

AREA DI LAMINAZIONE DEL TORRENTE SEVESO

Comune di Lentate sul Seveso (MB)

PROGETTO PRELIMINARE - MI-E-795

AGOSTO 2015



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ING. LUIGI MILLE

PROGETTAZIONE:

PROFESSIONISTI INCARICATI:

Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI

Dott. Ing. STEFANO CROCI

Dott. Ing. FILIPPO MALINGEGNO

Dott. Ing. CRISTINA PASSONI

Dott. Ing. MASSIMO COCCATO

Dott. Ing. ELISABETTA CUDINI

Dott. Geol. MARIO SPADA

Dott. Geol. GIAN MARCO ORLANDI

Dott. Geol. SUSANNA BIANCHI

Dott. Ing. ALESSANDRO BARBON

ETATEC S.R.L.
STUDIO PAOLETTI

SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax +39 02 26681553
etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it - www.etatec.it

STUDIO PAOLETTI
INGEGNERI ASSOCIATI

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax: +39 02 26681553
Studiopaoletti@etatec.it - Studiopaoletti@pec.etatec.it

BETA studio BETA Studio S.R.L.
Ponte San Nicolò (PD) 35020 - Via Guido Rossa 29/a
Tel +39.049.8961120 - Fax +39 049.8961090 - info@betastudio.it

Studio Associato di Geologia Spada

Via Donizetti 17 24020 Ranica (BG)
tel: +39 035 516090 - +39 035 513738

Vicolo Manzoni 3 27038 Robbio (PV)



Sistema Certificato
UNI EN ISO 9001
SC 06-647/EA 34



ISO 9001



CONSULENZE SPECIALISTICHE:

ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:

Arch. ANDREAS KIPAR

Dott. Agr. GIOVANNI SALA

Arch. LUISA BELLINI

QUALITA' DELLE ACQUE:

Prof. Dott. VALERIA MEZZANOTTE

LAND Milano Srl

Via Varese 16 20121 Milano

tel: +39 02 806911.1 - fax: +39 02 806911.30 www.landmilano.com

GRUPPO LAND Milano Roma Cagliari Duisburg



Landscape
Architecture
Nature
Development

Piazzale Aquileia 6 20144 Milano | tel: +39 02 4814701

TITOLO

RELAZIONE SULLA QUALITA' DELLE ACQUE DEL T. SEVESO

Revisioni

1

2

Numero
elaborato

TIPOLOGIA
PP

COMMESSA





250-24

DOCUMENTO

AT





NUMERO

A.3.2

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEL TORRENTE SEVESO	3
2.1	IMPIANTI DI DEPURAZIONE	5
2.2	QUALITÀ DELLE ACQUE.....	6
2.3	VALUTAZIONE DEI CARICHI INQUINANTI	16
2.4	FAUNA ITTICA	23
3.	DOCUMENTI CONSULTATI	24
4.	CAMPAGNA DI MONITORAGGIO QUALITATIVO DEL T. SEVESO E DEL CSNO DA MARZO A SETTEMBRE 2014.....	25
4.1	PREMESSA	25
4.2	SITI DI INDAGINE	26
4.3	STAZIONI DI MONITORAGGIO IN CONTINUO	28
4.3.1	Strumentazione installata.....	28
4.3.2	Calibrazione delle sonde YSI	29
4.3.3	Installazione delle sonde YSI	31
4.3.4	Monitoraggio della qualità delle acque del T. Seveso e del CSNO.....	36
4.3.5	Mantenimento della strumentazione.....	37
4.4	ANALISI DELLA QUALITÀ DEI CAMPIONI DELLE ACQUE E DEI SEDIMENTI DEL T. SEVESO E DEL CSNO	38
4.4.1	Evento del 27-28 Aprile 2014.....	40
4.4.2	Evento del 14-15 giugno 2014.....	48
4.4.3	Evento del 28-29-30 Giugno 2014.....	53
4.4.4	Analisi complessiva degli eventi monitorati.....	58
4.5	I METALLI NEI SEDIMENTI ACCUMULATI NEL CSNO.....	60
4.6	I METALLI NELLE ACQUE DEL T. SEVESO	65
4.7	CONSIDERAZIONI IN TEMPO ASCIUTTO	67
4.8	LA QUALITÀ DELLE ACQUE POTENZIALMENTE INVASABILI NELLE VASCHE DI LAMINAZIONE.....	68
4.9	PRIME CONCLUSIONI	80
4.10	MODELLO PER LA STIMA IN CONTINUO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL SEVESO	71

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

4.11 ALLEGATO 1 - DATI MONITORATI IN CONTINUO DALLE SONDE YSI NEL T. SEVESO E
NEL CSNO81

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

1. PREMESSA

Il corso d'acqua nell'area interessata ha, in origine, carattere torrentizio, con precipitazioni abbondanti concentrate, con onde di piena che provocano esondazioni frequenti, mentre per il resto dell'anno idrologico i deflussi sono modesti se non scarsi.

Lungo il suo corso riceve gli effluenti di impianti di depurazione che lo alimentano con regolarità nell'arco dell'anno, peggiorandone le caratteristiche di qualità, e scarichi industriali, che contribuiscono anch'essi al carico inquinante.





Come nell'intero bacino Lambro-Olona il T. Seveso è conformato in modo tale che la capacità di deflusso decresce gradatamente da monte a valle, ed è stato interessato da un'intensa antropizzazione, che ha costretto ulteriormente l'alveo, dimensionato naturalmente per smaltire solo i deflussi provenienti dalle parti alte dei bacini, unitamente al carico solido trasportato dalle acque stesse a seguito dell'attività erosiva esercitata.

2. CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEL TORRENTE SEVESO

Il Torrente Seveso ha origine nel territorio del comune di San Fermo della Battaglia (CO), precisamente dal monte Pallanza, alla quota di circa 490 m s.m., nelle vicinanze del confine svizzero, sul versante meridionale del Sasso Cavallasca. Percorre, all'interno di un bacino di 228 Km², 52 km, di cui gli ultimi 7, dei 19 in provincia di Milano, sono tombinati e ubicati nel sottosuolo della metropoli. Sfocia nel canale della Martesana a Milano. Il suo percorso, all'interno del bacino idrografico, è rappresentato in Figura 1.

Gli affluenti principali sono il Rio Rossola, il Rio Acquanegro, il Torrente S. Antonio, il Torrente Serenza, ed il Certesa, dalla sponda sinistra; il Torrente Comasinella dalla sponda destra. Il più importante affluente come contributo idraulico è il torrente Certesa, che ha un bacino di estensione pari a circa 62 km², compreso il sottobacino del torrente Terrò, ed ha un'asta lunga 20 km.

Il percorso del torrente si può distinguere in tre tratti differenti dal punto di vista idrologico. Il primo ha caratteri tipicamente pedemontani, con forti pendenze e numerosi piccoli affluenti e occupa il tratto che dalle sorgenti arriva alla confluenza con il fosso Lusèrt. Dal fosso Lusèrt alla confluenza con il Certesa le pendenze si addolciscono, pur mantenendo un andamento

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

tortuoso. Nella pianura milanese le pendenze si fanno impercettibili e il percorso è raddrizzato.

Il torrente Seveso assunse la conformazione attuale in seguito alla fusione dei ghiacciai alpini. La pianura nella provincia milanese ha subito la deposizione di grandi apparati morenici e coltri di materiali fluvioglaciali a causa dello scioglimento dei ghiacciai, che ne determinarono l'attuale conformazione. Il bacino idrografico del Seveso rispetta anch'esso, come gli altri corsi d'acqua lombardi in esame, la differenziazione in tratti da monte a valle basata su diversità geologiche, litologiche e idrologiche.

Nel tratto montano, che dalla sorgente arriva circa fino a Cesano Maderno, le valli sono profondamente scavate dall'opera dei ghiacciai che le occupavano. Il corso d'acqua ha regime torrentizio, e scorre incassato tra pareti rocciose.

Da Cesano Maderno inizia il tratto di pianura, che è stato pesantemente alterato dall'uomo. Qui il corso del torrente ha subito diverse modifiche e scorre per lunghi tratti in un alveo artificiale. L'urbanizzazione è pressoché continua. Per molti chilometri sono visibili opere di arginatura artificiale: in terra, in scogliera o in calcestruzzo, per contenere piene e erosione. Il fiume perde ogni elemento di naturalità e nella città di Milano è stato completamente tombinato.

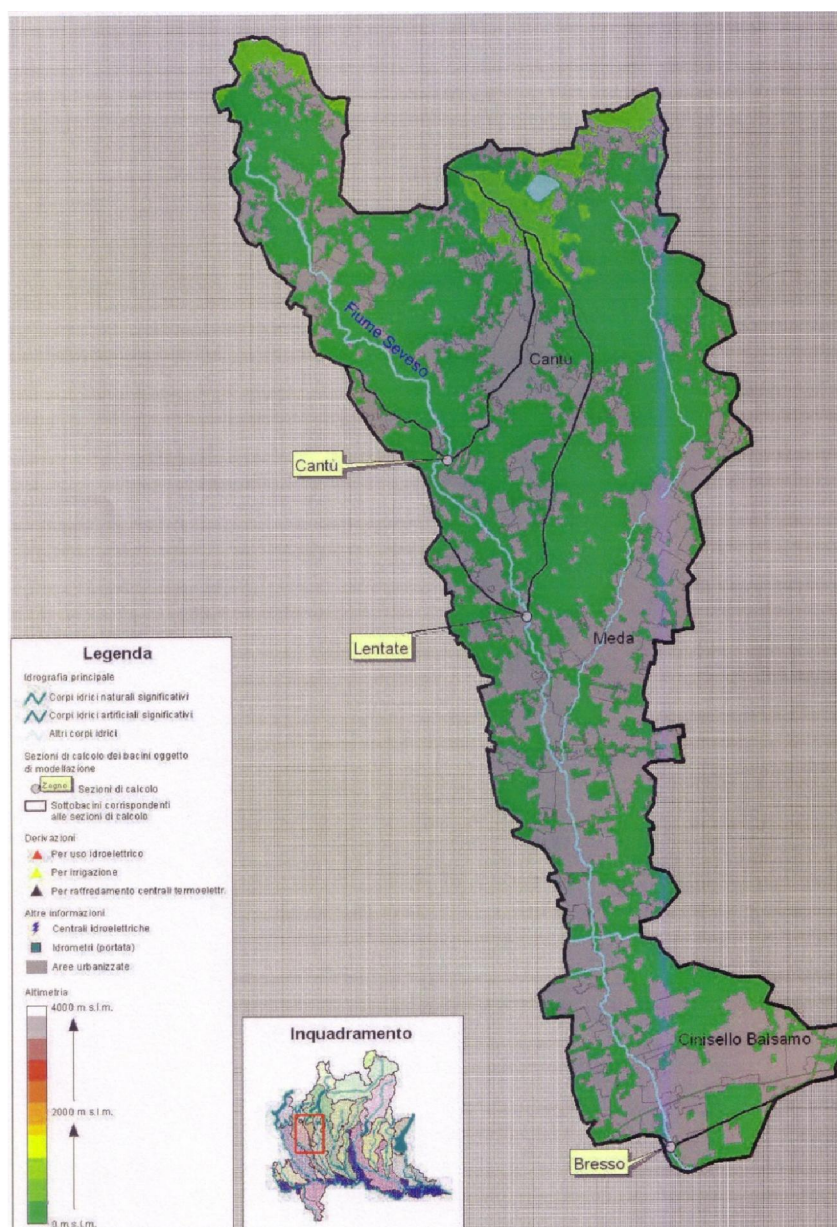


Figura 1 - Bacino idrografico del Seveso

2.1 IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Considerando il tratto a monte di Milano, il Seveso riceve lungo il suo percorso gli effluenti trattati di diversi impianti di depurazione, come indicato in Tabella 1, ed alcuni scarichi industriali. Tra questi ultimi, i più consistenti risultano essere quelli di un'azienda alimentare, destinata alla produzione di carne in scatola, di una di imbottigliamento di bevande

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

(alcoliche ed analcoliche) e di una cava.

Tabella 1 - Impianti di depurazione con scarico nel Seveso a monte della città di Milano

	Potenzialità impianto (AE)	Comuni serviti
Fino Mornasco	186.167	Casinate con Bernate (parte), Cavallasca (parte), Como (parte), Fino Mornasco (parte), Grandate (parte), Luisago, Montano Lucino, S. Fermo della Battaglia, Villaguardia (parte)
Carimate	131.736	Cantù (parte), Capiago Intimiano, Carimate, Casinate con Bernate (parte), Cucciago, Figino Serenza, Fino Mornasco (parte), Novedrate, Senna Comasco, Vertemate con Minoprio
Varedo	150.000	Varedo, Bovisio Masciago, Barlassina, Cesano Maderno, Seveso, Lentate sul Seveso, Meda, Cabiante
Mariano Comense	82.781	Albavilla (parte), Albese con Cassano, Alzate Brianza (parte), Arosio, Brenna, Cantù (parte), Carugo, Inverigo (parte), Mariano Comense (parte), Montorfano, Orsenigo (parte)
Bresso	340.000	Bresso, Cinisello Balsamo, Cormano, Cusano Milanino, Paderno Dugnano

2.2 QUALITÀ DELLE ACQUE

La qualità delle acque è stata valutata calcolando il LIMeco, così come indicato nel D.M. 260/2010, sui dati ARPA del 2009, del 2010 e del 2011. Nella Tabella 2 e nella Tabella 3 sono riportati i parametri e i criteri di classificazione dei corsi d'acqua in base ai punteggi relativi ai parametri analizzati.

Tabella 2 - Soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio LIMeco (D.M.260/2010)

		Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
	Punteggio*	1	0,5	0,25	0,125	0
Parametro						
100-O ₂ % sat.	Soglie**	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	> 80
N-NH ₄ (mg/l)		< 0,03	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,24	> 0,24
N-NO ₃ (mg/l)		< 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	> 4,8
Fosforo totale (µg/l)		< 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400

* Punteggio da attribuire al singolo parametro

** Le soglie di concentrazione corrispondenti al Livello 1 sono state definite sulla base delle concentrazioni osservate in campioni (115) prelevati in siti di riferimento (49), appartenenti a diversi tipi fluviali. In particolare, tali soglie, che permettono l'attribuzione di un punteggio pari a 1, corrispondono al 75° percentile (N-NH₄, N-NO₃, e Ossigeno disciolto) o al 90° (Fosforo totale) della distribuzione delle concentrazioni di ciascun parametro nei siti di riferimento. I siti di riferimento considerati fanno parte di un database disponibile presso CNR-IRSA.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Tabella 3 - Classificazione di qualità secondo i valori di LIMeco (D.M.260/2010)

Stato	LIMeco
Elevato*	$\geq 0,66$
Buono	$\geq 0,50$
Sufficiente	$\geq 0,33$
Scarso	$\geq 0,17$
Cattivo	$< 0,17$

Si osserva che solo la stazione di Fino Mornasco, nel 2011, può essere classificata Sufficiente, ben lontana dall'obiettivo di Buono. Nei rimanenti casi, nei tre anni considerati, il livello di qualità è stato Scarso o Cattivo, come indicato in Tabella 4.

Tabella 4 - Classificazione LIMeco per le stazioni del Seveso monitorate da ARPA nel 2009, 2010 e 2011

	2009	2010	2011
Fino Mornasco	Scarso	Scarso	Sufficiente
Vertemate con Minoprio	Scarso	Scarso	Scarso
Lentate sul Seveso	Cattivo	Scarso	Cattivo
Bresso	Cattivo	Cattivo	Cattivo

Esaminando gli andamenti dei singoli parametri, si riportano, nelle Figura 2, Figura 3 e Figura 4, le medie delle concentrazioni misurate da ARPA tra il 2005 e il 2010 per i nutrienti, l'ossigeno disciolto, il BOD₅ e il COD, la carica di Escherichia coli e alcuni metalli pesanti (cromo, nichel, rame, zinco, piombo).

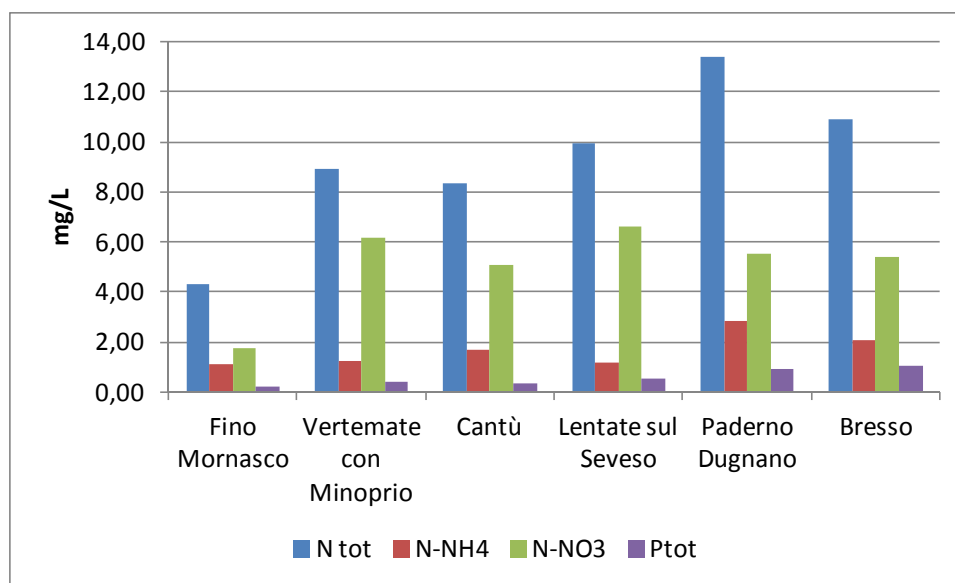


Figura 2 - Medie delle concentrazioni di nutrienti misurate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2005-2010

Per quanto riguarda l'azoto totale, si osserva un aumento delle concentrazioni fino alla stazione di Paderno Dugnano ed una nuova diminuzione, nella stazione di Bresso, a valle dell'immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione. Questo, in effetti, serve 300.000 AE ed ha quindi una portata elevata (circa 3.700 m³/ora), ed ha una buona efficienza di rimozione dell'azoto per cui il suo effluente ha concentrazioni inferiori a quelle rilevabili nel ricettore a monte dello scarico e ne consente una, pur limitata, diluizione. In tutte le stazioni si osserva una netta prevalenza delle forme ossidate (il rapporto tra azoto nitrico e azoto ammoniacale varia, nelle varie stazioni, tra 1,5 e 5,5), a conferma dell'influenza dello scarico degli impianti di depurazione piuttosto che di scarichi fognari non trattati. Per quanto riguarda il fosforo, invece, la concentrazione aumenta gradualmente dalla prima all'ultima stazione, dove la media delle concentrazioni risulta pari a 1 mg/l.

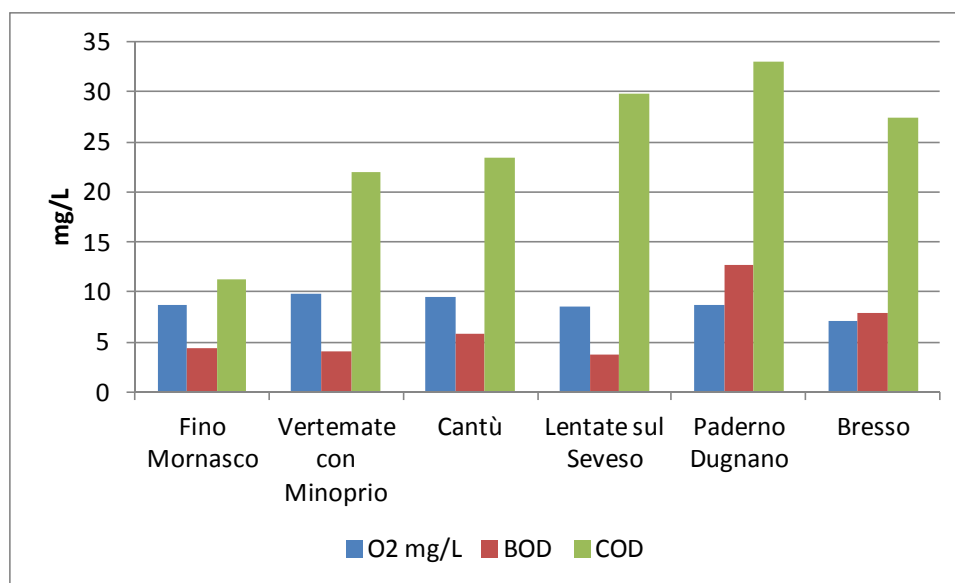


Figura 3 - Medie delle concentrazioni di ossigeno, del BOD5 e del COD misurati da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2005-2010

La concentrazione massima di ossigeno si rileva nella stazione di Vertemate, a valle dell'impianto di depurazione di Fino Mornasco, il cui effluente viene ozonato prima dello scarico ed è quindi ricco di ossigeno, e diminuisce successivamente fino al valore minimo nella stazione di Bresso, che comunque mostra una concentrazione media superiore a 7 mg/l. BOD₅ e COD tendono ad aumentare fino a Paderno Dugnano e, come l'azoto totale, diminuiscono poi nella stazione di Bresso.

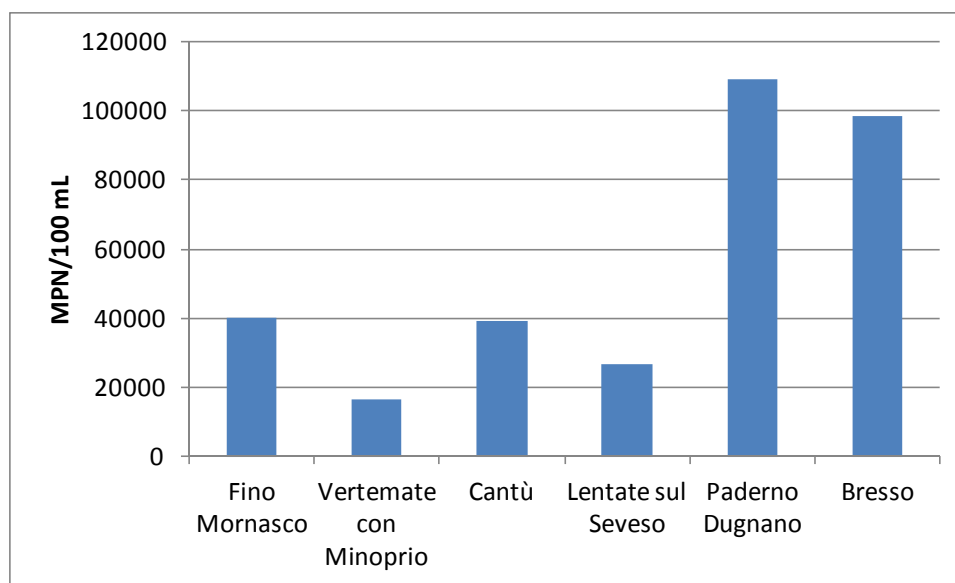


Figura 4 - Medie delle cariche di Escherichia coli rilevate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2005-2010

Verificata la prevalenza dell'impatto degli scarichi degli impianti di depurazione rispetto a quella degli eventuali scarichi fognari non trattati, va osservato che il dato della carica di Escherichia coli è strettamente dipendente dall'efficienza della fase di disinfezione operata dagli impianti, ma può essere influenzato anche fortemente da scarichi civili non trattati anche di modesta portata nei quali la carica di batteri di origine fecale può essere molto elevata.

Per quanto riguarda, infine, le concentrazioni di metalli, le misure di ARPA non evidenziano alcun superamento degli standard di qualità indicati dalla Direttiva europea 105/2008 e recepita in Italia con il D.Lgs. 260/2010 rispetto ai quali, anzi, i dati del monitoraggio appaiono molto distanti. Nelle stazioni di Lentate sul Seveso e di Bresso il nichel raggiunge le sue concentrazioni massime, che comunque si attestano come valore medio, intorno a 17 µg/L, rispetto ad uno standard di 20 µg/L. Come spesso accade, le concentrazioni più elevate sono quelle dello zinco, data la sua presenza ubiquitaria.

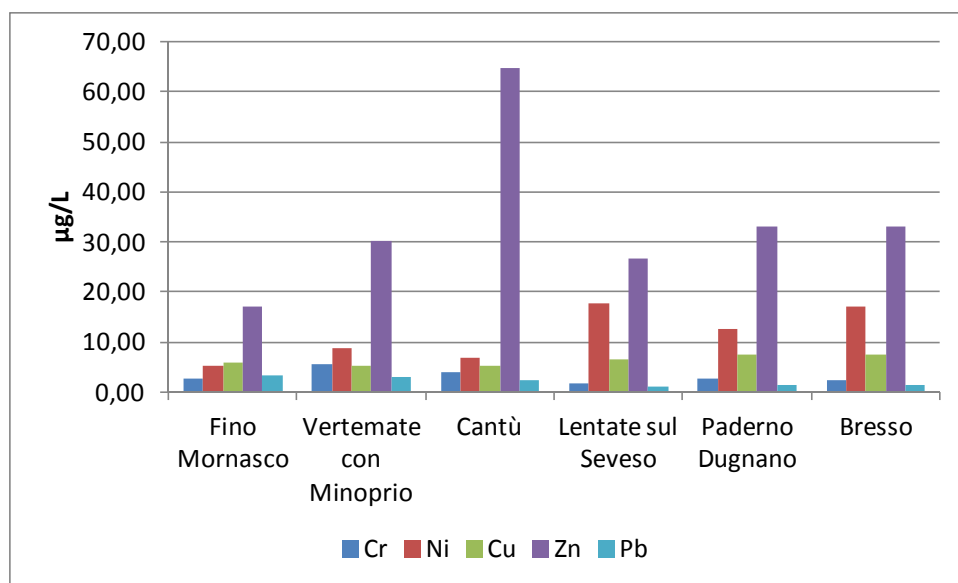


Figura 5 - Medie delle concentrazioni di metalli misurate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2005-2010

Il monitoraggio condotto nel 2012 e nel 2013 ha riguardato un minor numero di stazioni e una serie più completa di parametri ed ha portato alla classificazione indicata in Tab. 5 per il 2012, migliore rispetto a quella precedente, e basata non solo sui parametri chimici ma anche, per due delle stazioni analizzate, su alcune (diatomee e macroinvertebrati) delle metriche biologiche previste dalle norme vigenti.

Tabella 5 - Classificazione di qualità delle acque del Seveso nel 2012 (ARPA, 2014)

Località	Prov.	Macroinvertebrati	Diatomee	Macrofite	Pesci	LIMeco	Stato chimico
		Stato					
Fino Mornasco/ Casnate	CO	-	-	-	-	SUFFICIENTE	BUONO
Vertemate	CO	SCARSO	-	-	-	SCARSO	BUONO
Lentate Sul Seveso	MB	SCARSO	BUONO	-	-	SCARSO	BUONO
Bresso	MI	CATTIVO	SCARSO	-	-	SCARSO	BUONO

Per il 2013 i dati non sono ancora stati elaborati ai fini della classificazione di qualità, ma il loro dettaglio può fornire interessanti indicazioni. Una sintesi dei risultati ottenuti nelle campagne di analisi del 2012 e del 2013 sono riportate nelle Figg.6÷11.

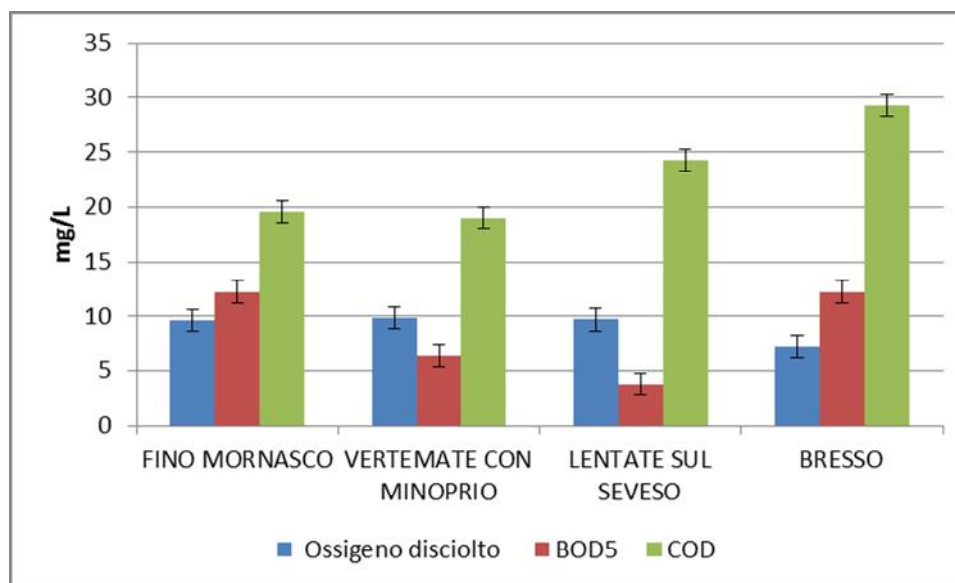


Figura 6 – Valori medi della concentrazione di ossigeno disciolto e dei valori di BOD₅ e di COD lungo l'asta del Seveso nel 2012

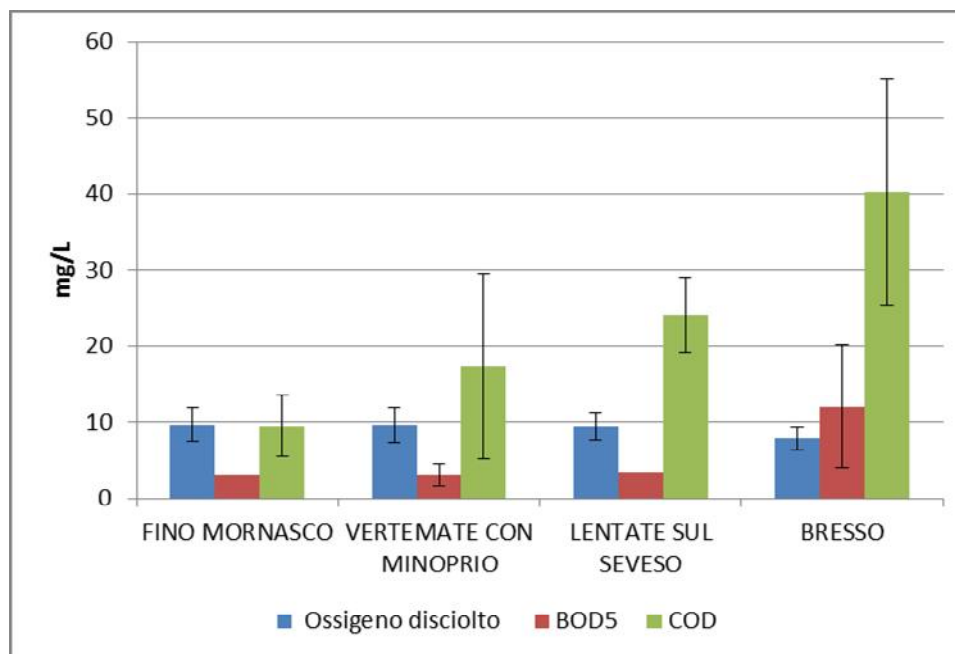






Figura 7 – Valori medi della concentrazione di ossigeno disciolto e dei valori di BOD₅ e di COD lungo l'asta del Seveso nel 2013

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, il BOD₅ e il COD (Figg. 6 e 7) la situazione nel 2012

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

e nel 2013 è confrontabile con quella degli anni precedenti salvo per il valore del COD nell'ultima stazione che, nel 2013, è risultata superiore di circa 10 mg/l rispetto ai valori precedenti. Va peraltro ricordato che la stazione di Bresso è posta a valle dello scarico dell'impianto di depurazione e che una variazione di tale entità nell'effluente è da ritenersi normale. Anche i risultati delle analisi microbiologiche mostrano una situazione sostanzialmente costante nel tempo (Figg.8 e 9).

Le concentrazioni di nutrienti mostrano anch'esse valori simili a quelli riscontrati negli anni precedenti ma si rileva un'unica differenza sostanziale tra il 2012 e il 2013. Anche in questo caso si tratta della stazione di Bresso, che risente dello scarico dell'impianto di depurazione. Nel 2012 la concentrazione di azoto ammoniacale era nettamente superiore a quella dell'azoto nitrico. Tale situazione è da mettere in relazione ad una nitrificazione non ottimale che, evidentemente, ha ripreso a funzionare correttamente nell'anno successivo (Figg.10 e 11).

Il monitoraggio ha compreso anche la determinazione di numerosi inquinanti chimici inorganici (Piombo, Mercurio, Nichel, Arsenico, Cadmio, Cromo, Cromo VI, Rame, Zinco) e organici (Atrazina-desisopropil, AMPA, Glifosate, Simazina, Atrazina, Diclorobenzammide 2,6, Terbutilazina desetil, Bromacil, Terbutilazina, Atrazina_desetil, Etilbenzene, 1,2 Dicloroetano, Toluene, dibromoclorometano, Tetracloroetilene (percloroetilene -PCE), Tetraclorometano (Tetracloruro di carbonio), Pentaclorobenzene, ETBE, Triclorometano (Cloroformio), Benzene, 1,1,1 Tricloroetano, Diclorometano, Tribromometano, diclorobromometano, Tricloroetilene (TCE), 1,1,2,2 Tetracloroetano, Esaclorobutadiene, Xilene orto, Tensioattivi anionici, Tensioattivi totali, Tensioattivi cationici, Tensioattivi non ionici). Per nessuno di essi si è riscontrata una concentrazione superiore agli standard di qualità per le acque superficiali: da tale situazione deriva la classificazione di Buono Stato Chimico indicata in Tabella 5 per il 2012, che appare comunque applicabile anche per il 2013. In generale, negli ultimi anni si osserva più chiaramente la tendenza all'aumento delle concentrazioni di sostanza organica e di nutrienti da monte a valle, in relazione al progressivo accumulo dei carichi immessi. Anche il numero ridotto di stazioni influisce comunque sulla maggior regolarità degli andamenti. L'aumento più marcato si ha a valle dell'impianto di depurazione di Bresso. La distanza tra la stazione di Vertemate e lo scarico dell'impianto di Fino Mornasco è infatti sufficiente a consentire una certa autodepurazione, fenomeno che si verifica lungo l'intera asta del fiume ma la cui intensità non è sufficiente a controbilanciare

l'effetto delle immissioni.

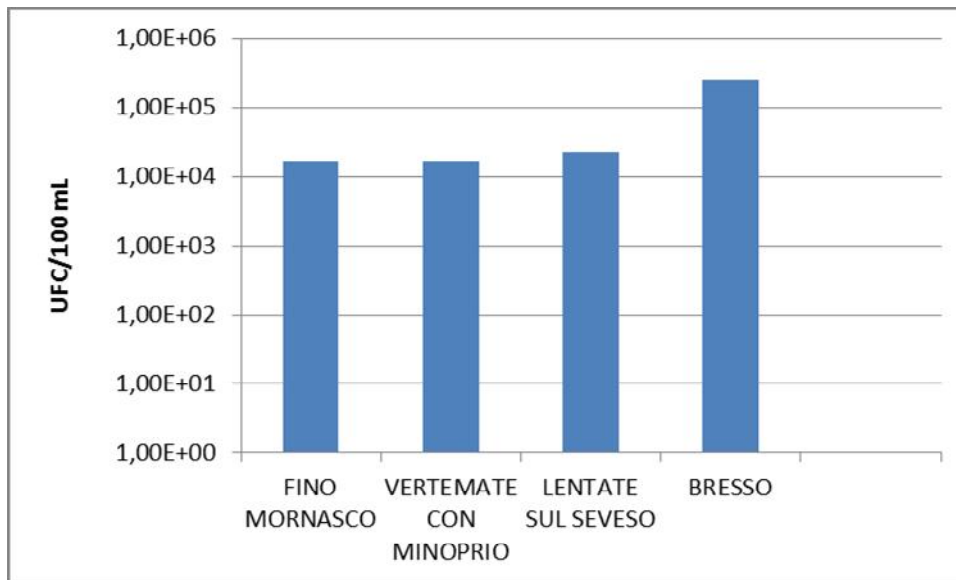


Figura 8 – Andamento della carica di Escherichia coli lungo l'asta del Seveso nel 2012 (valori medi)

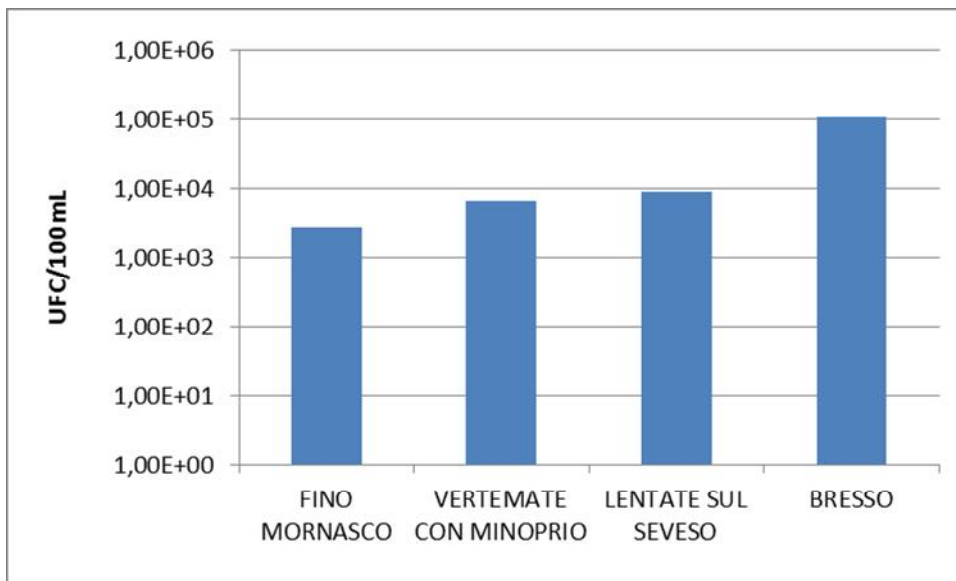


Figura 9 – Andamento della carica di Escherichia coli lungo l'asta del Seveso nel 2013 (valori medi)

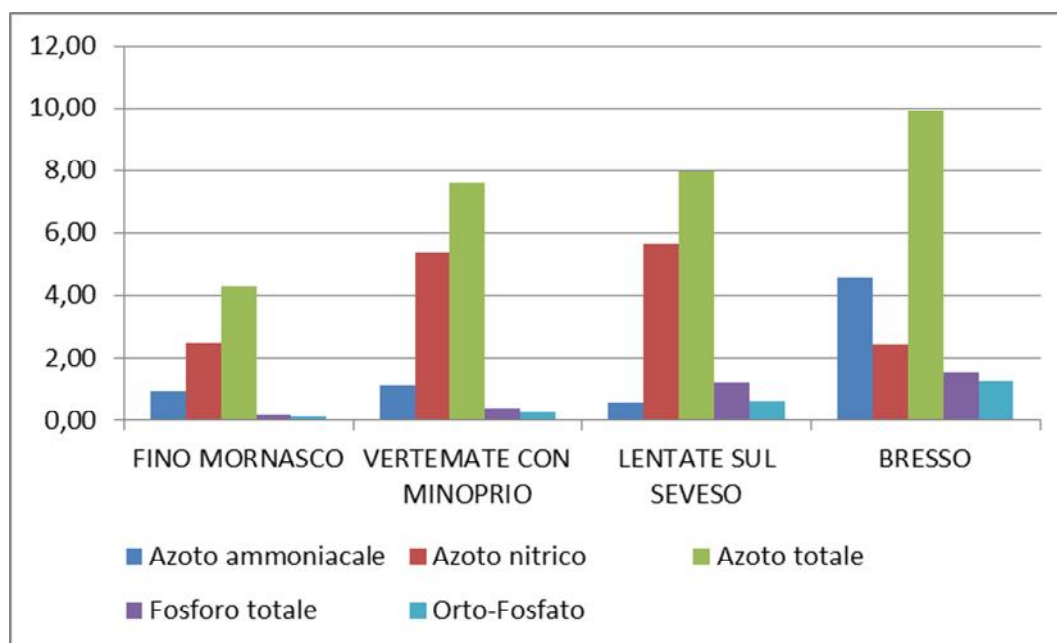


Figura 10 – Valori medi delle concentrazioni di nutrienti lungo l’asta del Seveso nel 2012

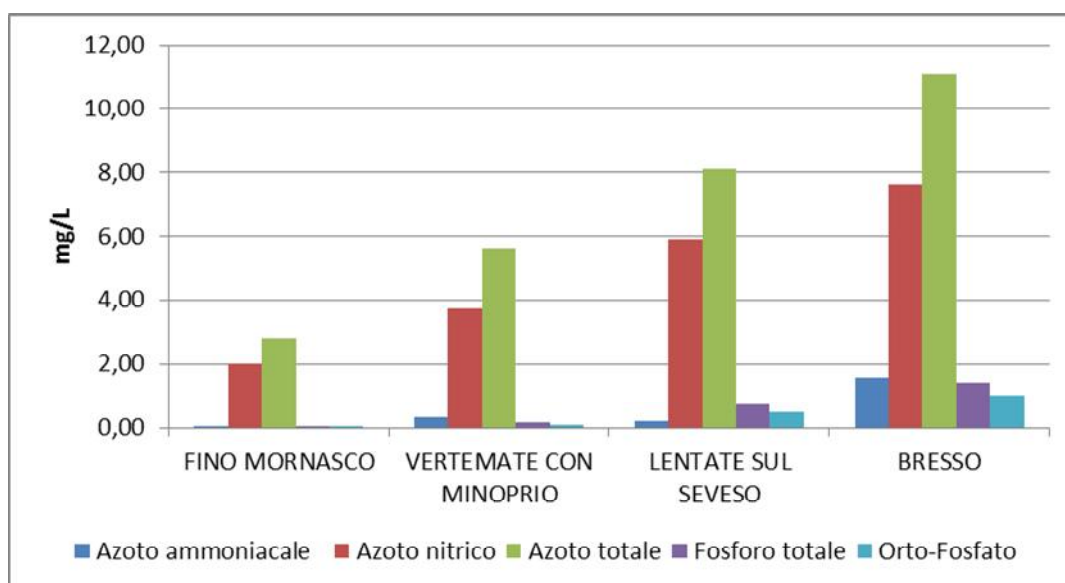


Figura 11 – Valori medi delle concentrazioni di nutrienti lungo l’asta del Seveso nel 2013

Va peraltro sottolineato il fatto che i campionamenti e le analisi vengono effettuati da ARPA in tempo asciutto e che, pertanto, consentono di delineare la situazione in tali condizioni ma non dicono nulla in merito a quanto si verifica durante le piogge. Di fatto, durante le piogge, all’aumento delle portate corrispondono qualità delle acque che possono nel transitorio prima

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

peggiore ulteriormente, in quanto condizionate alla prima onda nera scaricata dagli scaricatori di piena urbani, e poi passare a condizioni più accettabili, in funzione dell'effetto di diluizione. Come dimostrano i dati sperimentali della letteratura scientifica e tecnica, si tratta di processi tutt'altro che sistematici, ma molto variabili anche per lo stesso bacino, in relazione alle situazioni volta per volta presenti nelle diverse aree scolanti del bacino e nel corso d'acqua e alla dinamica del singolo evento meteorico. Tutto ciò aggiunge valore alla sperimentazione marzo-settembre 2014 più oltre descritta.

2.3 VALUTAZIONE DEI CARICHI INQUINANTI

Le indagini condotte tra il 2005 e il 2011 nell'ambito del Contratto di Fiume Seveso promosso dalla Regione Lombardia ha evidenziato, tra gli affluenti, l'importanza del Torrente Certesa-Terrò, che è caratterizzato da un bacino piuttosto ampio (di 62 km² contro i totali 231 km² dell'intero bacino del Seveso) e presenta un contributo importante sia in termini di portata sia in termini di carico inquinante, cui contribuisce in misura significativa l'immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione di Mariano Comense.

Le principali fonti puntuali di inquinamento individuate sono riportate in Tabella 6 con i valori di concentrazione immessi da ciascuna di esse per i parametri considerati.

Da un'analisi delle fonti per individuare la suddivisione degli apporti, risulta che sia per i macrodescrittori che per i microinquinanti il contributo principale è dovuto agli scarichi dei depuratori, che mediamente pesano per oltre l'80% dei carichi totali del Seveso, come già osservato a proposito dei dati di qualità delle acque. Nel caso dei microinquinanti la fonte industriale ha un peso maggiore rispetto agli affluenti. E' invece da rimarcare l'effetto diluente che il Certesa-Terrò attua su tutti i microinquinanti.

Nella Figura 12 e nella Figura 13 si riportano gli istogrammi rappresentativi dei carichi di solidi sospesi, nella Figura 14 e nella Figura 15 quelli relativi al COD, nella Figura 16 e nella Figura 17 quelli relativi all'azoto ammoniacale, nella Figura 18 e nella Figura 19 quelli relativi all'azoto nitrico e, infine, nella Figura 20 e nella Figura 21 quelli relativi al fosforo totale gravanti su ogni sezione del Seveso ripartiti per fonte (affluenti, depuratori, industrie, terminali di fognatura).





A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Tabella 6 - Sorgenti puntuali e rispettive concentrazioni dei parametri principali

PUNTUALE	Km da foce	Portata	Solidi Sospesi	BOD	N organico	N-NH4	N-NO3	P inorg	COD	E.Coli	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
	Km	m3/s	mg/l	mgO2/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgP/L	mgO2/l	cfu/100ml	µgCr/l	µgNi/l	µgPb/l	µgCu/l	µgZn/l
WWTP Fino Mornasco	36.53	0.2942	11.50	8.50	4520.00	1000.00	9580.00	625	34.5	14361	9.00	6	10	15	70
Rio Acquaneгра	33.82	0.2600	2.50		905.00	360.00	3435.00	85	16		10.00			10	15
Rio in dx idrograf	31.06	0.2000						0							
IND Bolton	28.47	0.0278	13.50	10.00	8055.56	311.11	5100.00	600	10		10.00	50	10	50	100
Torrente Serenza	26.31	0.0726	13.25	7.50	2400.00	4755.00	3900.00	285.5	6.25	370	2.50	5	0.25	7	10
WWTP Carimate	25.61	0.2988	7.00	5.00	3800.00	960.00	7070.00	1095	42	19500	2.00	25	10	15	66.5
IND Stigliano	24.19	0.0047	5.00	5.00		2000.00	8010.00	500	20		25.00	10	25	10	50
fg 01507504-5-6	16.73	0.0200		250.00	30000.00	30000.00		0		5000000					
fg 01503001-2	15.33	0.0200		250.00	30000.00	30000.00		0		5000000					
fg 01523101-2-3-4	14.03	0.0200		250.00	30000.00	30000.00		0		5000000					
WWTP Varedo	13.05	0.2918	23.00	16.00	4000.00	15000.00	5000.00	3400	35	12333	11.50	4	45	10	100
WWTP Bresso	4.09	0.6176	5.00	5.00	3350.00	250.00	18900.00	2300	20.5	2350	3.50	51.8	2.99	5	102
IND Tintoria Fratelli Rosina	2.56	0.0111	12.00	5.00	290.00	500.00	10210.00	4700	29		50.00	50	10	55	120
FG01302906/7/8	14.45	0.0012	224.00	40.25		67600.00		4731	685.8	7625400					
FG01302905	14.15	0.0007	22.00	26.00		88000.00		5800	494	7000000					
TERRO(impianto valbe mariano comense)	7.19	0.1788	20.00	10.00	3505.00	3505.00	7010.00	1770	48	37500	10.00	15	10	15	73
FAVA BIBITE	6.07	0.0007	2.50	1.50	2266.00	320.00	3814.00	255	6			15		15	15

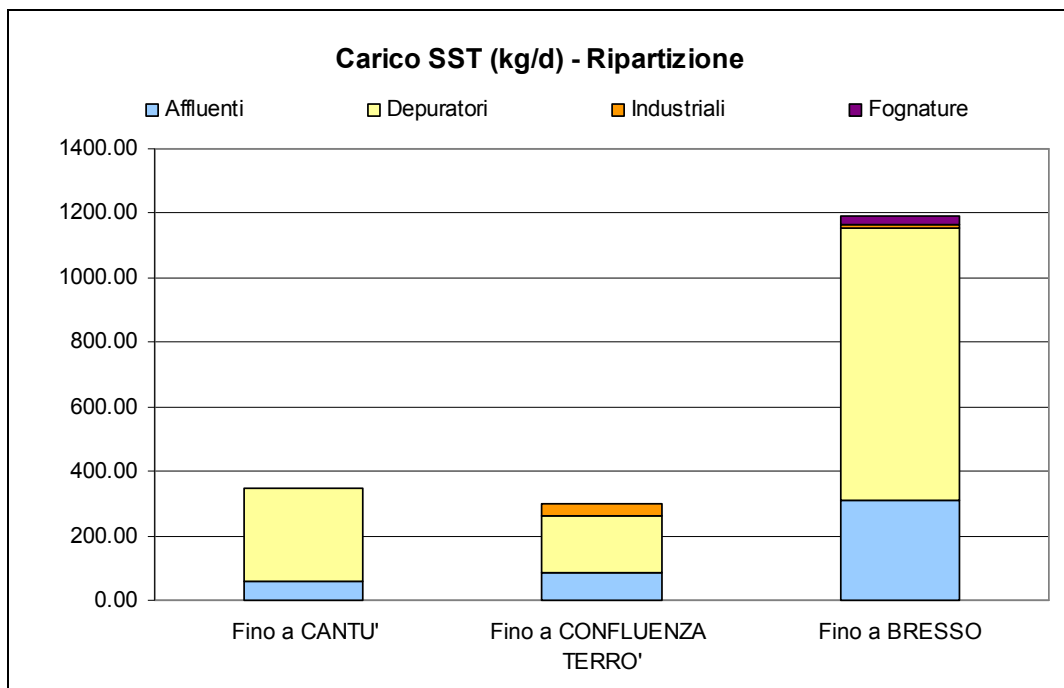


Figura 12 - Contributo delle diverse fonti al carico di solidi sospesi totali gravanti sul Seveso

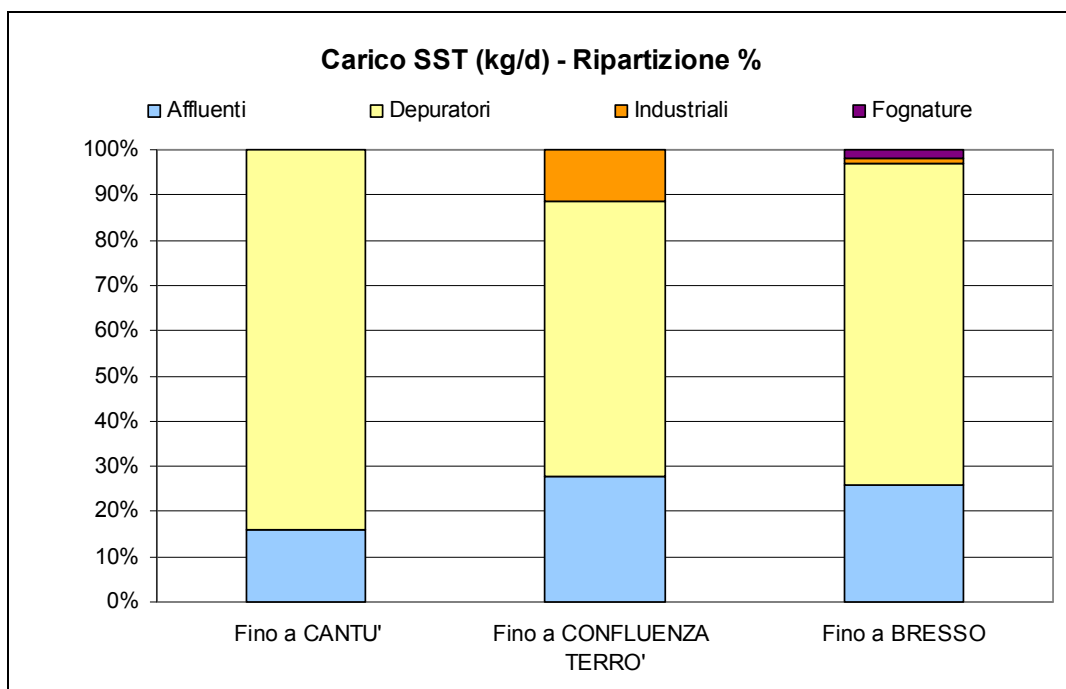


Figura 13 - Ripartizione percentuale per fonti del carico di solidi sospesi gravante sul Seveso

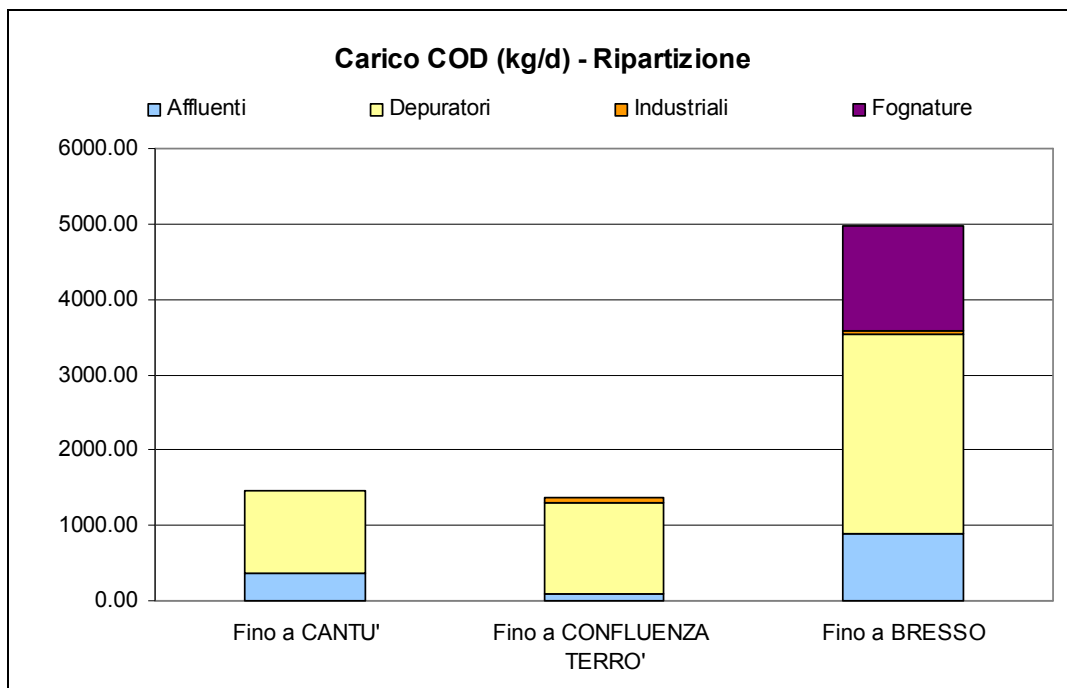


Figura 14 - Contributo delle diverse fonti al carico di COD gravante sul Seveso

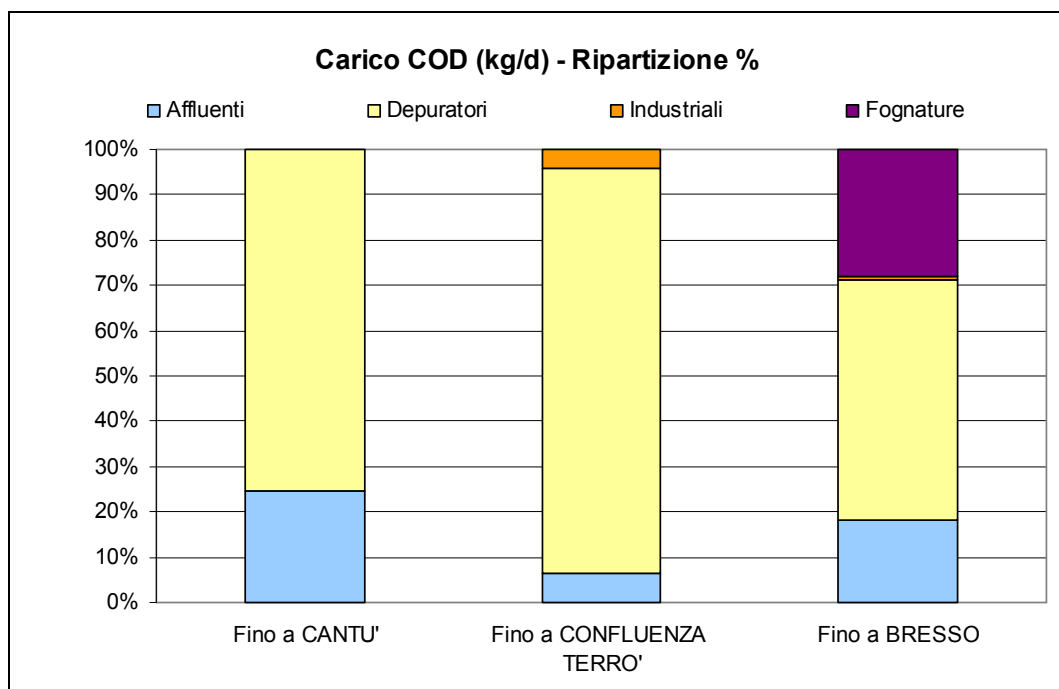


Figura 15 - Ripartizione percentuale per fonti dei carichi di COD gravanti sul Seveso

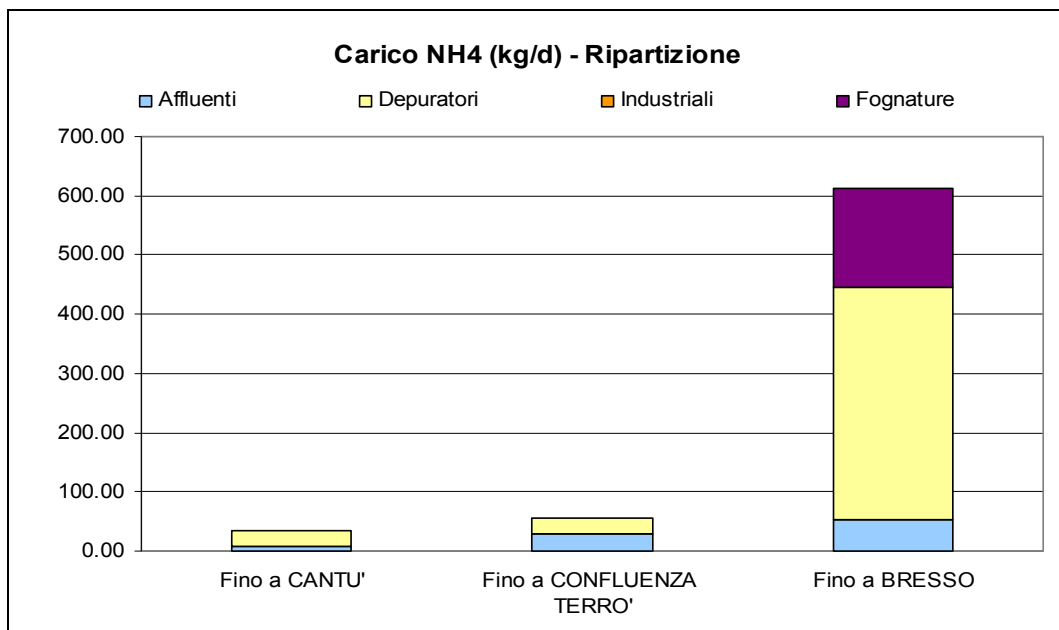


Figura 16 - Contributo delle diverse fonti al carico di azoto ammoniacale gravante sul Seveso

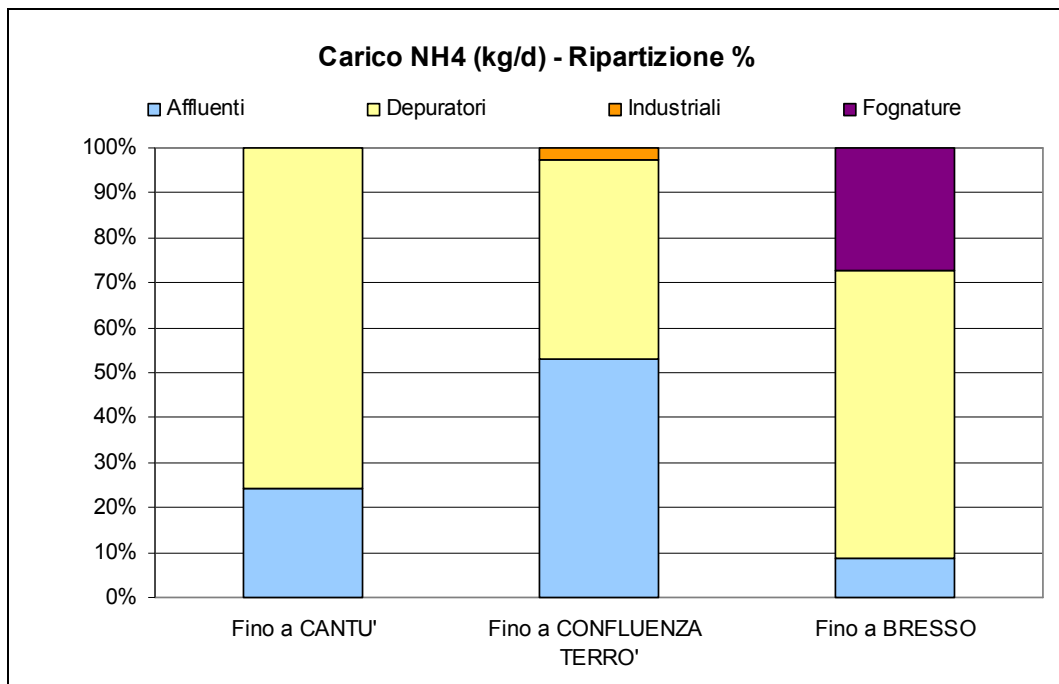


Figura 17 - Ripartizione percentuale per fonti dei carichi di azoto ammoniacale gravanti sul Seveso

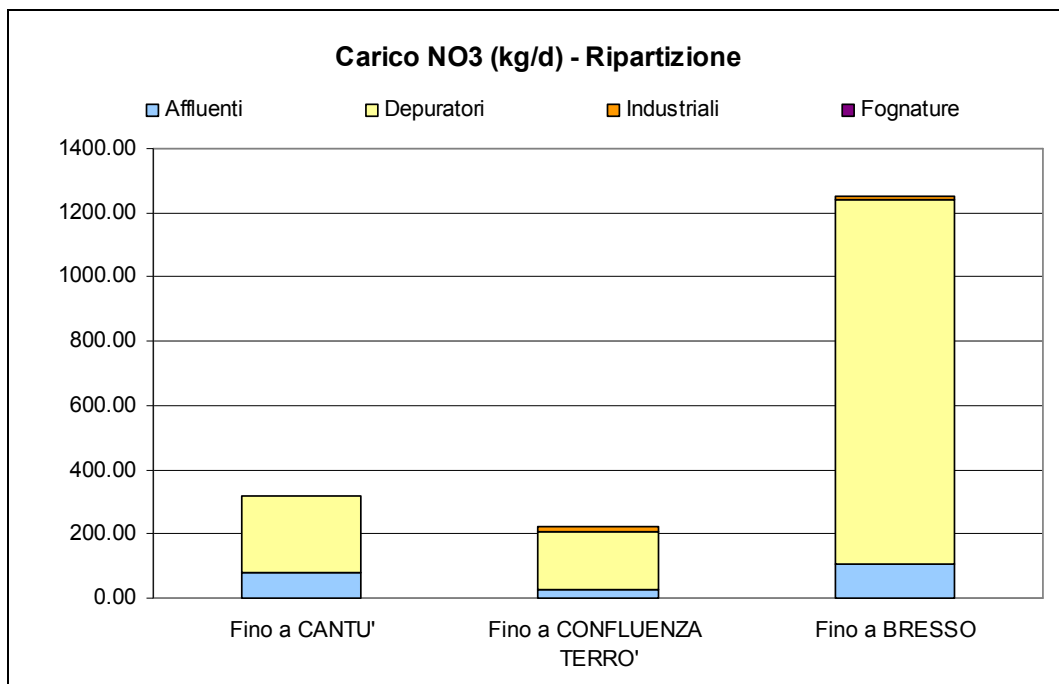


Figura 18 - Ripartizione dei carichi di azoto nitrico gravanti sul torrente Seveso nei diversi corpi idrici (ripartizione)

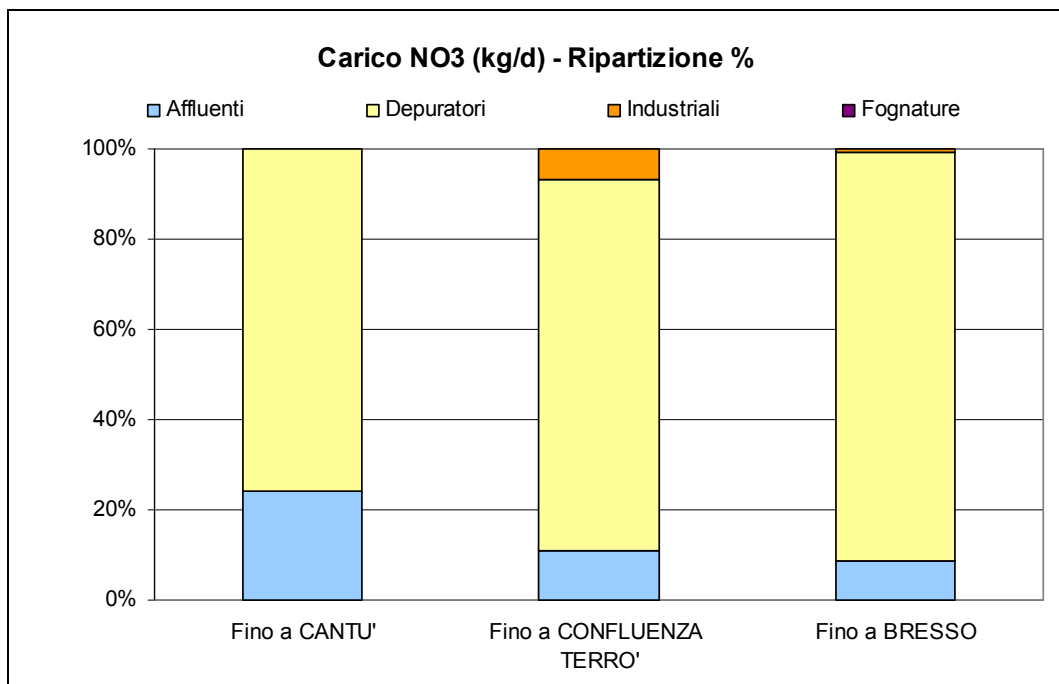


Figura 19 - Ripartizione dei carichi di azoto nitrico gravanti sul torrente Seveso nei diversi corpi idrici (ripartizione percentuale)

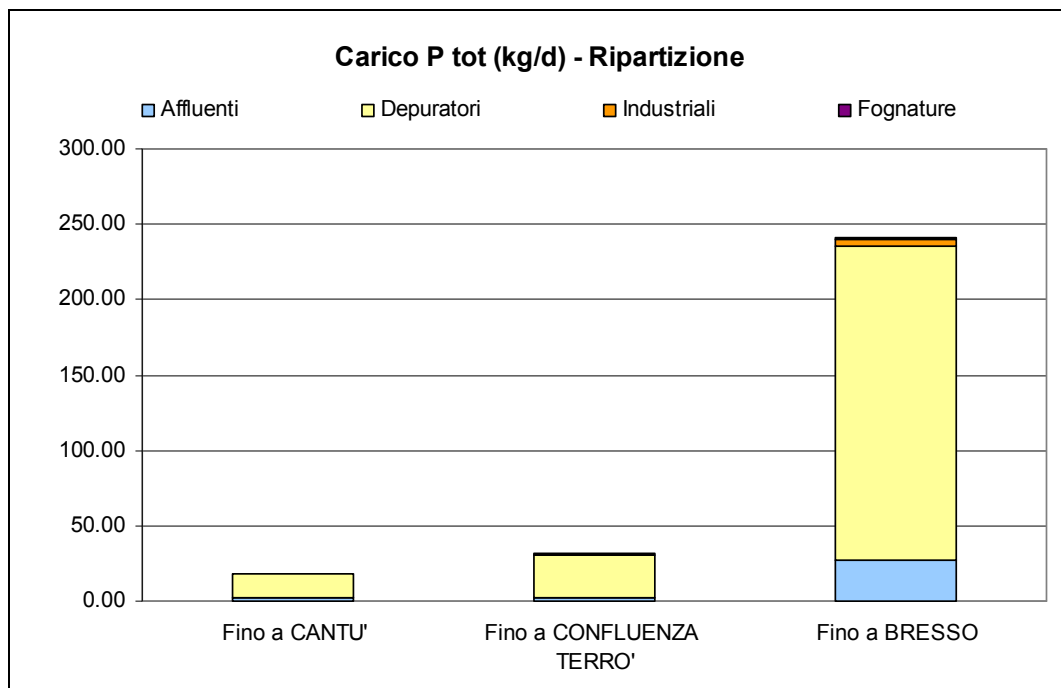


Figura 20 - Ripartizione dei carichi di fosforo totale gravanti sul torrente Seveso nei diversi corpi idrici (ripartizione)

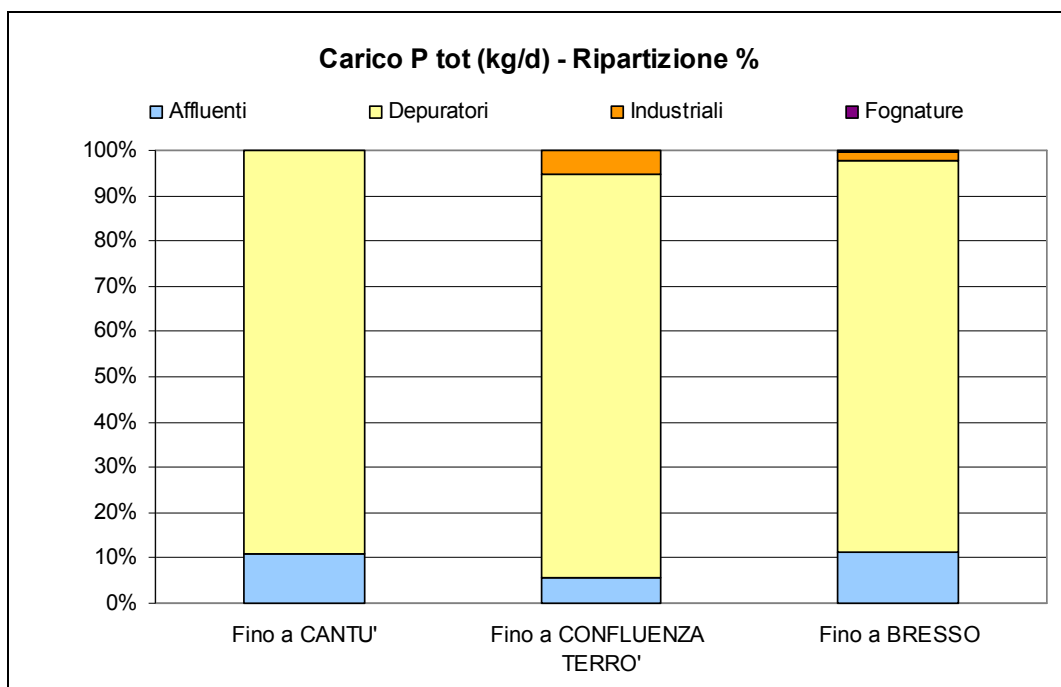










Figura 21 - Ripartizione dei carichi di fosforo totale gravanti sul torrente Seveso nei diversi corpi idrici (ripartizione percentuale)

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

2.4 FAUNA ITTICA

La situazione della fauna ittica nel Seveso è descritta nella Carta Ittica della Provincia di Milano. La comunità ittica risulta essere poco diversificata, con specie tra le più comuni nel territorio milanese, peraltro presenti nella gran parte con popolazioni poco consistenti e mal strutturate. È chiaro che la qualità fisico-morfologica e soprattutto quella chimico-fisica incidono moltissimo sull'ittiofauna, non consentendo al fiume di esprimere la sua vocazione naturale, ma costringendolo ad una vocazione a Ciprinidi, peraltro non particolarmente sensibili. Riguardo alle caratteristiche fisico-morfologiche esso presenta numerose opere di artificializzazione delle sponde e dell'alveo, soprattutto in corrispondenza degli insediamenti abitativi. Nel torrente Seveso, sono poche le specie esotiche, così come sono poche le specie ittiche nel complesso.

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

3. DOCUMENTI CONSULTATI

Documentazione del Contratto di Fiume Seveso

PTUA Regione Lombardia

Rapporto Ambientale VAS PTUA Regione Lombardia

ATO Provincia di Milano Piano d'Ambito

PTCP Provincia di Milano

STUDIO IDROGEOTECNICO ASSOCIATO (2011): Individuazione del reticolo idrografico principale e minore. Comune di Bollate

RAPPORTI AMBIENTALI dei PGT dei comuni di Bollate, Limbiate, Baranzate

C.M. Puzzi, S. Trasforini, M. A. Bardazzi, N. Polisciano, S. Montonati, A. Maggio (2007): CARTA PROVINCIALE DELLE VOCAZIONI ITTICHE. Provincia di Milano

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

4. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO QUALITATIVO DEL T. SEVESO E DEL CSNO DA MARZO A SETTEMBRE 2014

4.1 PREMESSA

Nell'ambito dell'attività di progettazione delle vasche di laminazione di Senago, lungo il Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO) - derivazione del Torrente Seveso, il tema della qualità delle acque risulta sicuramente importante.

Durante i numerosi incontri con gli Enti coinvolti è emersa la preoccupazione, specialmente da parte della cittadinanza del Comune di Senago, legata alla "pessima" qualità delle acque del T. Seveso e al fatto che esse possano confluire, seppur temporaneamente, all'interno della vasca di laminazione in progetto.

Si sottolinea come già oggi la "pessima" qualità delle acque del T. Seveso rappresenti un grave problema per i luoghi ove avvengono le esondazioni del Seveso (ad esempio nelle vie e infrastrutture del sottosuolo del q.re Niguarda).

La realizzazione della vasca di Senago non solo non aggrava il problema ambientale attuale, ma la sua realizzazione consentirà di ridurre i problemi legati agli allagamenti diffusi e incontrollati localizzandoli in aree appositamente attrezzate e gestite.

È evidente che per poter dedicare la corretta attenzione all'aspetto qualitativo delle acque del T. Seveso, nell'ottica di garantire l'efficacia delle strutture progettate non solo ogni qualvolta esse saranno impegnate dalle acque di piena ma anche nella vita ordinaria di tempo asciutto in cui l'area della vasca sarà destinata ad altri usi e destinazioni ambientali, occorre conoscere nel dettaglio la qualità delle acque del T. Seveso.

In particolare è necessario conoscere la qualità delle acque durante gli eventi di piena, che sono gli unici che interesseranno la vasca di laminazione in oggetto. Infatti, in tempo asciutto, ma anche in occasione di eventi meteorici non particolarmente intensi, le acque del T. Seveso non verranno inviate nella vasca di laminazione, ma proseguiranno verso Milano e, al limite, nel CSNO.

Si segnala che già attualmente l'ARPA effettua dei campionamenti e delle analisi qualitative delle acque del T. Seveso, con misure puntuali con cadenza mensile in 7 stazioni (Fino Mornasco, Vertemate con Minoprio, Cantù, Carimate, Lentate sul Seveso, Cesano Maderno, Paderno Dugnano e Bresso).

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Le attività messe in atto da marzo a settembre 2014, ad integrazione di quelle già in capo ad ARPA, hanno avuto quindi lo scopo di caratterizzare più approfonditamente la qualità delle acque del T. Seveso, attraverso la misura in continuo di alcuni parametri qualitativi caratteristici (temperatura, conducibilità, torbidità, pH, ossigeno disciolto), e alla misura puntuale di altri parametri, quali nutrienti, BOD, COD, durante alcuni eventi di piena.

Ulteriori analisi sono state anche dedicate ai sedimenti di fondo del Seveso.

Si è inteso, con tali attività, studiare l'influenza delle piogge e, in particolare, analizzare gli andamenti delle caratteristiche delle acque nel tempo in relazione alle caratteristiche dell'evento considerato. È così possibile stimare i carichi e le concentrazioni che, in diverse condizioni idrologiche, verranno effettivamente immessi nella vasca di laminazione.

Tutte le attività relative alla campagna di monitoraggio e all'analisi degli aspetti qualitativi delle acque del T. Seveso sono state condotte dall'Associazione Temporanea incaricata, con la collaborazione della società MT.SEM s.r.l., nelle persone del Dott. Ing. G. Viviano e del Dott. L. Dal Bello, dell'IRSA-CNR, nella persona del Dott. G. Tartari, e della Prof.ssa V. Mezzanotte del Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio e di Scienze della Terra dell'Università di Milano Bicocca.

4.2 SITI DI INDAGINE

Sono stati identificati due siti interessanti ai fini del monitoraggio delle acque in arrivo alla vasca di laminazione prevista nel comune di Senago:

- Sito A: lungo il fiume Seveso a monte dell'opera di presa del Canale Scolmatore Nord Ovest, in sponda destra (Coordinate WGS84: 45.580114, 9.159558);
- Sito B: lungo il CSNO, in sponda destra, in prossimità del ponte di via Giuseppe di Vittorio (Coordinate WGS84: 45.570847, 9.131047).

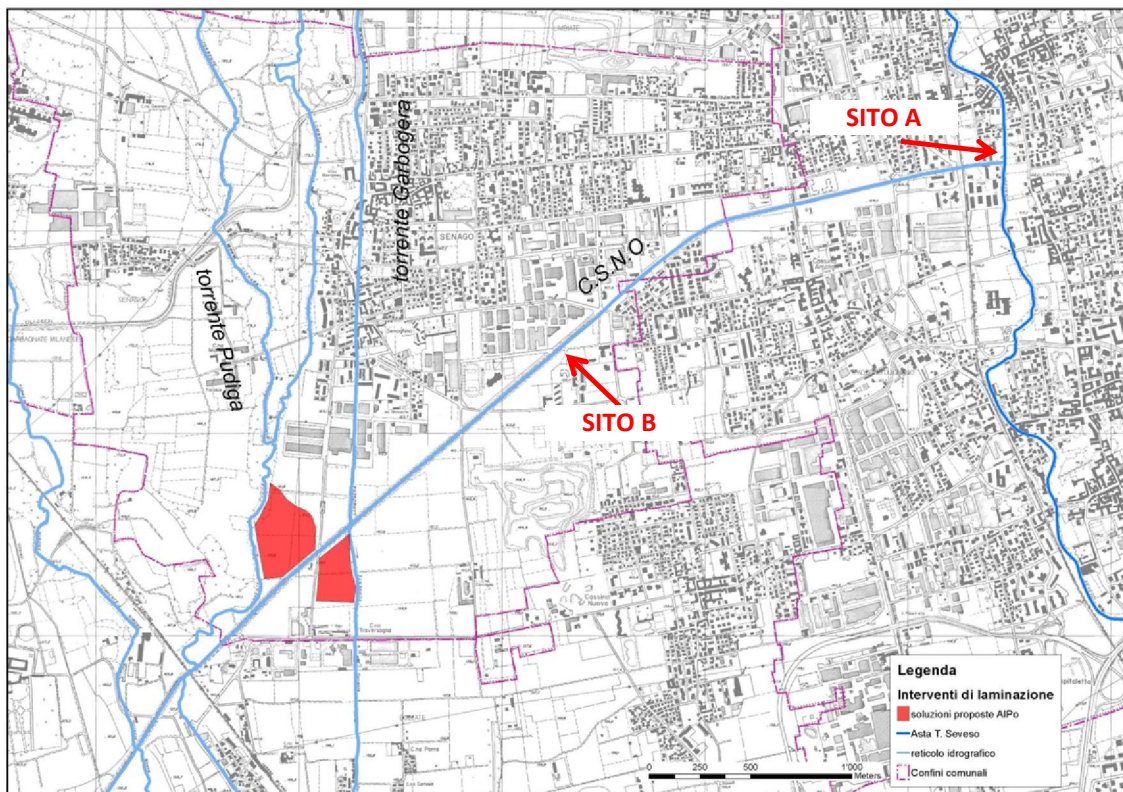


Figura 22 – cartografia con evidenziata la localizzazione della vasca di laminazione di Senago e i siti di installazione della strumentazione di monitoraggio



Figura 23 – Vista aerea del sito di installazione A, lungo il T. Seveso.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



Figura 24 – Vista aerea del sito di installazione B, lungo il CSNO.

4.3 STAZIONI DI MONITORAGGIO IN CONTINUO

4.3.1 Strumentazione installata

Le sonde multiparametriche scelte per questa sperimentazione sono strumenti per il monitoraggio in continuo (time step: 15 min) di livello, temperatura, pH/redox, conducibilità, torbidità e ossigeno disciolto. Per tale obiettivo abbiamo scelto due sonde YSI 6920 V2 realizzate da YSI Inc., di proprietà della società ETATEC Studio Paoletti S.r.l..

La sonda S/N 13M101703 è stata installata nel SITO A, mentre la sonda S/N 13M101704 è stata installata nel sito B.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



Figura 25 – Sonda multiparametrica YSI 6820 V2 della da YSI Inc.

4.3.2 Calibrazione delle sonde YSI

Le sonde sono state consegnate dalla società ETATEC Studio Paoletti s.r.l. a MT.SEM s.r.l. in data 27 febbraio 2014. Il giorno seguente MT.SEM s.r.l. ha testato macroscopicamente il funzionamento delle sonde. Durante questo test si è verificato il funzionamento dei collegamenti, dei contatti elettrici, del software e l'effettivo funzionamento dei sensori. Il giorno 4 marzo 2014 sono state, invece, verificate le reali calibrazioni degli strumenti effettuati dalla casa madre facendo delle letture incrociate tra sonde e strumentazione di laboratorio su campioni acquosi con diverse caratteristiche, specialmente per quanto concerne conducibilità e pH. Per gli altri parametri, misure di torbidità, ossigeno disciolto e temperatura si è unicamente verificata l'attendibilità della lettura verificando l'assenza di valori anomali. Per quanto concerne il potenziale redox si sono invece effettuate misure simultanee con le due sonde.

Questi test hanno evidenziato la bontà delle letture di conducibilità e pH (Figura 26) ma non

del potenziale redox. Si è verificata infatti la rapida deriva della lettura ORP per la sonda S/N 13M101704 (Figura 277).

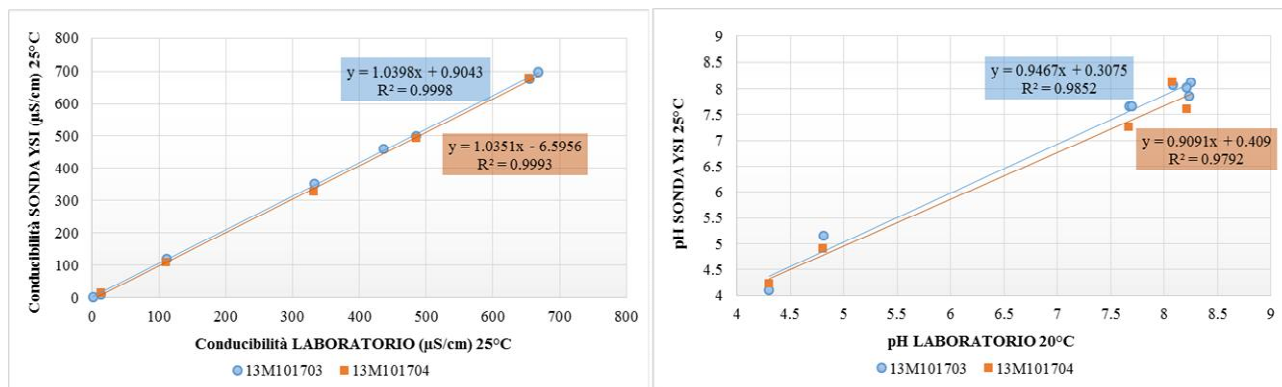


Figura 26 – Confronto tra letture di pH e conducibilità in laboratorio e con le due sonde multiparametriche

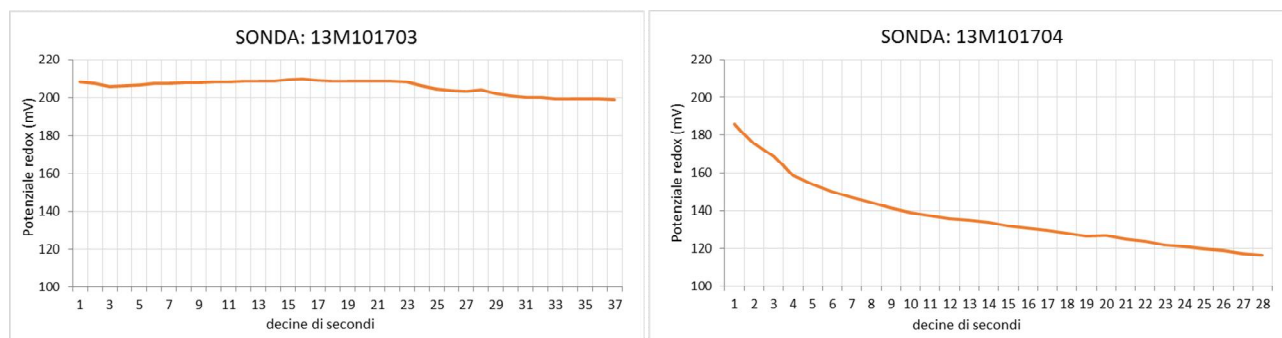






Figura 27 – Confronto della lettura di ORP nella sonda calibrata S/N 13M101703 e in quella dove si verifica la deriva del sensore S/N 13M101704.

E' da precisare che i due test sono stati effettuati su due diversi campioni di acqua di rete appena spillata e che quindi non si vuole dimostrare l'identica lettura tra le due sonde bensì la variazione nel tempo della lettura. Si osserva infatti che mentre la sonda S/N 13M101703 mantiene una certa stabilità nella lettura dell'ORP, la sonda S/N 13M101704 ha installato un sensore che deriva molto rapidamente ovvero di circa il 100% in 5 min. Questa problematica è stata immediatamente comunicata all'azienda fornitrice della strumentazione che ha provveduto ad ordinare un nuovo sensore di pH/redox.

A.T.P.:		Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	
			<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

4.3.3 Installazione delle sonde YSI

L'installazione delle sonde è stata effettuata nel mese di marzo 2014, ad opera della società MT.SEM s.r.l..

In particolare, tra il 7 e il 10 marzo 2014, periodo in cui le paratoie del Seveso presso l'opera di presa di Palazzolo erano aperte e la portata nel CSNO era nulla, è stato installato il telaio relativo alla sonda multiparametrica nel CSNO (Figura 28), mentre il 20 marzo 2014 è stata installata la sonda multiparametrica S/N 13M101704 all'interno del telaio (Figura 29).

Il giorno 17 marzo 2014 è stato installato sia il telaio che la sonda S/N 13M101703 nel T. Seveso sulla sponda destra a monte dell'opera di presa (Figura 30).



Figura 28 – Installazione del telaio per la posa della sonda all'interno del CSNO



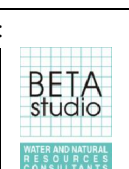
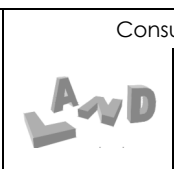
	A.T.P.: 		Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti: 	Prof. Dott. V. Mezzanotte
--	---	--	--	-------------------------	---	------------------------------



Figura 29 – Installazione della sonda S/N 13M101704 all'interno del CSNO





	A.T.P.:  	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti:  Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	---	--	-------------------------	--



Figura 30 – Installazione della sonda S/N 13M101703 all'interno del T. Seveso

Durante le attività di installazione sono state rilevate le sezioni fluviali rispettivamente del

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

CSNO e del T. Seveso, riportate nella Figura 31.

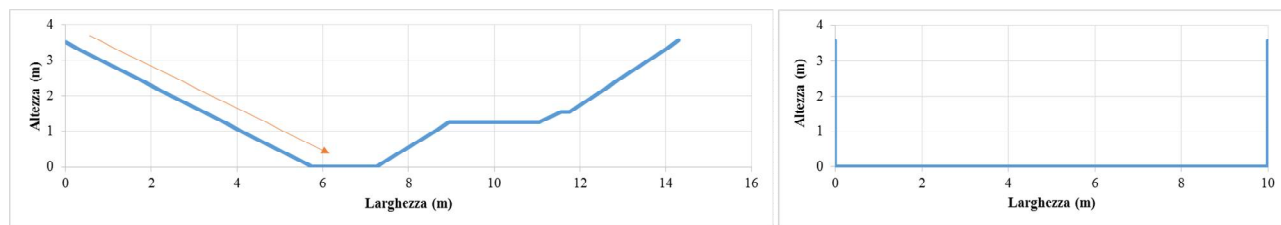


Figura 31 – sezione del CSNO a sinistra (con la freccia si indica il punto di installazione della sonda) e del T. Seveso a destra

In data 17 marzo 2014, alle ore 14:00, in corrispondenza di un livello idrometrico di 58 cm (riferito ad asta idrometrica presente sulla sponda sinistra del T. Seveso), è stata settata la sonda nel T. Seveso per la misura in continuo (time step 15 minuti) dei parametri prima indicati.

Siccome durante le operazioni di sghiaimento del T. Seveso nei pressi dell'opera di presa, effettuati nei primi giorni del mese di marzo, è emersa la presenza di circa un metro di sedimenti accumulati nel punto di installazione della strumentazione, e considerato il relativamente breve periodo della sperimentazione (qualche mese), si è deciso di installare il telaio a protezione della sonda a circa 30 cm dal fondo così da avere i sensori a circa 45 cm dal fondo (ad eccezione del livello che risultava essere al momento dell'installazione appena al di sotto del livello dell'acqua). Questo consentirà di non avere problemi in relazione al deposito di nuovi sedimenti; si segnala che, comunque, a fronte di un'eccessiva sedimentazione sarà possibile rialzare la sonda rispetto all'attuale posizione.

In data 20 marzo 2014, alle ore 14:15, ed in corrispondenza di un livello idrometrico di 55 cm (misura manuale) è stata settata la sonda nel CSNO (time step 15 minuti). In queste condizioni idrometriche la sonda, poiché adagiata in obliquo sulla sponda del canale, risulta essere completamente immersa in acqua.

In data 20 marzo 2014 è stato effettuato il primo download dei dati della sonda installata nel T. Seveso per verificare il funzionamento della stessa.

Dall'analisi delle misure, riportate in Figura 32, si osserva:

- un repentino innalzamento del livello dell'acqua nella mattinata del 19 marzo 2014, in corrispondenza dell'intervento di chiusura delle paratoie poste subito a valle dell'opera di presa del CSNO;

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- un incremento della conducibilità che va da circa 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sino a 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in tre giorni;
- una diminuzione dell'ossigeno disciolto, che vede il suo minimo con l'innalzamento del livello del fiume;
- il ciclo termico giornaliero dell'acqua;
- una consueta fluttuazione della torbidità osservata.

Tale periodo di osservazione è sicuramente troppo breve per fornire un'interpretazione dei risultati, ma è sufficiente per verificare il corretto funzionamento dello strumento.

Il monitoraggio della qualità delle acque potenzialmente invasabili nella vasca di laminazione è stato impostato considerando che le acque del Seveso dovrebbero essere derivate nel CSNO a fronte di un innalzamento del livello che permettesse lo sfioro naturale del Seveso nel CSNO stesso o a fronte dell'abbassamento della paratia al raggiungimento di circa 1 m di acqua nel Seveso a Milano. Poiché come abbiamo osservato, e come atteso, il picco di nutrienti, ovvero il first flush, si osserva prima del picco di portata, in prima ipotesi ci si poteva attendere il passaggio di tale picco prima dello sfioro nel CSNO.

Lo stato di manutenzione del torrente e la gestione dell'opera di presa del CSNO non hanno consentito di osservare sostanziali differenze nei parametri monitorati tra il torrente e il canale. Durante il periodo di monitoraggio la paratia a valle dell'opera di presa è stata periodicamente chiusa in previsione di eventi meteorici e non solo a valle del raggiungimento della soglia di circa 1 m di battente a Milano. La chiusura dell'opera di presa e il conseguente innalzamento del battente idrico a monte nel T. Seveso, consentivano la derivazione nel CSNO delle acque del fiume anche in tempo asciutto. Al sopraggiungere dell'evento di pioggia, le acque del T. Seveso risultavano quindi essere le stesse monitorate nel CSNO non consentendoci di osservare importanti differenze. Questa pratica ha anche velocizzato il fenomeno di interrimento, ad opera dei sedimenti trasportati, dell'alveo del Seveso. Si è infatti osservato un innalzamento del fondo dell'alveo da marzo 2014, quando è stato pulito, a settembre 2014 di circa 70 cm portando il fondo del T. Seveso circa alla quota dell'opera di presa consentendo, nelle condizioni attuali, alle acque del Seveso di sfiorare nel CSNO anche in tempo asciutto e con paratoia aperta.

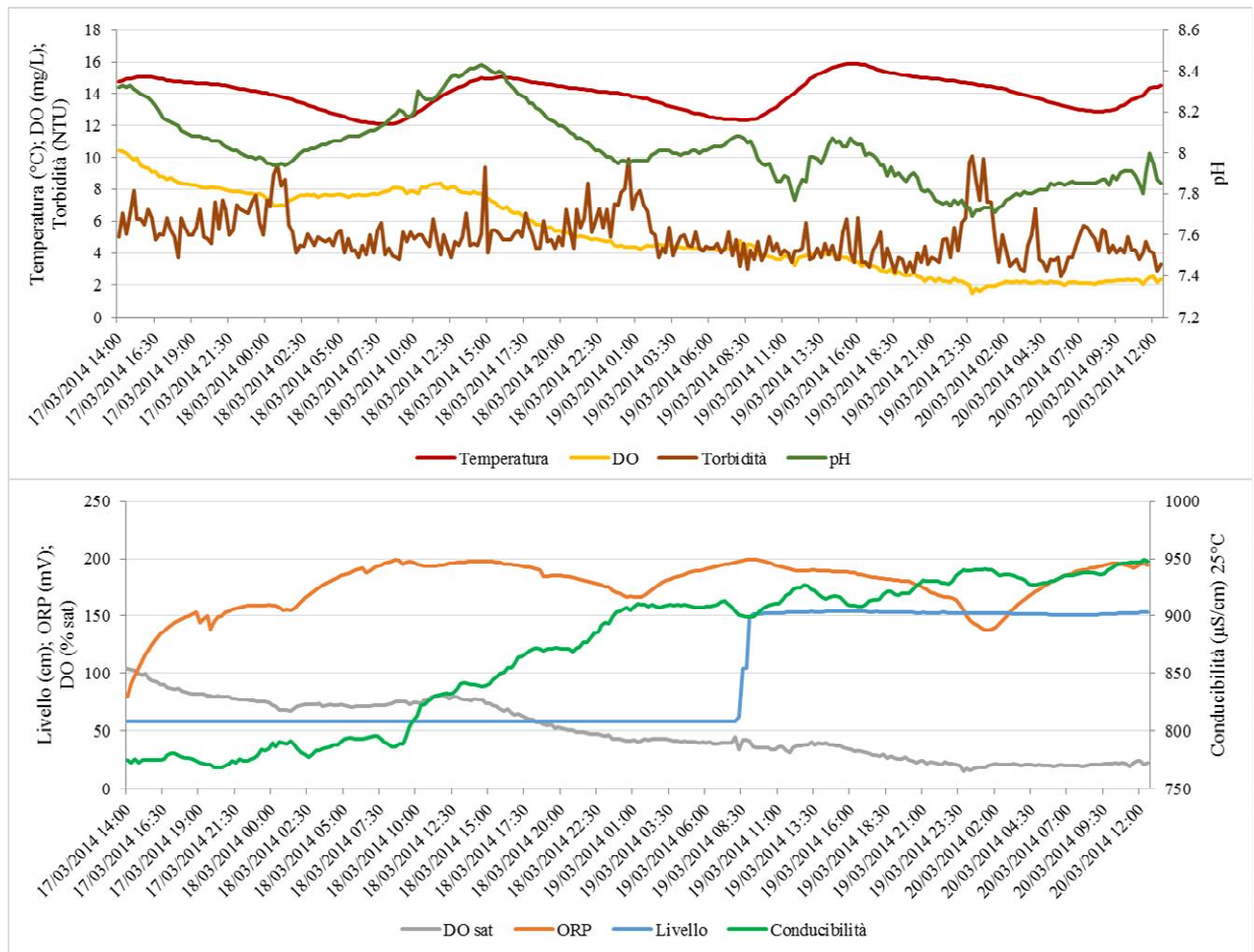


Figura 32 – valori dei parametri monitorati ogni 15 minuti nel T. Seveso

4.3.4 Monitoraggio della qualità delle acque del T. Seveso e del CSNO

Da marzo a settembre 2014 il Seveso e il Canale Scolmatore di Nord Ovest sono stati monitorati in continuo (Allegato 1).

Solo nel CSNO si è optato per la rimozione della strumentazione tra il 6 e il 22 maggio e tra il 29 maggio e il 15 giugno. Questa scelta è stata dettata dal prolungato periodo di assenza di precipitazioni previsto, con conseguente deflusso nullo nel CSNO, che avrebbe potuto danneggiare alcuni dei sensori installati.

Ad esclusione di questi due periodi, la mancanza dei dati nel periodo tra il 22 maggio e il 25 giugno nel CSNO è dovuta alla mancanza di acqua nel sito di osservazione.

La mancanza dei dati relativi al T. Seveso sono invece dovuti alla rimozione temporanea della sonda al fine di operare interventi di manutenzione e calibrazione della stessa.

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Di seguito si riporta la lista degli acronimi utilizzati nella relazione:





CSNO	Canale Scolmatore di Nord Ovest
BOD	Biochemical Oxygen Demand
COD	Chemical Oxygen Demand
DOC	Dissolved Organic Carbon
ORP	Oxidation Reduction Potential
DO	Dissolved Oxygen
TP	Total Phosphorus
TDP	Total Dissolved Phosphorus
P-PO ₄	Ortofosfato
SST	Solidi Sospesi Totali
TN	Total Nitrogen
TDN	Total Dissolved Nitrogen
N-NO ₃	Nitrati
N-NH ₄	Ammoniaca
Cr(VI)	Cromo esavalente
Cr	Cromo
Cu	Rame
Ni	Nichel
GMT	Greenwich Mean Time

4.3.5 Mantenimento della strumentazione

Come descritto in precedenza le sonde sono state calibrate prima della loro installazione. Tutti i sensori sono stati nuovamente calibrati tra il 7 e il 9 Maggio 2014. Questa nuova calibrazione non ha evidenziato particolari criticità nelle letture.

La strumentazione è stata periodicamente soggetta a interventi di manutenzione ordinaria ovvero pulizia dei sensori e download dei dati. Specialmente la sonda nel Torrente Seveso, in condizioni di paratoia chiusa, a causa della scarsa velocità della corrente è, infatti, soggetta a fenomeni di intasamento dovuti al materiale fine trasportato.

E' inoltre importante sottolineare il fatto che la sonda è settata affinché registri con orario in GMT +1.

A.T.P.:		Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	
			<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

4.4 ANALISI DELLA QUALITÀ DEI CAMPIONI DELLE ACQUE E DEI SEDIMENTI DEL T. SEVESO E DEL CSNO

Al fine di valutare la qualità delle acque del T. Seveso e del CSNO durante gli eventi di piena si sono effettuati campionamenti automatici delle acque del T. Seveso anche con autocampionatore (Figura 33) in corrispondenza della sezione di installazione della sonda multiparametrica. Durante gli stessi eventi precipitativi è stata inoltre installata una sonda spectro::lyser dell'azienda scan Messtechnik GmbH per l'acquisizione ogni 30 minuti di valori di N-NO₃ e di DOC (Figura 34). Per ciascun evento monitorato sono stati acquisiti 48 campioni da 1 litro (capacità delle bottiglie dell'autocampionatore) ogni 30 minuti al fine di avere un campione integrato orario di 2 litri che garantisca la possibilità di effettuare tutte le analisi proposte in fase di progetto (24 campioni in 24 ore).

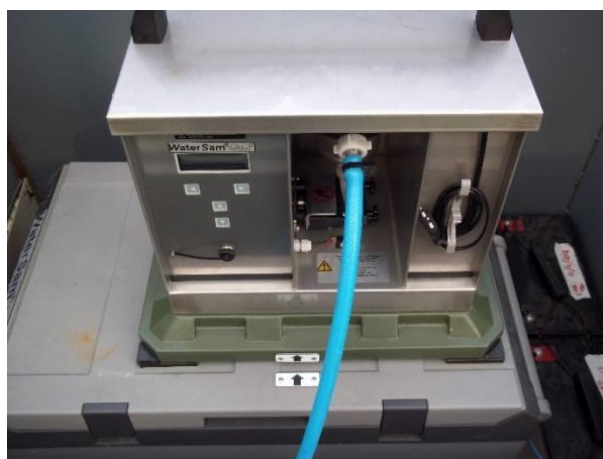


Figura 33 – Autocampionatore installato sul T. Seveso

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



Figura 34 – Sonda spectro::lyser per il monitoraggio di N-NO₃ e DOC

I campioni prelevati sono stati analizzati in laboratorio con riferimento ai parametri: TDP, P-PO₄, SST, TP, TN, TDN, N-NH₄, N-NO₃, DOC, COD, BOD₅, Cr(VI).

In Figura 35 è possibile osservare le precipitazioni registrate alla stazione di Vertemate con time step giornaliero nel primo grafico e ogni 10 minuti nel secondo e in corrispondenza di quali eventi si è effettuato il campionamento delle acque del T. Seveso. Come è possibile osservare sono stati campionati eventi sostanzialmente differenti sia in termini di precipitazione cumulata giornaliera sia in termini di intensità ai 10 minuti.

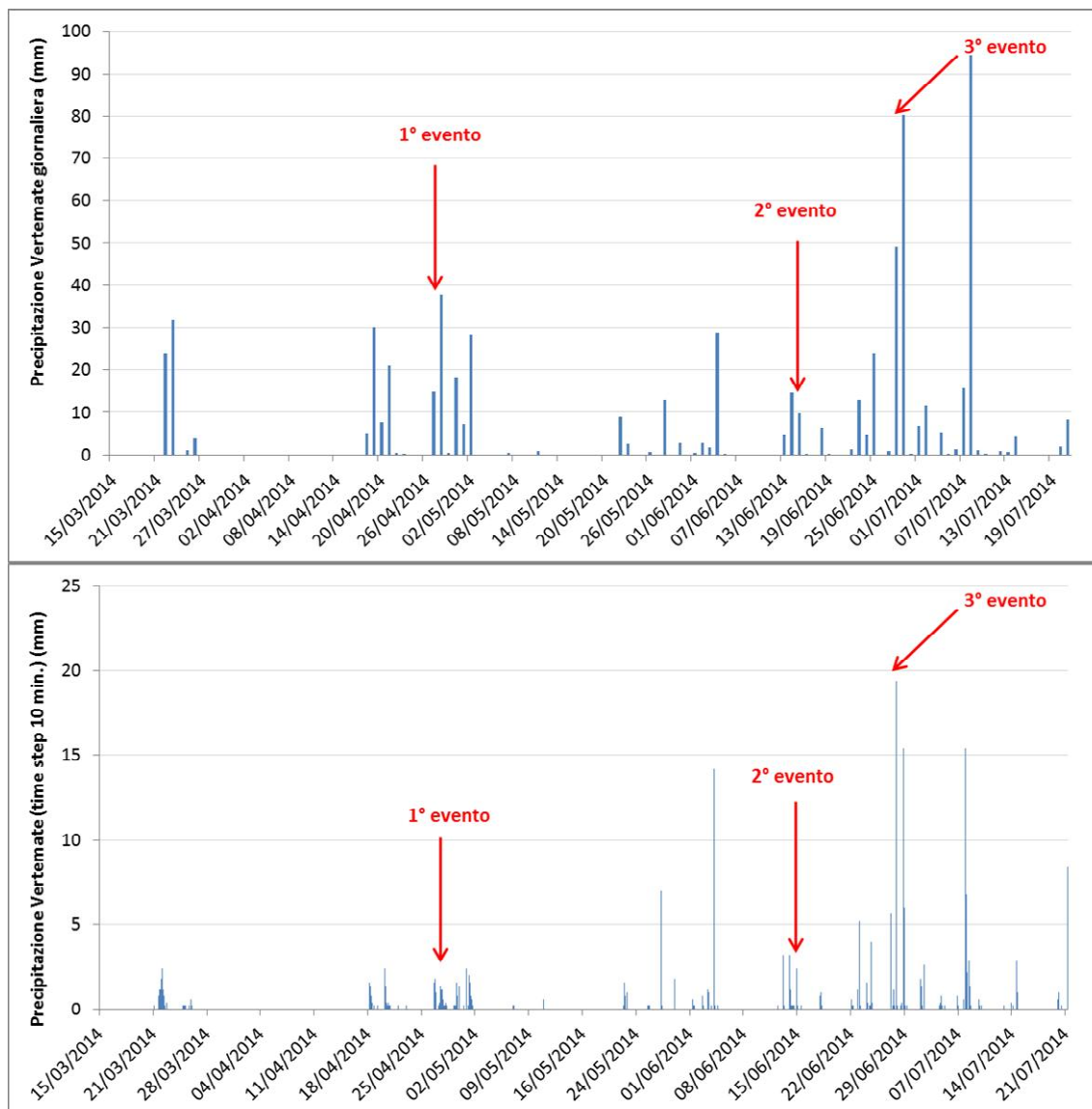


Figura 35 – Precipitazioni atmosferiche registrate dalla stazione di Vertemate (time step: giornaliero sopra e 10 minuti sotto)

4.4.1 Evento del 27-28 Aprile 2014

Il 27 Aprile 2014, in previsione di un importante evento precipitativo, si è effettuato il primo prelievo delle acque del T. Seveso.



Figura 36 – Torrente Seveso (a sinistra) e CSNO (a destra) durante l'evento meteorico

Il periodo di osservazione, preceduto da un periodo asciutto di circa 6 giorni, è stato caratterizzato da due eventi meteorici di simile intensità massima.

Il primo ha generato una portata massima del T. Seveso a Palazzolo di circa $25 \text{ m}^3/\text{s}$ mentre il secondo ha raggiunto i $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (i valori di portata sono stati ricavati dalle altezze misurate presso l'idrometro di Cesano Maderno e utilizzando la scala delle portate ricavata dal modello idrologico-idraulico implementato nell'ambito dello Studio-AIPo-2011 in corrispondenza della sezione dove è ubicato l'idrometro, riportata nella Figura 37).

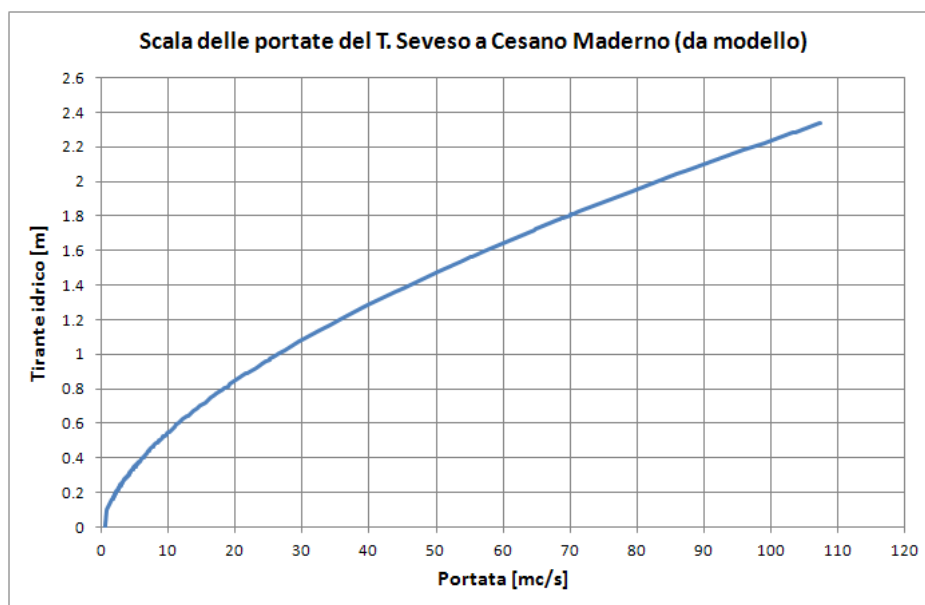


Figura 37 – Scala delle portate del T. Seveso a Cesano Maderno ricavata dal modello idraulico dello Studio-AIPo-2011

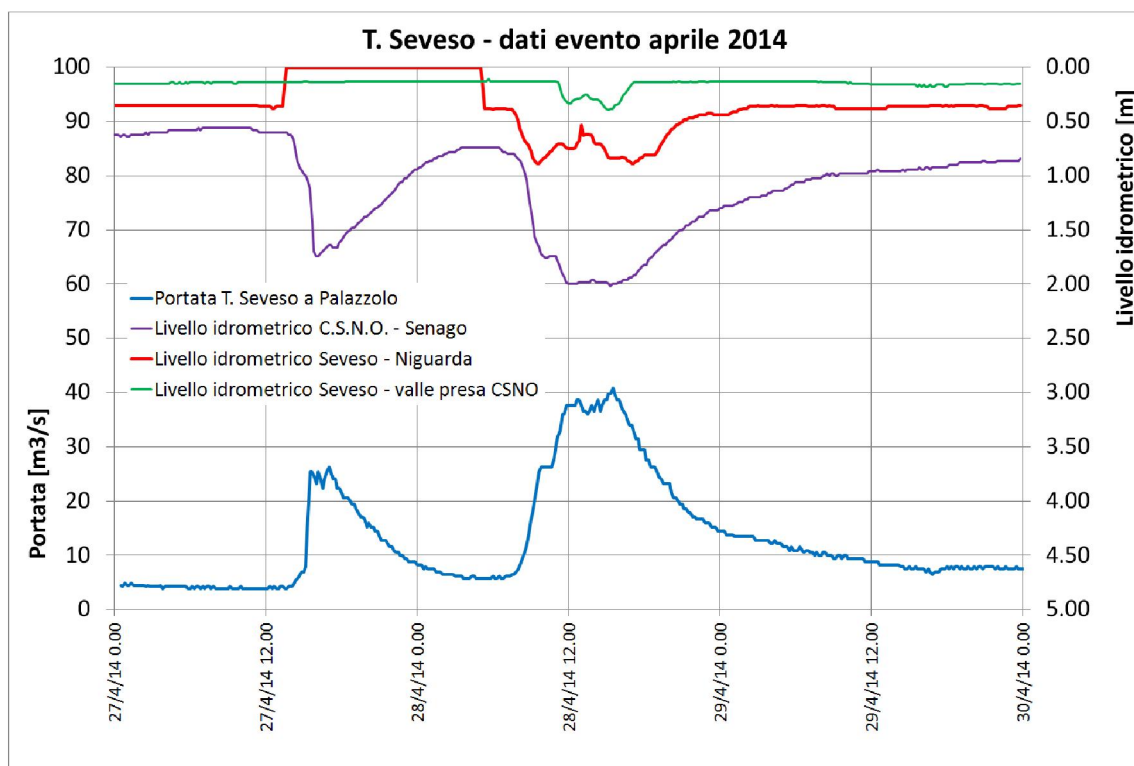


Figura 38 – Valori delle portate del T. Seveso a Palazzolo e dei tiranti idrici in alcune sezioni caratteristiche durante l'evento del 27-28 aprile 2014.

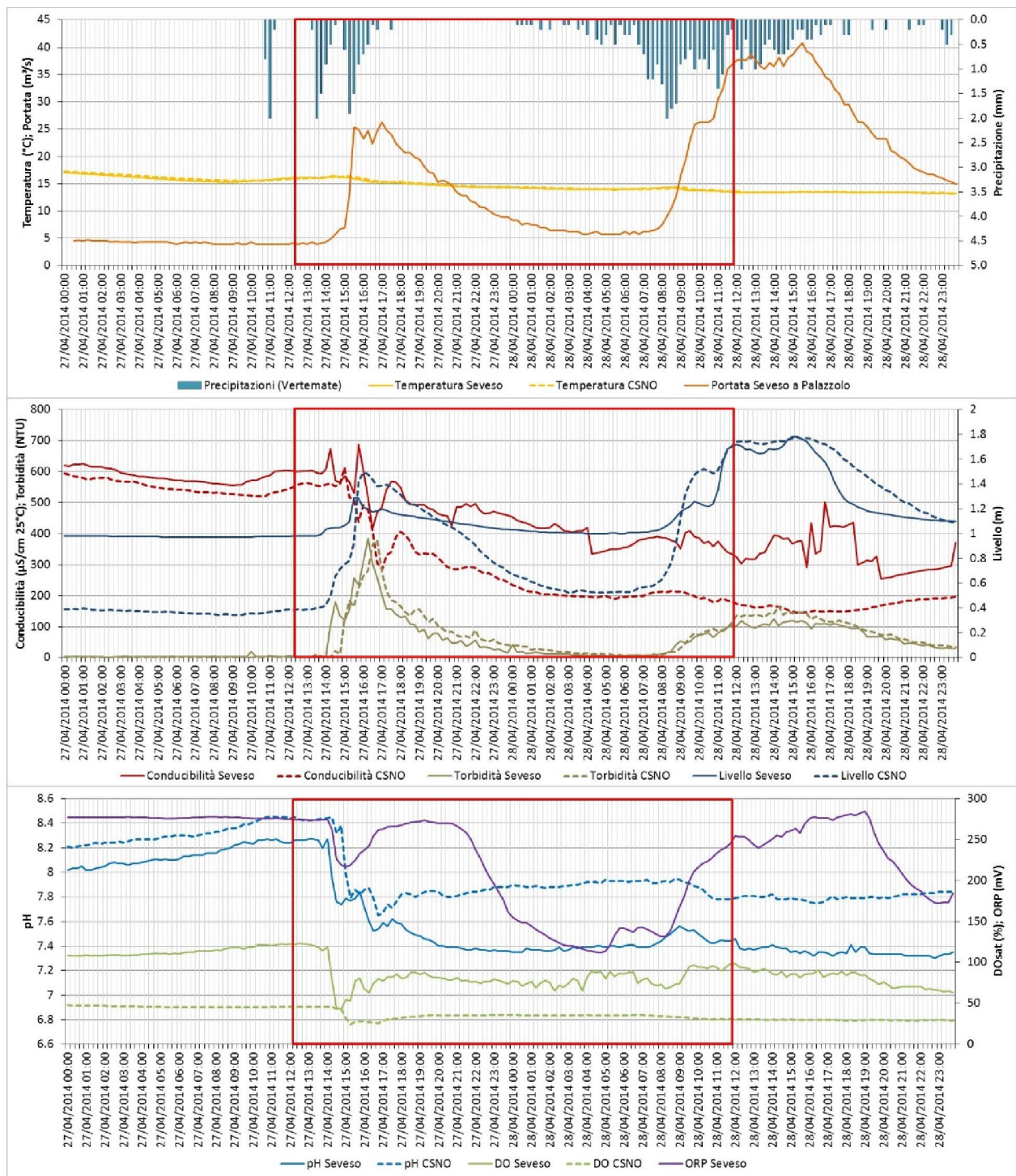


Figura 39 – Dati monitorati in continuo ogni 15 minuti durante l’evento del 27/28 Aprile 2014. La data è in GMT +1. In rosso è riquadrato il periodo in cui è stato effettuato anche il campionamento mediante autocampionatore.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Osservando i livelli monitorati dai due strumenti è possibile osservare un delay (ritardo) di circa 30 minuti tra le due sezioni di controllo. Il medesimo ritardo si ritrova inoltre anche tra il picco di livello del T. Seveso e il picco di torbidità. E' possibile, inoltre, osservare una marcata diminuzione del pH e dell'ossigeno disciolto nella mezz'ora antecedente all'innalzamento del livello del fiume e durante l'evento precipitativo.

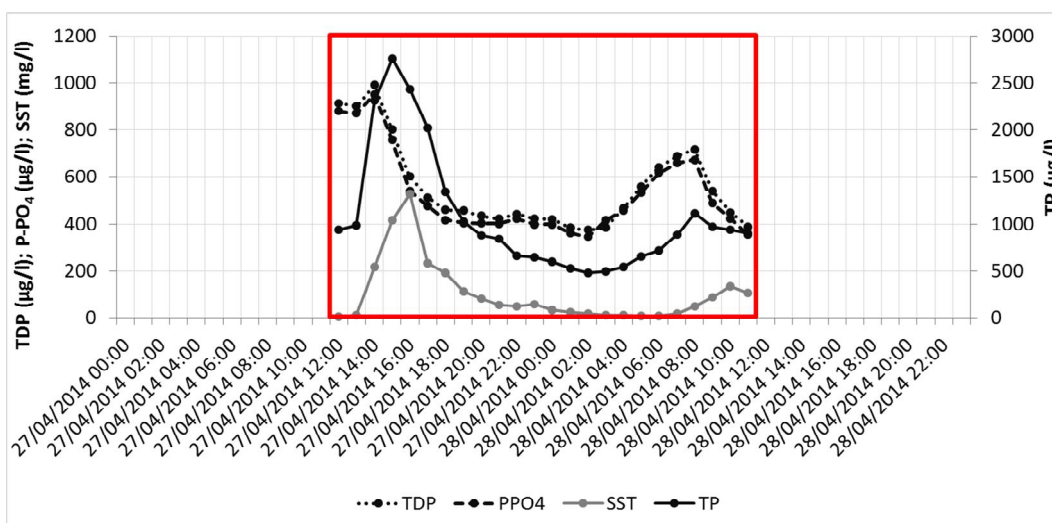
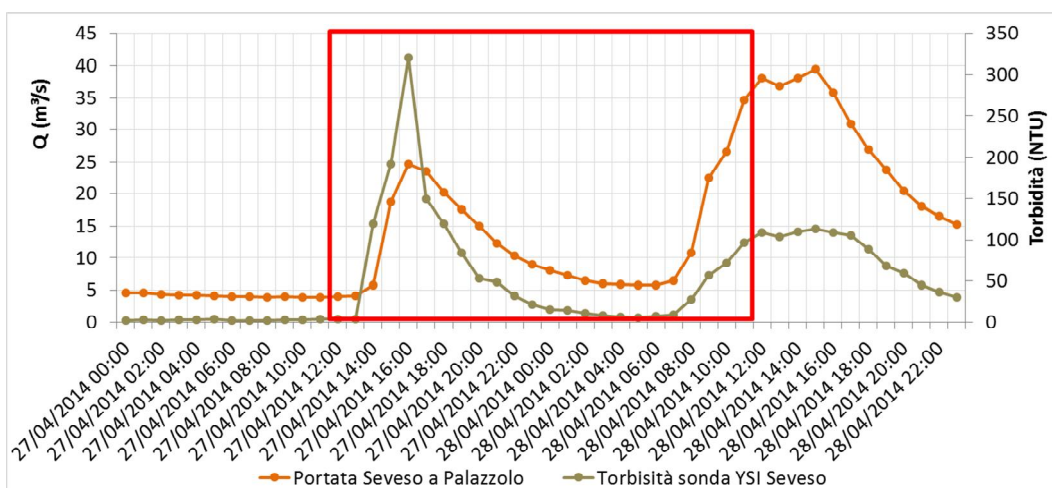
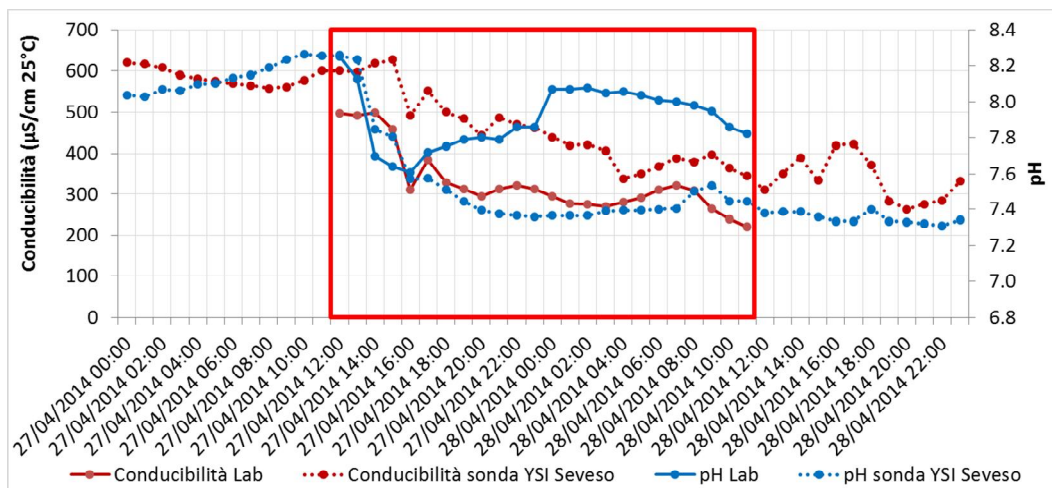
La conducibilità durante il periodo osservato mostra una sostanziale diminuzione, passando da valori intorno ai 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nella fase antecedente il primo evento meteorico a valori intorno a 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante il secondo evento, per effetto della diluizione operata dalle piogge. Durante gli eventi meteorici si registrano le oscillazioni più ampie nei valori di conducibilità, che risultano essere più marcate in risposta al primo evento e di entità minore in risposta al secondo.

E' possibile inoltre osservare come l'andamento della conducibilità nel canale scolmatore ricalchi in parte quanto avviene sul T. Seveso, pur risultando le acque del primo sempre più diluite.

Gli effetti dei due eventi meteorici alterano anche i valori di pH e di DO. A seguito del primo evento, infatti, si registra un crollo nei valori dei due parametri che poi si mantengono pressoché costanti durante la restante parte d'indagine. Questi andamenti sono imputabili ai processi di ossidazione che si innescano una volta che vengono risospesi i sedimenti. I processi ossidativi, inizialmente in equilibrio, subiscono un'intensificazione con conseguente diminuzione dell'ossigeno disciolto e del pH, per effetto della produzione di CO_2 . Nel CSNO si osservano concentrazioni di DO inferiori e valori di pH maggiori rispetto a quelli misurati nel Seveso. La minor concentrazione dell'ossigeno può essere legata al procedere della ossidazione di materiale ossidabile in sospensione nelle acque del canale, mentre la risalita del pH può imputarsi al ristabilimento degli equilibri del sistema tampone $\text{H}_2\text{CO}_3^*/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$. L'intensificazione dei processi ossido riduttivi a seguito dei due eventi meteorici è inoltre ben testimoniata dall'andamento dell'ORP che vede i due picchi contemporanei all'aumento della torbidità e quindi alla disponibilità di materiale ossidabile.

Associando ai risultati delle analisi orarie i dati di qualità monitorati dalla sonda multiparametrica (sezione Seveso) e dalla sonda spectro::lyser, corrispondenti all'orario di prelievo del campione, si ottengono gli andamenti temporali nelle 24 ore riportati in Figura 40 (i dati ricavati dalle analisi dei campioni prelevati sono disponibili per 24 ore, mentre quelli

misurati dalle sonde multiparametriche sono presenti per un periodo molto più esteso).



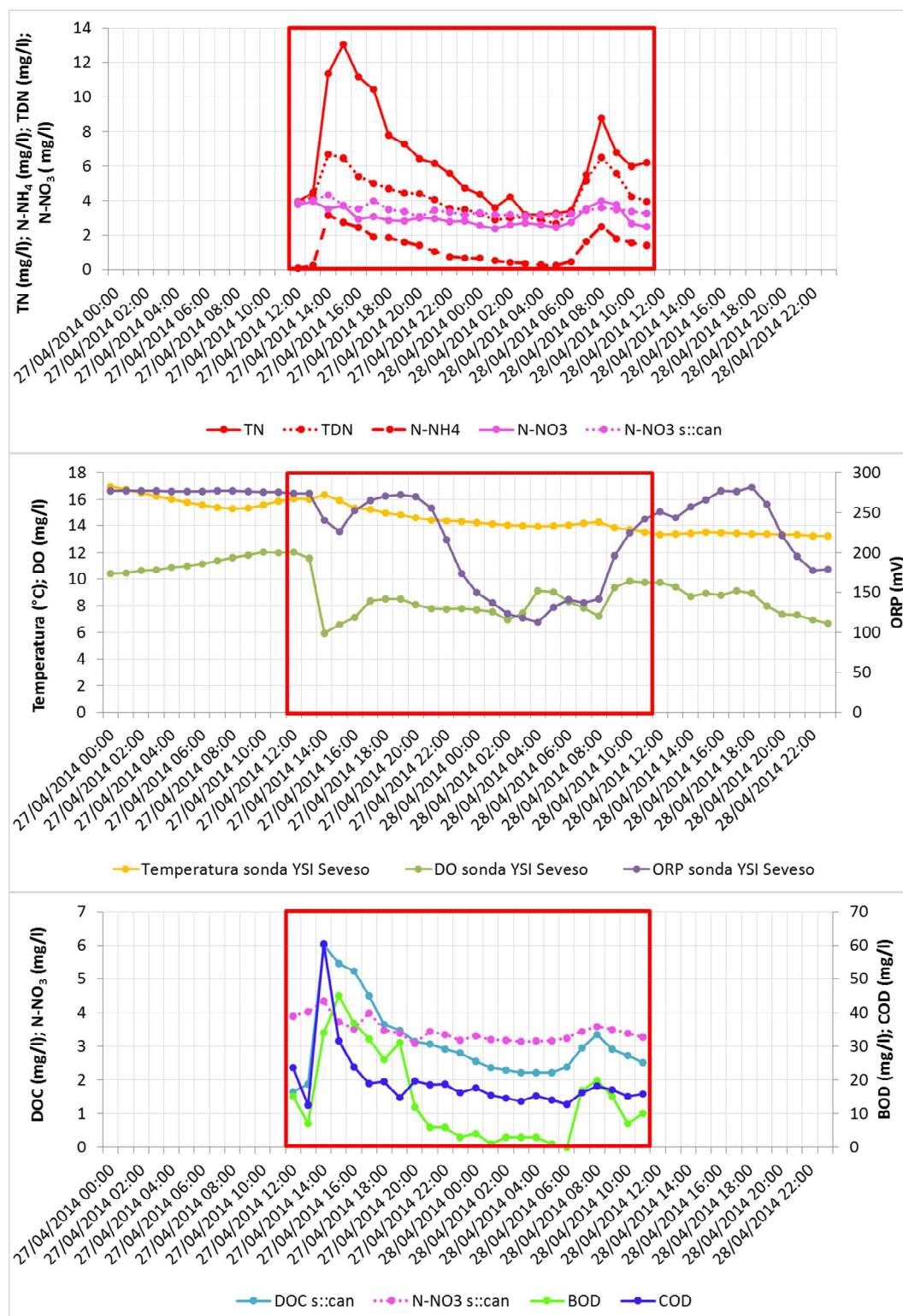






Figura 40 – Andamento temporale (GMT + 1) dei principali parametri monitorati in continuo e mediante analisi di laboratorio; in rosso è riquadrato il periodo in cui è stato effettuato il campionamento delle acque del Seveso

Osservando i profili delle diverse grandezze si può notare che il picco relativo al primo evento

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

non cade nella stessa ora per tutti i parametri. Analogamente, durante il secondo evento precipitativo, si osserva un picco sincrono tra i vari parametri anticipato rispetto al picco di portata.

Il COD e le concentrazioni di P-PO₄, TDP, DOC, N-NH₄, TDN e DO presentano i valori massimi (minimi per l'ossigeno) nel terzo campione prelevato, corrispondente alle ore 15:00 del 27/04/2014. Il BOD₅, l'ORP e le concentrazioni di TN, TP, N-NO₃ e ORP presentano i massimi in corrispondenza del quarto campione, ovvero un'ora dopo (ore 16:00 del 27/04/2014). Ancora più ritardato è il massimo di SST, Q e torbidità, che ricade in corrispondenza del 5° campione, ovvero alle ore 17:00 del 27/04/2014.

Una possibile spiegazione può essere fatta risalire a questi meccanismi:

- il picco delle 15:00 è relativo alla maggior parte delle specie in fase disciolta (COD, P-PO₄, TDP, DOC, N-NH₄, TDN). L'aumento anche consistente di concentrazione di queste specie in corrispondenza del minimo di ossigeno disciolto può essere messo in relazione alla mineralizzazione ossidativa delle forme più labili associate ai sedimenti sollevati dall'onda di piena e/o derivanti dalle forme al dilavamento delle superfici impermeabili del bacino. Il massimo di COD conferma questa ipotesi perché indica la presenza di una abbondanza di specie chimicamente ossidabili;
- il picco delle 16:00 delle forme totali di azoto e fosforo indica che la capacità ossidativa del DO sull'onda di piena, che provvede a mobilizzare/dilavare ciò che è stato accumulato in regime di magra, si è esaurito, come testimonia il minimo di redox (ORP), mentre il massimo di BOD₅ indica che sono presenti più specie biologicamente degradabili, come sostanza organica derivante dal suolo o, più probabilmente, dagli scolmatori fognari che potrebbero attivarsi più tardi dell'onda di piena. La contemporanea presenza dei picchi di N-NO₃ e di azoto totale può essere invece fatto risalire all'aumento temporaneo del deflusso dagli impianti di depurazione a seguito dell'evento precipitativo. In altre parole, si assiste al contemporaneo effetto dell'attivazione degli scolmatori e della diminuzione di tempi di ritenzione negli impianti, con conseguente aumento della velocità di scarico, per effetto della piena in corso;
- il picco delle 17:00 vede, infine, l'azione massima dell'onda di piena (Q) a cui si associa il massimo di SST (ca. 500 mg/l) e torbidità (ca. 120 NTU), il cui particolato è probabilmente a questo punto più ricco di componente litologica che di natura organica;

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- nelle ore successive la diminuzione della portata implica il graduale ristabilimento delle normali condizioni di equilibrio, con una ripresa dei processi di deposizione dei sedimenti fini, l'interruzione degli scolmi dai collettori e il ristabilimento delle condizioni ottimali di depurazione negli impianti.

Per quanto concerne il secondo evento che è all'inizio nella prima mattinata del 28/04/2014, i parametri osservati risultano invece essere tutti sincroni ma anticipati rispetto al picco di portata. Questo può essere attribuito alla presenza ravvicinata dell'evento precipitativo precedente che aveva già dilavato le superfici urbane nonché le reti fognarie portando già a saturazione il sistema.

Il monitoraggio dell'evento del 27-28 aprile evidenzia il fatto che il picco di nutrienti è anticipato rispetto al picco di portata. Questo fatto risulta essere molto importante se valutato in relazione all'obiettivo del presente studio ovvero lo studio della qualità delle acque invasabili dalla vasca di laminazione in fase di progettazione. L'anticipo del picco di nutrienti rispetto al picco di portata garantirebbe sostanzialmente l'invaso in vasca di acque "non troppo sporche" se paragonate alla qualità delle acque durante periodi asciutti prolungati.

4.4.2 Evento del 14-15 giugno 2014

Il secondo evento monitorato mediante il campionamento automatico delle acque ha avuto inizio il 14 giugno 2014 16:30 GMT + 1. L'evento in oggetto è stato preceduto da un piccolo evento precipitativo circa 20 ore prima e da un precedente tempo asciutto di circa 10 giorni.

L'evento precipitativo monitorato ha avuto una durata di circa 12 ore, con un picco di intensità nelle prime ore di campionamento pari a 3.8 mm e una precipitazione cumulata nelle 12 ore di 18.4 mm. Durante l'evento si è verificato un problema nella strumentazione del CSNO che si è spenta a seguito dell'innalzamento improvviso del livello dell'acqua che ha provocato un brusco abbassamento della carica delle batterie interne. Per questo motivo nel grafico in Figura 41 vengono riportati gli andamenti temporali dei parametri monitorati unicamente nel Seveso. Il riquadro rosso in Figura 41 rappresenta il periodo in cui si sono effettuati i campionamenti delle acque del T. Seveso.

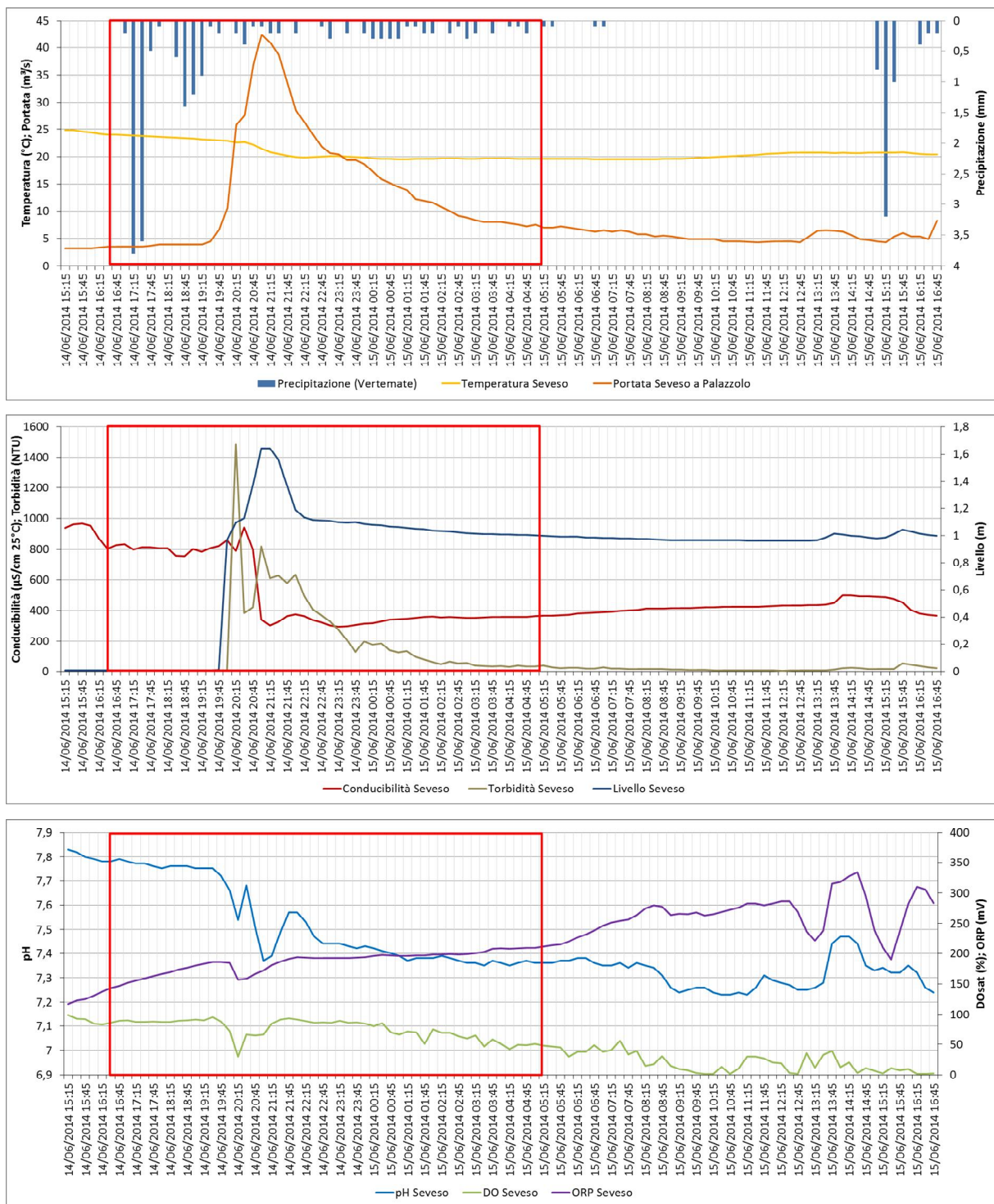


Figura 41 – Dati monitorati in continuo ogni 15 minuti durante l’evento del 15-16 Giugno 2014. La data è in GMT +1. In rosso è riquadrato il periodo in cui è stato effettuato il campionamento

Così come osservato per l’evento di aprile, anche in questo caso si registra un time delay tra picco di precipitazione a Vertemate e picco di portata a Palazzolo. Per l’evento di giugno il

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

ritardo risulta essere di circa 4 ore. Si osserva inoltre un abbassamento del DO, dell'ORP e del pH in corrispondenza della prima fase di incremento della portata del Seveso e in corrispondenza di un picco di torbidità con il raggiungimento di valori pari a 650 NTU. Come già osservato per l'evento di aprile, questi andamenti sono imputabili ai processi di ossidazione che si innescano una volta che vengono risospesi i sedimenti. I processi ossidativi, inizialmente in equilibrio, intensificano con conseguente diminuzione dell'ossigeno disciolto e del pH. Successivamente DO e ORP si assestano nell'intorno dei valori antecedenti all'evento mentre i valori del pH, dopo un leggero innalzamento, tendono ad abbassarsi in corrispondenza del picco di portata del fiume. Per quanto concerne invece la conducibilità si osserva una diminuzione ad opera della diluizione in corrispondenza dell'aumento della portata del fiume.

Associando ai risultati delle analisi di laboratorio svolte sui campioni orari i dati di qualità monitorati dalla sonda multiparametrica (sezione Seveso) e dalla sonda spectro::lyser, corrispondenti all'orario di prelievo del campione si ottengono gli andamenti temporali nelle 24 ore riportati in Figura 42.

Osservando i profili delle diverse grandezze nei grafici in Figura 42.a si può notare un picco di portata alle 20:45 pari a circa 35 m³/s e picchi corrispondenti di TP, TN e SST, DO, ORP, Cr(VI) e BOD₅. Risulta invece anticipato di un'ora circa il picco di conducibilità, torbidità, TDP, P-PO₄, N-NO₃ e TDN.

Questa dinamica differisce sostanzialmente da ciò che si è osservato nel primo evento, ovvero un anticipo di circa un'ora del picco del TP rispetto alla portata e torbidità. Al fine di comprendere al meglio le dinamiche di trasporto occorse durante l'evento precipitativo è stata effettuata una serie di approfondimenti analitici andando ad analizzare le aliquote rimanenti di acque raccolte dal Seveso con cadenza 30 minuti (Figura 42.b). Non sono stati determinati BOD₅ e COD in quanto le rispettive analisi richiedono un volume aliquota di campione. I grafici relativi a questi approfondimenti sono riquadrati in azzurro in Figura 42.b e la stessa finestra temporale riquadrata in azzurro si può osservare nel grafico orario in Figura 42.a. E' interessante notare come questo approfondimento analitico abbia fatto emergere che anche in questo caso, similmente a quanto verificatosi nel primo evento, il picco di TN e TP è anticipato rispetto al picco di portata, torbidità e SST. Tuttavia, l'anticipo è di soli 30 minuti: in questo evento precipitativo, più impulsivo del primo, le dinamiche di trasporto sono state

evidentemente più rapide.

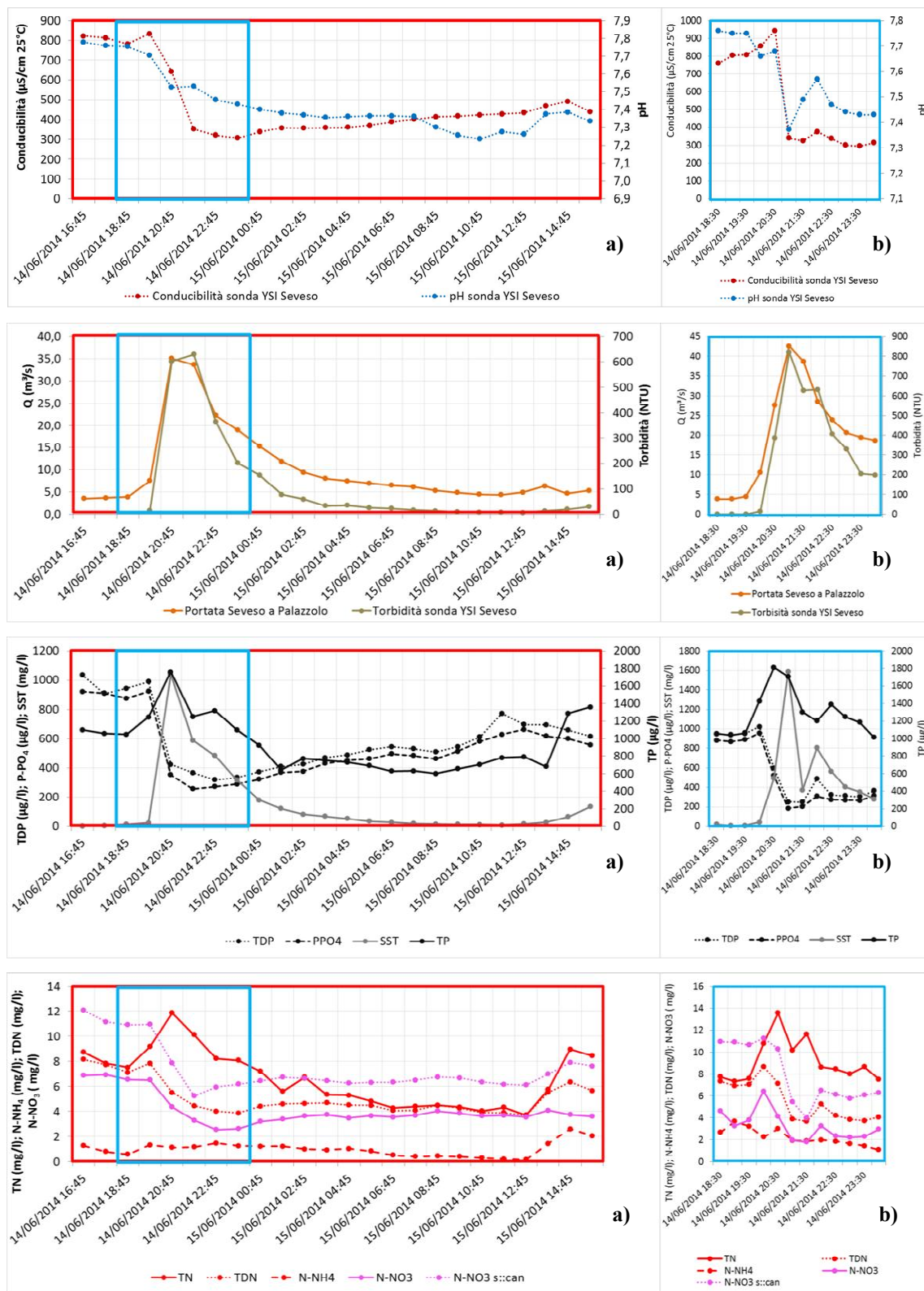




Figura 42 – a) andamento temporale (GMT + 1) dei principali parametri monitorati in continuo e mediante analisi di laboratorio (time step orario); in rosso è riquadrato il periodo in cui è stato effettuato il campionamento delle acque del Seveso; in azzurro è riquadrato la finestra temporale per cui sono state effettuate anche analisi ai 30 min di time step; b) andamento temporale (GMT + 1) dei principali parametri monitorati in continuo e mediante analisi di laboratorio (time step 30 minuti)

Dall'analisi dei dati rilevati ogni 30 minuti emergono tendenze simili a quelle osservate per il primo evento precipitativo.

Alle 20:00 del 14/06/2014 si osservano picchi delle specie in fase disciolta (P-PO₄, TDP, N-NO₃, TDN, DOC, Cr(VI)). Anche in questo caso l'aumento di concentrazione di queste specie in corrispondenza di valori bassi di ossigeno disciolto è da mettere in relazione con i processi di mineralizzazione ossidativa delle forme più labili associate ai sedimenti sollevati dall'onda di piena e/o derivanti dalle forme al dilavamento delle superfici impermeabili del bacino. Alle 20:30 del 14/06/2014 si osserva invece il picco di conducibilità, TN, TP, nonché un minimo di ORP. Questo indica che la capacità ossidativa del DO sull'onda di piena, che provvede a mobilizzare/dilavare ciò che è stato accumulato in regime di magra, si è esaurito, come testimonia il minimo di redox (ORP). Alle ore 21:00 del 14/06/2014 ricade invece il massimo di portata, torbidità e SST nonché il minimo di pH e conducibilità.





A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

4.4.3 Evento del 28-29-30 Giugno 2014

Il terzo e ultimo evento precipitativo monitorato ricade tra il 28, 29 e 30 giugno 2014. L'evento in oggetto è stato preceduto da due eventi di modesta intensità (2.4 mm cumulati alle ore 9 circa del 28 giugno con intensità di picco in 10 minuti di 1.2 mm, e 7.4 mm cumulati alle ore 00:30 circa del 28 giugno con intensità di picco in 10 minuti di circa 5.6 mm) preceduti da un evento di forte intensità con 23.6 mm cumulati il 25 giugno 2014 con intensità di picco in 10 minuti di 4 mm.

Esso si compone di due “acquazzoni” estivi di breve durata ma di fortissima intensità. Entrambi gli eventi hanno infatti raggiunto picchi di 20 mm in 15 minuti per una precipitazione cumulata di circa 40 mm nel primo sub-evento e 80 mm nel secondo. Durante questo evento si è avviato il campionamento alle 16:15 GMT+1 del 28 giugno 2014 per il campionamento ogni 30 minuti delle acque del T. Seveso, in corrispondenza delle fasi iniziali di un forte acquazzone. A causa di un problema tecnico all'autocampionatore, lo stesso ha terminato il campionamento dopo 4 ore dall'avvio effettuando così 9 campionamenti. Poiché le previsioni meteorologiche indicavano un'alta probabilità di ulteriori eventi intensi nel giorno successivo si è optato per avviare il campionatore nuovamente alle 09:30 GMT+1 del 29 giugno 2014 per raccogliere ulteriori 44 campioni ovvero fino alle ore 07:00 GMT+1 del 30 giugno 2014. Un evento particolarmente intenso precedente l'evento in oggetto ha danneggiato l'idrometro di Cesano Maderno sulla base del quale venivano stimate le portate del T. Seveso in corrispondenza della strumentazione per il monitoraggio in continuo. Per questo motivo nella descrizione di questo evento si fa riferimento al livello idrometrico misurato dalla sonda multiparametrica.

Come è possibile osservare in Figura 43 il primo sub-evento precipitativo ha causato una diminuzione della conducibilità del fiume ad opera dei fenomeni di diluizione in corrispondenza dell'innalzamento del livello del T. Seveso e del CSNO. Si osserva inoltre un aumento del pH in corrispondenza della prima fase dell'evento precipitativo seguito da una diminuzione del pH durante l'onda di piena e da una sua successiva diminuzione in corrispondenza del picco di torbidità nel fiume. Anche in questo caso si può imputare questo andamento ai processi di ossidazione che si innescano una volta che vengono risospesi i sedimenti. I processi ossidativi, inizialmente in equilibrio, subiscono un aumento con conseguente diminuzione dell'ossigeno disciolto e del pH. Il secondo sub-evento si

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

differenzia dal primo poiché a seguito dell'evento precipitativo si osserva un aumento del livello idrometrico e un contemporaneo aumento di torbidità del fiume. Meno evidenti in questo caso le variazioni al pH che comunque segue gli andamenti del livello. Meno visibili risultano essere per l'intero evento le variazioni in termini di ORP e DO.

Dall'analisi dei dati raffigurati in Figura 43 è possibile inoltre osservare un time delay tra l'osservazione del Seveso e del CSNO di circa 15/30 minuti confermando ciò che si è osservato durante il primo evento monitorato. Analogamente si osserva una differenza tra la misura di pH e DO nel Seveso e nel CSNO (il primo parametro risulta essere inferiore nel Seveso mentre il secondo risulta inferiore nel CSNO). Come indicato nell'analisi dei risultati del primo evento anche in questo caso i valori inferiori di DO e maggiori di pH riscontrati nel CSNO risultano riconducibili al procedere della ossidazione di materiale ossidabile in sospensione nelle acque del canale, mentre la risalita del pH in corrispondenza dell'abbassamento dei livelli di torbidità può imputarsi al ristabilimento degli equilibri del sistema tampone $\text{H}_2\text{CO}_3^*/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$.

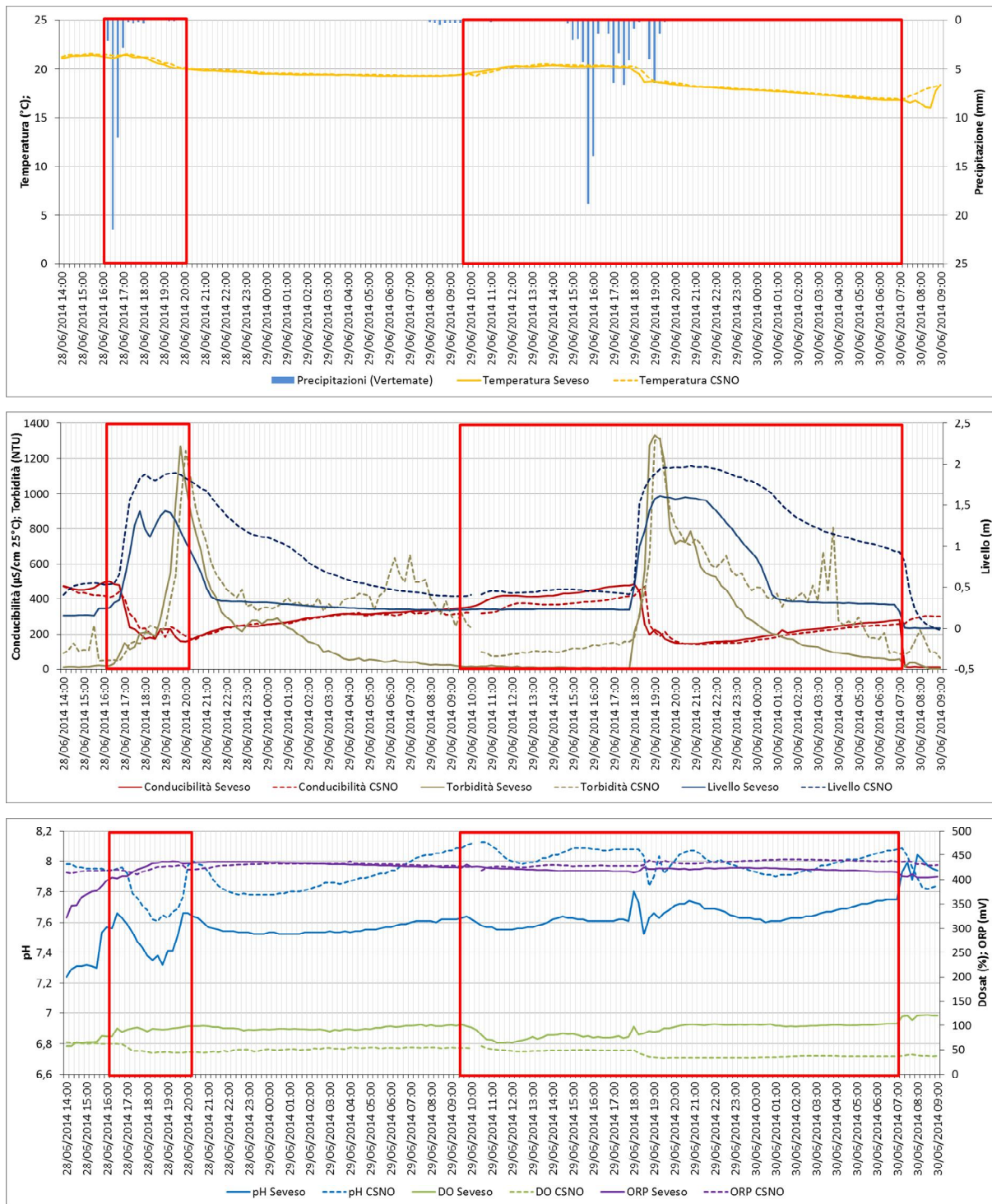


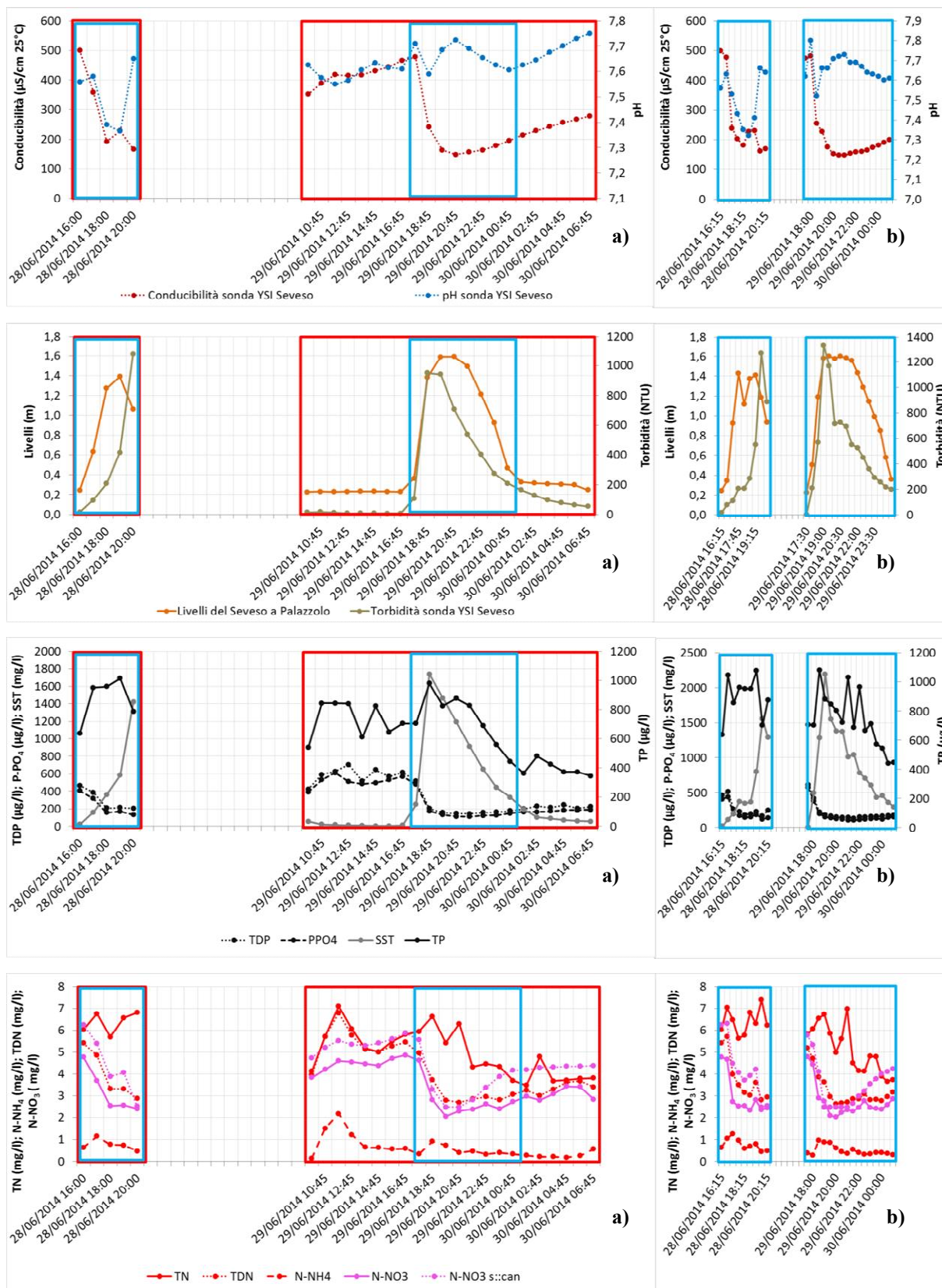
Figura 43 – Dati monitorati in continuo ogni 15 minuti durante l’evento del 28-29-30 Giugno 2014. La data è in GMT +1. In rosso sono riquadrati i periodi in cui sono stati effettuato i campionamenti

In Figura 44 è possibile osservare l’andamento orario dei parametri monitorati in continuo e di quelli analizzati in laboratorio sui campioni raccolti. In rosso vengono riquadrate le finestre

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

temporali in cui sono stati effettuati i campionamenti. Come è possibile osservare in Figura 44a, ad un innalzamento del livello del Seveso corrisponde per entrambi i sub-eventi un repentino abbattimento della conducibilità che passa da circa 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a 25°C) a valori molto bassi (circa 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a 25°C)) nonché ad una diminuzione del DOC e ad un aumento dei valori di ORP. Anche a scala oraria si osserva un abbassamento del pH immediatamente dopo l'innalzamento del livello del fiume seguito da un nuovo aumento. Si può osservare inoltre un'ottima sincronia tra la torbidità e i SST, come atteso. Le concentrazioni di TP in corrispondenza dei due eventi precipitativi aumentano ma non in modo così evidente rispetto ai valori precedenti al secondo evento di pioggia. Diverso è il comportamento del TDP, P-PO₄, N-NO₃ e TDN che invece subiscono un effetto di diluizione a valle dell'evento di pioggia. Questo comportamento, che differisce da quanto osservato in precedenza, può essere ricondotto all'intensità dell'evento di pioggia che ha portato ad un aumento della portata così rapido da mascherare con la diluizione gli effetti dell'aumento del carico inquinante. In Figura 44a è inoltre possibile osservare come il TN, l'N-NH₄ e il BOD₅ abbiano il loro picco subito prima del secondo sub-evento precipitativo mostrando anche in questo caso la predominanza dei fenomeni di diluizione. In prima analisi, per quanto concerne il Cr(VI) si osserva un segnale "rumoroso" con il suo valor massimo all'inizio del campionamento del secondo sub-evento.

Anche in questo caso, come per il secondo evento, sono state effettuate alcune analisi di approfondimento sulle aliquote avanzate di campione raccolto con time step 30 minuti al fine di investigare eventuali delay inferiori all'ora tra i picchi osservati per i diversi parametri (Figura 44b). L'analisi di tali dati ha permesso di riscontrare un anticipo del picco di TP, pH, conducibilità, N-NH₄ e ORP rispetto al picco di torbidità e SST.



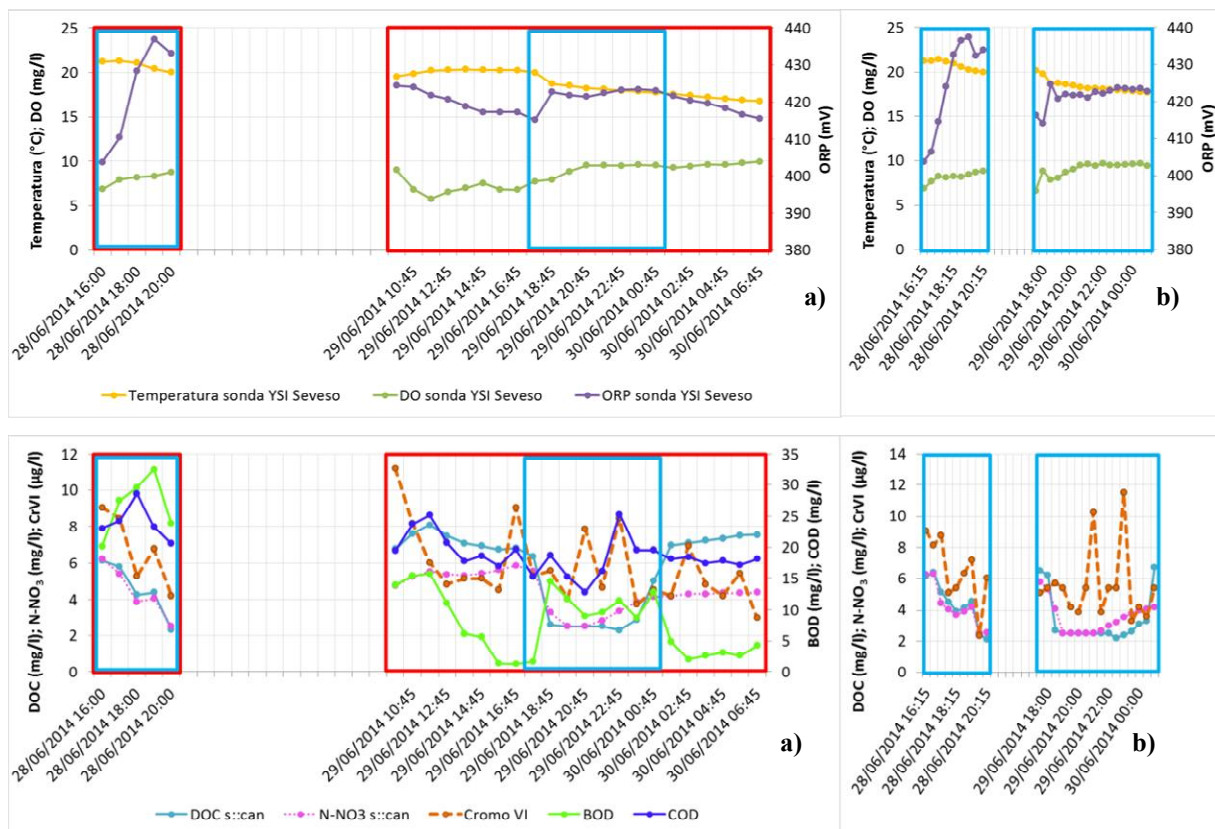


Figura 44 – a) andamento temporale (GMT + 1) dei principali parametri monitorati in continuo e mediante analisi di laboratorio (time step orario); in rosso è riquadrato il periodo in cui è stato effettuato il campionamento delle acque del Seveso; in azzurro è riquadrato la finestra temporale per cui sono state effettuate anche analisi ai 30 min di time step; b) andamento temporale (GMT + 1) dei principali parametri monitorati in continuo e medianti analisi di laboratorio (time step 30 minuti)

4.4.4 Analisi complessiva degli eventi monitorati

In Tabella 7 si analizzano congiuntamente i tre eventi mediante la valutazione dei valori medi, minimi, massimi e la deviazione standard calcolati sui parametri monitorati (T. Seveso) oltre all'altezza valore di pioggia cumulata e massima osservata per ciascun evento, in mm. Come già messo in evidenza in precedenza anche i tre eventi di piena monitorati sono caratterizzati da tre eventi precipitativi differenti. Il primo poco intenso ma con precipitazione diffusa nel tempo, il secondo poco intenso ma impulsivo, il terzo molto intenso e impulsivo (fenomeno della bomba d'acqua).

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Tabella 7 - statistica descrittiva delle principali variabili monitorate nell'arco dei 3 eventi precipitativi incluse le analisi aggiuntive sui campioni ai 30 minuti

	<u>27-28 Aprile 2014 (24 campioni)</u>				<u>14-15 Giugno 2014 (30 campioni)</u>				<u>28-29-30 Giugno 2014 (39 campioni)</u>			
	Cumulata		Massimo nei 15 min		Cumulata		Massimo nei 15 min		Cumulata		Massimo nei 15 min	
Precipitazione Vertemate (mm)	40,4		2		24,2		3,8		130,4		21,5	
	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st
Q (m³/s)	12,99	4,09	34,64	8,56	12,07	3,53	42,48	10,73	-	-	-	-
SST (mg/l)	103,17	4,98	527,51	133,09	193,80	2,24	1586,11	331,84	506,20	3,24	2194,62	570,06
TP (µg/l)	1069,35	482,21	2752,13	642,71	1008,60	602,05	1812,51	332,08	715,65	344,38	1081,44	214,24
TDP (µg/l)	557,15	376,34	990,38	185,20	585,28	248,51	1035,50	235,28	303,41	134,65	705,92	181,84
P-PO4 (µg/l)	527,00	345,17	950,55	179,65	526,17	185,76	957,71	230,43	255,25	104,62	610,15	168,02
TN (mg/l)	6,30	3,18	13,05	2,85	7,15	3,71	13,55	2,46	5,32	3,47	7,38	1,16
TDN (mg/l)	4,28	2,69	6,69	1,20	5,17	3,67	8,67	1,50	3,82	2,63	6,78	1,13
N-NH4 (mg/l)	1,25	0,11	3,16	0,90	1,42	0,11	3,66	0,96	0,61	0,13	2,18	0,41
N-NO3 (mg/l)	3,03	2,38	3,98	0,51	3,74	1,43	8,04	1,56	3,21	2,01	4,86	0,95
BOD5 (mg/l)	14,08	0,00	45,00	13,28	16,73	0,00	35,00	11,04	12,73	1,30	32,50	9,36
COD (mg/l)	19,33	12,40	60,40	9,70	25,05	18,30	47,30	7,42	19,78	12,80	28,60	3,91
CrVI (µg/L)	-	-	-	-	9,97	5,41	21,54	3,65	5,87	2,37	11,50	2,19
Temp YSI Seveso (°C)	14,60	13,54	16,36	0,82	20,82	19,56	23,99	1,48	19,11	16,80	21,41	1,41
Cond YSI Seveso (µS/cm)25°C	456,15	337,50	627,50	89,75	484,32	297,00	943,00	200,90	273,24	148,00	499,00	118,96
DOsat YSI Seveso (%)	82,18	60,65	122,50	14,54	57,41	4,55	95,60	31,00	91,91	64,15	103,00	10,66
DO YSI Seveso (mg/l)	8,35	5,93	12,05	1,43	5,10	0,42	8,28	2,71	8,53	5,80	9,99	1,16
Depth YSI Seveso (m)	1,10	0,98	1,63	0,14	0,90	0,01	1,64	0,43	0,79	0,22	1,60	0,54
pH YSI Seveso	7,53	7,36	8,26	0,26	7,46	7,24	7,78	0,17	7,62	7,32	7,80	0,10
Orp YSI Seveso(mV)	201,92	112,90	274,20	60,40	212,88	147,20	286,65	41,16	421,63	403,80	437,40	6,75
Torbidità YSI Seveso(NTU)	61,53	3,65	320,35	75,91	462,62	5,50	3799,90	895,90	322,09	4,50	1332,70	365,82
NO3-Neq s::can (mg/l)	3,45	3,08	4,34	0,33	7,46	3,97	12,08	2,12	4,18	2,48	6,30	1,15
DOC eq s::can (mg/l)	3,10	1,66	6,01	1,14	4,36	3,07	5,83	0,55	4,97	2,13	8,07	2,14

Dall'analisi dei dati riportati in Tabella 7 è possibile osservare come ad un evento più intenso corrisponda una più elevata concentrazione di SST e quindi una maggior torbidità delle acque. Dissimile è invece l'andamento delle concentrazioni dei principali parametri analizzati. Queste risultano infatti generalmente più basse negli eventi più intensi. Questo fenomeno non è unicamente dovuto agli effetti di diluizione ma, come abbiamo visto durante la descrizione dei tre eventi, è strettamente connessa all'intensità dell'evento stesso e alle caratteristiche del corpo idrico antecedenti l'evento di pioggia. E' importante sottolineare che durante l'evento precipitativo si ha l'attivazione degli scolmatori fognari e il dilavamento delle superfici urbane e che a valle di un evento intenso si osserva generalmente una fase di miglioramento dello stato di qualità delle acque del fiume stesso. Se tra questo evento e quello successivo non si ha un prolungato periodo asciutto l'evento successivo veicolerà al fiume un carico inferiore di inquinanti/nutrienti poiché sarà inferiore l'accumulo nel bacino afferente al punto di monitoraggio, nonché nel sistema fognario.

Allo stesso tempo se un evento precipitativo risulta di forte intensità l'aumento di portata potrebbe essere così repentino da nascondere i fenomeni di first flush invece ben individuabili

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

in eventi meno intensi.

Nel caso dei tre eventi monitorati, mentre per il primo evento è ben osservabile il fenomeno del first flush ovvero l'anticipo del picco dei nutrienti rispetto al picco di portata, SST e torbidità, nel secondo e terzo evento, di carattere più impulsivo, questo risulta poco evidente. In entrambi i casi solo analisi di approfondimento sui campioni ogni 30 minuti hanno permesso di riconoscere questo fenomeno, seppur in maniera non troppo evidente, specialmente per il terzo evento. Questo non dipende unicamente dal fatto che i due eventi siano stati più intensi del primo ma anche dall'assenza di un periodo di almeno qualche giorno di tempo asciutto prima degli eventi di pioggia, presente invece nel caso del primo evento analizzato.

4.5 I METALLI NEI SEDIMENTI ACCUMULATI NEL CSNO

Al fine di aumentare le conoscenze relative alla contaminazione da metalli pesanti (Cr, Cu, Ni) dei sedimenti trasportati dalle acque del T. Seveso e potenzialmente invasabili nelle vasche di laminazione di Senago, sono stati condotti degli approfondimenti analitici su queste categorie di metalli presenti nel sedimento fine del CSNO e del torrente Seveso.

L'attenzione è stata focalizzata sul sedimento vista l'affinità dei metalli pesanti e di altri inquinanti per i materiali a granulometria fine ricchi in sostanza organica che, per le loro caratteristiche fisico-chimiche e granulometriche, possono favorire la ritenzione e l'accumulo di sostanze potenzialmente tossiche. Nel corso della giornata del 30/06/2014 è stata condotta la campagna di raccolta del materiale fine sedimentato lungo il CSNO. Il maggior problema incontrato nella raccolta di campioni rappresentativi dell'area di interesse è legato all'alternarsi, nel canale, di zone di deposizione a tratti rettilinei che non favoriscono l'accumulo di sedimento. Al fine di formulare un giudizio di qualità sufficientemente rappresentativo si è scelto di effettuare campionamenti integrati in 4 siti differenti del CSNO (Figura 45). I 4 punti di campionamento sono stati:

- A. in corrispondenza dell'opera di presa del CSNO dal Seveso (Figura 46);
- B. circa 240 m a monte del sito di monitoraggio in continuo e in corrispondenza della confluenza delle due tombinature ovvero nel punto di restringimento della sezione (Figura 47);
- C. in corrispondenza della strumentazione per il monitoraggio in continuo (Figura 48);

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

D. circa a 400 m a valle del punto di monitoraggio e in corrispondenza del ponte che sovrasta il canale lungo Via Martiri di Marzabotto (Figura 49).

Occorre inoltre precisare che la gestione idraulica che contraddistingue il CSNO prevede azioni repentine di accumulo e rilascio di acqua, per far fronte a eventi improvvisi di piena del T. Seveso. Tali azioni comportano l'alterazione dei naturali meccanismi di accumulo e rimobilizzazione del sedimento fine; pertanto, risulta difficile definire i processi che portano all'immobilizzazione degli inquinanti nel sedimento e al loro rilascio in soluzione. Si può tuttavia affermare che la concentrazione totale dei contaminanti nel sedimento risulta solitamente strettamente correlata al carico inquinante derivante dalle attività produttive localizzate a monte del corpo idrico.

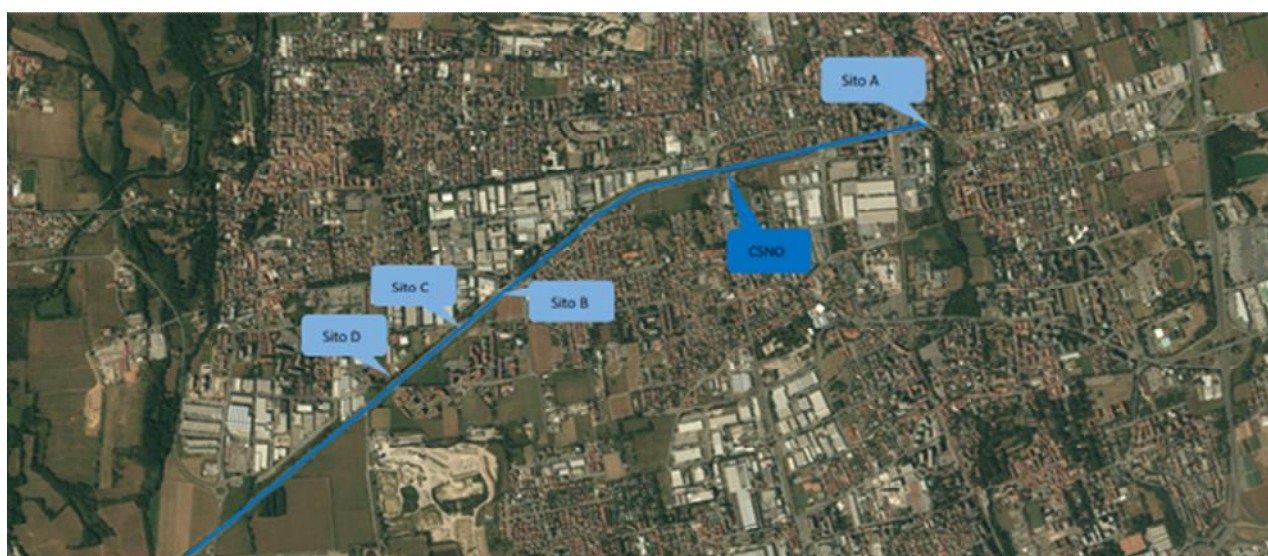


Figura 45 – Localizzazione delle quattro zone di prelievo del materiale sedimentato lungo il tratto del CSNO





A.T.P.:		Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	
			<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



Figura 46 – Prima zona di prelievo, in testa al canale scolmatore CSNO, in corrispondenza dell’opera di presa



Figura 47 – Seconda zona di prelievo, a monte della strumentazione di misura

A.T.P.:		Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	
			<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>







Figura 48 – Terza zona di prelievo, in corrispondenza dell’artefatto ospitante la sonda per il monitoraggio in continuo



Figura 49 – Quarta e ultima zona di prelievo, a valle della strumentazione di misura

Trattamento e analisi dei campioni

Il campionamento è stato effettuato, mediante appropriati dispositivi in modo da minimizzare l’influenza dell’operatore sulla qualità del prelievo, in molti punti della stessa sezione ed il materiale raccolto è stato poi miscelato così da avere un campione integrato per ciascun sito. Le determinazioni dei metalli (Cr, Cu, Ni) sono state condotte tramite spettroscopia di assorbimento atomico con fornello di grafite (GFAAS, Perkin Elmer, AA600) sulla frazione fine ($< 63 \mu\text{m}$) del campione precedentemente liofilizzato e omogeneizzato.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

In Tabella 8 sono confrontate le concentrazioni rilevate con i limiti di accettabilità per il suolo e per il sottosuolo in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare e con gli standard di qualità proposti da MacDonald. Analizzando le concentrazioni dei tre metalli è possibile fare alcune considerazioni in merito alla loro distribuzione nelle 4 zone campionate. La contaminazione da rame tende a crescere percorrendo da monte a valle il CSNO. Il cromo mostra, invece un massimo nella seconda zona di monitoraggio con valori superiori ad 80 mg/Kg s.s. Nelle altre zone le sue concentrazioni risultano minori, oscillando tra valori di poco inferiori ai 40 mg/Kg s.s. (zona A) e leggermente superiori ai 50 mg/Kg s.s. (zona D). Per quanto riguarda il nichel i massimi si registrano nelle zone centrali (B e C) con valori tra i 40 e i 50 mg/Kg s.s..

Tabella 8 - Concentrazioni dei metalli indagati e concentrazioni soglia

	Sito A	Sito B	Sito C	Sito D	VALORI SOGLIA			
					Suolo A*	Suolo B*	MacDonald, 2000 **	
					Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale	Siti ad uso Commerciale e industriale	cb-TEC	cb-PEC
Cu (mg/Kg s.s.)	52,47	74,62	76,55	85,00	120	600	31,6	149
Cr (mg/Kg s.s.)	37,19	81,80	44,79	53,66	150	800	43,4	111
Ni (mg/Kg s.s.)	31,79	47,30	45,27	36,07	120	500	22,7	48,6

Note:

* Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare D.Lgs. 152/2006 ex DM 471/99

** MacDonald, Donald D., C. G. Ingersoll, and T. A. Berger. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 39: 20-31

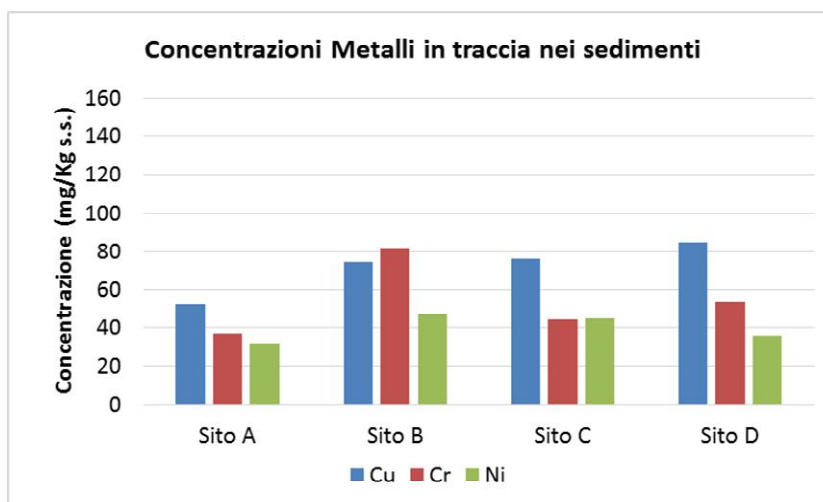






Figura 50 – Concentrazioni rilevate di rame (Cu), Cromo (Cr) e Nichel (Ni) nelle 4 zone campionate

Dal confronto tra i valori registrati (Tabella 8, Figura 50) e i valori soglia indicati dalla normativa si nota che le concentrazioni di tutti i metalli indagati permangono ben al di sotto dei limiti fissati dall'Allegato 5 al Titolo V della Parte quarta tabella 1 del D.Lgs 152/2006. In tali condizioni, se considerassimo i sedimenti come un suolo, questi ricadrebbero come suoli di tipo A, definiti come suoli di buona qualità destinabili ai siti ad uso verde pubblico, privato e residenziali.

Confrontando le concentrazioni degli elementi indagati con gli standard di qualità proposti da MacDonald et al. (2000) emerge che, mentre i limiti di cb-TEC (consensus based Treshhold Effect Concentration, ossia la concentrazione al di sotto della quale è statisticamente probabile non avere effetti tossici) risultano quasi in tutti i siti e per i tre metalli leggermente superati, se invece prendiamo in considerazione i limiti definiti cb-PEC (consensus based Probable Effect Concentration, ossia la concentrazione al di sopra della quale è probabile avere effetti tossici) non vengono mai superati. Queste considerazioni ci permettono di affermare che, in prima analisi, i sedimenti del CSNO risultano scarsamente contaminati dai metalli pesanti investigati.

4.6 I METALLI NELLE ACQUE DEL T. SEVESO

Oltre alla contaminazione dei sedimenti da metalli pesanti si è voluto investigare anche la contaminazione delle acque da metalli quali Cromo, Cromo VI, Rame e Nichel. Per quanto concerne il Cr(VI) ogni campione raccolto negli ultimi due eventi precipitativi è stato

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

analizzato. Per gli altri metalli considerati, le analisi sono state effettuate su di un campione integrato per ciascun evento.

In Tabella 9 e Figura 51 sono riportati i valori osservati accostati a quelli soglia riportati rispettivamente dalla tabella 1/A e 1/B dell'allegato 1 al D.M. 260/2010, dalla direttiva 2013/39/EU e dalla tabella 2 e 3 del D.lgs. 152/2006. L'assenza di limiti normati per quanto concerne le concentrazioni di Rame e di Cromo esavalente nelle acque superficiali ci ha spinto ad introdurre i valori soglia per le acque sotterranee e per le acque reflue che scaricano in acque superficiali al fine di avere un termine di paragone per la contaminazione da questi metalli. Le concentrazioni registrate per Cu, Cr, Ni sono sempre inferiori ai limiti fissati dalla normativa mentre il Cr(VI) risulta avere valori medi e superiori ai limiti di legge imposti per le acque sotterranee (5 µg/l).

Per tutti i metalli analizzati le concentrazioni misurate nella seconda campagna appaiono decisamente inferiori a quelle determinate nella prima. Questo potrebbe essere imputabile ad una maggior diluizione dei carichi immessi dovuta al prolungarsi dei fenomeni precipitativi che hanno caratterizzato il periodo di analisi.

Tabella 9 - Concentrazioni dei metalli indagati nelle acque e concentrazioni soglia

	14/15 giugno	28/30 giugno	VALORI SOGLIA					
			260/2010 *	2013/39/EU		Tabella 2 152/06 **	Tabella 3 152/06 ***	
			Valore limite (µg/l)	AA-EQS (µg/l)	MAC-EQS (µg/l)	Valore limite (µg/l)	Scarico in acque superficiali (mg/l)	Scarico in rete fognaria (mg/l)
Cu (µg/l)	10.61	6.24	-	-	-	1000	≤ 0,1	≤ 0,4
Cr (µg/l)	2.40	0.87	7	-	-	50	≤ 2	≤ 4
Ni (µg/l)	4.34	1.25	20	4	34	20	≤ 2	≤ 4
CrVI (µg/l)	9.8	5.9	-	-	-	5	≤ 0,2	≤ 0,2

Note:

* Tabella 1/A e 1/B dell'Allegato 1

** Tabella 2 – Allegato 5. Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee.

*** Tabella 3 – Allegato 5. Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura.

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

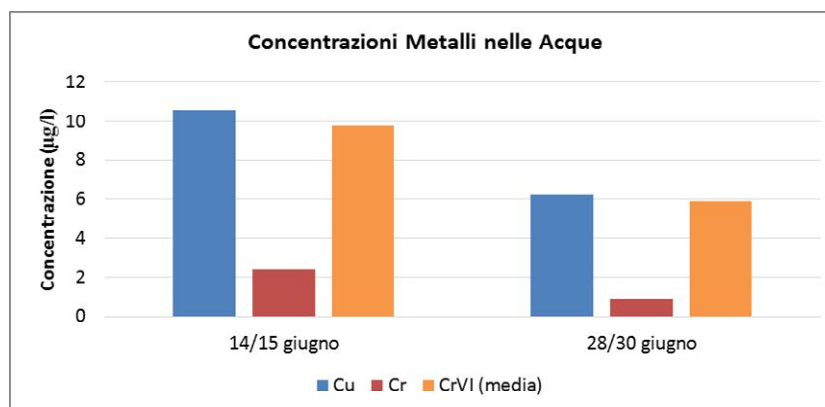


Figura 51 – Concentrazioni rilevate di rame (Cu), Cromo (Cr) e Cromo esavalente (Cr(VI)) durante gli ultimi due eventi

4.7 CONSIDERAZIONI IN TEMPO ASCIUTTO

Di sicuro interesse al fine di una corretta interpretazione dei dati di qualità delle acque durante gli eventi precipitativi, risulta essere una analisi su dati raccolti in tempo asciutto.

A tal fine, nelle prime fasi di questa sperimentazione, nel corso della giornata del 18 Aprile 2014, sono stati raccolti campioni acquosi nel T. Seveso e nel CSNO. Inoltre, tra i campioni raccolti durante i tre eventi precipitativi si sono identificati i campioni riconducibili a condizioni di tempo asciutto, ovvero antecedenti l'evento precipitativo oppure prelevati dopo 6 ore dal termine dell'evento stesso. Questo valore è stato scelto sulla base del tempo di ritardo del bacino in oggetto stimato di circa 4 ore.

Come è possibile osservare in Tabella 5, le analisi condotte sui campioni raccolti il 18 Aprile mostrano valori del tutto simili tra Seveso e CSNO. Nonostante il prolungato periodo secco antecedente alla data di prelievo si rilevano concentrazioni di inquinanti/nutrienti addirittura superiori a quelle osservate durante gli eventi di pioggia.

Si osservano invece concentrazioni piuttosto basse dei parametri analizzati per il tempo asciutto identificato a valle del terzo evento precipitativo. Questi valori sono da imputarsi, oltre che alla diluizione operata dall'evento di pioggia, all'avvicinarsi di numerosi altri eventi precipitativi nel corso della stagione che hanno aumentato gli effetti di diluizione e dilavamento dell'intero bacino idrografico.





A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Tabella 5 – analisi delle acque in tempo asciutto

TEMPO ASCIUTTO	Seveso (18/4/2014)	CSNO (18/4/2014)	27/04/2014 12:30	30/06/2014 02:45	30/06/2014 03:45	30/06/2014 04:45	30/06/2014 05:45	30/06/2014 06:45
Q (m³/s)	-	-	4,09	-	-	-	-	-
SST (mg/l)	28,60	37,20	4,98	100,97	89,35	70,23	61,23	56,04
TP (µg/l)	1649,72	1738,60	943,62	480,21	426,28	372,35	372,35	344,38
TDP (µg/l)	1477,94	1502,90	913,66	232,53	214,55	244,51	206,56	224,54
P-PO4 (µg/l)	1358,81	1401,61	878,00	165,51	172,89	185,80	185,80	189,49
TN (mg/l)	11,20	10,42	3,94	4,78	3,67	3,71	3,78	3,80
TDN (mg/l)	9,54	9,22	3,89	3,00	3,29	3,60	3,67	3,40
N-NH4 (mg/l)	0,60	0,60	0,11	0,21	0,21	0,18	0,26	0,57
N-NO3 (mg/l)	-	-	3,78	2,80	3,08	3,43	3,41	2,84
BOD5 (mg/l)	-	-	15,00	2,10	2,70	3,20	2,70	4,30
COD (mg/l)	-	-	23,60	18,50	17,50	17,90	17,20	18,20
CrVI (µg/L)	-	-	-	6,93	4,80	4,20	5,41	2,98
Temp YSI (°C)	14,50	14,54	16,08	17,41	17,22	17,04	16,88	16,80
Cond YSI (µS/cm)25°C	1091,00	1045,00	601,00	229,00	242,50	256,50	267,00	278,50
DOsat YSI (%)	97,80	84,50	122,50	98,55	100,35	99,80	101,35	103,00
DO YSI (mg/l)	9,94	8,58	12,05	9,44	9,65	9,63	9,82	9,99
Depth YSI (m)	0,96	0,31	0,98	0,32	0,31	0,31	0,30	0,25
pH YSI	8,02	8,16	8,26	7,65	7,68	7,70	7,73	7,75
Orp YSI (mV)	248,70	197,50	274,15	420,45	419,65	418,45	416,70	415,55
Torbidità YSI (NTU)	18,60	11,60	3,65	129,40	98,00	78,95	65,10	54,05
NO3-Neq s::can (mg/l)	-	-	3,90	4,30	4,30	4,34	4,34	4,38
DOC eq s::can (mg/l)	-	-	1,66	7,10	7,22	7,34	7,50	7,53

4.8 LA QUALITÀ DELLE ACQUE POTENZIALMENTE INVASABILI NELLE VASCHE DI LAMINAZIONE

Per definire la qualità delle acque potenzialmente invasabili nelle vasche di laminazione dobbiamo dapprima definire con quali portate e con quali livelli si andrebbe a derivare acqua dal CSNO verso l'area di laminazione.

Le portate di picco nel Seveso per cui attualmente ci sarebbe l'inizio dell'invaso dell'area di laminazione è di circa 30 m³/s ovvero un livello idrico nel CSNO di circa 1,55 m (in corrispondenza del punto monitorato) se prendiamo in considerazione il primo evento monitorato in cui abbiamo contemporaneamente la portata a Palazzolo e il livello nel CSNO. Questi dati sono confermati se si analizzano i dati di livello a valle della paratoia sul T. Seveso in corrispondenza dei tre eventi precipitativi (Tabella 11). Si osservano infatti dei picchi di portata dovuti verosimilmente alla tracimazione dalla paratoia, al superamento dei 30 m³/s nel Seveso e al superamento di 1,55 m di battente nel CSNO.

Durante il primo evento solo l'ultimo campione analizzato sarebbe rappresentativo della qualità delle acque invase poiché corrispondente ad una portata nel Seveso di circa 35 m³/s e ad un battente idrico nel CSNO pari a 1,72 m. Durante il secondo evento si osservano due campionamenti corrispondenti a portate superiori ai 30 m³/s se consideriamo l'analisi approfondita effettuata e quindi i campioni con time step 30 minuti. Il terzo evento invece è stato dominato da portate elevate con ben 20 dei 39 campioni effettuati (analisi ai 30 minuti) con livelli nel CSNO superiori a 1,55 m.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Tabella 6 – Statistica descrittiva sui campioni rappresentativi delle acque potenzialmente invase nelle vasche di laminazione

	27-28 Aprile 2014 (1 campione di 24)				14-15 Giugno 2014 (2 campioni di 30)				28-29-30 Giu.2014 (20 campioni di 39)			
	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st
Q (m³/s)	34,64	-	-	-	40,57	38,66	42,48	2,69	-	-	-	-
SST (mg/l)	106,63	-	-	-	979,16	372,21	1586,11	858,35	905,50	203,93	2194,62	539,22
TP (µg/l)	905,67	-	-	-	1505,90	1303,16	1708,64	286,72	816,58	442,26	1081,44	180,73
TDP (µg/l)	390,33	-	-	-	249,50	248,51	250,50	1,41	181,39	134,65	260,49	37,61
P-PO4 (µg/l)	354,02	-	-	-	194,61	185,76	203,47	12,52	140,41	104,62	196,87	28,09
TN (mg/l)	6,20	-	-	-	10,90	10,18	11,62	1,02	5,55	3,65	7,38	1,13
TDN (mg/l)	3,96	-	-	-	3,78	3,67	3,89	0,16	3,08	2,63	3,98	0,41
N-NH4 (mg/l)	1,45	-	-	-	1,90	1,88	1,93	0,04	0,60	0,31	1,26	0,27
N-NO3 (mg/l)	2,50	-	-	-	1,88	1,80	1,96	0,12	2,48	2,01	2,89	0,23
BOD5 (mg/l)	10,00	-	-	-	30,10	30,10	30,10	-	17,11	8,70	32,50	8,93
COD (mg/l)	15,90	-	-	-	33,00	33,00	33,00	-	20,22	12,80	28,60	4,72
CrVI (µg/L)	-	-	-	-	10,89	7,54	14,24	4,73	5,67	2,37	11,50	2,30
Temp YSI Seveso (°C)	13,54	-	-	-	21,01	20,54	21,47	0,66	19,06	17,79	21,41	1,26
Cond YSI Seveso (µS/cm)25°C	344,50	-	-	-	332,50	325,00	340,00	10,61	185,20	148,00	255,00	33,46
DOsat YSI Seveso (%)	93,70	-	-	-	78,55	65,90	91,20	17,89	96,39	84,10	102,60	5,40
DO YSI Seveso (mg/l)	9,75	-	-	-	7,01	5,82	8,19	1,68	8,94	7,85	9,70	0,66
Depth YSI Seveso (m)	1,63	-	-	-	1,60	1,56	1,64	0,06	1,27	0,58	1,60	0,30
pH YSI Seveso	7,45	-	-	-	7,43	7,37	7,49	0,08	7,59	7,32	7,73	0,12
Orp YSI Seveso(mV)	241,35	-	-	-	179,05	171,70	186,40	10,39	425,28	414,60	437,40	5,97
Torbidità YSI Seveso(NTU)	96,70	-	-	-	723,05	626,80	819,30	136,12	568,80	112,10	1332,70	362,88
NO3-Neq s::can (mg/l)	3,26	-	-	-	4,72	3,97	5,48	1,07	3,31	2,48	4,47	0,74
DOC eq s::can (mg/l)	2,51	-	-	-	3,71	3,07	4,35	0,90	3,04	2,13	5,16	0,92

Dall'analisi condotta emerge che durante il primo evento precipitativo si avrebbe avuto l'invaso delle vasche di laminazione il 28/04/2014 alle ore 11:30. In questo caso le concentrazioni misurate nel campione corrispondente a questo orario (Tabella 11) risultano essere inferiori alla media dell'intero evento (Tabella 7) dimostrando che le acque invase sarebbero state sostanzialmente diluite.

Durante il secondo evento le vasche si sarebbero invase tra le 21 e le 21:30 del 14 giugno 2014 non includendo così il picco di TP corrispondente a circa mezz'ora prima e non includendo i valori elevati delle forme disciolte di azoto e fosforo, ma includendo comunque valori piuttosto elevati di fosforo totale e azoto totale.

Il terzo evento, invece, avrebbe interessato l'area di laminazione per entrambi i sub eventi analizzati. In entrambi i casi sarebbero stati invasati in vasca i picchi di fosforo e azoto totale, nonché i picchi di SST.





Una analisi più dettagliata dei dati ha permesso di identificare la qualità delle acque invase durante i tre eventi nonché il volume invasato. Da questa analisi emerge che durante il primo evento solo l'ultimo campione analizzato risulta essere rappresentativo della qualità delle

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

acque invase. Se infatti consideriamo omogenea la distribuzione dei contaminanti all'interno del flusso, e se consideriamo la portata stimata rappresentativa di un'ora, si osserva per l'intero evento un volume invaso di circa 159'000 m³ con una concentrazione di TP, TN e COD rispettivamente di 906 µg/l, 6.2 mg/l e 15.9 mg/l, stimata sulla base dell'unico campione analizzato rappresentativo delle condizioni di potenziale invaso (carico P: 144 kg; carico N: 985.8 kg; carico COD: 2528.1 kg). Nell'arco del secondo evento due campioni (time step: 30 minuti) analizzati risultano corrispondenti a portate maggiori di 30 m³/s. In questo caso, con le stesse assunzioni sulla distribuzione omogenea degli inquinanti nel flusso, le concentrazioni riscontrabili in vasca di TP, TN e COD risulteranno rispettivamente di 1542 µg/l, 10.77 mg/l e 27.21 mg/l ovvero pari alla media dei due campioni analizzati ponderata sul volume invaso per ciascuna mezz'ora osservata (carico P: 58.69 kg; carico N: 409.72 kg; carico COD: 1035.15 kg). Durante il secondo evento si osserverebbe un volume invaso di circa 38'000 m³. Durante il terzo evento monitorato sono ben 10 i campioni rappresentativi della qualità delle acque potenzialmente invase. Poiché anche in questo i casi i campioni hanno un time step di 30 minuti in totale si avranno 5 ore di invaso della vasca. A questo scopo si è ricostruita la portata non monitorata a causa di un guasto strumentale mediante l'utilizzo di stazioni vicine e correlate. Questo ci ha permesso di stimare un volume invaso totale di circa 130'000 m³. Considerando anche in questo caso la distribuzione omogenea dei contaminanti nella portata fluviale è possibile stimare mediante una media ponderata la concentrazione di TP, TN e COD nelle vasche. Esse risultano essere rispettivamente di 875 µg/l, 5.72 mg/l e 17.37 mg/l corrispondenti a carichi di 114.08 kg di P, 745.25 kg di N e 2263.11 kg di COD.

Questa analisi mette in luce il fatto che seppur durante il primo e il terzo evento si è avuto il maggior invaso in vasca, nei tre eventi considerati, la qualità di queste acque è globalmente migliore rispetto alle acque invase durante l'evento meno intenso (secondo evento), per il quale si osservano concentrazioni più elevate.

L'acqua invasa verrà restituita nel CSNO e poi, attraverso il Deviatore Olona, nel Lambro Meridionale ed infine nel Lambro, per cui è importante valutare quale sarà il suo impatto sul ricettore. Ovviamente, le concentrazioni previste sono molto inferiori ai limiti allo scarico vigenti su scala nazionale (D.Lgs.152/2006), pari a 160 mg/l per il COD, a 35 mg/l per la somma di azoto ammoniacale e nitrico e a 10 mg/l per il fosforo totale e sono anche inferiori a quelli più restrittivi, previsti per lo scarico in aree sensibili da impianti al servizio di 10.000-

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

100.000 AE), rispettivamente, pari a 2 mg/l per il fosforo totale e a 15 mg/l per l'azoto totale.

4.9 MODELLO PER LA STIMA IN CONTINUO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL SEVESO

In Tabella 7 è possibile osservare i range e i valori medi delle principali variabili monitorate in continuo nel T. Seveso nei 148 giorni in cui i dati sono stati considerati validi poiché privi di evidenti anomalie. Si osservano valori di torbidità massimi piuttosto elevati, ovvero di circa 2095 NTU. Inoltre si evidenziano valori molto elevati anche di conducibilità i quali superano addirittura i 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Infine valori nulli di ossigeno disciolto dimostrano talvolta la presenza di condizioni di anossia.

Tabella 7 - Statistica macrodescrittiva dei parametri monitorati in continuo nel T. Seveso, della portata fluviale e dei SST stimati tramite le misure di torbidità

	Seveso			
	Media	Massimo	Minimo	Dev.st
<i>Temp YSI (°C)</i>	18.03	26.04	9.17	3.13
<i>Cond YSI ($\mu\text{S}/\text{cm}$)25°C</i>	618.0	1267.0	48.0	235.7
<i>DOsat YSI (%)</i>	58.10	135.00	0.00	35.96
<i>DO YSI (mg/l)</i>	5.47	12.74	0.00	3.38
<i>Depth YSI (m)</i>	0.44	2.67	0.00	0.43
<i>pH YSI</i>	7.70	8.43	6.94	0.22
<i>Orp YSI (mV)</i>	240.88	463.90	-298.00	141.58
<i>Torbidità YSI (NTU)</i>	56.27	2095.50	0.40	123.35
<i>Q (m³/s)</i>	7.10	154.26	0.36	9.32
<i>SST stimati (mg/l)</i>	93.69	3166.20	9.51	185.85

Già questi valori e le loro dinamiche durante gli eventi precipitativi danno un'idea della contaminazione e quindi della qualità delle acque del torrente.

Risulta però interessante investigare se alcune di queste variabili risultano utilizzabili come proxy per la previsione di parametri di qualità non monitorati in continuo.

A questo scopo è stata calcolata una matrice di correlazione (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) tra le analisi di laboratorio e i parametri monitorati in continuo nel T. Seveso durante i tre eventi monitorati al fine di valutare le relazioni esistenti tra di essi.

Tra i parametri monitorati in continuo e alcuni dei parametri di qualità, analizzati sui campioni prelevati, si evidenziano in Tabella 8 le principali relazioni altamente significative

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

(p.value < 0.001):

Tabella 8 - Principali relazioni esistenti tra i parametri monitorati in continuo e i dati di qualità analizzati in laboratorio; tra parentesi l'indice di correlazione R

<i>Variabili monitorate in continuo</i>	<i>Variabili analizzate in laboratorio</i>
Torbidità	SST (0.97)
ORP	TDP (0.45), P-PO ₄ (0.48), N-NH ₄ (0.38)
Conducibilità	SST (0.44), TP (0.51), TDP (0.83), P-PO ₄ (0.83), TN (0.51), TDN (0.77), N-NH ₄ (0.55), N-NO ₃ (0.56), COD (0.37)
DO sat	TDP (0.47), P-PO ₄ (0.47), TDN (0.41), N-NH ₄ (0.35)

Tra questi si evidenziano le ottime relazioni tra torbidità (Torb_YSI) e solidi sospesi (SST). Inoltre si osservano buone relazioni tra Conducibilità (Cond_YSI) e le forme disciolte di fosforo e azoto seppur queste ultime potrebbero celare l'effetto di diluizione operato dalla portata su entrambe le variabili.

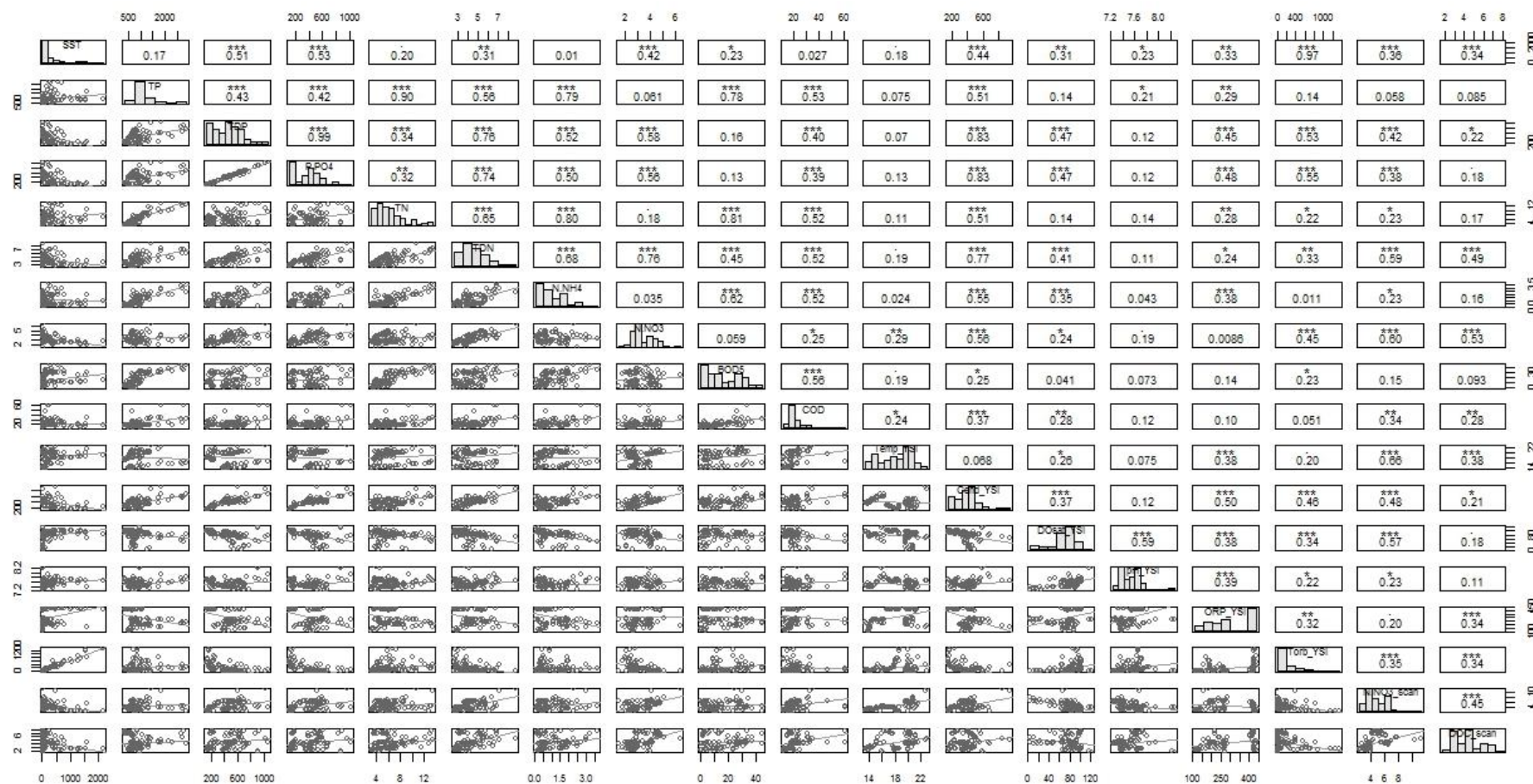


Figura 52 – Matrice di regressione diagonale tra i principali parametri monitorati in continuo nel T. Seveso (indicati con “_YSI” e con “scan” in relazione alla sonda utilizzata) e i principali parametri analitici. Nella metà in alto a destra è mostrato l’indice di correlazione e il grado di significatività (<0.001 “*”, <0.01 “**”, <0.05 “*”, <0.1 “.”, <1 “.”); lungo la diagonale la distribuzione in frequenza delle variabili; nella metà in basso a sinistra lo scatter-plot tra ciascuna variabile**

Come anticipato, una delle relazioni più statisticamente forti tra parametri monitorati in continuo e parametri di qualità risulta essere quella che lega la misura della torbidità con i solidi sospesi totali (Figura 53).

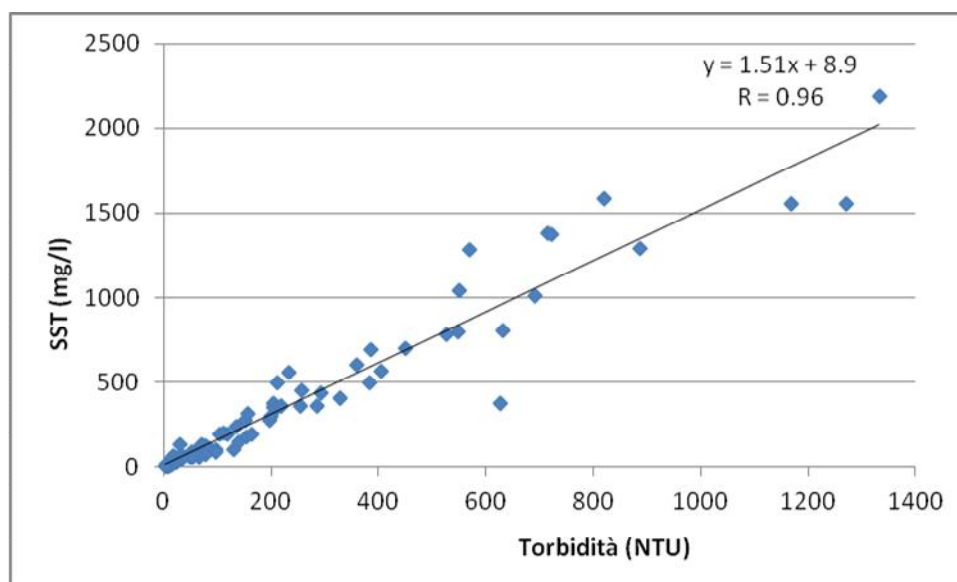






Figura 53 – Relazione tra torbidità e solidi sospesi totali per i campioni monitorati nell’arco dei tre eventi.

L’applicazione di questa relazione ai dati di torbidità osservati in continuo permette una quantificazione continua dei solidi in sospensione veicolati dal T. Seveso.

In 163 giorni di monitoraggio si stimano così concentrazioni medie di SST pari a circa 113.70 mg/l con valori massimi pari a circa 3600 mg/l cui corrisponde un carico cumulado di circa 18’500 tonnellate in 163 giorni di osservazione. E’ da precisare che queste stime sono effettuate sulla base dei dati disponibili e quindi non sono rappresentative dell’intero periodo di monitoraggio ma unicamente dei periodi di funzionamento degli strumenti. Esse rappresentano quindi, sicuramente, una sottostima rispetto al reale carico veicolato nei mesi di osservazione. Ciò che, però, andrebbe potenzialmente ad interessare le opere di laminazione sarebbe solo una aliquota di tale carico poiché l’invaso avverrebbe solo in corrispondenza di eventi di piena con portate superiori ai 30 m³/s. Inoltre, la portata invasata sarebbe unicamente quella corrispondente a livelli superiori alla soglia. Nel periodo di osservazione queste condizioni si sono osservate per 108 ore distribuite in 23 eventi precipitativi (eventi differenti

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

se con time delay di almeno 6 ore). Andando a filtrare gli eventi di piena con portata maggiore ai 30 m³/s, considerando unicamente la portata eccedente tale soglia e considerando le stime di SST riferite all'intero flusso, è possibile stimare un carico di solidi sospesi potenzialmente invasato di circa 3'600 t nei 163 giorni di osservazione (figura 28). E' inoltre importante precisare che si tratta di una stima non dei sedimenti invasati bensì del carico di solidi in sospensione.

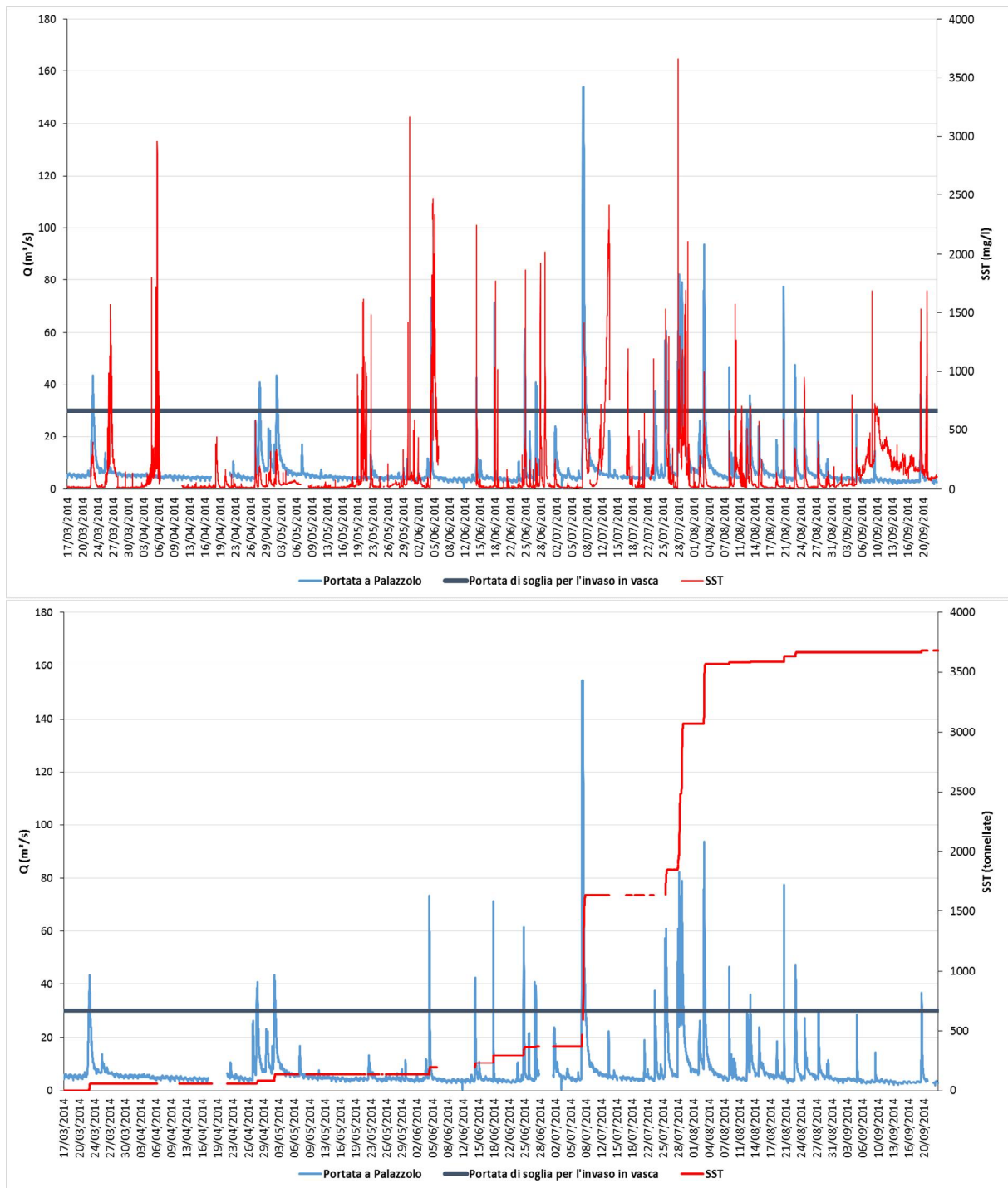


Figura 54 – Andamento ricostruito delle concentrazioni di SST nel tempo e valutazione del carico di SST potenzialmente invasato.

Studi pregressi in ambienti urbani dimostrano che la torbidità risulta essere proxy del fosforo totale (Viviano et al 2014). Questi studi mettono in evidenza il fatto che tra torbidità e fosforo totale possa non esserci una relazione univoca bensì due relazioni in base all'origine

puntiforme o diffusa della contaminazione. Anche nel caso di studio in oggetto si osserva un doppio comportamento nella relazione tra torbidità e TP (Figura 55) che, sulla base dell'esperienza pregressa, siamo in grado di associare alla tipologia di sorgente della contaminazione. Sui campioni raccolti non sono state condotte analisi su traccianti antropici in grado di distinguere chiaramente i campioni con prevalenza di contaminazione da sorgente diffusa e puntiforme. A questo scopo può essere utilizzata l'ammoniaca (Figura 56) la cui presenza, tuttavia, non ha unicamente origine dagli scarichi fognari, benché questi abbiano un ruolo determinante nel generarne il carico.

La mancanza di alcuni dati di portata rende però complessa la verifica dell'esistenza delle due relazioni. Sulla base degli studi pregressi la portata, insieme alla torbidità, risulta infatti elemento fondamentale per la discriminazione tra le due relazioni.

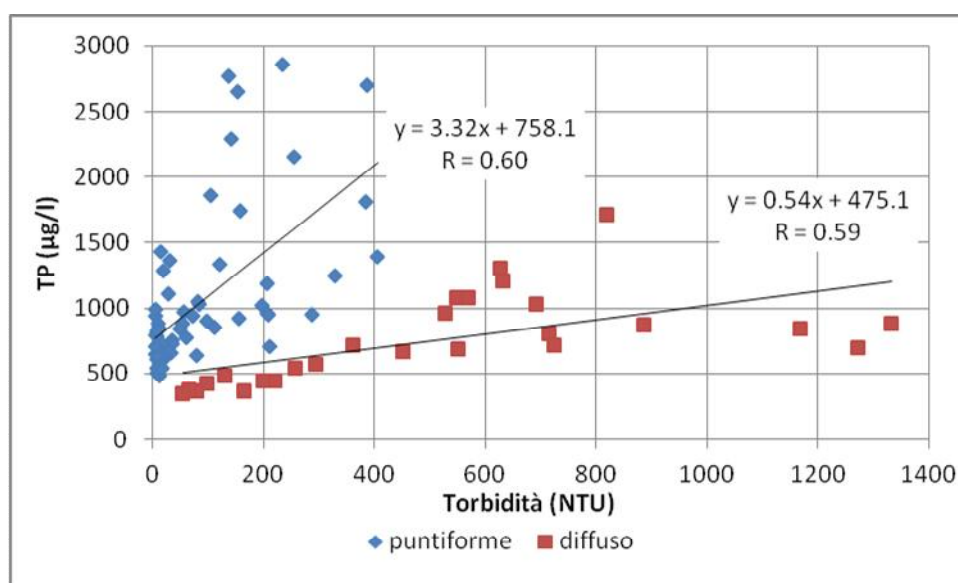


Figura 55 – Relazione tra torbidità e TP per i campioni monitorati nell'arco dei tre eventi con la distinzione di ciò che si considera di origine diffusa e puntiforme.

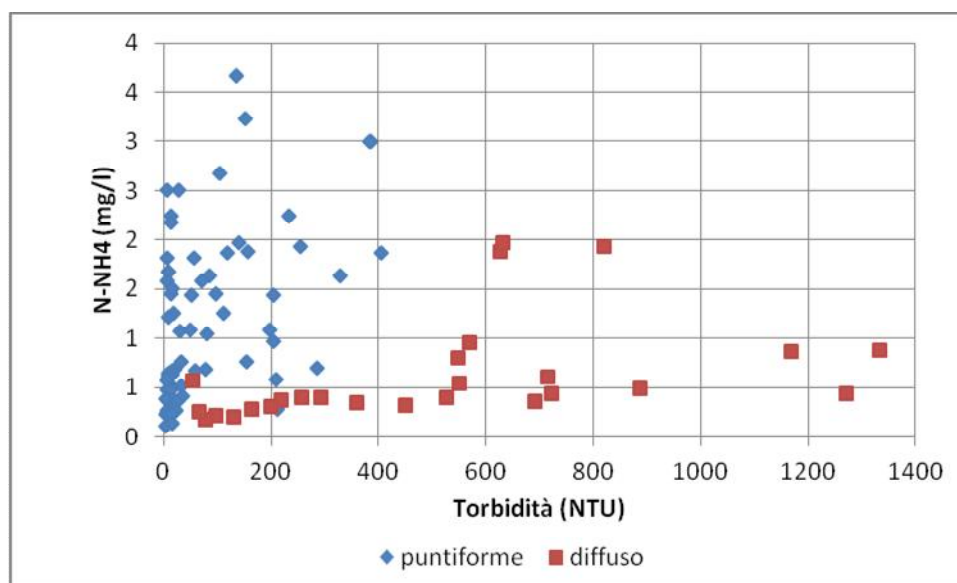


Figura 56 – Relazione tra torbidità e N-NH4 per i campioni monitorati nell’arco dei tre eventi con la distinzione di ciò che si considera di origine diffusa e puntiforme.

Nonostante non sia stato possibile in questa fase ricostruire in continuo mediante l’utilizzo di proxy i principali descrittori della qualità del corso d’acqua, l’analisi in continuo di alcuni parametri quali la conducibilità, la torbidità e l’ossigeno disciolto consentono comunque di avere un’indicazione chiara del livello di contaminazione delle acque nonché di osservarne la variabilità ad elevata frequenza.

La conducibilità che risulta essere strettamente correlata con le forme disciolte di fosforo e azoto rappresenta infatti il contenuto di sali nelle acque. Un aumento improvviso della conducibilità è quindi indicativa di una contaminazione civile e industriale.

La torbidità è invece legata al fosforo e azoto totale, pur non essendo riscontrabile un buon livello di significatività in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** a causa della presenza di una doppia relazione in entrambi i casi come precedentemente descritto per il fosforo totale. In base all’origine del materiale in sospensione nell’acqua che la rende quindi torbida, si osservano differenti relazioni tra torbidità e TN e TP.

Anche l’ossigeno disciolto è strettamente legato alla qualità delle acque. La quantità di ossigeno presente nelle acque risulta essere il risultato di un bilancio dei processi che consumano ossigeno e di quelli che invece portano ad un suo aumento. La diminuzione della quantità di ossigeno disciolto è spesso dovuta ad attività antropiche tra cui il riversamento nei corpi d’acqua di un eccesso di sostanze biodegradabili utilizzate dai batteri come fonte di nutrimento con conseguente consumo di ossigeno.

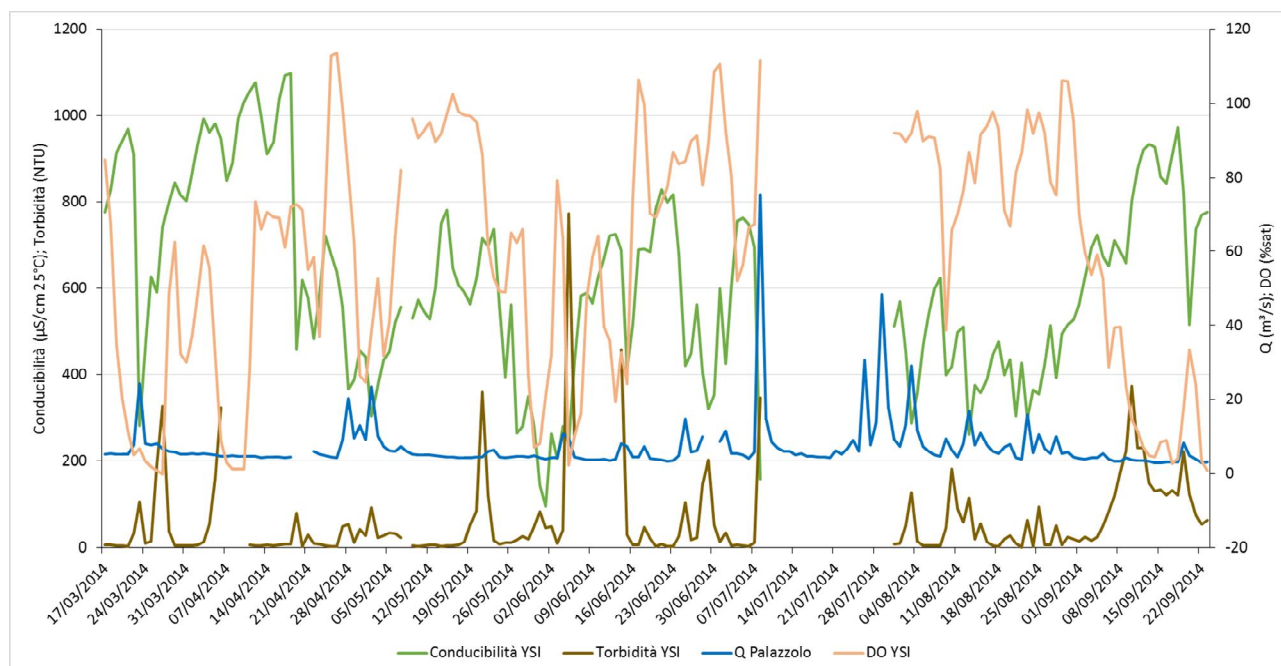


Figura 57 – Andamento giornaliero di portata, torbidità, conducibilità e ossigeno disciolto.

Come è possibile osservare dal grafico in Figura 57 l'aumento di torbidità del fiume si ha quasi esclusivamente in corrispondenza dell'aumento di portata ovvero in corrispondenza degli eventi di pioggia. Tale comportamento mette in risalto il fatto che il carico di solidi sospesi e di nutrienti è principalmente veicolato dagli eventi di piena che tendono a dilavare le reti di drenaggio urbano.

E' possibile anche osservare che ad un aumento della portata del T. Seveso corrisponde una diminuzione del contenuto di sali disciolti nelle acque ovvero di conducibilità. Questo accade probabilmente a causa dell'effetto di diluizione operato dall'incremento della portata. A scala giornaliera risulta infatti non visibile l'incremento della conducibilità antecedente l'onda di piena così come si è descritto nella fase di analisi degli eventi monitorati. La relazione esistente tra la conducibilità e le forme disciolte di fosforo e azoto consente di dire che un andamento analogo si osserverebbe per queste forme disciolte. E' interessante notare che i valori più elevati di conducibilità si osservano principalmente in tempo asciutto e specificatamente risultano essere tanto più elevati quanto più lungo è il periodo secco. Questo dimostra che condizioni pessime di qualità delle acque del T. Seveso si osservano già in tempo asciutto e paradossalmente tendono al miglioramento per effetto della diluizione operata dall'incremento di portata a valle degli eventi precipitativi.

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>





E' inoltre possibile osservare come livelli bassi di ossigeno disciolto siano spesso corrispondenti a periodi con torbidità elevate delle acque. Come descritto in fase di analisi degli eventi, questo è da attribuirsi all'instaurarsi di fenomeni ossidativi intensi con la sospensione di sedimenti. I processi ossidativi, inizialmente in equilibrio, subiscono un'intensificazione con conseguente diminuzione dell'ossigeno disciolto. Come osservato in fase di analisi dei singoli eventi monitorati, ad una diminuzione di Ossigeno Disciolto spesso corrisponde un picco di COD e BOD. In Figura 57 è possibile osservare che, in circa quattro momenti durante il periodo di indagine, il T. Seveso ha raggiunto condizioni di anossia al fondo. Queste condizioni sono correlabili con i periodi di prolungata chiusura della paratoia di valle (opera di presa di Palazzolo del CSNO), che induce situazioni di rigurgito e riduzione della velocità del flusso, che comportano riduzione del rifornimento di ossigeno disciolto. Questa limitazione rende predominante il consumo di ossigeno ad opera di batteri aerobici che ossidano la materia organica.

4.10 CONCLUSIONI

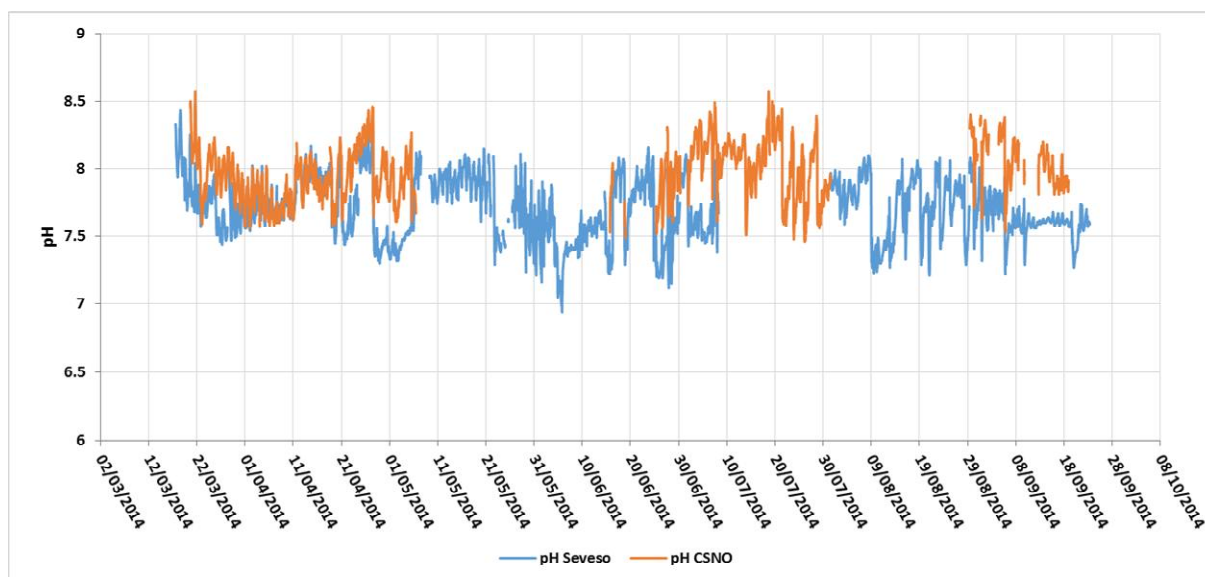
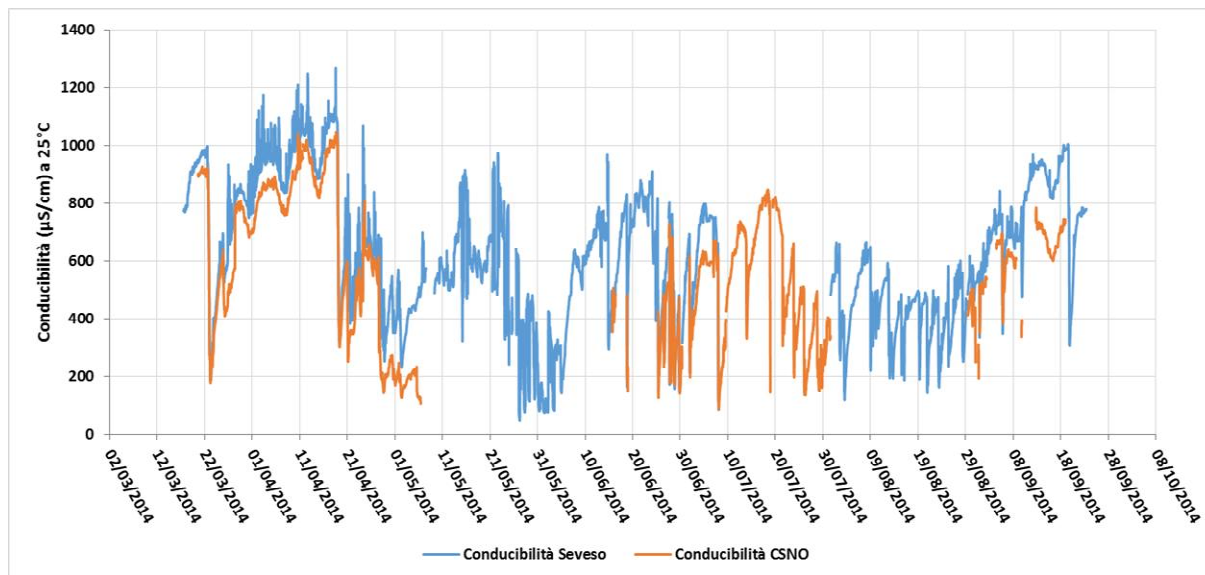
In tempo piovoso le onde di concentrazione manifestano punte in leggero anticipo (effetto first flush) rispetto alle onde di portata. Durante tali eventi i valori medi delle concentrazioni confermano in generale la qualità scadente delle acque che quindi non dovranno infiltrarsi verso la prima falda, con ciò confermando la necessità dell'impermeabilizzazione delle vasche come da progetto.





Tuttavia tali valori non appaiono preoccupanti per azoto, fosforo, BOD₅, COD e Cr(VI) ai fini dell'ecosistema e del mantenimento del verde delle vasche, che anzi contribuirà all'assorbimento dei nutrienti.

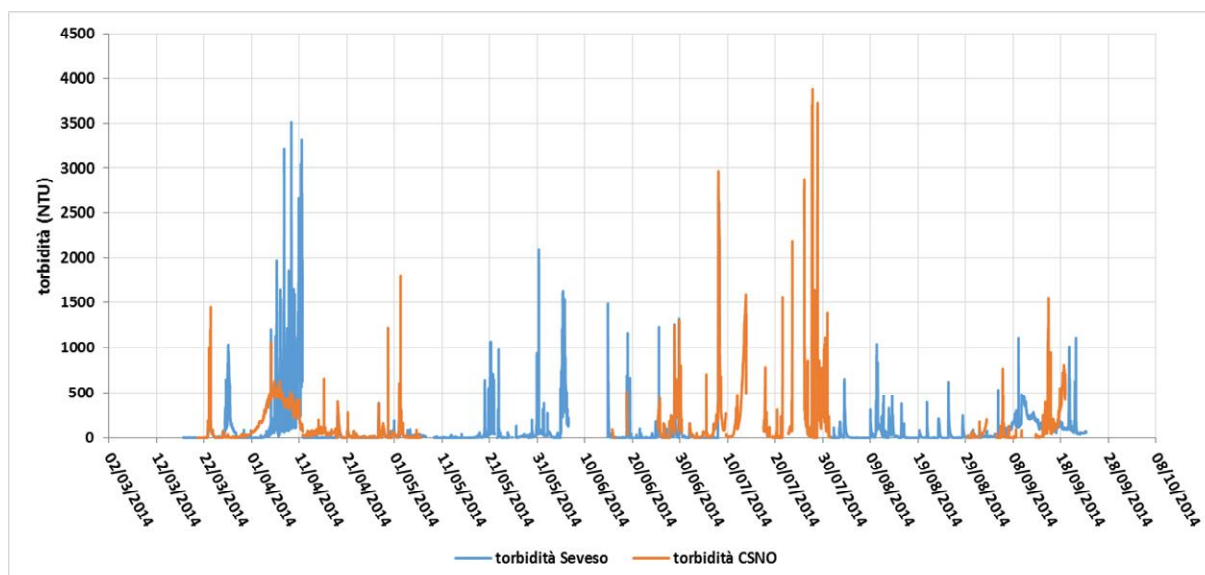
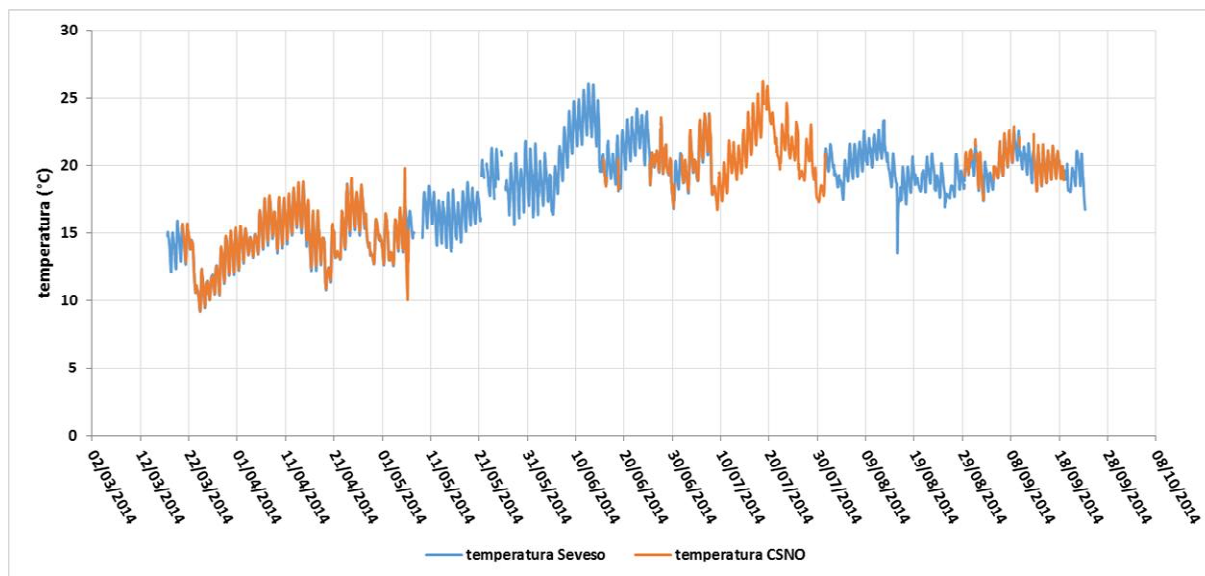
Al contrario i SST e la torbidità delle acque denunciano presenza elevata di sedimenti trasportati dalle acque, peraltro con basse e non preoccupanti concentrazioni di metalli pesanti (Cr, Cu, Ni), come confermato anche dalle analisi sui sedimenti. Ne consegue la necessità di modalità di manutenzione atte a rimuovere periodicamente dalle aree verdi i sedimenti, peraltro classificabili, per quanto riguarda i metalli monitorati, in modo analogo ai suoli di tipo A destinabili ad uso verde pubblico, privato e residenziale.





A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

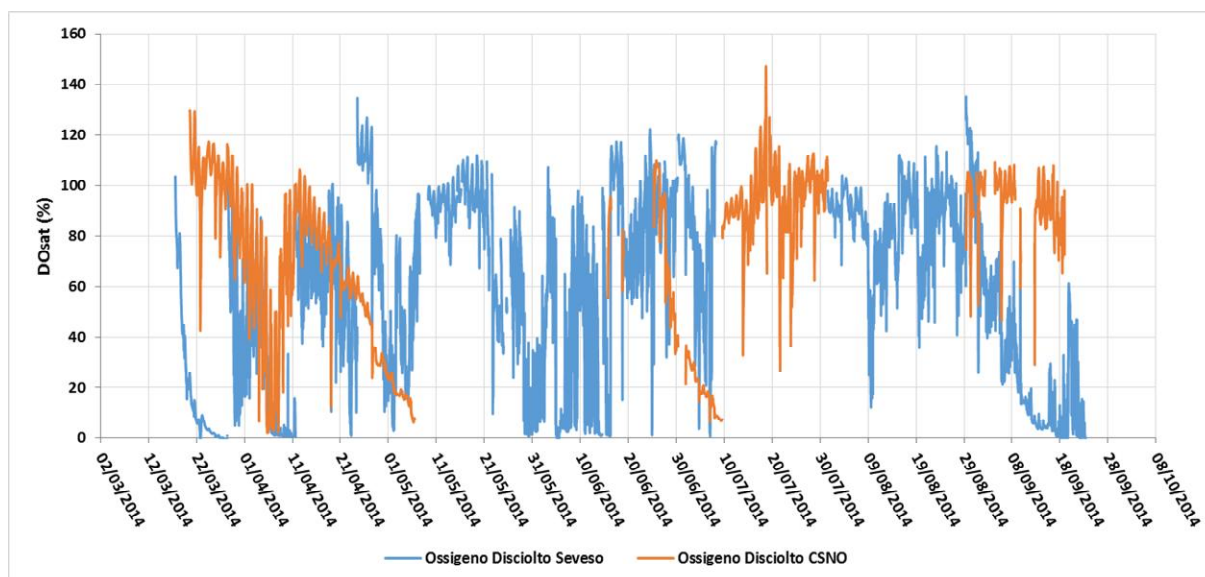
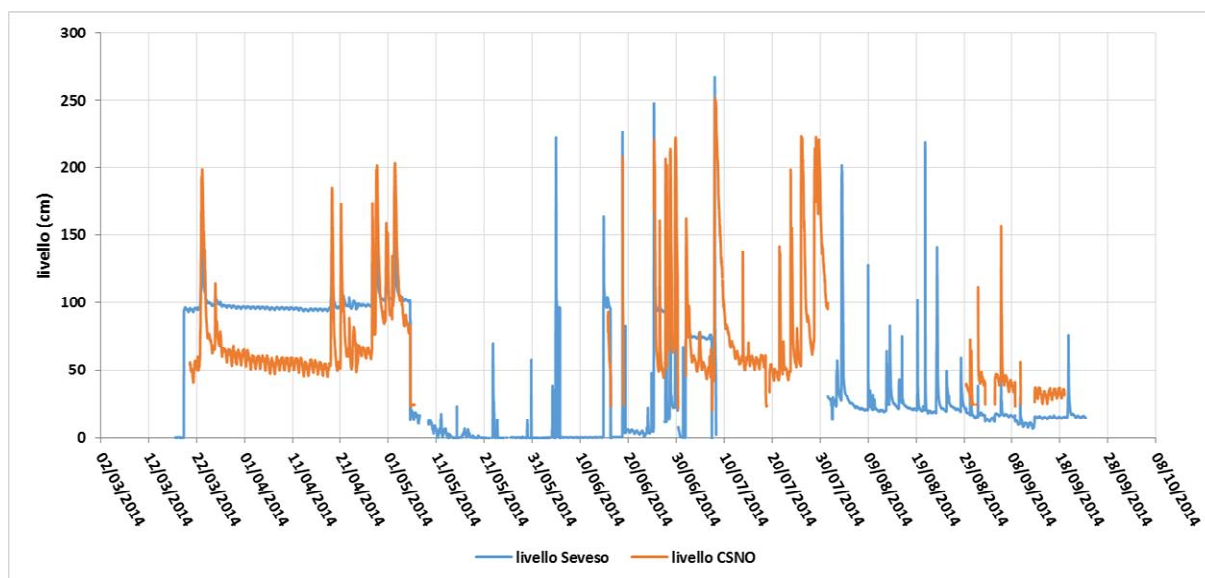
4.11 ALLEGATO 1 - DATI MONITORATI IN CONTINUO DALLE SONDE YSI NEL T. SEVESO E NEL CSNO







A.T.P.:			Consulenti:		
			Studio Associato Geologia Spada		Dott. Ing. A. Barbon Prof. Dott. V. Mezzanotte



A.T.P.:			Consulenti:		
			Studio Associato Geologia Spada		Prof. Dott. V. Mezzanotte



A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Milano, agosto 2015

I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

BETA STUDIO s.r.l.

Dott. Ing. Massimo Coccato

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol. Mario Spada

Dott. Ing. Alessandro Barbon