AQUA

Achieving good water quality status in intensive animal production areas

LIFE09 ENV/IT/000208

VENETO AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

MISURE AMBIENTALI PER INTERCETTARE L'INQUINAMENTO DIFFUSO DI NUTRIENTI PROVENIENTI DA PRATICHE DI FERTILIZZAZIONE DEI CAMPI AGRICOLI: L'EFFICIENZA DELLE FASCE TAMPONE

LIFE09 ENV/IT/000208 - AQUA

Coordinatore

CRPA

Progetto Finanziato dall'Unione Europea nel Programma Life Plus Ambiente

Partner

FCSR

CRA Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura

ipla istituto per le piante da legno e l'ambiente ipla spa società controllata dalla Regione Piemonte

ERSAF Ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste

Veneto Agricoltura Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

ersa Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Agenzia regionale per lo sviluppo rurale

Cofinanziatori

Regione Piemonte

Regione Lombardia

Regione Emilia-Romagna

Regione del Veneto

iren

HERA

AGCO Your Agriculture Company

AQUA

Achieving good water quality status in intensive animal production areas

LIFE09 ENV/IT/000208

VENETO AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

MISURE AMBIENTALI PER INTERCETTARE L'INQUINAMENTO DIFFUSO DI NUTRIENTI PROVENIENTI DA PRATICHE DI FERTILIZZAZIONE DEI CAMPI AGRICOLI: L'EFFICIENZA DELLE FASCE TAMPONE

LIFE09 ENV/IT/000208 - AQUA

Coordinatore

CRPA

Progetto Finanziato dall'Unione Europea nel Programma Life Plus Ambiente

Partner

FCSR · CRA Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura · ipla istituto per le piante da legno e l'ambiente ipla spa società controllata dalla Regione Piemonte · ERSAF Ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste · Veneto Agricoltura Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare · ersa Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Agenzia regionale per lo sviluppo rurale

Cofinanziatori

Regione Piemonte · Regione Lombardia · Regione Emilia-Romagna · Regione del Veneto · iren · HERA · AGCO Your Agriculture Company

Progetto Finanziato dall'Unione Europea nel Programma Life Plus Ambiente
Organismo responsabile dell'informazione: **Veneto Agricoltura**
Coordinatore: **Centro Ricerche Produzioni Animali C.R.P.A. S.p.A.**

Coordinamento per il Veneto: Arduin M., Sartori A. - *Veneto Agricoltura*
Coordinamento dell'attività sulle Fasce Tampone: Consorzio Acque Risorgive

Elaborazioni e testi:
Bruna Gumiero - *biologa, libero professionista (professore a contratto Università di Bologna)*
Bruno Boz - *biologo, libero professionista*

con la collaborazione di
Anna Polazzo - *ingegnere ambientale, libero professionista*

Foto:
Immagini degli autori dove non indicato diversamente

Ringraziamenti:
Consorzio Aque Risorgive
Azienda Diana - personale dell'azienda
Fantoni Umberto
Gasparini Franco
Peruch Ugo
Pizzin Claudia

Pubblicazione edita da:
Veneto Agricoltura
Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale ed Agroalimentare
Viale dell'Università, 14 - 35020 Legnaro (PD)
Tel. 049 8293711 - Fax 049 8293815
e-mail: ricerca@venetoagricoltura.org
www.venetoagricoltura.org

Realizzazione editoriale:
Veneto Agricoltura
Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale ed Agroalimentare
Coordinamento editoriale:
Silvia Ceroni - *Settore Divulgazione Tecnica, Formazione Professionale ed Educazione Naturalistica*
Federica Mazzuccato - *Edizioni MB srl - Rovigo*
Via Roma, 34 - 35020 Legnaro (PD)
Tel. 049 8293920 - Fax 049 8293909
e-mail: divulgazione.formazione@venetoagricoltura.org

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ecc. previa autorizzazione da parte di Veneto Agricoltura, citando gli estremi della pubblicazione.

Finito di stampare nel mese di marzo 2014
presso TEXT di Crivellaro Massimo e Roberto - via Cristofori, 1 /a - z.i. Vigorovea
35020 S. Angelo di Piove di Sacco (PD) - Fax 049 9714507 - e-mail: info@digitaltext.it

SOMMARIO

1. MOTIVAZIONI ED OBIETTIVI ..... pag. 4

2. PIANO DI ATTIVITÀ ..... » 5

3. AREA DI STUDIO ..... » 6

3.1 Inquadramento territoriale ..... » 6

3.2 Il sito sperimentale ..... » 7

3.2.1 Struttura e dimensioni ..... » 7

3.2.2 Caratteristiche pedologiche ..... » 9

3.2.3 Attività colturale ..... » 10

4. DEFINIZIONE DEL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO ..... » 13

4.1 Monitoraggio delle dinamiche idrologiche ..... » 13

4.1.1 Misura dell'umidità dei suoli ..... » 13

4.1.2 Soggiacenza della falda ..... » 13

4.1.3 Runoff ..... » 13

4.1.4 Precipitazioni e dati meteo ..... » 14

4.1.5 Bilancio idrologico ..... » 14

4.2 Monitoraggio delle dinamiche di N ..... » 15

4.2.1 Campionamento delle acque ..... » 15

4.2.2 Analisi chimiche delle acque ..... » 16

4.3 Allestimento del sito sperimentale ..... » 16

5. RISULTATI ..... » 18

5.1 Condizioni climatiche ..... » 18

5.2 Idrologia ..... » 18

5.2.1 Umidità dei suoli ..... » 18

5.2.2 Dinamiche della falda ipodermica ..... » 21

5.2.3 Quantificazione dei deflussi ..... » 24

5.3 Rimozione dell'azoto ..... » 26

5.3.1 Bilancio di massa ..... » 29

6. CONCLUSIONI ..... » 31

7. BIBLIOGRAFIA ..... » 32

1. MOTIVAZIONI ED OBIETTIVI

L'attività di monitoraggio condotta a partire dal 1999 (si veda Gumiero ***et al.***, 2011a e Gumiero ***et al.***, 2011b) nel sito sperimentale NICOLAS, posto all'interno di un ampio (30 ha) sistema tampone forestale realizzato nell'Azienda Diana gestita da Veneto Agricoltura, aveva come obiettivo prioritario quello di verificare l'efficacia nella riduzione dei nitrati di una particolare area tampone di circa 30 ha realizzata nell'ambito del "Progetto Zero (p.106) dal locale Consorzio di Bonifica Acque Risorgive".
Le "particolarità" di questo sistema tampone, rispetto alle fasce tampone tradizionali, vengono riportate di seguito:

- il **sistema presenta un funzionamento "inverso"**, in quanto gli inquinanti non vengono intercettati nel loro passaggio fra la fonte (aree agricole) ed il corpo idrico, ma sono già presenti nel corpo idrico (fiume Zero) e vengono da lì riportati con un sistema di pompaggio nell'area tampone forestale per essere trattate; le acque depurate tornano poi al corpo idrico;
- a differenza delle fasce tampone tradizionali, i **deflussi idrici** veicolati in questo sistema tampone, vengono completamente **gestiti** grazie alla presenza di un sistema di pompaggio regolabile che funziona in continuo (ad eccezione dei mesi invernali). Ciò permette la creazione di un acquifero artificiale sospeso che garantisce **una costante e continua saturazione dei suoli,** ideale per i processi di denitrificazione;
- il **tipo di deflussi** che si genera all'interno dei suoli di quest'area boscata, risulta molto **prevedibile e regolare** rispetto ai sistemi naturali, grazie alla presenza di un sistema di scoline ed alla particolare sistemazione che è stata conferita agli appezzamenti in fase di allestimento del sito;
- il **carico inquinante immesso, risulta anch'esso molto costante e regolare** e non ha quindi un andamento a picchi.

Se da un lato quindi l'attività di monitoraggio condotta ha permesso di dare risposte molto chiare sull'efficacia di rimozione e sull'interpretazione dei processi e dei fattori implicati in questo particolare sistema filtro forestale, **la loro validità generale è solo parzialmente estendibile a sistemi tampone diretti** (frapposti fra la potenziale fonte inquinante, il campo, e il corpo idrico recettore) e non gestiti in termini idrologici come quelli realizzati in altre particelle dell'Azienda Diana.

Tali sistemi tampone "tradizionali" si differenziano da quello monitorato per:

- l'**assenza di un deflusso sub-superficiale costante generato dal sistema irriguo** che defluisca dalle aree agricole attraverso il sistema tampone; tali condizioni, in assenza del sistema di pompaggio sopra descritto e laddove non sia presente una falda freatica superficiale, si verranno a creare solo occasionalmente ed in dipendenza da particolari condizioni climatiche. Questo comporterà, in generale, una forte **alternanza di condizioni di saturazione e non saturazione** nei suoli, con conseguenti variazioni nell'andamento dei processi implicati nella rimozione dei nitrati;
- l'assenza di un sistema di scoline di irrigazione e raccolta, con la conseguente impossibilità di controllo del tipo di deflussi generati, e la **necessità di comprendere a fondo l'idrologia nel sistema** suolo-vegetazione in condizioni naturali (quantificazione del deflusso sub-superficiale, del runoff, della lisciviazione profonda ecc…);
- la presenza di un **carico inquinante** attraverso la fascia tampone, **molto irregolare e con andamento a picchi,** in dipendenza dalle lavorazioni in atto nelle aree agricole limitrofe e dalle condizioni idrologiche;

Obiettivi specifici:

- **monitorare in parallelo l'efficacia di due fasce tampone arborate (bifilari)**, pertinenti a 2 "indicator" plots. Il primo (Campo 1) è stato gestito secondo le consuete pratiche aziendali (no deroga), mentre nel secondo sono state adottate tecniche colturali migliorative/innovatiove (deroga) (vedi azione due di questo progetto LIFE+ AQUA);
- **comprendere e descrivere i principali** processi in atto e le **dinamiche idrologiche** al fine di fornire eventuali **indicazioni operative** per il miglioramento di tali sistemi.

2. PIANO DI ATTIVITÀ

Al fine del conseguimento degli obiettivi sopra descritti sono state effettuate le seguenti fasi progettuali:

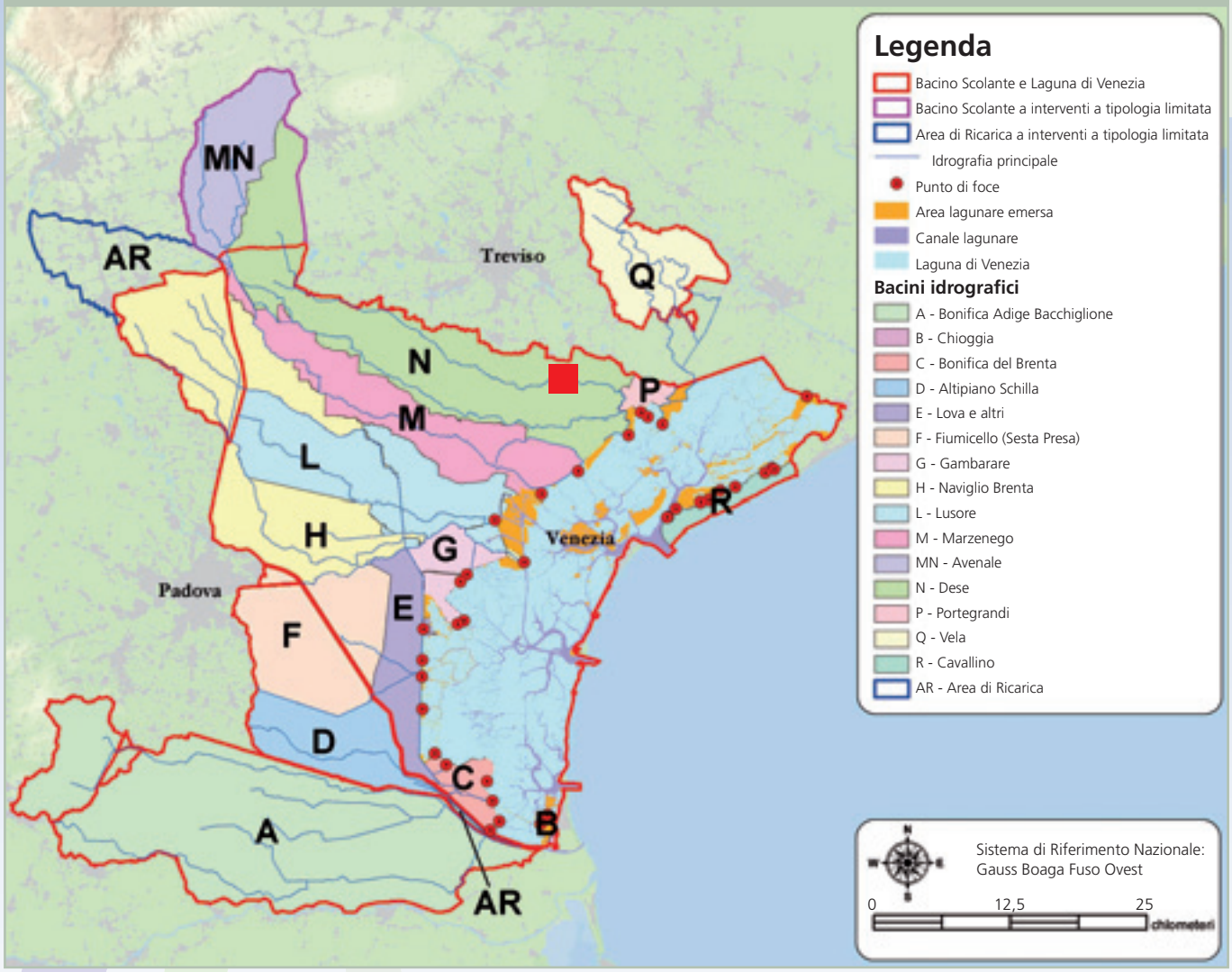
- ***Fase 1:*** definizione del **protocollo di monitoraggio**, contenente la descrizione dettagliata della frequenza e della tipologia dei rilievi analitici da effettuare e le indicazioni su eventuali adattamenti da realizzare al sito sperimentale funzionali alla sperimentazione (scelta e collocazione della strumentazione).
- ***Fase 2:*** **allestimento del sito sperimentale** e messa in loco delle attrezzature: installazione della rete piezometrica e di lisimetri a suzione con coppa porosa, installazione di sonde per il rilevamento in continuo di parametri del suolo (FDR: contenuto volumetrico di acqua nel suolo) e installazione di apposita strumentazione per la misura dei deflussi superficiali (Runoff).
- ***Fase 3:*** **formazione e consulenza ai tecnici di Veneto Agricoltura** per la raccolta dei campioni sia d'acqua che di suolo secondo il protocollo definito.
- ***Fase 4:*** **raccolta dati, analisi di campo e di laboratorio.** Costituisce la fase operativa vera e propria e comprende: campionamento e consegna delle acque prelevate dalla rete piezometrica, dai lisimetri a suzione e dalle scoline; misure chimico-fisiche sui campioni di suolo.
- ***Fase 5:*** **elaborazione dei dati** raccolti, analisi critica e discussione dei risultati emersi.

3. AREA DI STUDIO

3.1 Inquadramento territoriale

Il sito sperimentale è posto all'interno dell'Azienda Pilota e Dimostrativa "Diana", situata nel Comune di Mogliano Veneto (TV) e gestita da Veneto Agricoltura.
L'azienda è completamente pianeggiante, con un'altezza media di 5 metri s.l.m., prevalentemente a scolo naturale, e presenta appezzamenti sistemati alla ferrarese, delimitati longitudinalmente da scoline sversanti in capofossi. I terreni sono di medio impasto con tendenza all'argilloso. La superficie territoriale aziendale è pari a circa 133 ettari di cui 120 SAU. Lo scopo principale dell'azienda è quello di testare e mettere a punto tecniche innovative e consentirne il trasferimento in ambito agricolo e forestale. Al fine di perseguire questo obiettivo l'azienda viene utilizzata essenzialmente per sperimentazioni finalizzate al trasferimento dell'innovazione che riguarda tecniche di agricoltura sostenibile a basso impatto per l'ambiente naturale (Veneto Agricoltura 2011).

Figura 1 – Localizzazione dell'area sperimentale (quadrato rosso) all'interno del Bacino idrografico del Fiume Dese (cartografia ARPAV) e sua ubicazione rispetto al Bacino scolante della Laguna di Venezia.



3.2 Il sito sperimentale

3.2.1 Struttura e dimensioni

Per l'installazione dei siti di monitoraggio (45°34'51"N e 12°18'40"E) sono state scelte due fasce tampone bifilari attigue collocate tra un campo coltivato ed una scolina di drenaggio (Figura 2). Le due fasce tampone hanno un sesto di impianto simile ma di diversa lunghezza (200 metri e 70 metri rispettivamente per campo 1 e 2), mentre l'ampiezza è complessivamente di circa 11 metri dati dalla combinazione di:

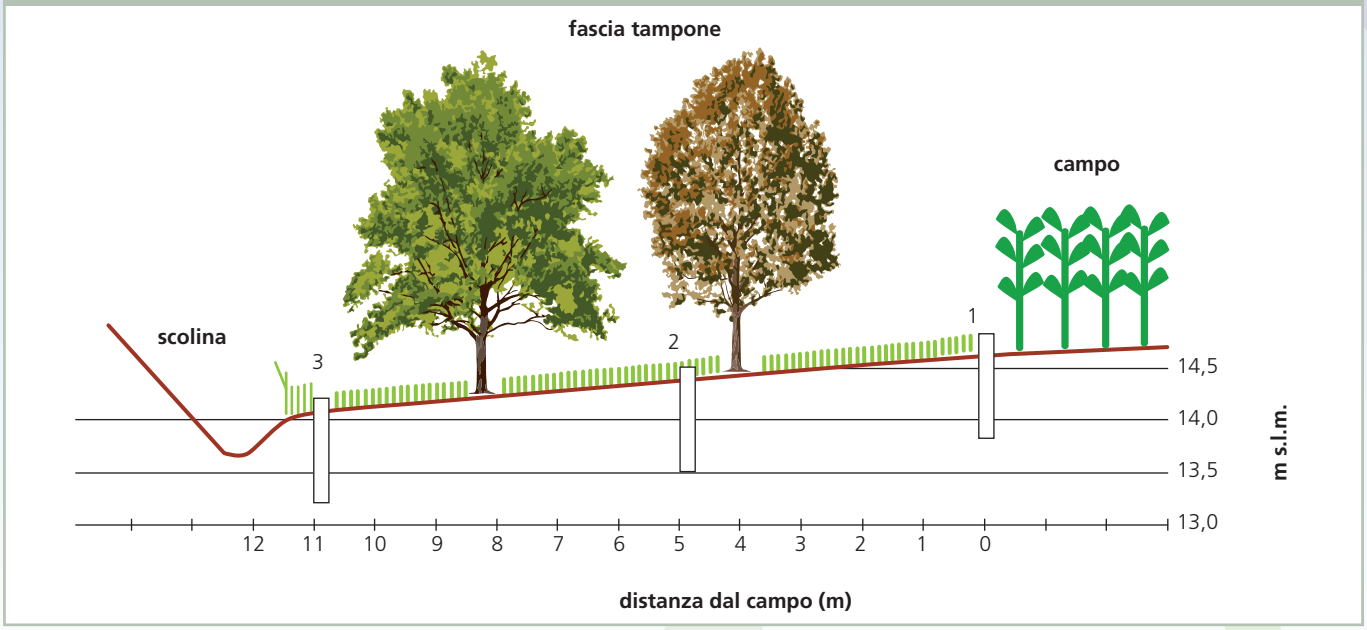
- una fascia erbacea gestita (parzialmente a terreno nudo), posta tra il campo coltivato ed il primo filare arboreo, che viene utilizzata per il passaggio dei mezzi impiegato nello svolgimento delle abituali attività agricole e per le operazioni di gestione della fascia tampone (potature laterali, taglio dell'erba). L'ampiezza è di 3,5 m;
- un bifilare arboreo-arbustivo (per gli aspetti forestali si veda la descrizione in seguito); la distanza fra i 2 filari è di 4m;
- un'ulteriore fascia erbacea gestita, di ampiezza 3 metri che divide il filare esterno dalla limitrofa scolina di drenaggio (Figura 3).

La sistemazione dei terreni è "alla ferrarese", con una baulatura che origina una linea di colmo (parallela alla direzione di lavorazione) e due falde con pendenza dell'1-3% e dirette verso le scoline laterali; una leggera baulatura è stata conferita anche verso le testate. La differenza di quota fra l'estremo Nord del campo e quello sud è di 44 cm. Le fasce tampone sperimentali sono poste in direzione Nord-Sud.

Considerando le pendenze in gioco, si può ipotizzare che verso la fascia tampone sperimentale drenino poco meno del 50% delle acque provenienti dai campi coltivati, che complessivamente sono larghi 26 m, lunghi 200 m (campo 1 non deroga) e 74 m (campo 2 deroga).

Figura 2 – Vista ortografica dei due siti di monitoraggio: campo 1 (non deroga) e campo 2 (deroga).

Figura 3 – Sezione trasversale delle fasce tampone sperimentali.



Per la realizzazione dell'impianto arboreo-arbustivo è stato utilizzato un sesto d'impianto adatto a terreni argillosi e poco drenanti con funzionalità prevalente di tipo ambientale (Figura 4 e Figura 5). La formazione arboreo/arbustiva lineare a due filari è stata messa a dimora nel 2004 ed è composta da: due specie arboree ad alto fusto (*Fraxinus excelsior, Quercus robur*) e due a ceppaia (*Acer campestre e Carpinus betulus*) alternate da essenze arbustive quali: *Crategus monogina, Corylus avellana, Euonymus europaeus, Ligustrum vulgare e Prunus spinosa*. La distanza fra i filari è di 4 metri mentre la distanza inter-fila è di 1,5 m. In termini gestionali viene effettuata periodicamente una potatura laterale.

Figura 4 – Vista della fascia tampone sperimentale e del campo 1 (non deroga).

Figura 5 – Vista della fascia tampone sperimentale e del campo 2 (deroga).

3.2.2 Caratteristiche pedologiche

Il profilo del suolo descritto ricade nelle depressioni dell'antica pianura alluvionale (tardiglaciale) del Brenta (unità cartografica ZRM1) costituite prevalentemente da argille e limi (Tabella 1) ("Carta dei suoli del bacino scolante in laguna di Venezia", ARPAV 2004).

In prossimità del sito sperimentale detto CAMPO 1 (non deroga) è stato effettuato e descritto a maggio 2011 (da ARPAV) un profilo pedologico con lo scavo di una trincea profonda 160 cm. Il suolo è caratterizzato da granulometria fine e dalla presenza di un orizzonte calcico in profondità. In particolare è possibile distinguere un orizzonte superficiale di 30 cm (*Ap1*) di colore bruno oliva, a tessitura franco limoso argillosa (Tabella 1), scarsamente calcareo e alcalino con permeabilità stimata moderatamente alta, uno strato sottostante fino a 100 cm di profondità (*Ap2 e 3+BC*) con caratteristiche simili ma con una colorazione più chiara e una permeabilità stimata moderatamente bassa. Al di sotto si trovano due orizzonti di spessore di circa 25 cm (*Chg1*) e 35 cm (*Ckg2)*, di colore grigio verdastro chiaro con molte screziature grigie e bruno giallastre, franco limoso argilloso, calcareo e fortemente alcalino, caratterizzato dall'accumulo di carbonato di Ca e Mg che crea concrezioni irregolari di colore chiaro a cui si aggiungono concentrazioni più o meno elevate di ferro e manganese. In termini tessiturali la percentuale di argilla sale fino al 33,9% e 48,8% rispetto al 21,2% dello strato soprastante. Il suolo in generale presenta una profondità utile alle radici moderatamente elevata, limitata da orizzonti idromorfi, drenaggio mediocre e permeabilità bassa.

Tabella 1 – Tabella riepilogativa delle caratteristiche chimico-fisiche dei diversi orizzonti di suolo rilevate l'undici maggio 2011 nell'area sperimentale – Fonte ARPAV.

Oriz	Lim. sup.	Lim. inf.	Sab. tot.	Limo tot.	Arg.	pH	Carbonati tot.	Calc. att.	C org.	P ass.	CSC	Ca sc.	Mg sc.	K sc.	TSB
	cm	cm	%	%	%		%	%	%	mg/kg	meq/ 100g	meq/ 100g	meq/ 100g	meq/ 100g	%
Ap1	0	30	18,0	64,7	17,3	8,5	10	3	1,1	15	17,2	15,0	1,7	0,3	99
Ap2	30	50	19,3	63,6	17,1	8,5	8	3	0,9	23	16,8	14,5	1,8	0,3	98
Ap3	50	70	22,7	61,6	15,7	8,4	9	3	0,8		14,9	12,5	2,4	0,2	100
BC	70	100	13,9	64,9	21,2	8,5	14	6	0,8		17,8	13,5	4,1	0,2	100
Ckg1	100	125	4,0	62,1	33,9	8,5	28	13	0,4		36,3	34,4	6,5	0,2	100
Ckg2	125	160	4,5	46,7	48,8	8,4	16	5	0,5		36,5	18,0	11,5	0,4	82

©2003-2007 ARPAV Castelfranco V.to (TV) 11/mag/2011 10.46

Sigla: VAR2P0024

Ricollegamento UTS: SD01 MOG1
Grado di ricollegamento: osservazione correlata

Località: Bonisiolo
Comune: Mogliano Veneto (TV)

Materiale parentale: sedimenti fluviali, depositi di piena a bassa energia limosi
Substrato: sedimenti fluviali, depositi di piena a bassa energia argillosi
Pietrosità: 0% ghiaia 0% ciottoli 0% pietre
Rocciosità: assente
Aspetti superficiali: coltura o inerbimento in atto
Falda: assente
Drenaggio: lento
Permeabilità: bassa
Uso del suolo: latifoglie
Rilevatori: Francesca Ragazzi, Adriano Garlato, Luca Rigato
Data di descrizione: 28/02/2011

Classificazione

Soil Taxonomy (KEYS 2010): Oxyaquic Eutrudepts fine-silty, mixed, mesic
WRB (2006): Endogleyic Calcisols (Orthosiltic)

Descrizione del profilo ad opera di ARPAV Treviso:

Ap1: (0-30 cm), colore di massa bruno oliva (2.5Y4/3); umido**; tessitura franco limosa**; scheletro assente; struttura principale poliedrica subangolare media, moderata, struttura secondaria poliedrica subangolare fine, moderata; friabile (umido), fragile (umido); comuni noduli di ferro e manganese medie; pori fini comuni e grandi comuni; poche radici medie e poche molto fini; effervescenza violenta; limite chiaro lineare. Densità apparente: 1,31 g/cm^3. Permeabilità moderatamente alta (Ksat stimata= 9,276 mm/h).

Ap2: (30-50 cm), colore di massa bruno oliva chiaro (2.5Y5/4); umido; **tessitura franco limosa**; scheletro assente; struttura principale poliedrica subangolare media, moderata; friabile (umido), fragile (umido); pori fini comuni; poche radici grossolane e poche medie; effervescenza violenta; limite chiaro lineare. Densità apparente: 1,60 g/cm^3. Permeabilità moderatamente bassa (Ksat stimata = 0,943 mm/h).

Ap3: (50-70 cm), colore di massa bruno oliva chiaro (2.5Y5/4); molte screziature di colore bruno scuro (7.5YR4/4) piccole e molte screziature grigio brunastro chiaro (2.5Y6/2) piccole; umido; **tessitura franco limosa**; scheletro assente; struttura principale poliedrica subangolare media, debole; resistente (umido), fragile (umido); comuni concrezioni di carbonati di Ca e Mg medie e comuni noduli di ferro e manganese medie; pori fini comuni; poche radici medie; effervescenza violenta; limite chiaro ondulato. Densità apparente: 1,61 g/cm^3. Permeabilità moderatamente bassa (Ksat stimata = 1,136 mm/h).

BC: (70-100 cm), colore di massa bruno oliva chiaro (2.5Y5/3); molte screziature di colore grigio brunastro chiaro (2.5Y6/2) piccole e molte screziature bruno giallastro (10YR5/6) piccole; umido; **tessitura franco limosa**; scheletro assente; struttura principale poliedrica subangolare media, debole; resistente (umido), fragile (umido); comuni concrezioni di carbonati di Ca e Mg medie; pori fini comuni; poche radici medie e poche molto fini; effervescenza violenta; limite abrupto lineare. Densità apparente: 1,62 g/cm^3. Permeabilità moderatamente bassa (Ksat stimata = 1,402 mm/h).

Ckg1: (100-125 cm), colore di massa grigio verdastro chiaro (10Y7/1); molte screziature di colore bruno giallastro (10YR5/6) piccole; umido; tessitura franco limoso argillosa; scheletro assente; struttura principale assente (orizzonte massivo); resistente (umido), fragile (umido); frequenti concentrazioni soffici di carbonati di Ca e Mg medie e frequenti concrezioni di carbonati di Ca e Mg grossolane e concentrazioni soffici di ferro e manganese comuni medie; pori fini comuni; poche radici medie e poche molto fini; effervescenza violenta; limite chiaro lineare. Densità apparente: 1,53 g/cm^3. Permeabilità moderatamente bassa (Ksat stimata = 1,683 mm/h).

Ckg2: (125-160 cm), colore di massa grigio verdastro chiaro (10GY7); molte screziature di colore giallo bruno (10YR6/6) medie; umido; tessitura argilloso limosa; scheletro assente; struttura principale assente (orizzonte massivo); molto resistente (umido), deformabile (umido); frequenti concentrazioni soffici di carbonati di Ca e Mg medie e comuni concrezioni di carbonati di Ca e Mg grossolane e concentrazioni soffici di ferro e manganese poche medie; pori fini comuni; poche radici molto fini; effervescenza violenta; limite sconosciuto. Densità apparente: 1,53 g/cm^3. Permeabilità moderatamente bassa (Ksat stimata = 0,034 mm/h).

3.2.3 Attività colturale

Le due fasce tampone prese in esame sottendono una ad un campo coltivato con tecniche tradizionali ed una ad un campo in cui è stato adottato un protocollo operativo in deroga finalizzato alla riduzione delle perdite di nutrienti (azoto e fosforo) secondo lo schema seguente:

Campo 1 NON DEROGA
fase di pre-semina: distribuzione di **170 kg N/ha di liquame**;
fase di semina: distribuzione di **200 kg/ha di perfosfato** triplo ibrido: NK verde max 700 (classe FAO 700);
concimazione di copertura in sarchiatura (4-8 foglie): distribuzione di **200 kg/ha urea** (92 KgN/ha);
post trinciatura: terreno nudo.

Campo 2 DEROGA
fase di pre-semina: distribuzione di **150 kg N/ha di liquame**;
fase di semina: distribuzione di **200 kg/ha di perfosfato** triplo ibrido: NK verde max (classe FAO 700);
concimazione di copertura in sarchiatura (4-8 foglie): liquame in copertura **100 kg/ha**
post trinciatura: loiessa (cover crop).

A queste pratiche si devono aggiungere le lavorazioni e i diserbi tradizionali.
Nella Tabella 2 viene inserito tutto il ciclo colturale utilizzato nei due siti messi a confronto: deroga e non deroga e nelle foto della Figura 6 vengono evidenziati diversi momenti dello spandimento dei fertilizzanti organici.

Tabella 2 – Calendario delle attività colturali effettuate dal dott. F. Gasparini durante l'attività sperimentale dell'azione 2 (prof. Sartori).

Campo 1			
Data	**Operazione**	**AZOTO da concimazione organica**	**AZOTO da concimazione minerale**
11/04/2011	presemina	170 N kg/ha da digestato	
13/04/2011	semina mais		
01/06/2011	concimazione di copertura		92 N kg/ha da Urea 46%.
24/08/2011	raccolta mais		
24/10/2011	distribuzione liquame + aratura	170 N kg/ha da "liquame bovino da carne"	
02/04/2012	semina mais		
30/05/2012	concimazione di copertura		200 N kg/ha da Urea 46%
11/08/2012	raccolta mais		
26/10/2012	distribuzione letame + aratura	170 N kg/ha da "liquame bovino da carne"	
15/05/2013	concimazione presemina		24 N kg/ha (300 NPK kg/ha 8-24-24)
19/05/2013	semina mais		
17/06/2013	sarchiatura con concimazione		78 N kg/ha da urea 46%
02/07/2013	sarchiatura con concimazione		78 N kg/ha da urea 46%
06/09/2013	raccolta mais		

Campo 2			
Data	**Operazione**	**AZOTO da concimazione organica**	**AZOTO da concimazione minerale**
11/04/2011	presemina	170 N kg /ha da digestato	
13/04/2011	semina mais		
14/06/2011	concimazione in copertura	80 N kg/ha da digestato	
24/08/2011	raccolta mais		
13/10/2011	distribuzione liquame + semina loiessa	80 N kg/ha da "liquame bovino da carne"	
19/03/2012	loiessa in copertura	70 N kg/ha da "liquame bovino da carne"	
15/05/2012	raccolta loiessa		
06/06/2012	semina mais		
10/07/2012	distribuzione liquame	60 N kg/ha da "liquame bovino da carne"	
08/10/2012	raccolta mais		
16/10/2012	distribuzione liquame	80 N kg/ha da "liquame bovino da carne"	
24/10/2012	semina loiessa		
10/06/2013	raccolta loiessa		
18/06/2013	aratura + semina mais		
19/08/2013	distribuzione liquame	170 N kg/ha da "liquame bovino da carne"	
08/11/2013	raccolta mais		

Figura 6 – Le foto evidenziano diversi metodi utilizzati per lo spandimento dei liquami e del digestato. **Foto 1** e **2** carro-botte equipaggiato con due interratori profondi; **Foto 3** carro-botte equipaggiato con barra a distribuzione rasoterra vicino alla fila di mais; **Foto 4** sistema ombellicale con interratori sotto-superficiali.

4. DEFINIZIONE DEL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO

4.1 Monitoraggio delle dinamiche idrologiche

4.1.1 Misura dell'umidità dei suoli

Per la misura in continuo dell'umidità del suolo sono state posizionate in entrambi i siti 6 sonde (collegate ad un data logger) **FDR (Frequency Domain Reflectometry).** Inizialmente sono state utilizzate solo nel Campo 1 (da aprile 2011) ritenendo che i due siti avessero un'idrologia molto simile. Da analisi puntiformi della falda ipodermica i due siti hanno evidenziato significative differenze, di conseguenza dall'aprile 2012 sono state installate 6 sonde FDR con relativo datalogger anche nel Campo 2 (deroga).
Il dato delle sonde FDR viene espresso direttamente come umidità volumetrica e misurato attraverso la determinazione della costante dielettrica. I principali vantaggi di questo strumento, rispetto ad altre soluzioni, riguardano il fatto di offrire una misura rapida ed affidabile (1-2%), di esprimere il dato direttamente come umidità volumetrica e di permettere misure in continuo.
Per quanto concerne le profondità monitorate, le sonde nel Campo 1 sono state poste a 15, 30, 60 e 90 cm all'interno della fascia tampone tra i due filari di alberi (Figura 7) e due a 15 e 60 cm all'uscita del campo coltivato; nel Campo 2 all'interno della fascia tampone sono state installate lo stesso numero di sonde e alla stessa profondità mentre all'esterno le due sonde sono state installate a 15 e 30 cm di profondità. I dati vengono raccolti in continuo per tutto il periodo di indagine con una frequenza di 1 dato ogni 20 minuti.

Figura 7 – Fasi di posizionamento delle sonde FDR.

4.1.2 Soggiacenza della falda

Per monitorare la falda ipodermica temporanea, che si genera nelle fasi sature (autunno-inverno) e in occasione di eventi meteorici significativi, sono stati posizionati piezometri profondi 1 m, con diametro pari a 50 mm e fessurati per la loro intera estensione. Le misure della falda superficiale, quando presente, sono state rilevate durante ciascun campionamento mediante l'utilizzo di un freatimetro. Inoltre sono stati installati in entrambi i siti e in due piezometri dedicati profondi 1 m un sensore di livello (**trasduttimetro**) collegato ad un datalogger per la misura in continuo dell'altezza della falda superficiale.
Per il controllo delle oscillazioni e al fine di campionare e monitorare anche le acque della falda confinata sono stati posizionati tre piezometri aggiuntivi di lunghezza pari a 2m, di cui 2 completamente fessurati e uno fessurato solo nella porzione compresa fra 1 e 2 m; le modalità e la frequenza delle misurazioni sono le stesse descritte in precedenza.

4.1.3 Runoff

La misurazione dei volumi che defluiscono dalla zona di distribuzione alla fascia tampone attraverso deflussi superficiali (runoff) è stata possibile grazie all'utilizzo di un dispositivo appositamente progettato e realizzato (Borgatti & Peruch) (Figura 8). Questo dispositivo raccoglie le acque superficiali di una porzione del sito lunga 4 metri mediante una grondaia infissa nel terreno. Le acque raccolte dalla grondaia vengono concentrate in un pozzetto all'interno del quale una pompa di sentina pompa l'acqua all'esterno facendola prima passare per un contatore. Inoltre al fine di effettuare un campione delle acque superficiali rappresentativo dell'intero evento è stato posizionato subito dopo il contatore un dispositivo a valvola regolabile che permette di raccogliere una determinata percentuale dell'acqua pompata. Tutto il sistema viene alimentato da una batteria che a sua volta viene caricata da un pannello solare posizionato in loco.

Figura 8 – Immagine del dispositivo per la raccolta dei deflussi superficiali durante la fase di posizionamento in loco.

4.1.4 Precipitazioni e dati meteo

I dati meteo (piovosità, temperatura, evapotraspirazione ecc.) sono stati forniti da A.R.P.A.V., Centro Meteorologico di Teolo, e sono relativi alla Stazione posta all'interno della stessa Azienda Diana.

4.1.5 Bilancio idrologico

Non essendo presente una falda costante, per la determinazione del bilancio idrologico non è stato possibile utilizzare il metodo di Darcy o modelli contenenti equazioni derivanti da esso. Visto il modello concettuale sul comportamento idrologico dei suoli nei due appezzamenti – di seguito descritto – ed essendo disponibili delle misure dirette del *runoff*, il bilancio idrologico è stato calcolato con la seguente equazione:

$$D_s = P_n - ET - \Delta VWC - R$$

dove:

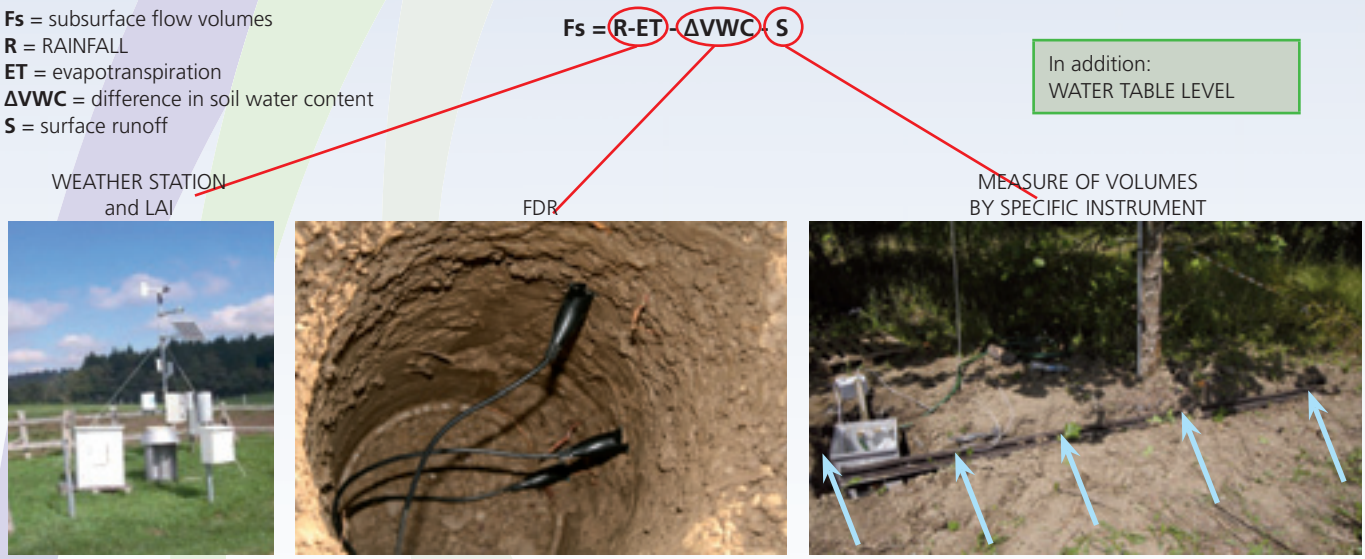
D_s = deflusso sub-superficiale

P_n = precipitazione netta al suolo

ET = evapotraspirazione effettiva

ΔVWC = differenza nel contenuto d'acqua nei suoli nell'intervallo di tempo ($V_t - V_{t-1}$)

R = deflusso superficiale (*runoff*)



Calcolo della precipitazione netta (P_n)
La precipitazione netta, che arriva realmente al suolo, è data dalla precipitazione lorda (P), misurata dagli strumenti di monitoraggio, meno la porzione di precipitazione che viene intercettata dall'apparato fogliare della vegetazione (I).
Per stimare l'aliquota di pioggia intercettata (I) è stata utilizzata la formula proposta da Von Hoyningen-Hune (1983) e Braden (1985).

Calcolo dell'evapotraspirazione effettiva (ET)
Per il calcolo dell'evapotraspirazione si è seguita la metodologia proposta da Allen *et al.* (1998), con alcune ipotesi semplificative.
L'evapotraspirazione effettiva (ET) è funzione dell'evapotraspirazione specifica della coltura (ET_c), secondo la seguente formula:

$$ET = K_s \cdot ET_c$$

dove K_s è il coefficiente di stress idrico, che è funzione della reale disponibilità di acqua nel terreno e delle caratteristiche del suolo.
L'altezza di acqua (V_t), contenuta nel suolo al tempo t, è un dato rilevato dal sistema di FDR installato al suolo.

L'evapotraspirazione colturale (ET_c) dipende dalla evapotraspirazione potenziale (ET_0) secondo un coefficiente che tiene conto dell'effetto della traspirazione della coltura e dell'evapotraspirazione dal suolo.
L'evapotraspirazione potenziale (ET_0), calcolata per una coltura di riferimento in condizioni standard viene calcolata e fornita direttamente da ARPAV.

A fronte di una valutazione sui valori assunti dalle variabili in gioco, in questo studio si è assunto, come ipotesi semplificativa, che l'evapotraspirazione della coltura (ET_c) sia uguale all'evapotraspirazione potenziale (ET_0).

4.2 Monitoraggio delle dinamiche di N

4.2.1 Campionamento delle acque

Per la raccolta dei campioni d'acqua nel suolo sono stati utilizzati gli stessi piezometri descritti per monitorare l'altezza delle falde e, in aggiunta, dei lisimetri a suzione, con coppa porosa in ceramica, che hanno permesso di campionare l'acqua del suolo anche quando non è del tutto saturo, oppure quando le condizioni di saturazione durano per periodi brevi (Figura 9). Per quanto concerne il numero e la distribuzione spaziale dei punti di campionamento si veda il successivo capitolo.
Da dicembre 2012 sono stati utilizzati dei nuovi campionatori (Figura 10) inseriti all'interno dei piezometri. Questi semplici campionatori, composti da un cordino appesantito a cui vengono fissati dei boccettini di plastica da circa 35 ml di volume, sono in grado di raccogliere le acque di deflusso ipodermico e trattenerle fino al momento del campionamento. Questo strumento risulta particolarmente utile nei periodi in cui è difficile mettere in pressione i lisimetri a suzione e il passaggio della falda temporanea nella fascia tampone è molto veloce.
Il sistema appositamente ideato per la raccolta parziale dei deflussi superficiali (vedi Runoff) permette la raccol-

Figura 9 – Posizionamento di lisimetri a sinistra, primo piano di lisimetro al centro e primo piano di piezometro a destra.

ta di un campione d'acqua integrato al fine di effettuare un'analisi anche qualitativa oltre che quantitativa di questa importante componente delle acque di deflusso.

Figura 10 – Campionatore per la raccolta delle acque da utilizzare all'interno dei piezometri.

4.2.2 Analisi chimiche delle acque

Acque

In conseguenza della sinergia che si è venuta a creare tra il Consorzio Acque Risorgive e Veneto Agricoltura le analisi sono state effettuate in due diversi laboratori: CHEMI-LAB e presso l'ARPAV di Treviso. Per un totale di campioni analizzati di 306 e 280 rispettivamente. Gli unici parametri che vengono monitorati con continuità sono: l'azoto nitrico e l'azoto totale.

Metodiche

L'azoto nitrico ($N\text{-}NO_3$) viene misurato mediante Spettrofotometria UV-VIS (UNI EN ISO 13395: 2000).

L'N totale disciolto mediante Spettrofotometria UV-VIS (APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 21st 2005 4500-N B).

I prelievi di campioni di acque per le analisi chimico-fisiche vengono effettuati in corrispondenza delle fasi di fertilizzazione del campo coltivato e di successivi eventi piovosi durante i quali è prevedibile una movimentazione delle forme azotate. Non è possibile stabilire dei tempi standard di raccolta dei campioni poiché i deflussi in uscita dal campo coltivato sono temporanei e si formano solo in seguito ad eventi piovosi consistenti.

4.3 Allestimento del sito sperimentale

Il 24 marzo 2011 è iniziata l'installazione del sito che si è completata in data 15 giugno 2011.

Ognuno dei due "indicator" plot, è stato attrezzato con: 21 coppe porose per il prelievo delle acque di ritenzione del suolo e sottosuolo, con 9 piezometri della profondità di 1 m, uno o due piezometri di 2 m, un piezometro forato da 1 a 2 m di profondità (nel solo campo 1), un dispositivo per la determinazione ed il campionamento del run-off, 6 sonde FDR e relativo datalogger. Per tutti gli strumenti del Campo 2 si tratta di nuove installazioni mentre quelli nel Campo 1 sono stati installati per il monitoraggio inserito nel progetto "Attività di monitoraggio di fasce tampone lineari attraversate da deflussi idrici non gestiti e provenienti da aree agricole limitrofe ai corsi d'acqua (fasce tampone dirette)" del Consorzio Acque Risorgive (responsabile dott. Paolo Cornelio).

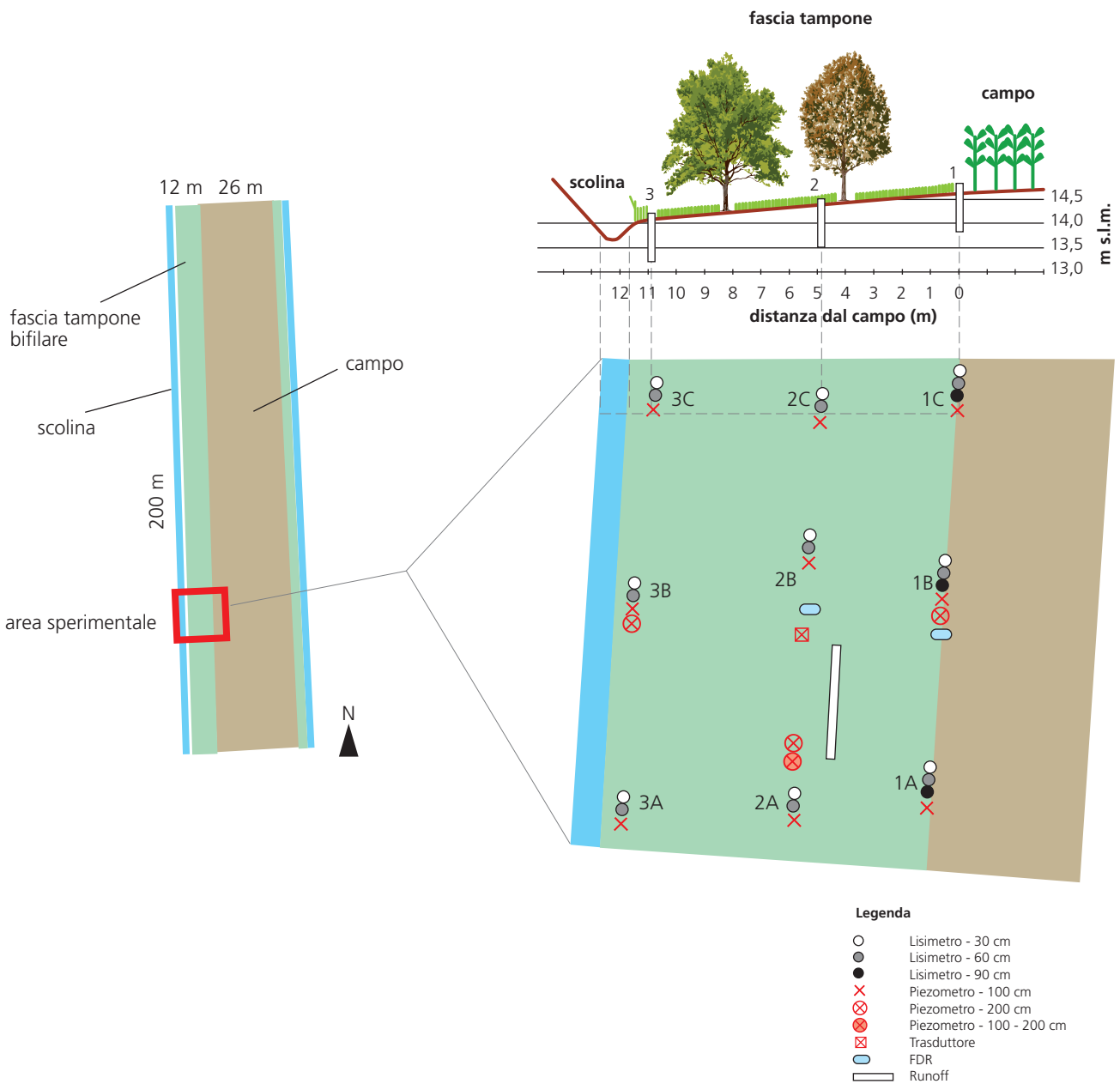
I punti di campionamento sono stati disposti lungo tre sezioni perpendicolari alla fascia tampone arborata, per ognuno dei due "indicator" plot, e disposte a distanze diverse dal campo coltivato:

- zona 1 - al confine tra il campo coltivato e l'inizio della fascia tampone;
- zona 2 - dopo la prima fila di alberi della fascia bifilare;
- zona 3 - all'uscita della fascia tampone bifilare in prossimità della scolina di drenaggio.

Ogni punto di monitoraggio viene moltiplicato per 3 repliche (a, b e c); per maggiori dettagli si veda lo schema rappresentativo riportato in Figura 11.

Ogni punto di campionamento ospitava 2 o 3 coppe porose profonde: 30 cm (solo in uscita campo), 60 cm e 90 cm ed un piezometro lungo 1 m. Da dicembre 2012 il campionatore a boccettini (Figura 10) è stato inserito nei piezometri per la raccolta delle acque.

Figura 11 – Schema della stazione di monitoraggio "CAMPO 1 non deroga", sezione trasversale sopra e visione dall'alto sotto. Lo schema del "CAMPO 2 deroga" è pressoché identico.



5. RISULTATI

Quello che fa di una siepe arborea o di una fascia erbacea un sistema tampone è la possibilità di poter intercettare i deflussi sub-superficiali provenienti dai campi limitrofi (potenziale fonte inquinante). In pratica se i deflussi, in uscita dal campo coltivato che trasportano l'eccesso di nutrienti nelle rete idrica superficiale, non defluiscono attraverso lo strato interessato dalle radici (rizosfera) della fascia tampone essa non sarà in grado di rimuovere in modo efficace i nutrienti in eccesso.
Di conseguenza nella pianificazione dei siti di monitoraggio, per valutare l'efficacia delle fasce tampone, viene sempre prestata una particolare attenzione allo studio dell'idrologia e alle condizioni climatiche.

5.1 Condizioni climatiche

5.1.1 Precipitazioni e temperature

L'andamento climatico durante i quasi tre anni di sperimentazione è risultato alquanto diversificato, si veda Figura 12. Il totale delle precipitazioni annue è stato di: 718 mm nel 2011, 756 mm nel 2012 e di 1200 mm nel 2013.
Durante il 2011 le piogge non evidenziano eventi estremi eccetto un picco di 141 mm a marzo. In particolare si può segnalare una primavera e un tardo autunno particolarmente siccitosi rispetto alle medie stagionali. Valori leggermente più elevati di pioggia rispetto alle attese sono stati registrati nei mesi di giugno e luglio.
La carenza di precipitazioni prosegue anche per tutto l'inverno e inizio primavera del 2012 per riprendere, dopo alcuni eventi significativi avvenuti nei mesi di maggio e giugno, nel periodo estivo. Dall'autunno 2012 dopo un lungo periodo di scarse precipitazioni inizia un periodo quasi ininterrotto di piogge con alcuni eventi importanti, superiori a 100 mm: uno alla fine di marzo 2013 con 143 mm distribuiti in dieci giorni e un secondo il 16 maggio 2013 con 92 mm caduti in poche ore. Le frequenti precipitazioni avvenute tra l'autunno 2012 e la primavera 2013 hanno reso la lavorazione dei terreni particolarmente difficoltosa determinando modifiche nei piani colturali previsti inizialmente.
Le temperature medie giornaliere sono sempre state superiori allo zero anche nel periodo invernale, eccetto l'inverno del 2012. Le temperature massime non evidenziano particolare differenze tra gli anni e seguono il normale andamento climatico stagionale.

5.2 Idrologia

5.2.1 Umidità dei suoli

L'analisi delle variazioni dell'umidità volumetrica dei suoli (rilevate con sonde FDR) in funzione delle precipitazioni permette una prima lettura delle dinamiche idrologiche in atto (Figura 13 e Figura 14).
I valori massimi, di umidità volumetrica che indicano la condizione di saturazione, misurati durante il periodo di studio, sono dell'ordine di 45% (Figura 13). I siti monitorati sono caratterizzati da suoli a tessitura franco-limosa con una percentuale di limo attorno al 60% e una componente di argilla del 20%; i valori risultano coerenti con quanto riportato in letteratura.
Negli strati più superficiali (15 e 30 cm) è evidente la rapida escursione positiva dei picchi di umidità a seguito degli eventi piovosi e il successivo ritorno a condizioni di umidità più ridotta dopo la perdita d'acqua per infiltrazione ed evapotraspirazione. Come da attesa, soprattutto nel periodo estivo, l'escursione risulta più marcata al bordo del campo (zona 1) (Figura 14), rispetto ai suoli all'interno della fascia tampone, a causa della maggior esposizione alla radiazione solare che determina maggiori perdite per evapotraspirazione. Da notare come nel periodo estivo, quando la copertura della vegetazione arborea diviene massima e così la sua capacità di intercettare l'acqua di pioggia, non sempre i picchi di pioggia siano in grado di generare dei picchi di umidità nello strato superficiale di suolo.
Negli strati più profondi (80-90 cm) durante le stagione fredda si evidenzia l'effetto diretto, anche se non immediato, delle precipitazioni, il quale viene poi a mancare durante la stagione estiva a causa delle perdite per evapotraspirazione che annullano l'apporto delle precipitazioni impedendo all'acqua di percolare fino a 60-90 cm. Inoltre questi strati si differenziano per la maggior escursione dei loro valori, in particolare sono da rilevare i valori minimi (circa 10% di umidità volumetrica) raggiunti in estate e prima parte dell'autunno nel 2011 e 2013. I valori massimi di umidità volumetrica, indicatori di condizioni di saturazione del suolo, sia nel 2011 che nel 2013 perdurano da dicembre a maggio anche se con alcune oscillazioni. Diversamente nel 2012 le condizioni di saturazione dello strato posto a 90 cm si protraggono per un periodo molto più breve da marzo a maggio.
In generale i due siti presentano un andamento molto simile; tuttavia il campo 2 si differenzia per valori minimi più elevati e per le minori oscillazioni nei periodi di saturazione.

Figura 12 – Andamento dei valori medi decadali della temperatura minima e massima, somma decadale delle precipitazioni durante il periodo di studio. I dati sono stati forniti da ARPAV (centro di Teolo) e provengono dalla stazione di Mogliano Veneto localizzata all'interno dell'Azienda Diana.

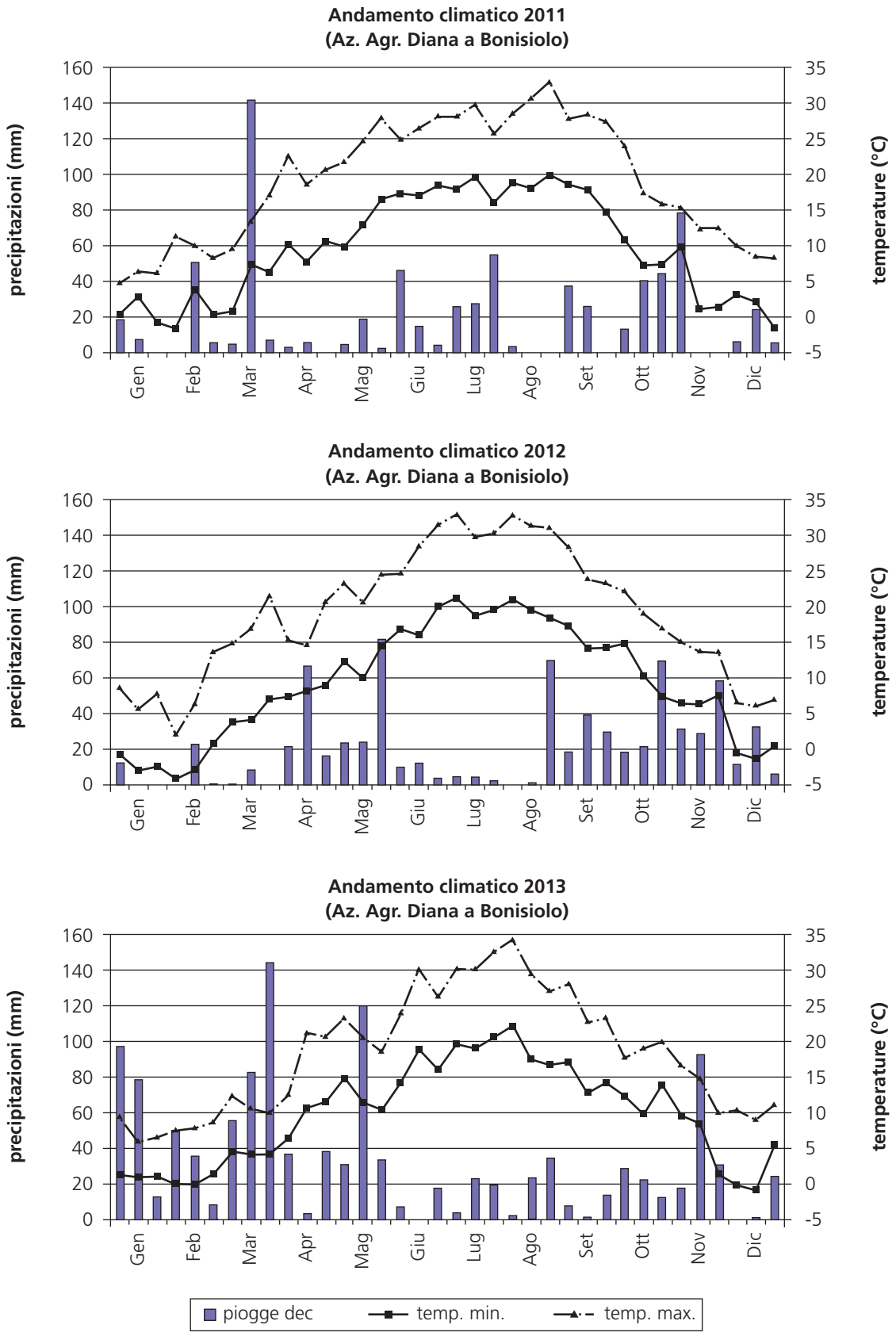


Figura 13 – Variazioni dell'umidità volumetrica dei suoli all'interno della fascia tampone, dal l8 aprile del 2011 al 31 dicembre 2013, registrata a diversa profondità nel suolo, e valori orari delle precipitazioni. I dati di umidità vengono rilevati in continuo con una frequenza di 20 minuti; nella rappresentazione qui riportata è stata effettuata una media oraria.

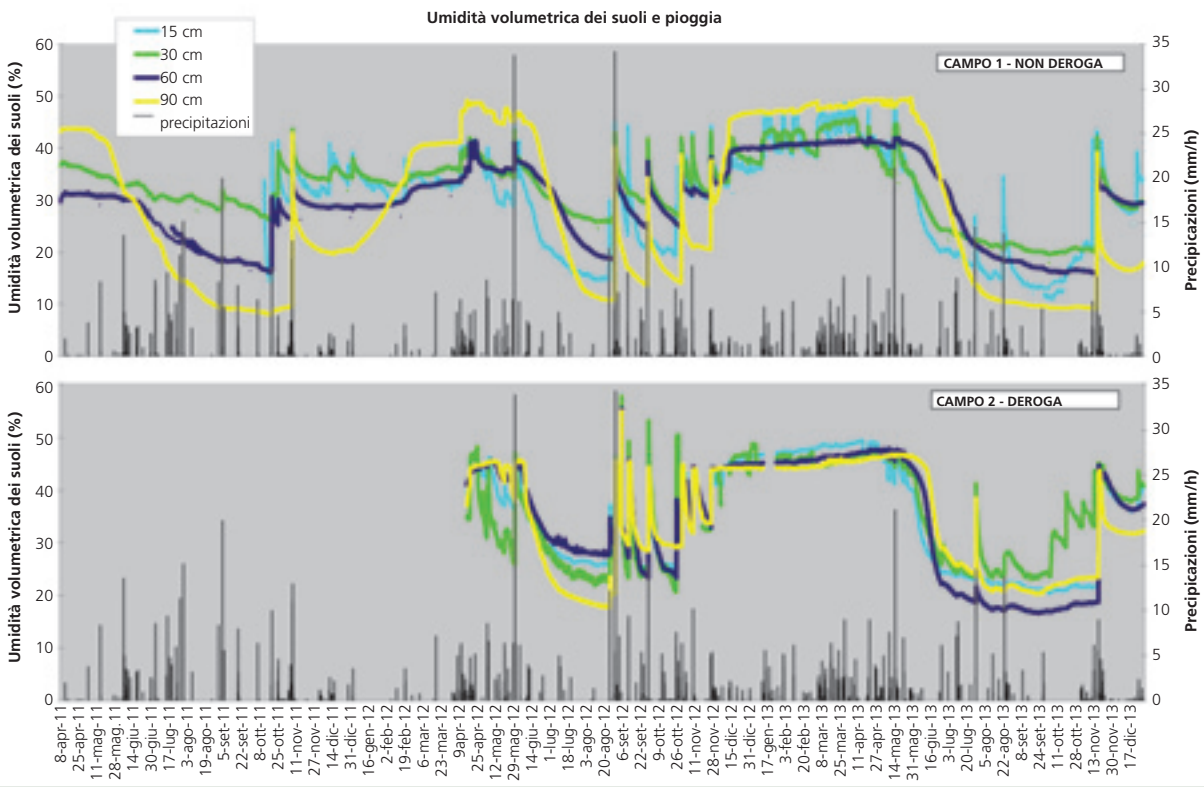
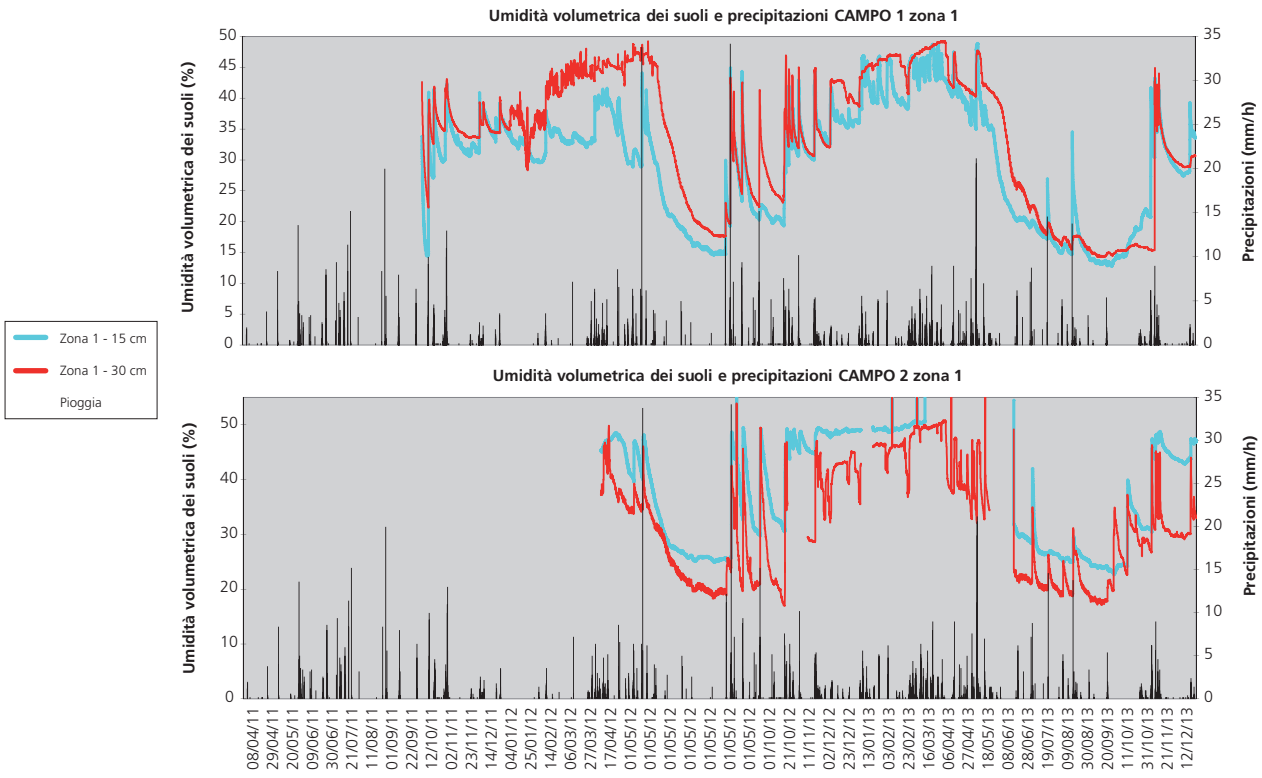


Figura 14 – Variazioni dell'umidità volumetrica dei suoli nella zona al limitare del campo con la fascia tampone, dal l8 aprile del 2011 al 31 dicembre 2013, registrata a due diverse profondità nel suolo, e valori orari delle precipitazioni. I dati di umidità vengono rilevati in continuo con una frequenza di 20 minuti; nella rappresentazione qui riportata è stata effettuata una media oraria.



5.2.2 Dinamiche della falda ipodermica

I suoli con un elevato contenuto di limo e argilla, come quello presente nell'area di studio, sono caratterizzati da dinamiche idrologiche diversificate. Durante i periodi siccitosi prolungati, accentuati dalle elevate temperature (evapotraspirazione) si formano numerose crepe, in questo caso vengono definiti suoli "permeabili per fessurazione". Quando il terreno si trova in queste condizioni le piogge, soprattutto se sono di elevata intensità, tendono a riempire le crepe e muoversi orizzontalmente al loro interno con velocità di deflusso di gran lunga superiore alla K_s (permeabilità a saturazione) calcolata in base alla tessitura. Questa tipologia di deflusso viene anche definito "**flusso preferenziale**" ed è caratterizzato da un'estrema eterogeneità (Mastrocicco *et al.* 2013). I movimenti dell'acqua in questi terreni divengono più lenti ed omogenei quando si imbibiscono e le fessurazioni si chiudono (condizioni di saturazione).

Alla luce delle sperimentazioni già effettuate all'interno della stessa azienda Diana, confermate anche durante questo monitoraggio, si è visto che i deflussi ipodermici o sub-superficiali scorrono in prevalenza su una "**soletta di lavorazione**" presente a circa 90-100 cm di profondità e sul sottostante strato a minor permeabilità presente fino a circa 150 cm. Lo strato tra i 90 e i 150 cm si differenzia per la maggior compattezza che ne riduce la permeabilità.

I **suoli superficiali** (primi 90 cm) sono interessati da condizioni di saturazione temporanei dovuti alle acque meteoriche (escluse quelle che generano runoff superficiale) che si infiltrano verticalmente nei suoli fino ad incontrare lo strato compattato (Figura 15). I movimenti di questi deflussi ipodermici vengono principalmente regolati dalla pendenza imposta ai terreni (circa 1-3%), dal campo coltivato alla scolina di drenaggio.

L'andamento delle quote piezometriche (Figura 16), durante i periodi di saturazione del suolo, evidenzia in quasi tutti i rilievi come i deflussi diretti dal campo alla scolina attraverso la fascia tampone si mantengano pressoché perpendicolari rispetto alla scolina stessa; la falda quindi defluisce interamente attraverso il sistema tampone con andamento simile a quello del piano campagna.

Nonostante la presenza di un suolo limo-argilloso molto lento, nei primi 80-90 cm di profondità i movimenti laterali e verticali dell'acqua vengono favoriti nel campo colti-

Figura 15 – Schema grafico che rappresenta i deflussi ipodermici temporanei che attraversano la fascia tampone nel primo metro di suolo.

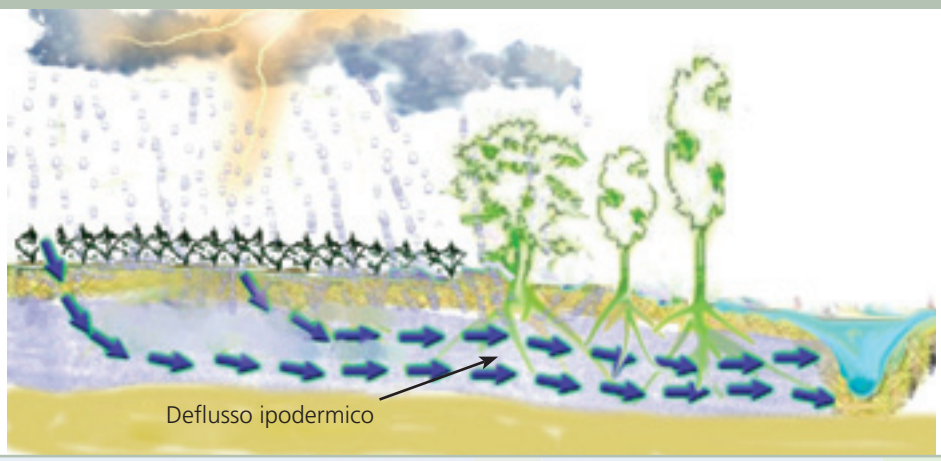
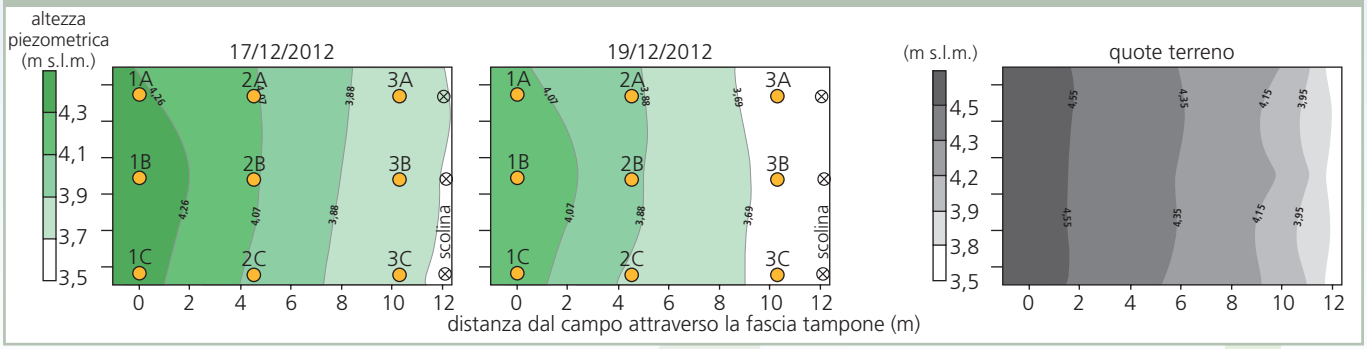


Figura 16 – L'andamento delle quote piezometriche in 2 date rappresentative della fase satura.

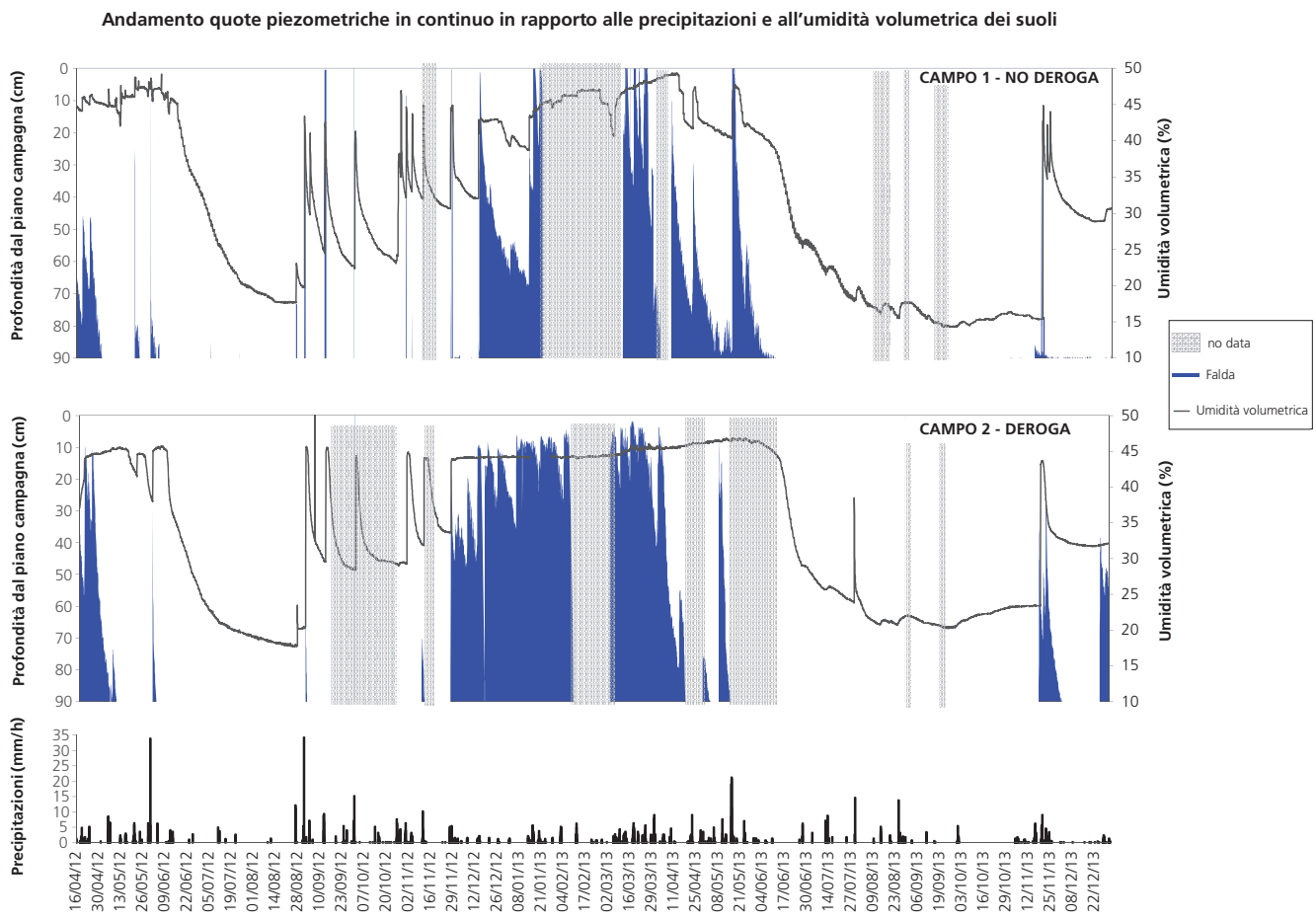


vato da fessurazioni derivanti, oltre che dal disseccamento del suolo anche dalle operazioni di lavorazione ed aratura, e nelle fasce tampone arborate dalla presenza della fitta rete di apparati radicali.

Un ulteriore strato di suolo soggetto a periodiche fasi di saturazione è presente a 150-160 cm dal piano campagna; durante le fasi di saturazione esso risulta tendenzialmente confinato ed in pressione come testimoniato da alcune prove di misura della velocità di risalita effettuate in un piezometro di 2 m fessurato solo nella parte profonda; tuttavia nei periodi in cui i suoli tendono a raggiungere i massimi livelli di saturazione non si può escludere totalmente che i due sistemi saturi possano venire saltuariamente a contatto.

La Figura 17 mostra in modo chiaro le caratteristiche idrologiche dei due siti indagati: le fasce tampone del Campo 1 e 2 nel primo metro circa di suolo vengono attraversate da deflussi ipodermici temporanei e solitamente anche molto effimeri per gran parte dell'anno (da maggio a fine novembre) in entrambi gli anni monitorati. Per contro nel periodo da dicembre ad aprile si evidenzia una presenza quasi costante della falda. È importante sottolineare che la durata delle condizioni di saturazione dipende molto dalle condizioni climatiche. Nel grafico di Figura 17 si evidenzia molto chiaramente lo stretto rapporto tra falda ipodermica e il contenuto di umidità dello strato di suolo a 90cm, inizialmente quando i valori di umidità si mantengono costanti attorno al 45% (valore di saturazione del suolo che solitamente si raggiunge verso fine autunno) indicano la presenza della falda sub-superficiale la quale scompare prima che i valori di contenuto d'acqua nel suolo si riducano in maniera evidente. Da un confronto tra i due siti è stato possibile verificare come le dinamiche della falda ipodermica si differenzino per le maggiori escursioni nel periodo saturo del campo 1 che si ripercuotono se pur in modo meno marcato nei contenuti di umidità dello strato di suolo posto a 90 cm. La maggior omogeneità del campo 2, in cui la falda ipodermica tende ad essere più prossima al piano campagna di quella del campo 1, può essere imputabile alla diversa capacità di deflusso osservata nelle due scoline. Nella scolina del campo 2 infatti sono stati registrati livelli dell'acqua maggiori rispetto a quella del campo 1. Da

Figura 17 – Altezza di falda e percentuale di umidità nei suoli a 90 cm misurate "in continuo" (1 dato ogni 30 minuti) nel campo 1 e nel campo 2 dal 16 aprile al 31 dicembre 2013.



sottolineare inoltre che il mancato deflusso della scolina di drenaggio si riflette sia sull'altezza di falda sia sui tempi di permanenza delle acque all'interno della fascia tampone.

In sintesi nei terreni monitorati in anni abbastanza piovosi si ha una falda quasi continua da fine autunno fino all'inizio della primavera. Nel periodo primaverile la falda si fa più intermittente fino a scomparire del tutto in estate e per quasi tutto l'autunno, poiché è necessario che si imbibiscano tutti i primi 90 cm di suolo e le condizioni di umidità del suolo divengano più omogenee, prima che si abbia la formazione di "acque libere" o falda ipodermica che, se pur con altezze variabili, perduri nel tempo.

I valori misurati puntualmente (Figura 18 e Figura 19) in tutti i piezometri testimoniano la maggior eterogeneità dei sistemi nei periodi primaverili e la maggiore omogeneità nel periodo invernale in cui permane una lunga fase di saturazione dei suoli. In questi periodi è possibile inoltre rilevare la pendenza della falda tra il campo e la scolina.

Figura 18 – Campo 1: misure puntiformi della quota assoluta sul livello del mare (valori riportati sulle ordinate) della superficie di falda effettuate nei piezometri utilizzati per il prelievo dei campioni d'acqua.

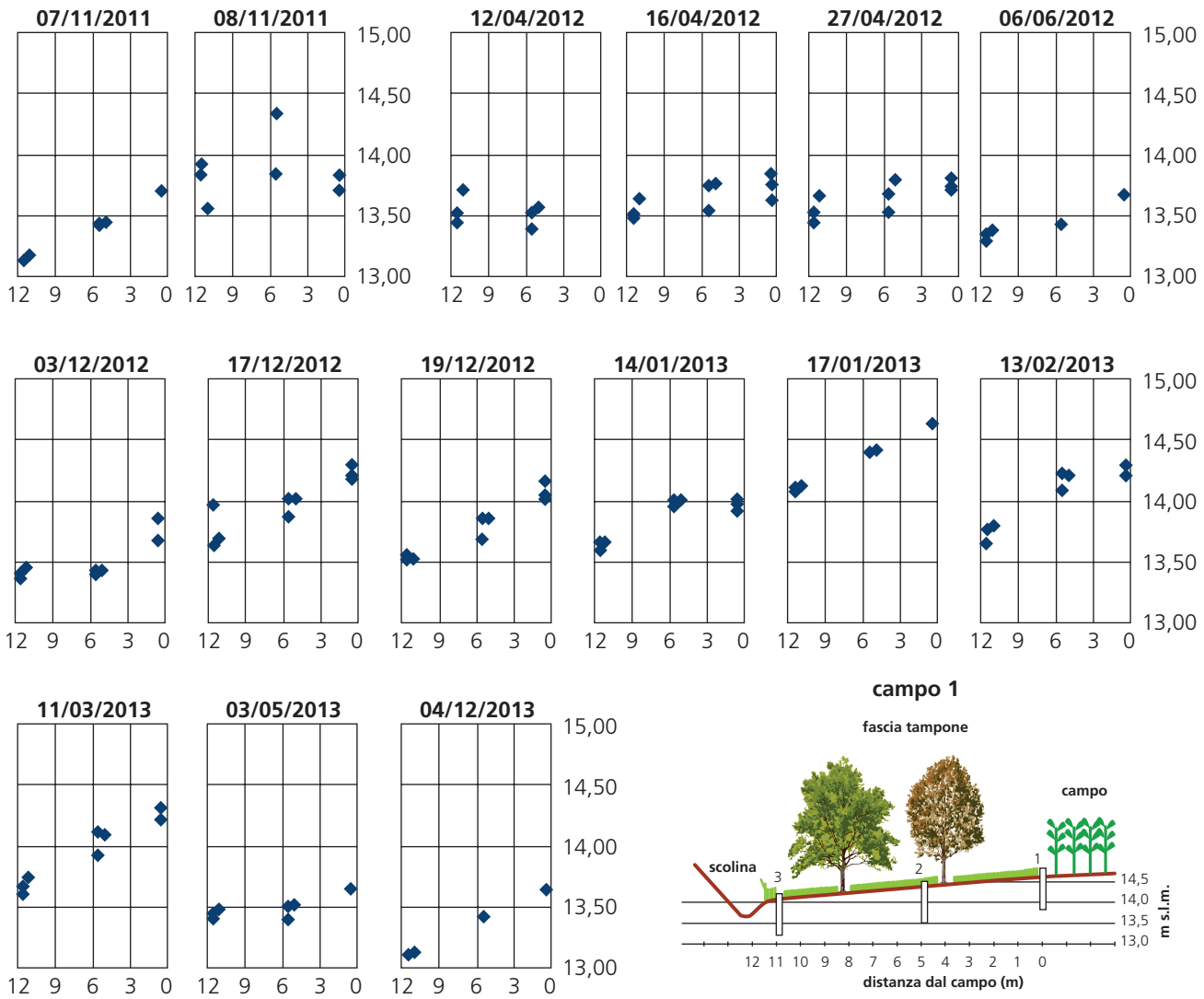
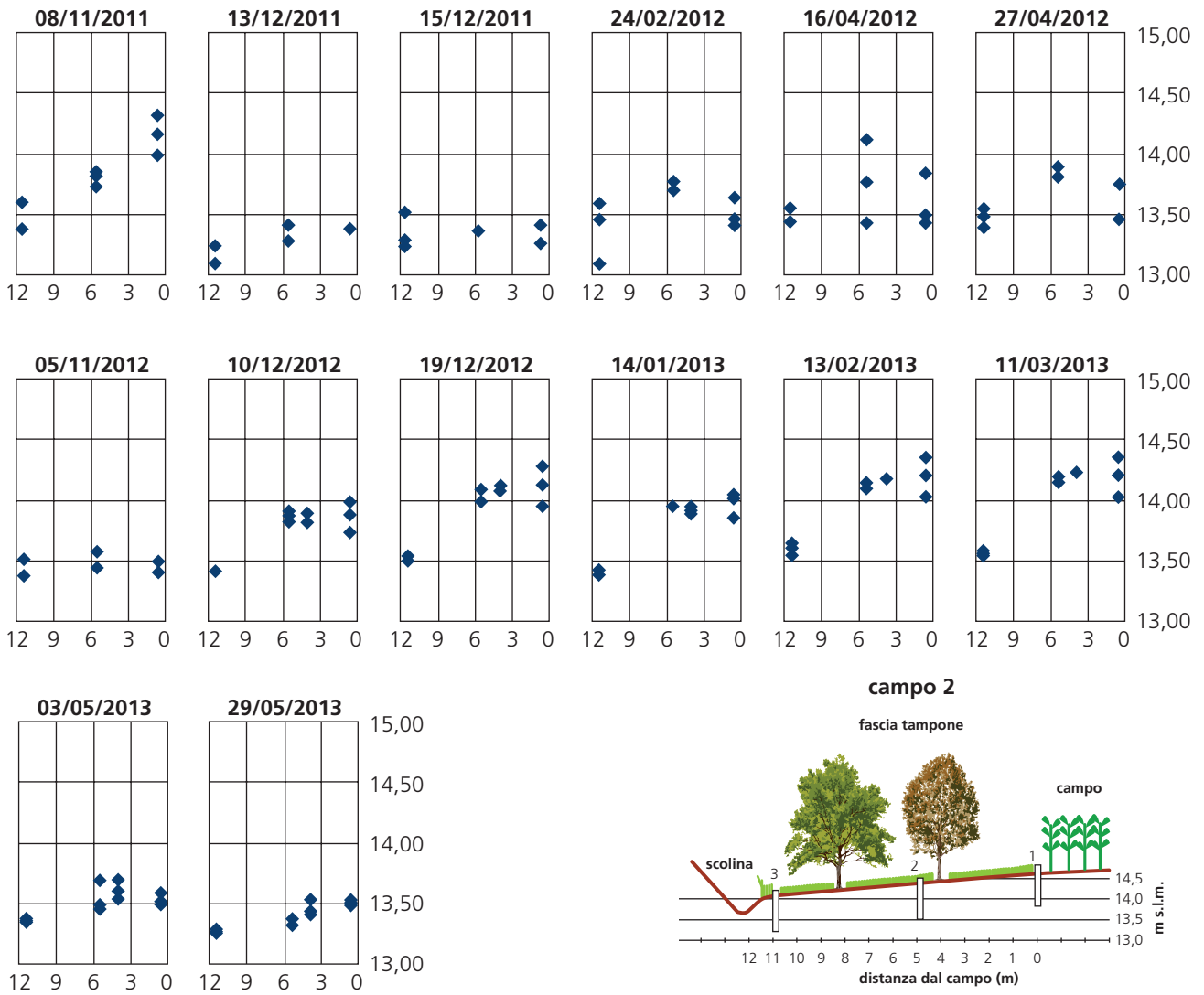


Figura 19 – Campo 2: misure puntiformi della quota assoluta sul livello del mare (valori riportati sulle ordinate) della superficie di falda effettuate nei piezometri utilizzati per il prelievo dei campioni d'acqua.



5.2.3 Quantificazione dei deflussi

Una quantificazione dei deflussi complessivi, sub-superficiali e superficiali (*runoff*) nella sezione di entrata e uscita del sistema tampone sono riportati nelle successive Tabella 3 e Tabella 4. L'incremento significativo delle portate in uscita dal sistema complessivo (campo + fascia tampone) rispetto a quelle in entrata è legato al fatto che l'area del bacino afferente al sistema tampone (compresa fra l'inizio della fascia tampone ed il colmo della baulatura) è insolitamente ridotta rispetto a quella del sistema tampone stesso.

I due sistemi di raccolta delle acque di ruscellamento (runoff) sono stati installati nel campo 1 il 14/6/2011 e nel campo 2 il 13/1/2012. Nonostante ciò i primi dati sono stati registrati verso fine aprile 2012 poiché questi sistemi prima di essere in grado di funzionare adeguatamente necessitano, soprattutto in suoli limoso-argillosi, un certo periodo di adattamento e compattamento con il terreno. Inoltre i deflussi superficiali (runoff) sono caratterizzati da elevata variabilità dovuta a numerosi parametri tra cui: intensità e frequenza delle piogge, pendenza del suolo, livello di saturazione del suolo, tessitura o presenza di ostacoli. Ad esempio in un campo arato non si avranno in genere fenomeni di ruscellamento anche quando tutte le altre varabili sono favorevoli. Nel nostro caso dopo la lavorazione del terreno e la semina si è creato tra il campo e la fascia tampone uno scalino in grado di trattenere il defluire delle acque superficiali (Figura 20). Solo dopo che questo ostacolo si è ridotto si è potuto osservare e registrare, durante alcuni eventi, il generarsi di deflusso di runoff nella fascia tampone.

Come atteso non è stata registrata una stretta correlazione fra le precipitazioni ed il runoff generato. La massima generazione di runoff si è verificata durante il periodo autunno-invernale tra il 2012 e 2013 caratterizzato da forti precipitazioni su suoli saturi o quasi per i frequenti eventi meteorici precedenti. Nel complesso il fenomeno risulta contenuto ed il suo contributo rispetto al deflusso sub-superficiale è dell'ordine di 1% nel campo 1 e del 2-3% nel campo 2. Le differenze tra i due siti sono da imputare oltre all'errore del metodo di monitoraggio ad un diverso piano colturale dei suoli, il campo 1 rimane per tutto l'inverno arato e privo di copertura al contrario del Campo 2 in cui ad ottobre viene seminata la loiessa.

Figura 20 – Evidenze di deflussi superficiali nel Campo 1.

Tabella 3 – Principali voci del bilancio idrologico relativo al "campo 1 – NON DEROGA".

Periodo	Precipitazione	Deflussi totali in uscita dal CAMPO 1	Q sub-superficiale in uscita dal CAMPO 1	RUNOFF in uscita dal CAMPO 1	% deflussi rispetto alle precipitazioni	% RUNOFF rispetto alle precipitazioni
	mm	mm	mm	mm	%	%
2011 (Apr- Dic)	482	191,3	nd	nd	39,7	nd
2012	755	218,7	217,60	1,1	29,0	0,5
2013	1.116	736,0	728,13	7,91	66,0	1,1

Periodo	Precipitazione	Deflussi totali in uscita da FT 1	Q sub-superficiale in uscita da FT 1	RUNOFF in uscita da FT 1	% deflussi rispetto alle precipitazioni	% RUNOFF rispetto alle precipitazioni
	mm	mm	mm	mm	%	%
2011 (Apr- Dic)	482	191,3	nd	nd	39,7	nd
2012	755	218,7	172,38	46,4	29,0	21,2
2013	1.116	736,0	661,04	75,00	66,00	10,2

Tabella 4 – Principali voci del bilancio idrologico relativo al "campo 2 – DEROGA".

Periodo	Precipitazione	Deflussi totali in uscita dal CAMPO 2	Q sub-superficiale in uscita dal CAMPO 2	RUNOFF in uscita dal CAMPO 2	% deflussi rispetto alle precipitazioni	% RUNOFF rispetto alle precipitazioni
	mm	mm	mm	mm	%	%
2011 (Apr- Dic)	482	191,3	nd	nd	39,7	nd
2012	755	342,6	331,13	11,5	45,4	3,4
2013	1.116	755,8	717,49	11,23	67,7	1,5

Periodo	Precipitazione	Deflussi totali in uscita da FT 2	Q sub-superficiale in uscita da FT 2	RUNOFF in uscita da FT 2	% deflussi rispetto alle precipitazioni	% RUNOFF rispetto alle precipitazioni
	mm	mm	mm	mm	%	%
2011 (Apr- Dic)	482	191,3	nd	nd	39,7	nd
2012	755	342,6	293,47	49,1	45,4	14,3
2013	1.116	755,8	622,65	133,14	67,7	17,6

5.3 Rimozione dell'azoto

In generale i suoli in cui è avvenuto il monitoraggio (Tabella 1) sono suoli conservativi che rilasciano pochi deflussi sub-superficiali essendo in grado di assorbire e trattenere grandi quantità d'acqua e conseguentemente di nitrati che in questo modo rimangono a disposizione della coltura. Questa è una delle ragioni principali per cui durante l'indagine qui riportata i valori di concentrazione dell'azoto sono risultati estremamente bassi con valori medi di azoto nitrico solitamente inferiori ad 1 mg/l (si vedano: Tabella 5, Figura 21 e Figura 22).

Dall'indagine idrologica dei suoli si è visto che gli unici momenti in cui si possono formare consistenti e rapidi de-

Tabella 5 – Valori medi di azoto nitrico e azoto totale misurati nei campioni raccolti durante il progetto. I dati qui riportati si riferiscono solo alle date in cui è stato possibile raccogliere un numero adeguato di campioni sia di input che di output.

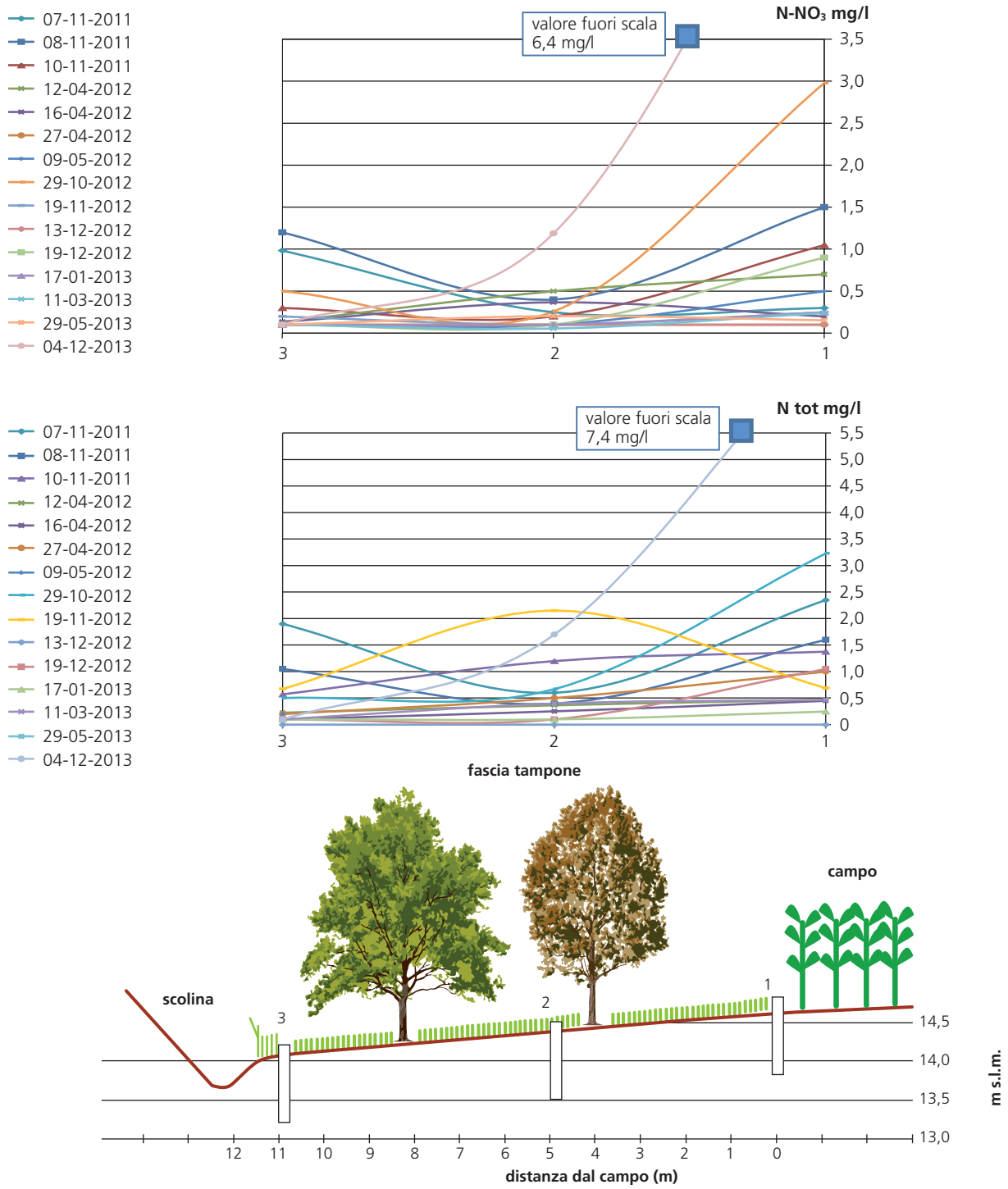
CAMPO 1 "NON DEROGA"						
	$N\text{-}NO_3$ mg/l				N tot mg/l	
zone	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
07/11/2011	0,3	0,3	1,0	0,7	0,6	2,0
08/11/2011	1,5	0,4	1,2	2,4	0,6	1,9
10/11/2011	1,1	0,2	0,3	1,6	0,4	1,1
12/04/2012	0,7	0,5	0,1	1,4	1,2	0,6
16/04/2012	0,2	0,4	0,1	0,5	0,4	0,2
27/04/2012	0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,1
09/05/2012	0,5	0,1	0,1	1,0	0,5	0,2
29/10/2012	3,0	0,3	0,5	3,2	0,7	0,5
19/11/2012	0,25	0,10	0,20	0,69	2,15	0,67
13/12/2012	0,10	0,10	0,10	0	0	0
19/12/2012	0,9	0,1	0,1	1,05	0,1	0,1
17/01/2013	0,25	0,10	0,10	0,25	0,10	0,10
11/03/2013	0,24	0,06	0,10	0,47	0,40	0,10
29/05/2013	0,15	0,20	0,10			
04/12/2013	6,41	1,19	1,10	7,40	1,70	0,10

CAMPO 2 "DEROGA"						
	$N\text{-}NO_3$ mg/l				N tot mg/l	
zone	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
08/11/2011	3,2	0,3	0,1	4,2	1,1	1,0
01/12/2011	3,1		0,9	4,8		1,6
13/12/2011	2,5	0,4	0,1	3,5	1,3	1,1
15/12/2011	1,9	0,4	0,1	2,8	1,4	1,1
20/12/2011	1,8	0,2	0,1	2,9	1,1	1,0
21/02/2012	2,7	0,9	0,5	3,3	1,7	1,1
19/03/2012	3,0	0,4	0,2	3,8	0,7	0,6
09/04/2012	1,2	0,2	0,2	1,8	0,3	0,7
12/04/2012	1,5	0,4	0,1	2,9	1,0	0,6
16/04/2012	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,6
27/04/2012	0,2	0,1	0,1	1,2	0,5	0,5
09/05/2012	0,2	0,1	0,1	1,2	1,0	1,0
06/06/2012	0,3	0,1	0,1	1,3	0,8	0,5
29/10/2012	1,6	0,2	0,1	2,3	1,0	1,0
12/11/2012	1,7	1,1	0,4	2,1	2,4	0,8
03/12/2012	1,1	0,1	0,3	1,1	0,2	0,4
19/12/2012	1,0	0,1	0,1	1,3	0,4	0,3
17/01/2013	0,7	0,1	0,1			
11/03/2013	0,2	00	0	0,3	0,1	0,1
29/05/2013	0,1	0,1	0,1			
27/08/2013	0,2	0,8	0,9	5,4	2,6	4,6
04/12/2013	0,5	0,5	0	0,7	1,4	0,2

flussi ipodermici orizzontali è in concomitanza di piogge intense che cadono sul suolo asciutto e fessurato, come può accadere con una certa frequenza all'inizio dell'autunno. Questi deflussi proprio perché tendono a sfruttare le crepe che si formano nel terreno asciutto sono estremamente eterogenei. In particolare quando le piogge autunnali tardano ad arrivare può accadere che la distribuzione di concime effettuata in ottobre venga in parte dilavata attraverso queste vie preferenziali. Questa condizione nei nostri siti di campionamento si viene a creare in genere nel tardo autunno da novembre a dicembre.

Un'altra causa che può spiegare le concentrazioni modeste rilevate durante l'intero monitoraggio sono le tecniche di spandimento dei concimi organici. In questo progetto

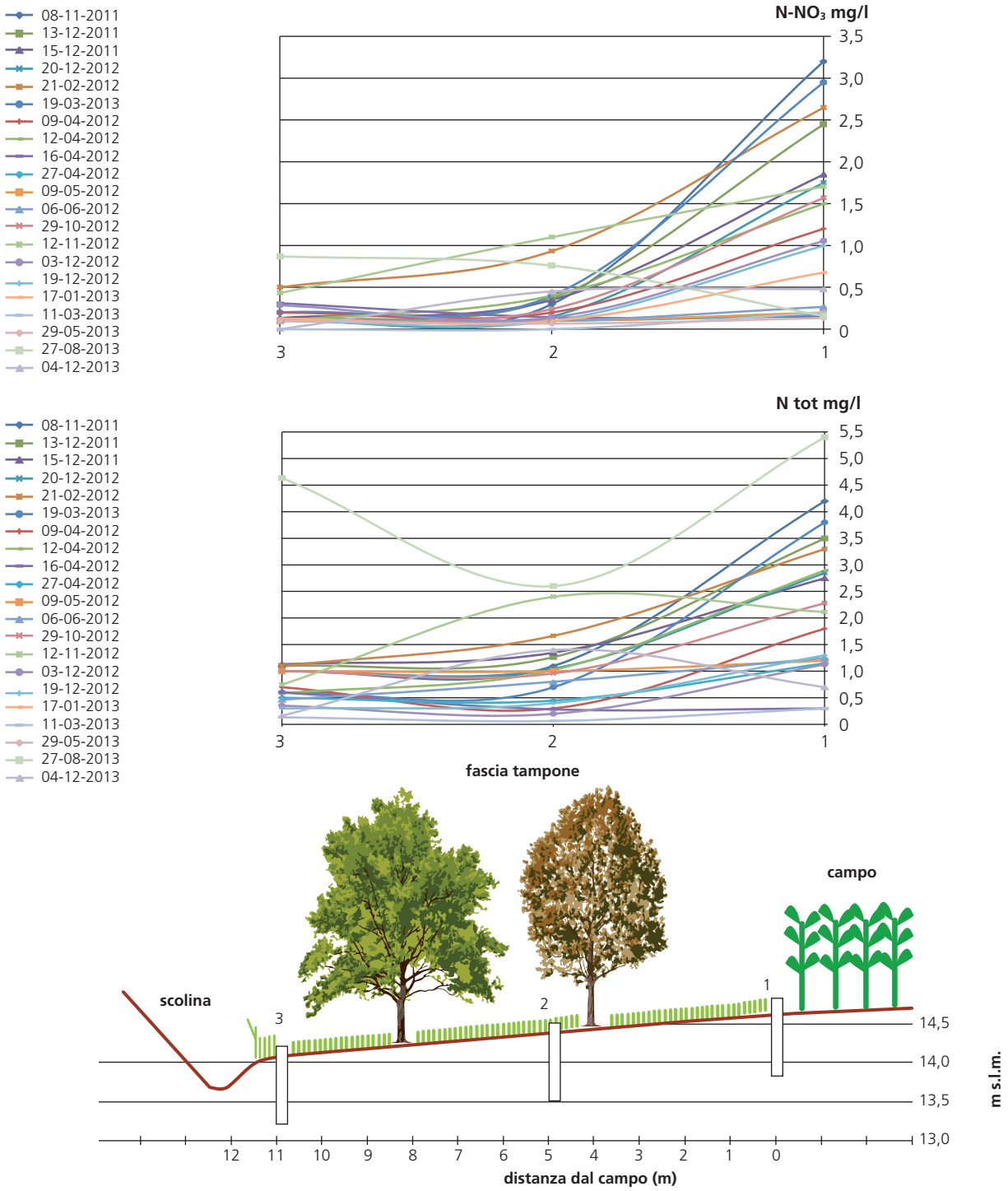
Figura 21 – Concentrazioni medie dei nitrati (sopra) e dell'azoto totale (sotto) in diversi momenti nelle tre zone della Fascia Tampone afferente al Campo 1 "non Deroga".



LIFE sono state usate tecniche attente e precise adeguate alla tipologia di suolo (si veda azione 2), inoltre la distribuzione frazionata in più periodi ne aumenta l'efficacia di assorbimento.

A causa delle basse concentrazioni di azoto in uscita dai due campi monitorati le differenze tra le due tesi "deroga e non deroga" non risultano significative se non per rari eventi dovuti a deflussi rapidi ed estremamente eterogenei.
L'efficacia di questi terreni nel trattenere l'azoto è dimostrata anche da saltuari campionamenti effettuati nel 2013, con lisimetri posti in pieno campo, in cui sono state misurate concentrazioni di azoto nitrico ben più elevate.

Figura 22 – Concentrazioni medie dei nitrati (sopra) e dell'azoto totale (sotto) in diversi momenti nelle tre zone della Fascia Tampone afferente al Campo 2 "Deroga".



Nei campioni d'acqua raccolti l'11 marzo 2013 a 90 cm di profondità sono state registrate concentrazioni di 25,9 e 13,9 mg/l di azoto nitrico e di 26,6 e 16,3 mg/l di azoto totale rispettivamente nel campo 1 e 2. Nei campioni raccolti il 29 maggio sempre con lisimetri posti in campo a 90 cm di profondità le concentrazioni di azoto nitrico si sono ridotte in entrambi i campi a 3,2 e 5,4 mg/l rispettivamente. A conferma vengono in aiuto anche i valori di azoto nitrico misurati nei suoli dei campi coltivati a diverse profondità durante le attività intraprese all'interno dell'azione 2 che mediamente hanno registrato valori tra i 5 e i 10 mg/kg di N-NO_3 con picchi di 35 e 25 mg di N-NO_3/kg nel campo 1 mentre nel campo 2 i valori massimi si sono mantenuti tra i 15 e i 20 mg/kg (si veda azione 2).

La capacità tampone

Alla luce di quanto sopra emerso e considerando l'efficacia di questi sistemi, rilevata in altre ricerche effettuate nella stessa azienda sperimentale (si vedano Report RIDUCAREFLUI 6.2 e progetto NICOLAS), possiamo affermare che le due fasce tampone qui indagate sono sovradimensionate, per lo meno in riferimento alla loro capacità tampone. In effetti come si può vedere dai grafici riportati in Figura 21 e Figura 22, una rimozione consistente sia di nitrati che di azoto totale avviene già nei primi 5 metri di fascia tampone.

Mentre la riduzione di nitrati e azoto totale tra la fila 1 e 2 mette in evidenza l'atteso effetto tampone, meno attesi sono i valori di concentrazione in uscita dalla fascia tampone del campo 1, che in alcune date di campionamento risultano aumentare rispetto alla fila 2. Questo aumento può essere imputabile a sorgenti interne alla fascia tampone che ha una larghezza complessiva considerevole in rapporto all'area di campo sottesa idrologicamente alla fascia tampone. Queste sorgenti interne di azoto possono essere dovute a processi di mineralizzazione e *leaching* dell'abbondante lettiera e/o da processi di nitrificazione.

5.3.1 Bilancio di massa

Come si può osservare dalle tabelle Tabella 6 e Tabella 7, le quantità complessive di azoto veicolate in uscita dal campo 1 e 2 tramite deflussi sub-superficiali sono dell'ordine dei 4-10 Kg/ha/anno con carichi leggermente superiori (21 contro 16 nel intero periodo monitorato) nel campo 1 rispetto al campo 2. Le perdite dal campo rispetto al distribuito sono dell'ordine del 1-3% e quindi estremamente contenute; questo può dipendere sia dalla buona capacità

Tabella 6 – Quantità di N in uscita dal campo 1 "NON DEROGA".

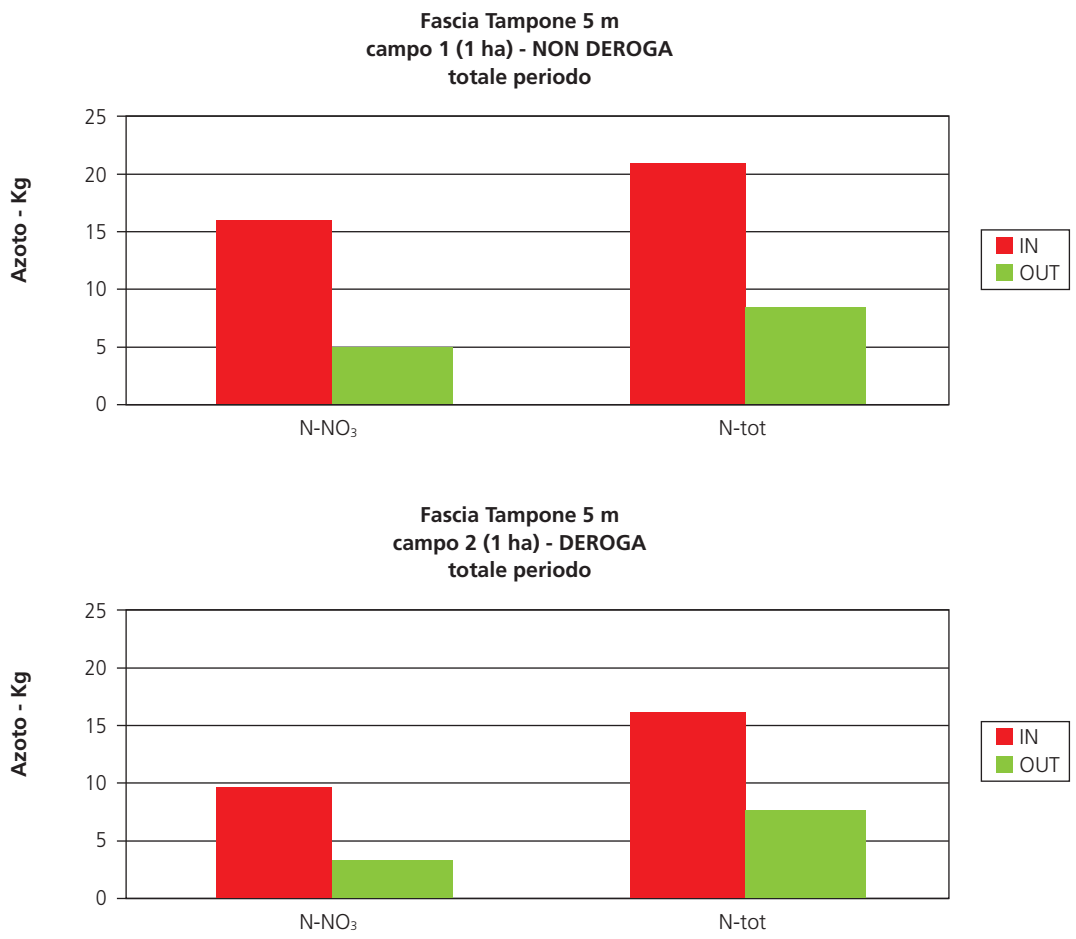
Periodo	USCITA CAMPO 1 Azoto veicoltato tramite deflusso subsuperficiale (Kg/ha)		USCITA FT Azoto residuo dopo passaggio attraverso a FT di 5 m adiacente a un campo di 1 ha (Kg)		% rimozione N		USCITA FT Azoto veicolato tramite RUNOFF (Kg/ha)	
	N-NO_3	N tot	N-NO_3	N tot	N-NO_3	N tot	N-NO_3	N tot
2011 (Apr- Dic)	4,5	5,8	1,2	2,2	74,4	62,5	nd	nd
2012	2,9	3,6	0,9	1,4	70,0	59,6	0,4	1,4
2013	8,7	11,6	3,1	4,6	64,6	59,9	1,1	1,6
Totale	**16,0**	**21,0**	**5,1**	**8,3**	**69,6**	**60,6**	**1,5**	**3,0**

Tabella 7 – Quantità di N in uscita dal campo 2 "DEROGA".

Periodo	USCITA CAMPO 2 Azoto veicoltato tramite deflusso subsuperficiale (Kg/ha)		USCITA FT Azoto residuo dopo passaggio attraverso a FT di 5 m adiacente a un campo di 1 ha (Kg)		% rimozione N		USCITA FT Azoto veicolato tramite RUNOFF (Kg/ha)	
	N-NO_3	N tot	N-NO_3	N tot	N-NO_3	N tot	N-NO_3	N tot
2011 (Apr- Dic)	3,9	5,2	1,2	2,1	70,3	60,0	nd	nd
2012	2,7	5,2	0,7	2,0	75,5	61,7	0,5	0,8
2013	3,0	5,8	1,6	3,7	48,0	36,5	0,6	2,4
Totale	**9,7**	**16,2**	**3,4**	**7,7**	**64,6**	**52,7**	**1,1**	**3,3**

protettiva dei suoli in questione sia dalla bontà delle scelte colturali e delle modalità di distribuzione.
Le percentuali di abbattimento dell'azoto contenuto nei deflussi sub-superficiali (Tabella 6 e Tabella 7, Figura 23) sono in linea con le precedenti indagini effettuate nel sito Nicolas (65% azoto totale e 85% nitrati).
I rilasci molto contenuti di azoto dai campi e la complessità delle dinamiche idrologiche in atto rendono difficoltosi i confronti fra i due siti in quanto le differenze in gioco sono dello stesso ordine di grandezza dell'errore d'analisi. Generalmente i sistemi tampone hanno efficienze anche superiori in situazioni di carico maggiore quando le condizioni idrologiche sono più stabili (ad esempio deflusso di falda costante nel corso dell'anno).

Figura 23 – Confronto delle quantità di N in ingresso ed uscita dalle fasce tampone arboreo-arbustive monofilari di ampiezza 5 m per ciascuno dei 2 plot sperimentali.



6. CONCLUSIONI

Volendo estendere i risultati di questo monitoraggio per tutte le aziende agricole è importante sottolineare che non sarà possibile ripercorrere, da parte dell'agricoltore, la stessa precisione e attenzione nello spandimento dei liquami. Di conseguenza le perdite dal campo registrate in questo progetto potrebbero essere sottostimate se utilizzate in un'estrapolazione ad ampia scala.

Di seguito vengono riportate per punti le principali conclusioni emerse da questo studio.

Non ci sono differenze significative tra le due tesi: Campo 2 in DEROGA e Campo 1 NON DEROGA. Le eventuali differenze che si possono creare tra i due Campi sono dovute ad episodi saltuari e puntiformi o ad errori di misura.

I rilasci di azoto dai due campi sono estremamente contenuti ma in linea con quanto riportato in letteratura, per questa tipologia di suoli, con perdite del 1-3 % rispetto al distribuito.

I primi 5 metri di fascia tampone sono sufficienti per raggiungere valori di abbattimento dell'azoto dell'ordine di 70% per i nitrati e 60 % per l'azoto totale. Gli abbattimenti più contenuti calcolati nel campo 2 per il 2013, sono anche in questo caso da imputare alle concentrazioni molto basse.

L'intera fascia tampone di 11 metri è sovradimensionata rispetto all'area sorgente e la stessa fascia in sporadici momenti può divenire sorgente di azoto per lo più in forma organica.

Si può concludere che entrambi gli appezzamenti generano un carico di azoto, diretto alla rete idrica superficiale, molto contenuto.

7. BIBLIOGRAFIA

Allen R., Pereira L. S., Raes D., Smith M.: Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO, Irrigation and drainage Paper 56, 1998.

Braden H. Ein Energiehaushalts und Verdunstungsmodell for Wasswr und Stoffhaushaltsunter-suchungen landwirtschaftlich genutzer Einzugsgebiete. Mittelungen Deutsche Bodenkundliche Geselschaft, 42, pp. 294-299, 1985.

Di Molfetta A. Sethi R. 2002. – *Piano della caratterizzazione: metodologie di campionamento del mezzo saturo e non saturo*. - Politecnico di Torino. Corso di caratterizzazione e bonifica siti contaminati. Bologna 12-15 marzo 2002.

Facciorusso J., C. Madiai, G. Vannucchi, 2007 - Terreni non saturi. Dispense di Geotecnica Dipartimento di Ingegneria Civile – Sezione Geotecnica, Università degli Studi di Firenze

Farina E., 2004 - Sonde FDR per l'automazione irrigua in fuori suolo. Colture protette – N. 2

Fox R.H., Piekielek W.P., Macneal K.E. 2001 - Comparison of late-season diagnostic tests for predicting nitrogen status of corn. Agronomy Journal, 93: 590-597.

Fumagalli L, Beretta GP, 1996 - Flusso idrico e trasporto inquinanti "non puntuali" nella zona non satura: predisposizione di campi prova e primi risultati sperimentali. Quaderni di Geologia Applicata,3-2 87-104

Fumagalli L., Mantovi P. 2001. - Sito sperimentale per lo studio del trasporto dei nitrati dal suolo alle acque sotterranee. Confronto tra i dati rilevati in campo e i risultati di *MACRO – SOILN*. - PAM - SinaBO.doc – Rev. 0 – 14/06/01

Gorla M., 2009 – Idrogeofisica Geofisica applicata all'idrogeologia. Dario Flaccovio editore

Green, W. H., and G. A. Ampt., 1911. Studies on soil physics. *J. Agric. Sci.* 4(1): 1-24.

Gumiero, B., Boz, B., Cornelio, P. and Casella, S. (2011), Shallow groundwater nitrogen and denitrification in a newly afforested, subirrigated riparian buffer. Journal of Applied Ecology, 48: 1135–1144. doi: 10.1111/j.1365-2664 .2011.02025.x – ISI listed Journal. Impact Factor: 4.9.

Gumiero, B., Cornelio and Boz, B. (2011). Nitrogen removal by an irrigated wooded buffer area. Water Practice and Technology. First Published online September 2011.

Gumiero B. & Boz B, 2004 - "*La riduzione dei carichi inquinanti per mezzo della riqualificazione delle fasce fluviali*"– I Piani di Tutela delle acqua – Politecnico di Milano a cura di L. Bonomo e R. Vismara Ed. CIPA Milano.

Gumiero B., Boz B. & Cornelio P., 2008 – *Efficacia delle fasce tampone arboree nella riduzione dei carichi di azoto. Monitoraggio e sperimentazione presso l'azienda pilota e dimostrativa "Diana" di Veneto Agricoltura*. Ed. Veneto Agricoltura. Scheda tecnica (bilingue)

Gumiero B., Cornelio P., Boz B., 2003 - "*Efficia delle fasce Tampone forestali. Monitoraggio e sperimentazione presso Az. Ag. Diana nell'ambito del progetto Ue* – Nicolas. Atti del convegno, la Fitodepurazione: applicazione e prospettive. Ed. ARPAT – pp. 385-391

Haycock N., B. Gumiero, B. Boz, V. Vardiero, G. Baldo, P. Cornelio., 2004 – "Il progetto Fasce Tampone Boscate (FTB) del Consorzio di Bonifica Acque Risorgive: uno strumento utile al risanamento della Laguna di Venezia" - Atti del Convegno "Sistemi Agricoli e inquinamento da Nitrati – Perugina 11 – 12 Dicembre 2003" Ed. Arpa Umbria.

Haycock N., B.Gumiero, B. Boz, V. Vardiero, G. Baldo, P. Cornelio., 2005 – "*Il progetto Fasce Tampone Boscate (FTB) del Consorzio di Bonifica Acque Risorgive: uno strumento utile al risanamento della Laguna di Venezia*" - Atti dei convegni Lincei 216 – Giornata Mondiale dell'Acqua - Acqua e copertura vegetale (Roma, 22 marzo 2004) – Accademi Nazionale dei Lincei – Barbi Editore pp. 127-134.

Lawrence Dingman S., 2002 - Physical Hydrology. Cap 6 Water in Soils. Infiltration e redistribution. Waveland Press, Inc

Mantovi P. 2004 - *I nitrati nei terreni*. Fertilizzanti, 3: 35-39.

Mantovi P., Beretta G.P., Cortellini L., Fumagalli L., Guermandi M., Preti D. 2003 – *Monitoraggio e modellazione matematica della migrazione dei nitrati nel mezzo insaturo in un'area vulnerabile della provincia di Reggio Emilia*. IA Ingegneria Ambientale, 6: 314-327.

Mantovi P., Ligabue M., Dall'Olio N. 2005. – *Rilascio di nitrati da un suolo vulnerabile*. - Estimo e territorio 9 dossier

Mastrocicco M., Colombani N., Palpacelli S. 2009 - *Fertilizers mobilization in alluvial aquifer: laboratory experiments*. - Environ Geol 56:1371–1381

Moreno F., J.A. Cayuela, J.E. Femiindez, E. Femiindez-Boy, J.M. Murillo, F. Cabrera. 1996 - Water balance and nitrate leaching in an irrigated maize crop in SW Spain. Agricultural water management.

Richards LA., 1931 - Capillary conduction of liquids in porous media. Physics 1, 318-333

Risse LM, Nearing MA, Zhang XC, 1995 - Variability in Green. Ampt effective Hydraulic conductivity under fallow conditions. Journal of Hydrology 169, 1-24

Sànchez Pérez J.M., Antiguedad I., Iñaki I., García-Linares C., Morell I. 2003 - The influence of nitrate leaching through unsaturated soil on groundwater pollution in an agricultural area of the Basque country: a case study. *The Science of the Total Environment.*

Santini, A. 1997 - "Proprietà idrologiche del suolo." In Metodi di Analisi Fisica del Suolo

(a cura di M. Pagliai), Cap. VIII, pp. 1-107, Ed. Franco Angeli, Milano.

Schröder J.J:, Aarts H.F.M., ten Berge H.F.M., van Keulen H., Neeteson J.J. 2003 – An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. European Journal of Agronomy 20: 33-44.

Silvestri N., Risaliti R., Ginanni M., Pampana S. 2001 - *La valutazione del deflusso di superficie in sistemi colturali di pianura: alcune esperienze svolte in provincia di Pisa*. Rivista di Irrigazione e Drenaggio, 48(2): 36-42.

Šimunek, J., van Genuchten, M. T., Gribb M. M., Hopmans J. W. 1998a. - Parameter estimation of unsaturated soil hydraulic properties from transient flow processes. Soil & Tillage Research 47, 27- 36.

Spinelli R., Nati C., Magagnotti N. 2003 Produzione di biomassa dalle siepi alberate nel Basso Padovano Progetto AIEL – CCIAA Padova

Tabaglio V., Mantovi P., Ligabue M., Cortellini L. 2000 - *Il controllo del passaggio dei nitrati dal suolo alle acque*. L'Informatore Agrario, LVI (26): 69-73.

Von Hoyningen, Hune J. Die Interception des Niederschlags in landwirtschaftlichen Bestanden. Schriftenreihe des DVWK 57, pp. 1-53, 1983.

Coordinatore

Centro Ricerche
Produzioni Animali
C.R.P.A. S.p.A.

Viale Timavo 43/2
42121 Reggio Emilia - Italia

Tel. +39 0522 436999
Fax +39 0522 435142

http://aqua.crpa.it
Email: aqua@crpa.it

Finanziato dall'Unione europea nell'ambito
del Programma Life Plus Ambiente,
il progetto AQUA è iniziato il 01 ottobre 2010
e terminerà il 31 marzo 2014.

AQUA è coordinato da CRPA spa e
cofinanziato dalle Regioni Piemonte, Lombardia,
Veneto ed Emilia-Romagna, dalle aziende multiservizi
IREN ed HerAmbiente, da AGCO Italia.

Partners per la realizzazione sono
Fondazione CRPA Studi e Ricerche, CRA, IPLA Piemonte,
ERSAF Lombardia, Veneto Agricoltura
ed ERSA Friuli Venezia-Giulia.

ISBN 978-88-6337-109-3