, 2013). Il fenomeno dell’erosione può essere studiato attraverso metodi di stima indiretta (metodi empirici) o di stima diretta con misurazione in campo. Tra i metodi empirici, il metodo RUSLE è uno dei più utilizzati, mentre le stime dirette vengono effettuate utilizzando un misuratore di scarico sottoposto a piogge naturali o simulate (Corti et al., 2011).

## Inquadramento dell'area di studio

L'area d'interesse ricade all'interno del bacino idrografico del torrente Esinante, ai piedi della dorsale umbro-marchigiana. Il torrente Esinante, affluente del fiume Esino, scorre per 18 km nella vallata tra le località di Rotorcio (Serra San Quirico, AN) e Sant'Urbano (Apiro, MC), collegando la catena del Monte San Vicino con la Vallesina (Fig. 1).



*Fig. 1 Localizzazione del torrente Esinante (Cartografia regione Marche).*

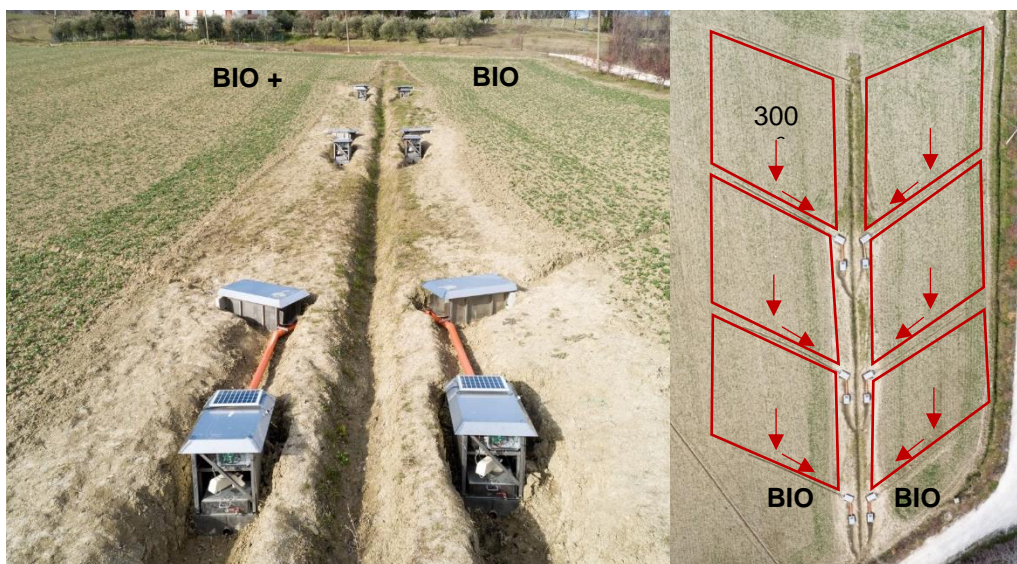
La geologia dell'area è caratterizzata da litologie semi-coerenti del Pliocene Inferiore, riconducibili alle argille marnose azzurre, siltose, lievemente sabbiose con strati sabbioso arenacei, caratterizzati da tessiture prevalentemente limoso-argillose che li rendono facilmente erodibili. Il bacino del torrente Esinante ha una superficie di circa 78,9 km<sup>2</sup>, costituito da zone montane per il 45%, da zone collinari per il 40% e pianeggianti per il 15% (Fig. 2).



*Fig. 2 Bacino idrografico del torrente Esinante; il simbolo identifica l'area di studio (MC).*

La zona collinare, con pendenze medie di versante del 10% circa, e quella pianeggiante sono destinate perlopiù alle produzioni agricole.

Il sito di studio è localizzato nella fascia collinare, all'interno della proprietà agricola dell'azienda LOV nei pressi del Monastero di Sant'Urbano (Apiro). La proprietà, gestita a biologico secondo la regolamentazione europea, è suddivisa in due aree: biologico tradizionale (BIO) e biologico conservativo (BIO+). Le due gestioni prevedono una lavorazione del suolo minima e, nell'area a BIO+, vengono seminate delle colture migliorative (*cover crops*) tra due cicli di colture da reddito, con la finalità di ridurre l'erosione mantenendo il suolo coperto nei mesi dell'anno caratterizzati da piogge intense. In entrambe le gestioni sono stati collocati tre macchinari in grado di raccogliere la sospensione corrivata e il suolo eroso da un'area di 300 m<sup>2</sup>, così da stimare la quantità e la qualità del materiale movimentato lungo il versante (Fig. 3). Il primo macchinario è stato installato a settembre 2019, mentre gli altri a ottobre 2020.



**Fig. 3** Disposizione dei macchinari nell'area di studio. Azienda agricola LOV, Sant'Urbano – Apiro (MC) (credits by Loccioni).

## Il macchinario

Il macchinario per la stima dell'erosione, presentato al “Global Symposium on Soil Erosion” organizzato dalla FAO a Roma nel 2019, è stato progettato dal gruppo di Pedologia (UNIVPM) e dall'azienda Loccioni (A.E.A). È composto da due corpi principali: la camera dei vagli e il blocco di raccolta dei dati. Grazie alle scoline, la sospensione corrivata e il materiale solido entrano nella camera dei vagli, che presenta al suo interno tre piastre forate (vagli) in grado di rallentare il deflusso e far sedimentare il materiale solido. La sospensione scorre per gravità dalla camera dei vagli si accumula in una vasca ribaltante della portata di circa 10 L. Una volta colma, la vasca si ribalta e un'aliquota di sospensione (circa 110 ml) viene riversata all'interno del cassetto di raccolta della sospensione corrivata (Fig. 4). Ogni ribaltamento viene conteggiato da un contatore meccanico e da un contatore magnetico, che invia le informazioni raccolte ad un software.



Fig. 4 Macchinario dell'erosione (credits by Loccioni).

## Il campionamento e le analisi fisicochimiche

Il campionamento è stato effettuato entro 24 ore dalla fine di ogni evento piovoso che abbia prodotto una sensibile corrivazione, prelevando tutto il materiale solido presente nella camera dei vagli e un'aliquota di sospensione dal cassetto (Fig. 5).



Fig. 5 Raccolta del materiale solido dalla camera dei vagli e della sospensione corrivata dal cassetto di raccolta.

Per valutare le caratteristiche del suolo, sono state effettuate due campagne pedologiche con apertura e campionamento di profili ad agosto 2019 (T0) a settembre 2020 (T1), in entrambe le gestioni (BIO e BIO+). A T0 il campionamento è stato fatto su suolo nudo, dopo la raccolta del farro (*Triticum L. sp*), mentre a T1 è stato fatto su suolo nudo post raccolta del girasole (*Heliantus annuus L.*) (Fig. 6).



**Fig. 6** Profili pedologici al tempo T1 sulle gestioni BIO e BIO+. Azienda LOV, Sant'Urbano - Airo (MC).

Oltre alla stima del materiale eroso ad ettaro, sui campioni prelevati dai profili e sul materiale solido e sulla sospensione raccolti dai macchinari sono state effettuate le analisi fisicochimiche riportate in Tab. 1.

**Tab. 1** Elenco delle analisi effettuate sui campioni di suolo dei profili, sul materiale solido eroso e sulla sospensione corrivata.

	Tessitura	pH	C organico	N totale	P disponibile	Conducibilità
<b>Profilo di suolo</b>						
Suolo	x	x	x	x	x	
<b>Erosione</b>						
Materiale solido	x	x	x	x	x	
Sospensione corrivata		x		x		x

- Tessitura (Indorante et al., 1990; Moshrefi, 1993)
- pH (Conyers and Davey, 1988; Davey and Conyers, 1988; Peech, 1965)
- C organico (TOC) (Soltner, 1988)
- N totale (Bremner et al., 1966; Mulvaney, 1966.)
- P disponibile (Olsen et al., 1954)
- Conducibilità (APHA, 1998; ASTM, 1981; Istituto Superiore di Sanità, 1997)

## Risultati

A causa della scarsa disponibilità di dati non è stato possibile effettuare analisi statistiche per valutare eventuali differenze tra le gestioni BIO e BIO+.

**Tab. 2** Descrizione morfologiche dei profili del sito LOV al tempo T1, Serra San Quirico (AN). Simboli in legenda.

Dati mediati per il periodo 1991-2010: precipitazione media annua, 876 mm; temperatura media annua, 13,1°C; temperatura media invernale: 5,3°C; temperatura media primaverile: 12°C; temperatura media estiva: 22,2°C; temperatura media autunnale: 13,8°C (ASSAM, 2021).

Orizzonti <sup>a</sup>	Profondità cm	Spessore cm	Limite <sup>b</sup>	Colore <sup>c</sup>	Tessitura <sup>d</sup>	Scheletro %, stima a vista	Struttura <sup>e</sup>	Consistenza <sup>f</sup>	Radici <sup>g</sup>	Altre osservazioni <sup>h</sup>
------------------------	------------------	----------------	---------------------	---------------------	------------------------	----------------------------------	------------------------	--------------------------	---------------------	------------------------------------

**BIO** (33T 343897.54 E, 4808849.57 N WGS84). Altitudine: 337 m; materiale parentale: argille marnose azzurre, siltose, lievemente sabbiose con strati sabbioso arenacei; pendenza: 8%; esposizione: S-SE. Gestione: campo precedentemente coltivato a frumento e attualmente lavorato con minime lavorazioni. Vegetazione – Arbusti: assenti.

Classificazione del suolo: **fine, mixed, active, mesic Chromic Udic Haplustert** (Soil Survey Staff, 2014).

Ap1	0-9	5-9	C, W	2.5YR4/3	sic	0	3f, abk, sbk	-	1 vf, f, m	Slickensides, rills, creep, RCR, RTH
Ap2	9-20	8-13	C, W	2.5YR4/3	sic	0	2m, co, abk	m(fr)	2 vf, f, m	Slickensides, RCR, RTH
Ap3	20-43	-	C, W	2.5YR5/3	sic	0	2co, abk	m(fi)	1 vf, f, m	RTH (15-20%)
Bw	43-52	-	C, W	2.5YR4/3	sic	0	3m, co, abk	m(vfi)	0	RTH traces of anoxic condition (25-30%)
CB	52+	-	C, W	2.5YR5/2	sic	0	-	-	0	RTH

**BIO +** (33T 343876.75 E, 4808843.94 N WGS84). Altitudine: 337 m; materiale parentale: argille marnose azzurre, siltose, lievemente sabbiose con strati sabbioso arenacei; pendenza: 8%; esposizione: S-SE. Gestione: campo precedentemente coltivato a frumento e attualmente lavorato con minime lavorazioni. Vegetazione – Arbusti: assenti.

Classificazione del suolo: **fine, mixed, active, mesic Chromic Udic Haplustert** (Soil Survey Staff, 2014).

Ap1	0-4	3-6	C, W	2.5YR5/3	sic	0	3f, m, abk,	-	2 vf, f	Slickensides, rills, creep, RCR, RTH
Ap2	4-30+	-	C, W	2.5YR4/3	sic	0	2m,co abk	m(fi), m(vfi)	1 vf, f	Slickensides, RCR, RTH

<sup>a</sup> designazione degli orizzonti secondo Schoeneberger et al. (2012).

<sup>b</sup> C=chiaro, W=ondulato.

<sup>c</sup> a umidità naturale e frantumato, secondo la Munsell Soil Color Charts.

<sup>d</sup> sci=limoso argilloso.

<sup>e</sup> 0=privo di struttura, 1=debole, 2=moderata, 3=forte; vf= molto fine, f=fine, m=media, co=grossolana, abk=blocchi angolari, sbk=blocchi sub-angolari.

<sup>f</sup> m(vfr)=molto friabile con suolo umido, m(fr)=friabile con suolo umido, m(fi)=fermo con suolo umido.

<sup>g</sup> 0=assenti, v<sub>1</sub>=molto poche, 1=moderatamente poche, 2=comuni, 3=molte; mi=micro; vf=molto fini, f=fini, m=medie.

<sup>h</sup> RCR= croste reversibili e relative rotture, RTH= rotture trans-orizzonte reversibili

L'osservazione dei profili di suolo ha permesso di individuare la presenza di *slickensides*, croste superficiali, *rills*, creep e fratture (Fig. 3), elementi caratteristici di suoli appartenenti all'ordine dei Vertisols (Soil Survey Staff, 2014). L'analisi tessiturale effettuata in campo ha permesso di definire la tessitura come limoso argillosa, caratterizzata dalla presenza di minerali argillosi 2:1 a reticolo espandibile (smectiti, vermiculiti) che, assieme alla presenza di considerevoli quantità di argilla, sono i responsabili della formazione di fratture verticali nel suolo. La presenza di questi minerali rende il suolo molto duro e resistente alla rottura durante la stagione secca, molto adesivo e plastico durante la stagione umida.



**Tab. 3** Risultati delle analisi fisicochimiche degli orizzonti dei profili al tempo T0 e T1 nelle gestioni BIO e BIO+.

Orizzonti	Distribuzione granulometrica			pH	C organico	N totale	P disponibile	
	Sabbia	Limo g kg <sup>-1</sup>	Argilla					
<b>T0</b>								
BIO	Ap1	147(25)	444(7)	409(18)	8.21(0.07)	11.8(1.9)	1.3(0.0)	15(4)
	Ap2	134(23)	447(25)	419(2)	8.29(0.03)	10.4(0.7)	1.2(0.0)	10(2)
BIO+	Ap1	131(13)	462(9)	407(4)	8.18(0.00)	13.3(0.2)	1.4(0.1)	11(0)
	Ap2	143(4)	450(1)	407(3)	8.35(0.06)	8.3(0.9)	1.0(0.0)	5(1)
<b>T1</b>								
BIO	Ap1	-	-	-	8.13	9.7	1.1	17
	Ap2	-	-	-	8.23	7.6	0.9	7
	Bw	-	-	-	8.33	5.7	0.7	6
BIO+	Ap1	-	-	-	8.07	10.4	1.1	15
	Ap2	-	-	-	8.22	8.6	0.9	7

Osservando la distribuzione granulometrica si denota un basso contenuto di sabbia ed un elevato contenuto di limo e argilla, che confermano l'analisi tessiturale effettuata in campo (Tab. 3). Nell'orizzonte Ap1, quello superficiale e soggetto a erosione, il contenuto di C organico e N totale sembra diminuire dal tempo T0 al T1, mentre il P disponibile, a giudicare della deviazione standard, sembra rimasto allo stesso livello, probabilmente grazie alle concimazioni effettuate (Tab. 3).

**Tab. 4** Risultati delle analisi fisicochimiche del materiale eroso e della sospensione corrivata nelle date indicate.

	Distribuzione granulometrica			pH	C organico	N totale	P disponibile	Conducibilità	
	Sabbia	Limo g kg <sup>-1</sup>	Argilla						
<b>Materiale solido eroso</b>									
20/05/2020	BIO*	122	439	439	8.07	12.1	1.3	14	-
29/05/2020	BIO*	126	472	402	8.11	11.1	1.3	17	-
21/11/2020	BIO	173(63)	387(39)	440(39)	8.0(0.1)	11.5(2.0)	1.4(0.3)	19(12)	-
	BIO+***	157(131)	341(115)	503(245)	8.1(0.3)	11.0(1.6)	1.4(0.4)	14(2)	-
09/12/2020	BIO	138(14)	431(46)	431(32)	8.4(0.1)	11.9(1.7)	1.3(0.1)	13(6)	-
	BIO+	276(67)	365(61)	359(6)	8.1(0.1)	10.3(0.8)	1.2(0.1)	12(1)	-
<b>Sospensione corrivata (runoff)</b>									
19/12/2019	BIO*	-	-	-	7.8	-	2.6	-	382
21-22-29/04/2020	BIO*	-	-	-	7.7	-	2.0	-	317
21/11/2020	BIO ***	-	-	-	7.8	-	2.1	-	274
	BIO+***	-	-	-	7.7	-	4.4	-	355
09/12/2020	BIO	-	-	-	7.6(0.1)	-	1.7(0.6)	-	294(23)
	BIO+	-	-	-	7.5(0.1)	-	1.6(0.2)	-	293(15)

Deviazione standard, n = 3.

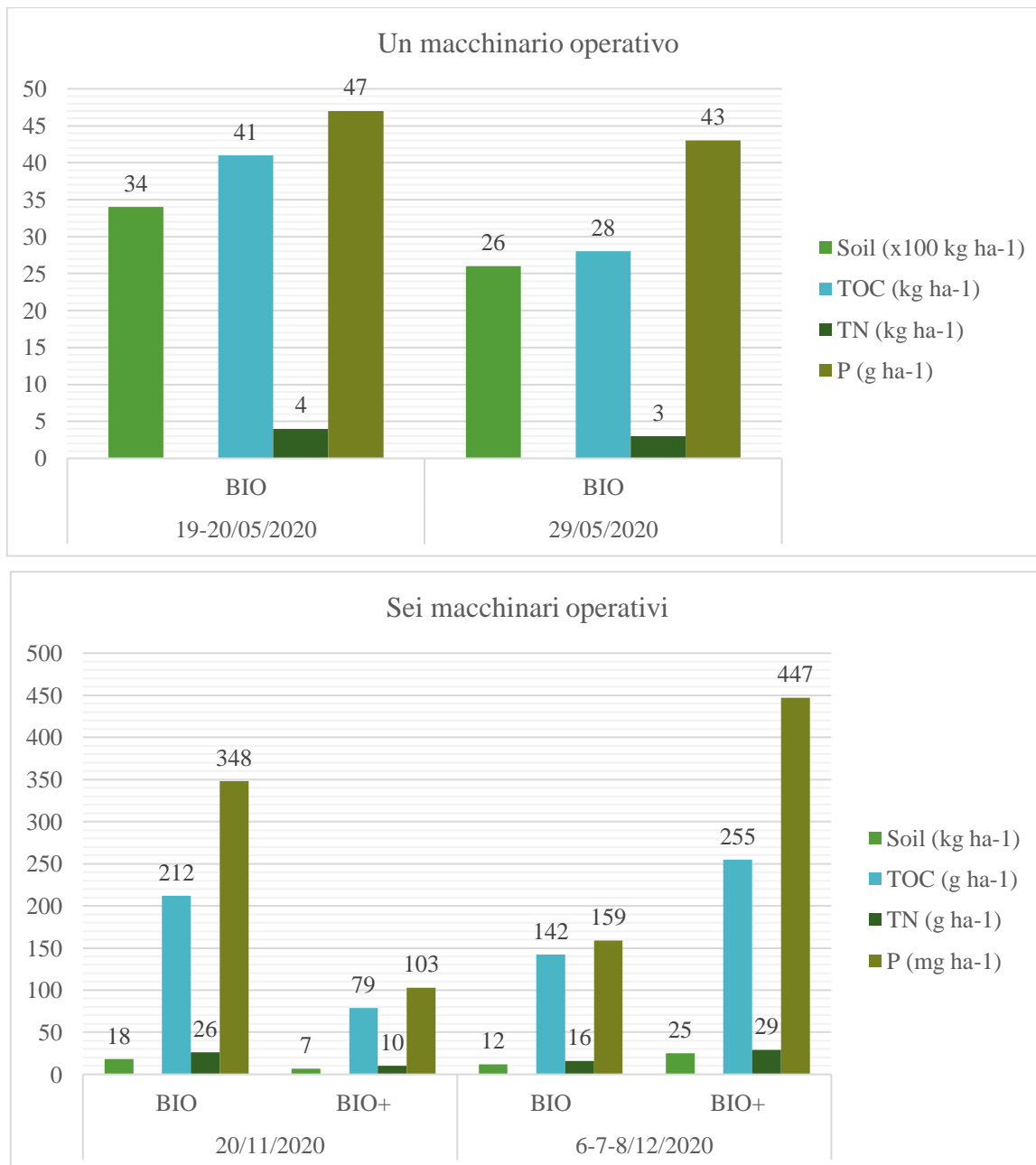
\* Campioni raccolti da un solo macchinario

\*\* Deviazione Standard, n = 2.

\*\*\* Sospensione raccolta da un solo macchinario

Dalla Tab. 4 è possibile notare come le particelle di suolo eroso presentino una maggior concentrazione di limo ed argilla, questo dovuto alla natura stessa dei suoli e alla facilità con cui le particelle più fini vengono trasportate dall'acqua e dal vento.

I Grafici 1 e 2 riportano il quantitativo di materiale perso a seguito di eventi piovosi, più o meno intensi, avvenuti nell'anno di osservazione: dicembre 2019-dicembre 2020.



**Grafico 1 e 2. Materiale eroso e perdita di TOC, TN, P a ettaro.**

Gli eventi piovosi che hanno prodotto un'elevata perdita di suolo sono stati quelli di maggio 2020, con circa 3,7 T ha<sup>-1</sup>, con perdite di C organico e N totale nell'ordine dei kg, e di P disponibile nell'ordine dei g (Grafico 1). Negli altri eventi piovosi (Grafico 2), le perdite di suolo e nutrienti sono risultate minori, dell'ordine di kg di suolo, g di C organico e N totale, e mg di P disponibile.

**Tab. 5** Sospensione corrivata e nutrienti persi a ettaro.

			Evento piovoso mm	Sospensione L ha <sup>-1</sup>	N totale perso con il runoff kg ha <sup>-1</sup>	N totale perso con il materiale solido kg ha <sup>-1</sup>
Un macchinario operativo	14/12/2019	BIO	31	6333	16.4	-
	21-22-29/04/2020	BIO	84	56333	113.2	-
	20/05/2020	BIO	120	44000	88.9	4.4
	29/05/2020	BIO	18	9000	18.3	3.3
Sei macchinari operativi	20/11/2020	BIO	27.2	1000	20.7	0.03
		BIO+		20000	88.6	0.01
	06-07-08/12/2020	BIO	37.2	103667	176.2	0.02
		BIO+		103667	165.9	0.03
TOTALE ANNO				344000	669.5	7.8

Analizzando le perdite prodotte dalla corrivazione delle acque rapportate all'ettaro, l'evento che ha prodotto la maggior perdita di azoto è stato nell'aprile 2020, dove 84 mm di pioggia hanno prodotto un runoff di oltre 56.000 litri di sospensione, con perdite di circa 113 kg ha<sup>-1</sup> di N (Tab. 5). Nel dicembre 2020, l'evento con 37.2 mm di pioggia ha prodotto una corrivazione di 103.000 L di sospensione a ettaro, con una perdita di N di 176 kg nel BIO e 165 kg nel BIO+. Confrontando le perdite di N con il runoff e con il materiale solido, si nota come nella sospensione si abbia una perdita fino a quattro ordini di grandezza maggiore rispetto al materiale solido eroso; questo indica che il runoff produce un dilavamento di N molto maggiore (Tab. 5).

Applicando i risultati ottenuti alla superficie del bacino idrografico del Torrente Esinante, la cui estensione è di circa 7890 ha di cui il 40% è territorio collinare, il suolo eroso stimato in un anno è stato di circa 19.052,8 T, che ha rimosso 222,2 T di C organico, 22,4 T di N totale e 0,3 T di P disponibile. Sono stati inoltre stimati 1.085.664 m<sup>3</sup> all'anno di acqua corrivata nel bacino, che hanno prodotto una perdita di N totale di 2.112,9 T.

## Conclusioni

I dati ottenuti costituiscono una prima valutazione del fenomeno erosivo che interessa il versante collinare dell'azienda LOV, all'interno del bacino imbrifero del torrente Esinante. Con la prossima messa a punto dei macchinari si avrà un'acquisizione del dato ottimale e costante così da meglio monitorare l'andamento dei fenomeni erosivi del versante. Lo studio condotto finora evidenzia che l'erosione e il runoff sono una minaccia concreta per il versante medio collinare marchigiano, data la propensione all'erosione. Le lavorazioni del suolo vengono ancora troppo frequentemente eseguite a rittochino, ossia lungo le linee di massima pendenza, provocando un rapido scorrimento della sospensione lungo il pendio e una loro ridotta penetrazione nel suolo, fenomeni questi che comportano il deterioramento della struttura e la riduzione del contenuto di sostanza organica e nutrienti. Per di più, il materiale eroso trasportato a valle è causa di problemi quali la riduzione della capacità di portata dei corsi d'acqua, l'aumento dei rischi di inondazione e il rilascio di elementi come N e P che aumentano il rischio di eutrofizzazione delle acque interne e del mare. Per contrastare l'erosione, oltre a una adeguata gestione del suolo, devono essere attuati sistemi di mitigazione a livello di versante quali le sistemazioni idrauliche e l'installazione di siepi arborate, integrando così vecchie e nuove pratiche di gestione conservative del suolo.

## Bibliografia

- Allison FE, 1973. *Soil Organic Matter and its Role in Crop Production*. Elsevier, New York.
- Altobelli. F, Napoli M, Benedetti A, Vargas R., Corti G, 2020. Land set up systems and beyond: Influence of soil management on water and soil conservation sewed up to a variety of pedoclimatic environments and farming systems. *Italian Journal of Agronomy* 15:1771.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation), 1998. "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater", XX Ed..
- ASSAM (Azienda Servizi Settore Agroalimentare delle Marche), 2021. "Atlante climatico delle Marche". Disponibile online al sito: <http://meteo.regione.marche.it/distribution/AtlanteClimatico/>.
- ASTM, 1981: Book of Standards, part 23.
- Bremner JM, Keeney DR, 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. 3 - Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Science Society of America Journal* 30:577-582.
- CEC (Commission of the European Communities), 2006. Communication from the commission to the council, the European parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions. Thematic strategy for soil protection. Brussels, 22.9.2006, COM, 231 final.
- Cocco S, Cardelli V, Corti G, Serrani D, Alves Rafael RB, Dazzi C, Lo Papa G, 2020. Role of land set-up systems on soil (physicochemical) conditions. *Italian Journal of Agronomy* 15(4):267-280.
- Conyers MK, Davey BG, 1988. Observations on some routine methods for soil pH determination. *Soil Science* 145:29- 36.
- ASA and SSSA, Madison, WL p. 914 - 926.
- Corti G, Cocco S, Brecciaroli G, Agnelli A, Seddaiu G, 2013. *Italian Soil Management from Antiquity to Nowadays, The Soils of Italy, World Soils Book Series*, DOI: 10.1007/978-94-007-5642-7\_9.
- Corti G, Cavallo E, Cocco S, Biddoccu M, Brecciaroli G, Agnelli A, 2011. Evaluation of Erosion Intensity and Some of Its Consequences in Vineyards from Two Hilly Environments Under a Mediterranean Type of Climate, Italy. In: *Soil Erosion Issues in Agriculture*, chapter 6.
- Costantini EAC, Barbetti R, 2008. Environmental and visual impact analysis of viticulture and olive tree cultivation in the province of Siena (Italy). *European Journal of Agronomy* 28:412–426.
- Davey BG, Conyers MK, 1988. Determining the pH of acid soils. *Soil Science* 146:141 - 150.
- FAO, 2017. *Voluntary guidelines for sustainable soil management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Indorante SJ, Follmer LR, Hammer RD, Koenig PG, 1990. Particle-size analysis by a modified pipette procedure. *Soil Science Society of American Journal* 54:560-563.
- Istituto Superiore di Sanità, 1997. "Metodi per le acque destinate al consumo umano", *Rapporti ISTISAN* 97/8:35-39.
- Lal R, 2017. *Soil erosion by wind and water: problems and prospects*. Soil erosion research methods. Routledge, 1–10.

- Lo Papa G, Dazzi C, Némethy S, Corti G, Cocco S, 2020. Land set-up systems in Italy: A long tradition of soil and water conservation sewed up to a variety of pedo-climatic environments. *Italian Journal of Agronomy* 15:1760.
- Marzadori C, Ciavatta C, 2015. Reazione del suolo. In: *Metodi di analisi chimica del suolo*. Colombo et Miano, cap.4:120-30.
- Morgan RPC, 2009. *Soil Erosion and Conservation*. John Wiley & Sons.
- Moshrefi N, 1993. A new method of sampling soil suspension for particle-size analysis. *Soil Science* 155:245-248.
- Mulvaney RL, 1966. Nitrogen - Inorganic Forms. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical. Methods* (D. L. Sparks). SSSA Book Series n°5. SSSA and ASA Inc. Madison, WL USA.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circular 939. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- Peech M, 1965. Hydrogen-ion activity. In: *Methods of Soil Analysis. 2nd part*. (C.A. Black, Ed.) Agronomy monographs no 9.
- Schoeneberger PJ, Wysocki DA, Benham EC, Soil Survey Staff, 2012. *Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 3.0*. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Soil Survey Staff, 2014. *Illustrated guide to soil taxonomy*. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.