

# AREA DI LAMINAZIONE DEL TORRENTE SEVESO

Comune di Lentate sul Seveso (MB)

PROGETTO DEFINITIVO - MB-E-2

GENNAIO 2016



## 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. Geol. MARIO SPADA

Dott. Geol. GIAN MARCO ORLANDI

Dott. Geol. SUSANNA BIANCHI

**ETATEC**

STUDIO PAOLETTI

S.R.L.

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

*Studio Associato di Geologia Spada*

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



Sistema Certificato  
UNI EN ISO 9001  
SC 06-047/EA 34



## CONSULENZE SPECIALISTICHE:

### ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:

Arch. ANDREAS KIPAR

Dott. Agr. GIOVANNI SALA

Arch. LUISA BELLINI

### ASPETTI STRUTTURALI:

Ing. BRUNO BECCI

Ing. MARCO BELLINI

### IMPIANTI ELETTRICI:

Ing. FEDERICO REPOSSI

Ing. MARCO GILARDONI

**LAND Italia srl**

Via Varese 16 20121 Milano  
tel: +39 02 806911.1 - fax: +39 02 806911.30  
www.landisrl.com

**CeAS s.r.l.**

Viale Giustiniano, 10 - 20129 Milano  
tel: +39 02 2020221 - fax: +39 02 29512533  
E-mail: CEAS@FINZI-CEAS.IT - www.ceas.it

**MCE s.r.l.**

Via Bassini, 53 - 20133 Milano  
tel: +39 02 70608880 - E-mail: info@mce-milano.com  
www.mce-milano.com



**LAND**  
LANDSCAPE ARCHITECTURE NATURE DEVELOPMENT

**CeAS**  
centro di analisi strutturale  
**MCE**

TITOLO

SCALA

RELAZIONE SULLA QUALITA' DELLE ACQUE DEL T. SEVESO

Revisioni

1

RECEPIMENTO PRESCRIZIONI V.I.A. E C.D.S.

LUGLIO 2017

2

Numero  
elaborato

TIPOLOGIA

PD

COMMESSA

250-27

DOCUMENTO

ATTI

NUMERO

A.3.2

A.T.P.:			Consulenti:		
		<i>Studio Associato di 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 .....	15
2.4 FAUNA ITTICA .....	22
3. DOCUMENTI CONSULTATI .....	23
4. INSTALLAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO .....	24
4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	24
4.2 CALIBRAZIONE DELLE SONDE.....	25
4.3 RE-INSTALLAZIONE E MANTENIMENTO DI UNA SONDA MULTIPARAMETRICA YSI PRESSO L'OPERA DI PRESA DEL CSNO.....	25
4.4 SOPRALLUOGHI PER INDIVIDUARE GLI ALTRI SITI DA MONITORARE.....	27
4.5 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. PUDIGA.....	35
4.6 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. SEVESO A LENTATE SUL SEVESO 36	
4.7 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. CERTESA A CESANO MADERNO 38	
4.8 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. SEVESO A SEVESO.....	39
5. MONITORAGGIO QUALITATIVO .....	41
5.1 DURATA DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO IN CONTINUO.....	41
5.2 RISULTATI DEL MONITORAGGIO IN CONTINUO.....	41
5.3 ANALISI DEI CAMPIONAMENTI DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO DURANTE DUE EVENTI PRECIPITATIVI.....	45
5.4 CONCENTRAZIONI DI METALLI IN TRACCIA E PBDE NEL PARTICOLATO IN SOSPENSIONE NEL T. SEVESO DURANTE DUE EVENTI PRECIPITATIVI.....	48
5.5 FOSFORO TOTALE E SOLIDI SOSPESI TOTALI IN CAMPIONI RACCOLTI IN 5 SITI DI INDAGINE LUNGO IL SEVESO .....	53

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

6.	ANALISI CONGIUNTA DEI DATI RACCOLTI DURANTE LE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DEL 2014 E DEL 2016 E VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE POTENZIALMENTE INVASABILI .....	58
7.	VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI “PROXY” DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO .....	66
8.	CONCLUSIONI .....	70
9.	BIBLIOGRAFIA .....	72

A.T.P.:			Consulenti:		
		<i>Studio Associato di Geologia Spada</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 Km<sup>2</sup>, 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 Acquanegra, 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 km<sup>2</sup>, 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





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

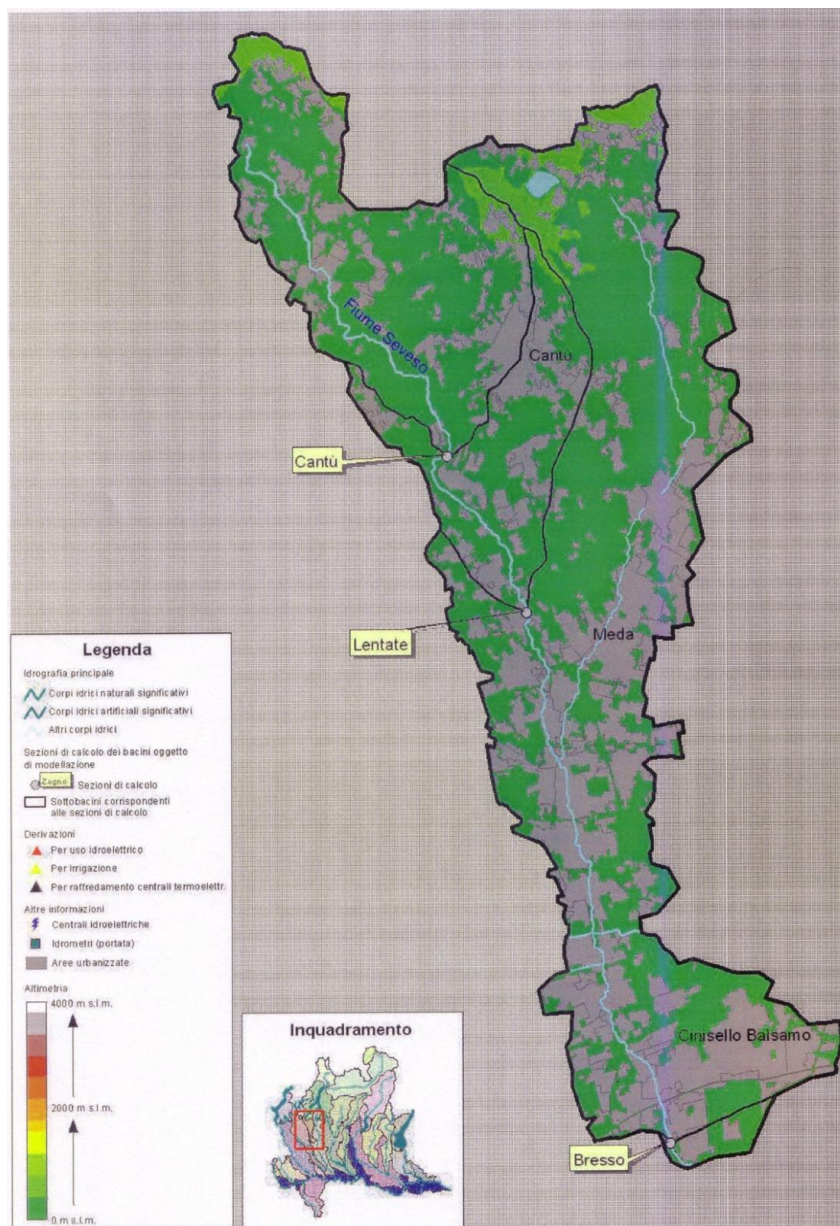
alla confluenza con il Certesa le pendenze si addolciscono, pur mantenendo un andamento tortuoso. Nella pianura milanese le pendenze si fanno impercettibili e il percorso è raddrizzato.

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.

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



**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 di Geologia Spada</i>			<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

(alcooliche ed analcoliche) e di una cava.

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

	<b>Potenzialità impianto (AE)</b>	<b>Comuni serviti</b>
<b>Fino Mornasco</b>	186.167	Casinate con Bernate (parte), Cavallasca (parte), Como (parte), Fino Mornasco (parte), Grandate (parte), Luisago, Montano Lucino, S. Fermo della Battaglia, Villaguardia (parte)
<b>Carimate</b>	131.736	Cantù (parte), Capiago Intimiano, Carimate, Casinate con Bernate (parte), Cucciago, Figino Serenza, Fino Mornasco (parte), Novedrate, Senna Comasco, Vertemate con Minoprio
<b>Varedo (dismesso e i reflui sono inviati al depuratore di Pero)</b>	150.000	Varedo, Bovisio Masciago, Barlassina, Cesano Maderno, Seveso, Lentate sul Seveso, Meda, Cabiato
<b>Mariano Comense</b>	82.781	Albavilla (parte), Albese con Cassano, Alzate Brianza (parte), Arosio, Brenna, Cantù (parte), Carugo, Inverigo (parte), Mariano Comense (parte), Montorfano, Orsenigo (parte)
<b>Bresso</b>	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 dal 2009 al 2016. 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.

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

**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
<b>Parametro</b>						
100-O <sub>2</sub> % sat.	Soglie**	≤   10	≤   20	≤   40	≤   80	>   80
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)		< 0,03	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,24	> 0,24
N-NO <sub>3</sub> (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-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, 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.

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

Stato	LIMeco
Elevato*	≥ 0,66
Buono	≥ 0,50
Sufficiente	≥ 0,33
Scarso	≥ 0,17
Cattivo	< 0,17

**Tabella 4 - Classificazione LIMeco per le stazioni del Seveso monitorate da ARPA dal 2009 al 2013**

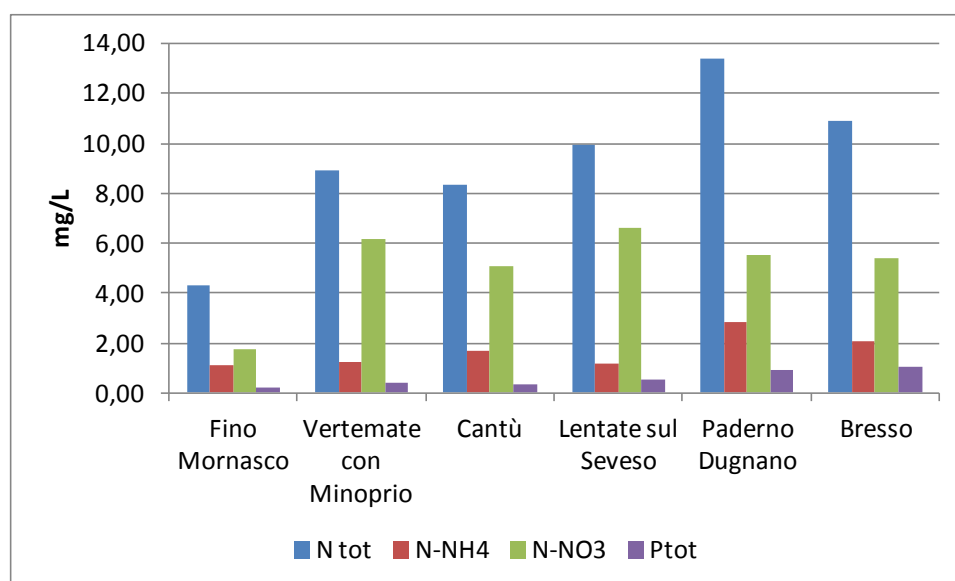
	2009	2010	2011	2012	2013
Fino Mornasco	Scarso	Scarso	Scarso	Sufficiente	Buono
Vertemate con Minoprio	Scarso	Scarso	Scarso	Scarso	Sufficiente
Lentate sul Seveso	Cattivo	Scarso	Cattivo	Scarso	Scarso
Bresso	Cattivo	Cattivo	Cattivo	Scarso	Cattivo

**Tabella 5 - Classificazione LIMeco per le stazioni del Seveso monitorate da ARPA dal 2014 al 2016 (nella stazione di Paderno Dugnano le analisi sono disponibili solo per il 2015 e nel 2016 e in quella di Bresso solo per il 2014)**

	2014	2015	2016
Fino Mornasco	Buono	Sufficiente	Sufficiente
Vertemate con Minoprio	Scarso	Scarso	Scarso
Lentate sul Seveso	Scarso	Cattivo	Scarso
Paderno Dugnano		Scarso	Scarso
Bresso	Cattivo		

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

Esaminando gli andamenti dei singoli parametri, si riportano, rispettivamente nelle Figura 2, 3, 4 e 5 le medie delle concentrazioni misurate da ARPA tra il 2005 e il 2010 per i nutrienti, l'ossigeno disciolto, il BOD<sub>5</sub> e il COD, la carica di *Escherichia coli* e alcuni metalli pesanti (cromo, nichel, rame, zinco, piombo). Nelle Figure 6, 7, 8 e 9 sono riportati gli stessi parametri per il periodo 2014-2016.

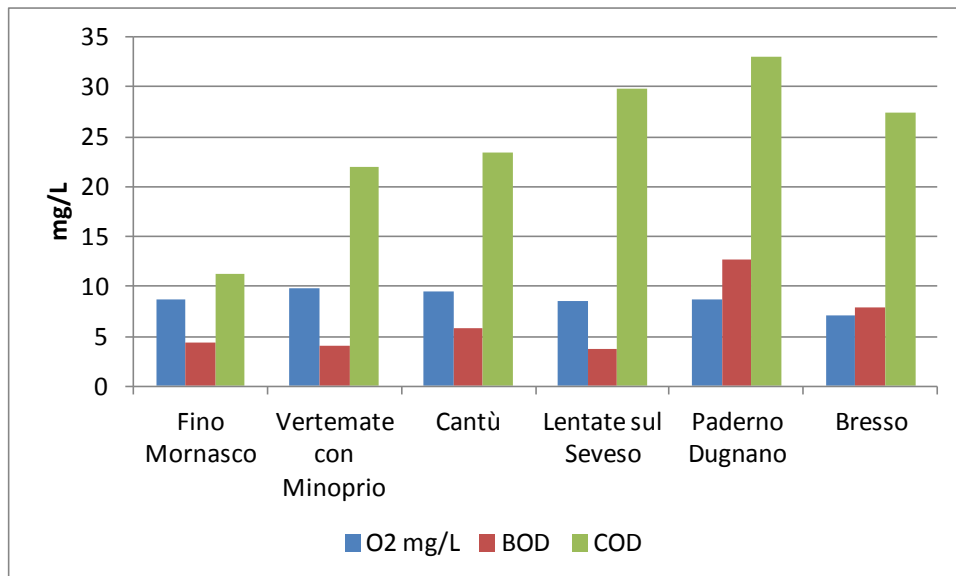


**Figura 2 - Medie e deviazioni standard delle concentrazioni di nutrienti misurate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2005-2010**

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 m<sup>3</sup>/ora). 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,

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

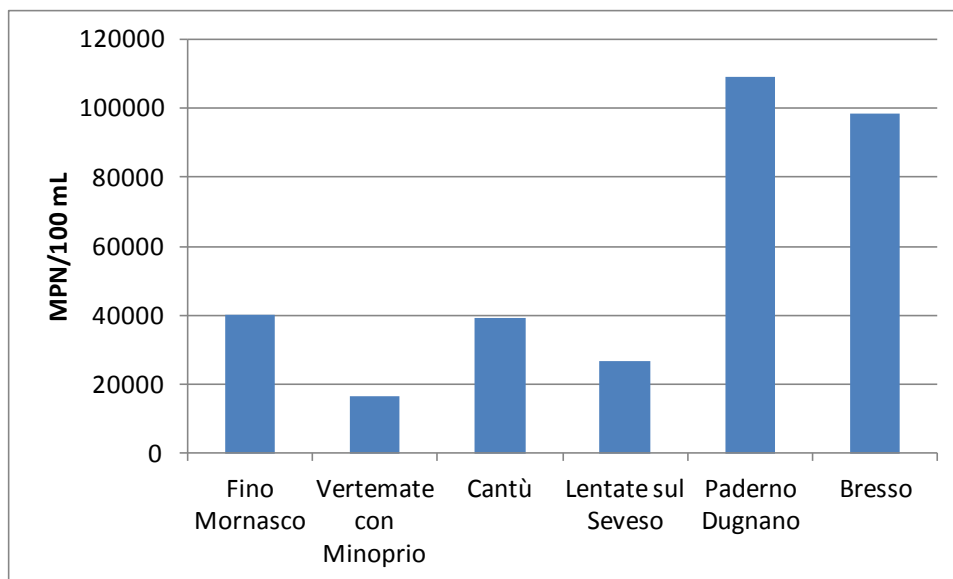
dove la media delle concentrazioni risulta pari a 1 mg/l.



**Figura 3 - Medie delle concentrazioni di ossigeno, del BOD<sub>5</sub> e del COD misurati da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2005-2010**

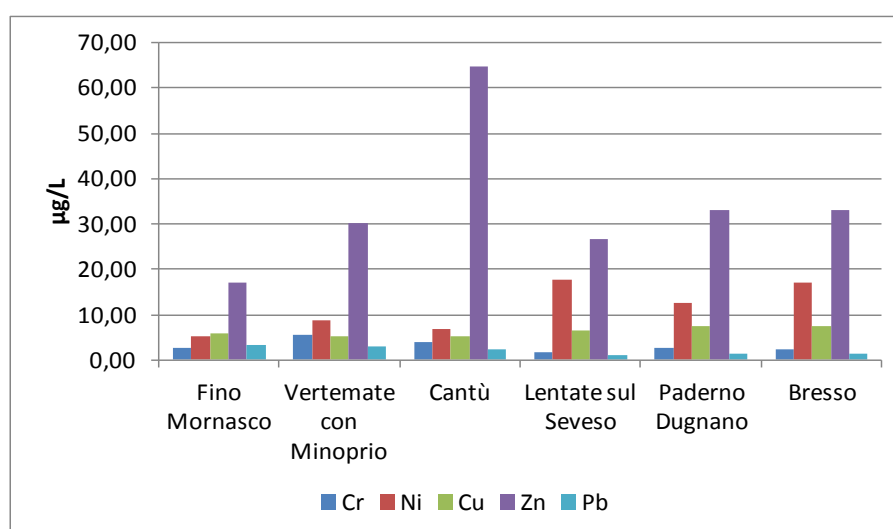
La concentrazione massima di ossigeno si rileva nella stazione di Vertemate, a valle dell'impianto di depurazione di Fino Mornasco, il cui effluente viene ozonato prima dello scarico ed è quindi ricco di ossigeno, e diminuisce successivamente fino al valore minimo nella stazione di Bresso, che comunque mostra una concentrazione media superiore a 7 mg/l. BOD<sub>5</sub> e COD tendono ad aumentare fino a Paderno Dugnano e, come l'azoto totale, diminuiscono poi nella stazione di Bresso.

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* (Figura 4) 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.



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

Per quanto riguarda, infine, le concentrazioni di cromo, nichel, rame, zinco e piombo (Figura 5), le misure di ARPA del periodo 2005-2010 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.

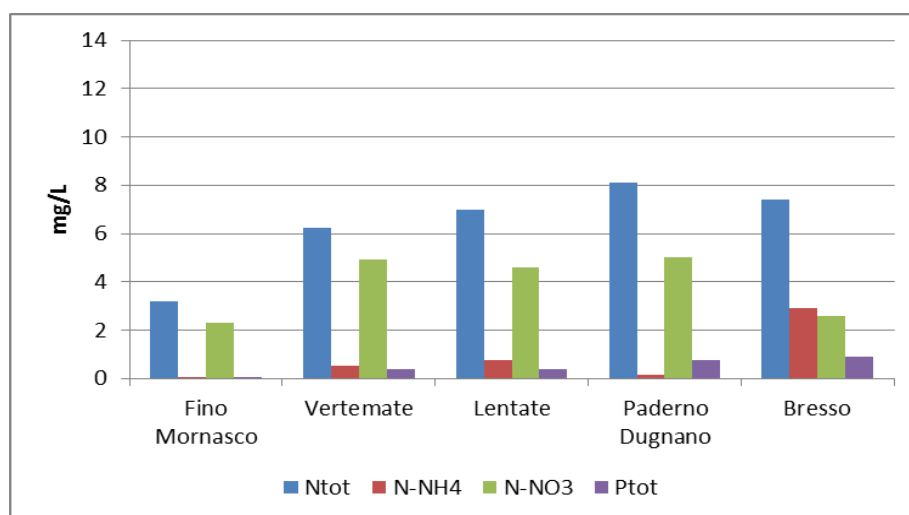


**Figura 5 - Medie e deviazioni standard delle concentrazioni di cromo, nichel, rame, zinco e piombo misurate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2005-2010**

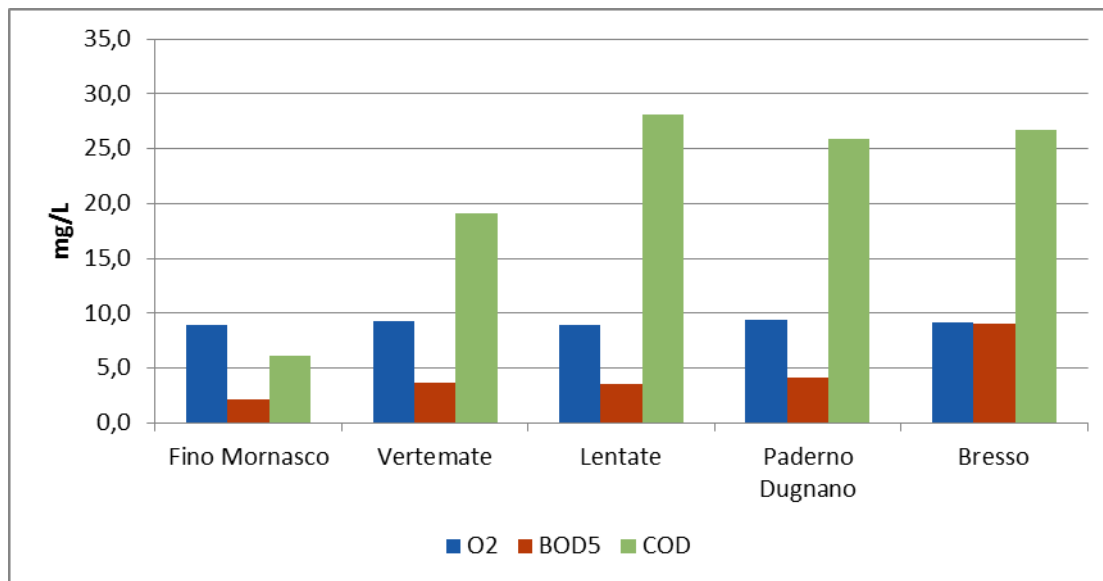
A.T.P.:			Consulenti:		
		<i>Studio Associato di Geologia Spada</i>			<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

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.

Nel periodo 2014-2016 si osserva una diminuzione delle concentrazioni di nutrienti in tutte le stazioni rispetto al periodo precedente (Figura 6). I valori di BOD<sub>5</sub> e COD mostrano variazioni irrilevanti in quasi tutte le stazioni salvo in quella di Paderno Dugnano, dove nel periodo 2015-2016 le concentrazioni sono state inferiori a quelle misurate negli anni precedenti. La concentrazione media di ossigeno disciolto rimane costante (Figura 7).

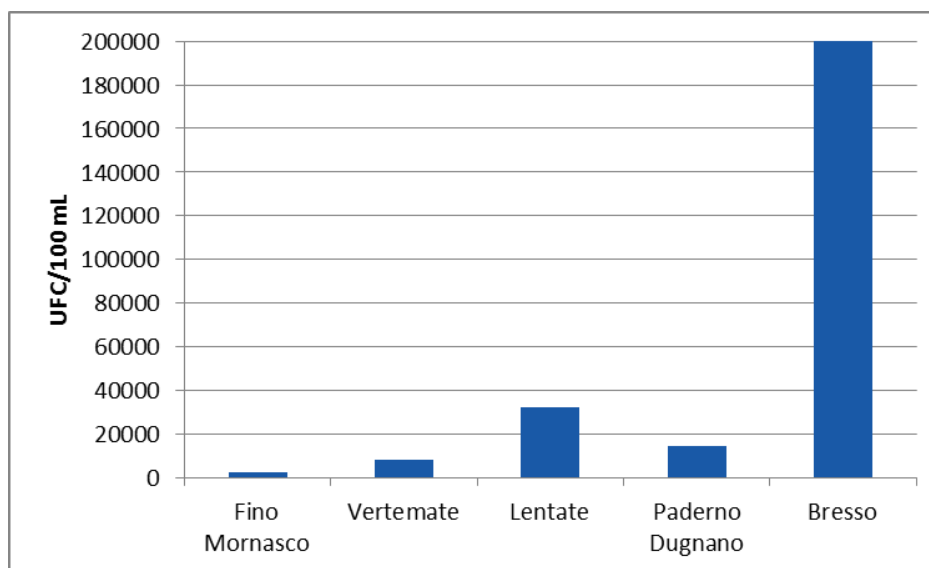


**Figura 6- Medie e deviazioni standard delle concentrazioni di nutrienti misurate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2014-2016**



**Figura 7 - Medie e deviazioni standard delle concentrazioni di ossigeno, del BOD<sub>5</sub> e del COD misurati da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2014-2016**

La carica di *Escherichia coli* (Figura 8) è rimasta invariata nella stazione di Lentate, mentre è diminuita in quelle di Fino Mornasco, Vertemate e Paderno Dugnano, ed è aumentata a Bresso.

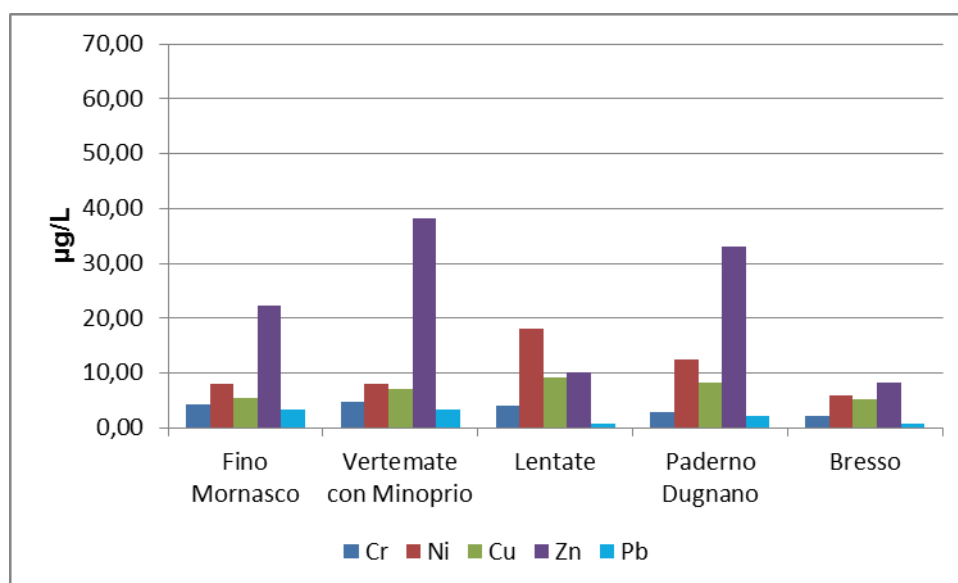


**Figura 8 - Medie e deviazioni standard delle cariche di *Escherichia coli* rilevate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2014-2016. Nelle stazioni di Paderno Dugnano e Bresso le determinazioni sono state effettuate come MPN/100 mL**

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

Benchè si tratti di un raddoppio, l'ordine di grandezza della carica di *E.coli* resta comunque dello stesso ordine di grandezza degli anni precedenti.

La presenza di concentrazioni di metalli inferiori agli standard di qualità si è confermata nel triennio 2014-2016 (Figura 9). Le uniche differenze rilevanti si osservano per la stazione di Lentate, dove la concentrazione di zinco si è praticamente dimezzata e per quella di Bresso, dove la diminuzione ha riguardato sia zinco che nichel.



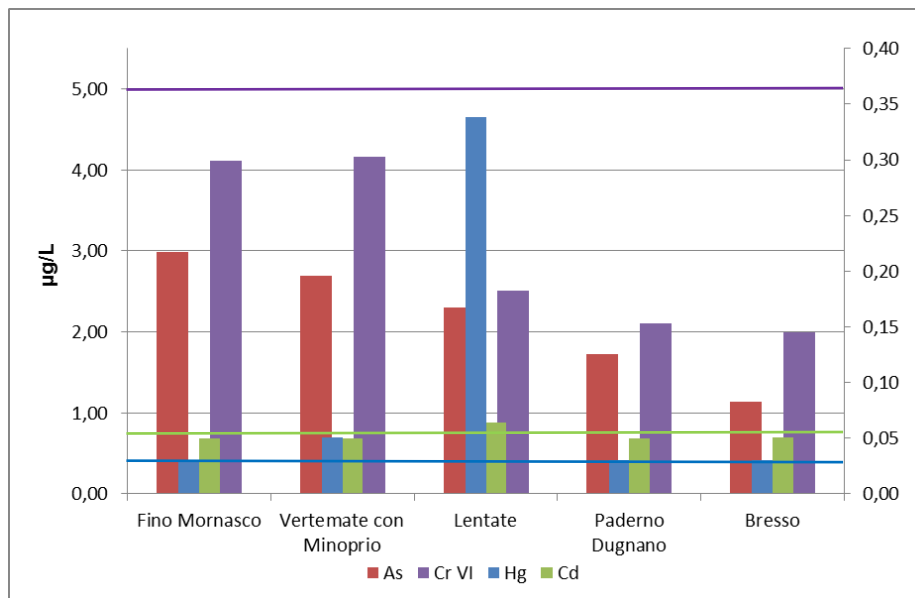
**Figura 9 - Medie e deviazioni standard delle concentrazioni di cromo, nichel, rame, zinco e piombo misurate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2014-2016**

Per quanto riguarda i metalli più pericolosi, quali mercurio, cadmio, arsenico e cromo esavalente, solo per il mercurio si rilevano, nel periodo considerato, sforamenti a Vertemate e a Lentate rispetto alle soglie indicate dalla Tab.3 del DM 260 del 2010. Di conseguenza, anche il valore medio del triennio risulta superiore a quanto prescritto, come indicato in Figura 10.

D'altra parte, l'ultima classificazione ARPA pubblicata, relativa al 2014, indica uno stato chimico Non Buono per le stazioni di Fino Mornasco, Lentate e Bresso proprio in relazione alle concentrazioni di tale metallo. Per la stazione di Lentate la classificazione ARPA indicava come fattore di criticità anche il nichel, che è diminuito negli anni successivi al 2014, e l'esaclorobutadiene, anch'esso risultato inferiore alla soglia di 0,05 µg/L negli anni

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

successivi.



**Figura 10 - Medie e deviazioni standard delle concentrazioni di arsenico, cromo esavalente, mercurio e cadmio misurate da ARPA nelle diverse stazioni del Seveso nel periodo 2014-2016. Le linee orizzontali rappresentano la soglia indicata dal DM 260/2010 per il metallo dello stesso colore (le concentrazioni di mercurio e cadmio corrispondono alla scala dell'asse secondario). Non è indicata la soglia per l'arsenico (10 µg/L) in quanto fuori scala**

Tra il 2014 e il 2016 le concentrazioni di pesticidi, idrocarburi aromatici policiclici, fenoli e alofenoli sono sempre risultate inferiori ai valori soglia.

E' infine interessante osservare che le concentrazioni di tensioattivi totali si mantengono sempre molto al di sotto dei limiti allo scarico, anche nelle stazioni in cui la portata del torrente è costituita quasi esclusivamente dallo scarico degli impianti di depurazione che ricevono un forte carico di tensioattivi, data la prevalente origine tessile dei reflui che trattano.

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 peggiorare 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

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

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 Terrò-Certesa, che è caratterizzato da un bacino piuttosto ampio (di 62 km<sup>2</sup> contro i totali 231 km<sup>2</sup> 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. Benchè tali valutazioni siano un po' datate, non essendo variata sostanzialmente la situazione, esse si possono ritenere ancora valide, almeno in termini indicativi.

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.

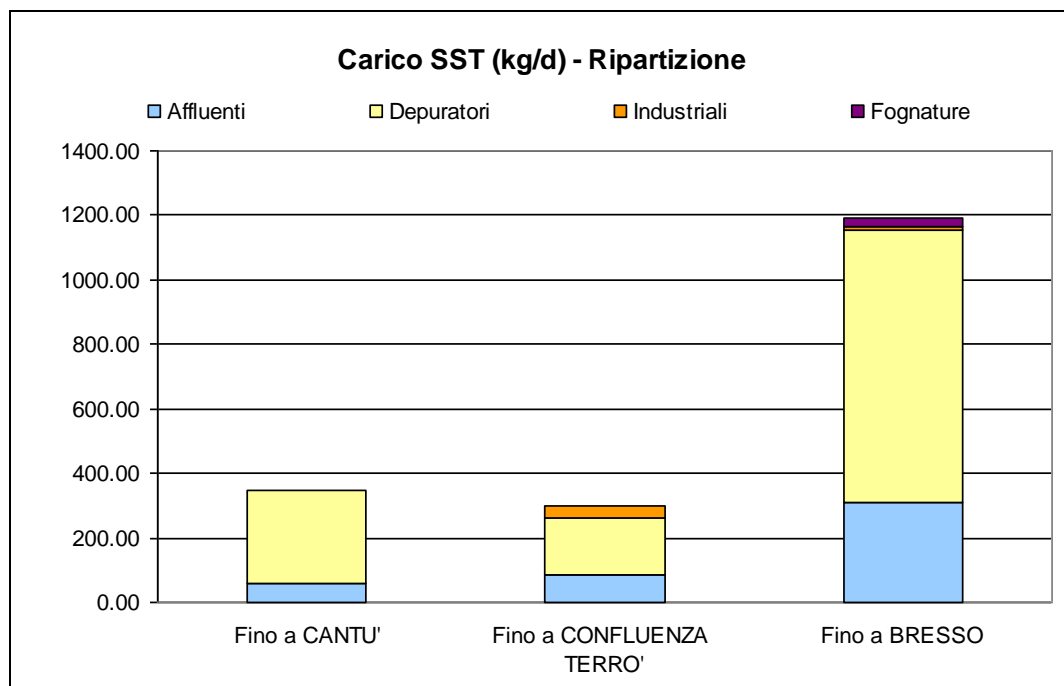
Da un'analisi delle fonti per individuare la suddivisione degli apporti, risulta che sia per i macrodescrittori che per i microinquinanti il contributo principale è dovuto agli scarichi dei depuratori, che mediamente pesano per oltre l'80% dei carichi totali del Seveso, come già osservato a proposito 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.

Nelle Figura 11 - Contributo delle diverse fonti al carico di solidi sospesi totali gravanti sul Seveso, nella Figura 12 si riportano gli istogrammi rappresentativi dei carichi di solidi sospesi, nella Figura 13 e nella Figura 14 quelli relativi al COD, nella Figura 15 e nella Figura 16 quelli relativi all'azoto ammoniacale, nella Figura 17 e nella Figura 18 quelli relativi all'azoto nitrico e, infine, nella Figura 19 e nella Figura 20 quelli relativi al fosforo totale gravanti su ogni sezione del Seveso ripartiti per fonte (affluenti, depuratori, industrie, terminali di fognatura).

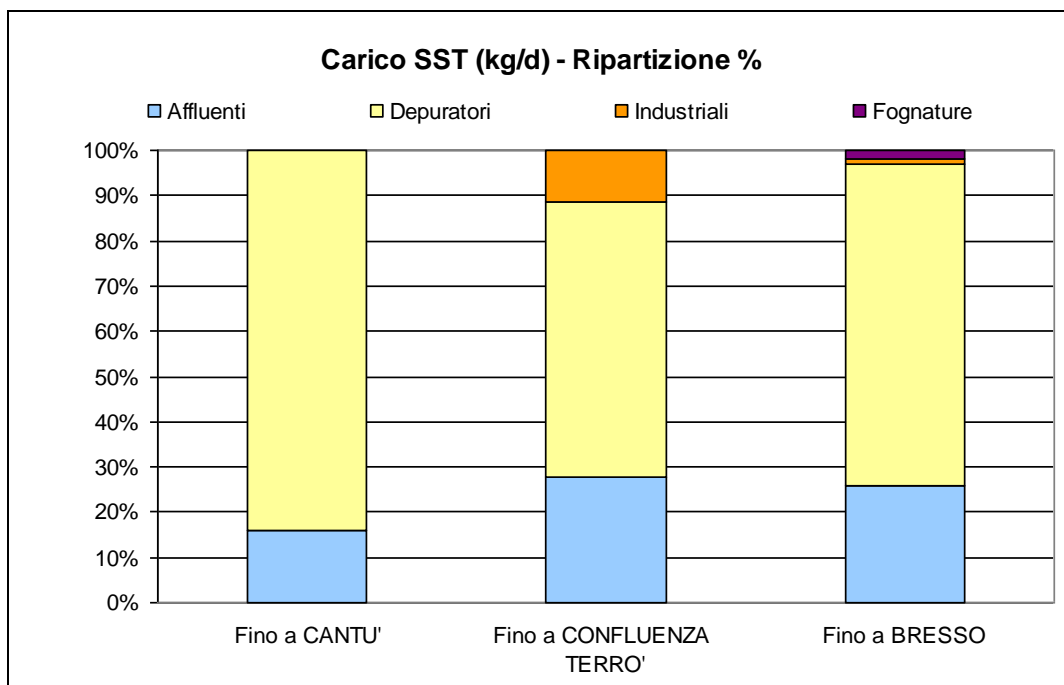
A.T.P.:			Consulenti:		
		<i>Studio Associato di Geologia Spada</i>			<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

**Tabella 6- Sorgenti puntuali e rispettive concentrazioni dei parametri principali**

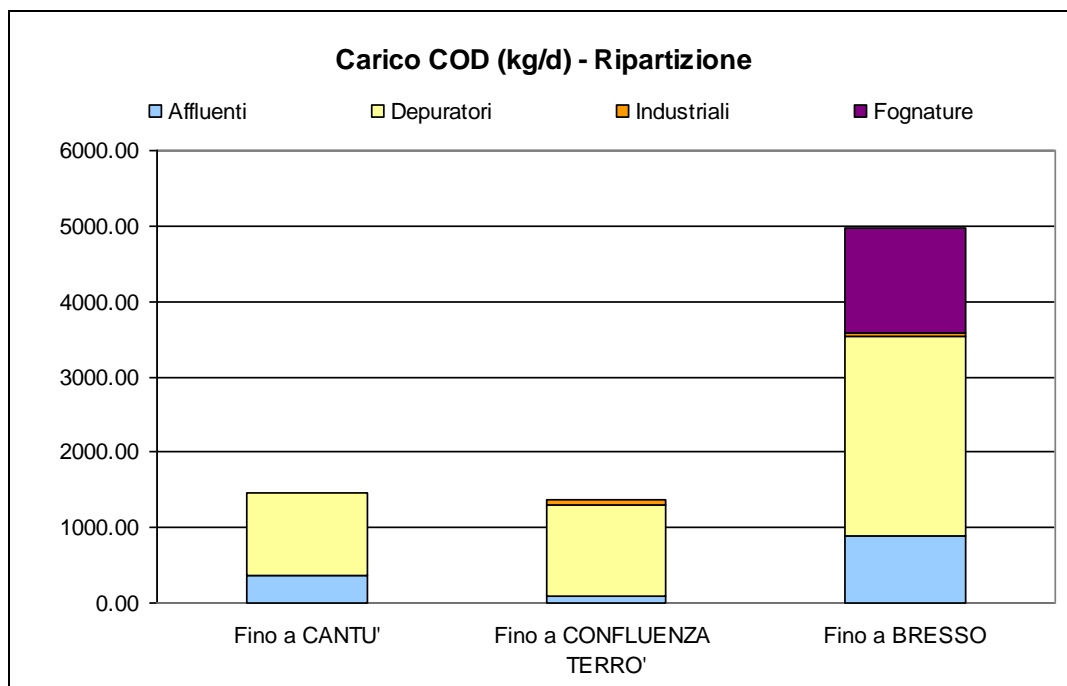
PUNTUALE	Km da foce	Portata	Solidi Sospesi	BOD <sub>5</sub>	N organico	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P inorg	COD	E.Coli	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
	Km	m <sup>3</sup> /s	mg/l	mgO <sub>2</sub> /l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgP/L	mgO <sub>2</sub> /l	cfu/100ml	µgCr/l	µgNi/l	µgPb/l	µgCu/l	µgZn/l
WWTP Fino Mornasco	36.53	0.2942	11.50	8.50	4520.00	1000.00	9580.00	625	34.5	14361	9.00	6	10	15	70
Rio Acquanegra	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



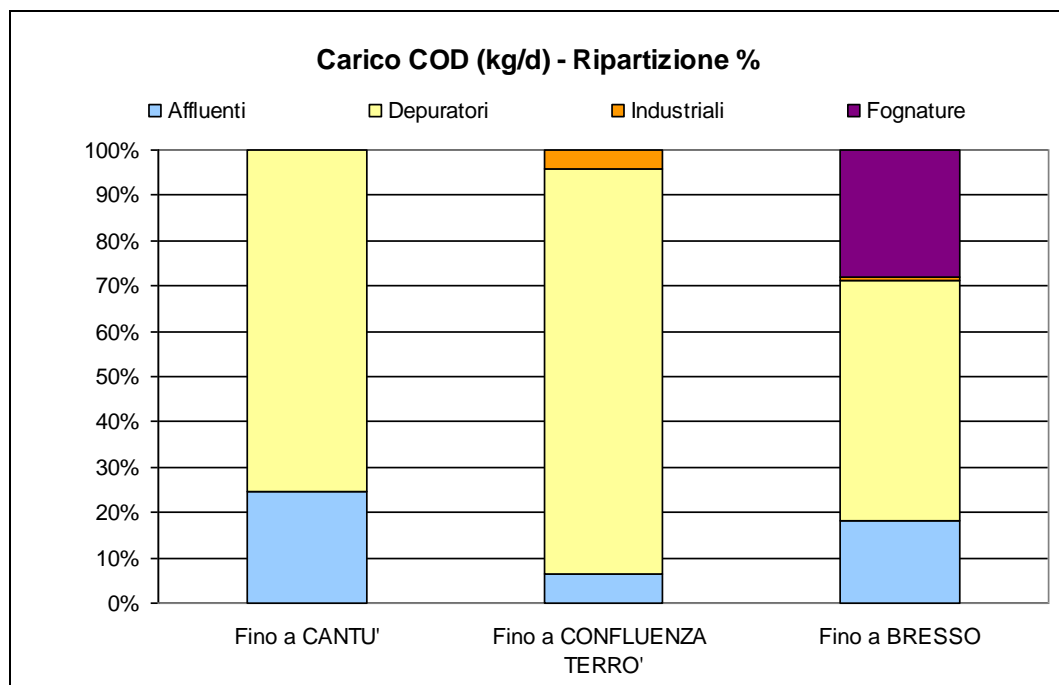
**Figura 11 - Contributo delle diverse fonti al carico di solidi sospesi totali gravanti sul Seveso**



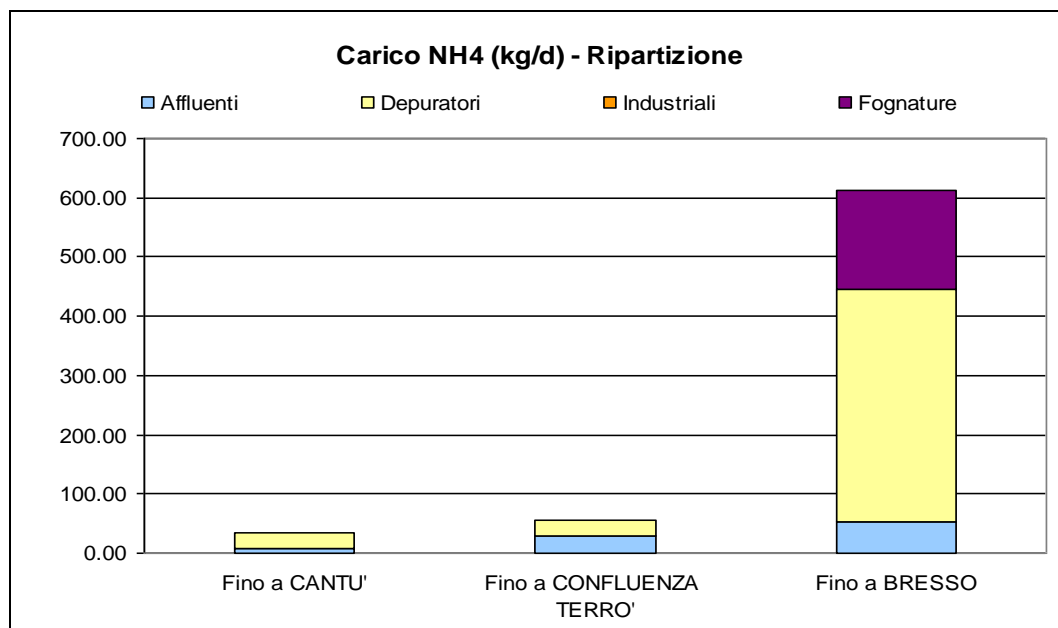
**Figura 12 - Ripartizione percentuale per fonti del carico di solidi sospesi gravante sul Seveso**



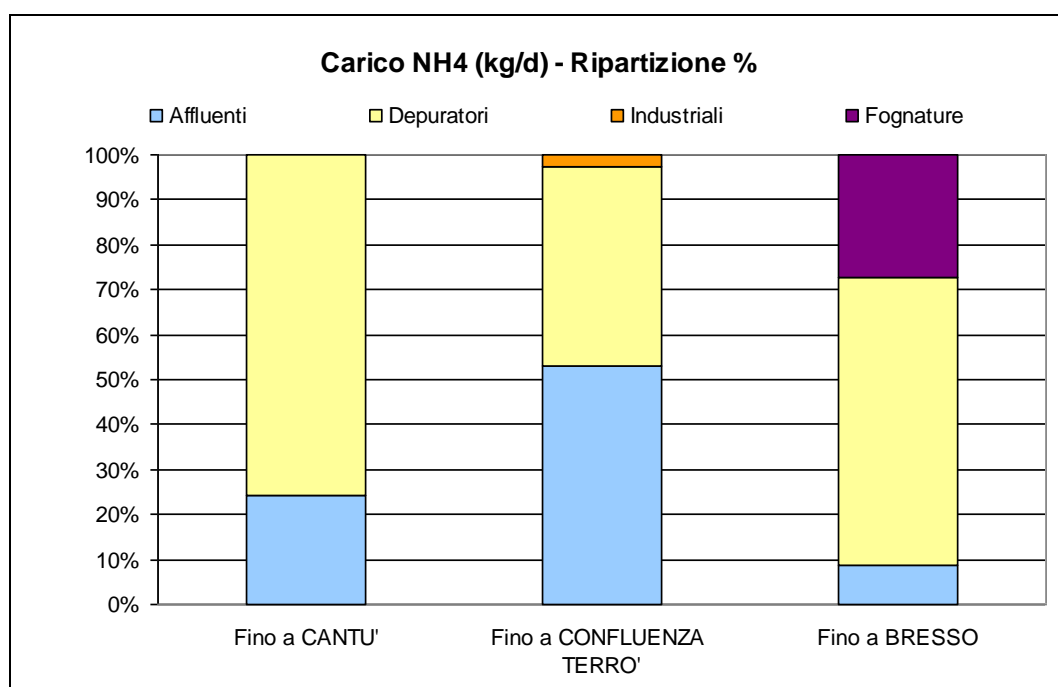
**Figura 13 - Contributo delle diverse fonti al carico di COD gravante sul Seveso**



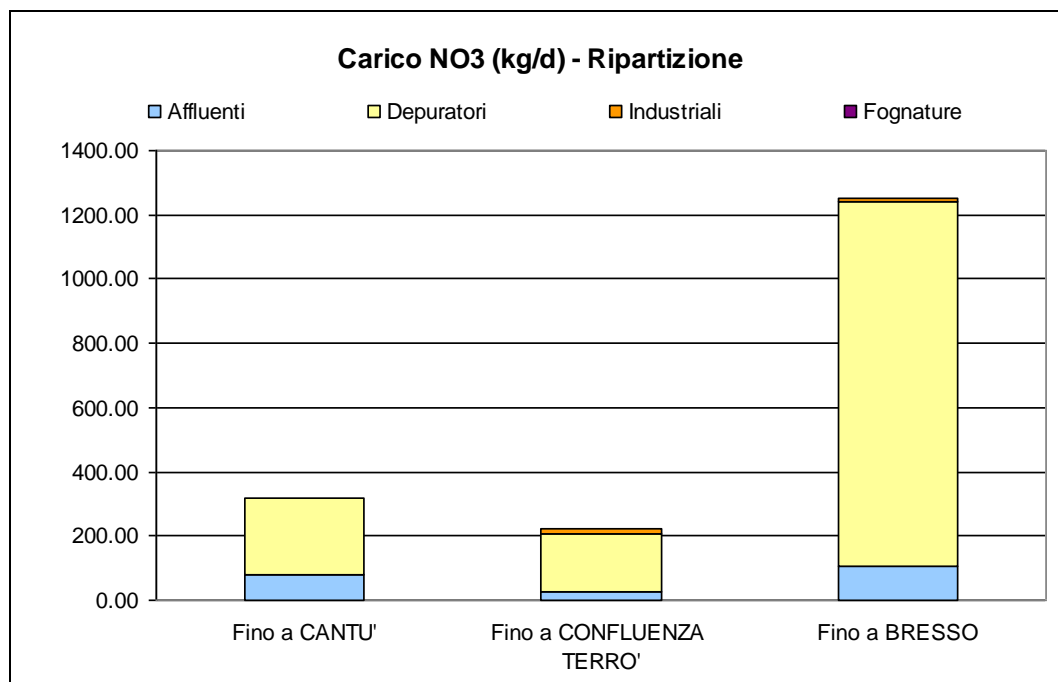
**Figura 14 - Ripartizione percentuale per fonti dei carichi di COD gravanti sul Seveso**



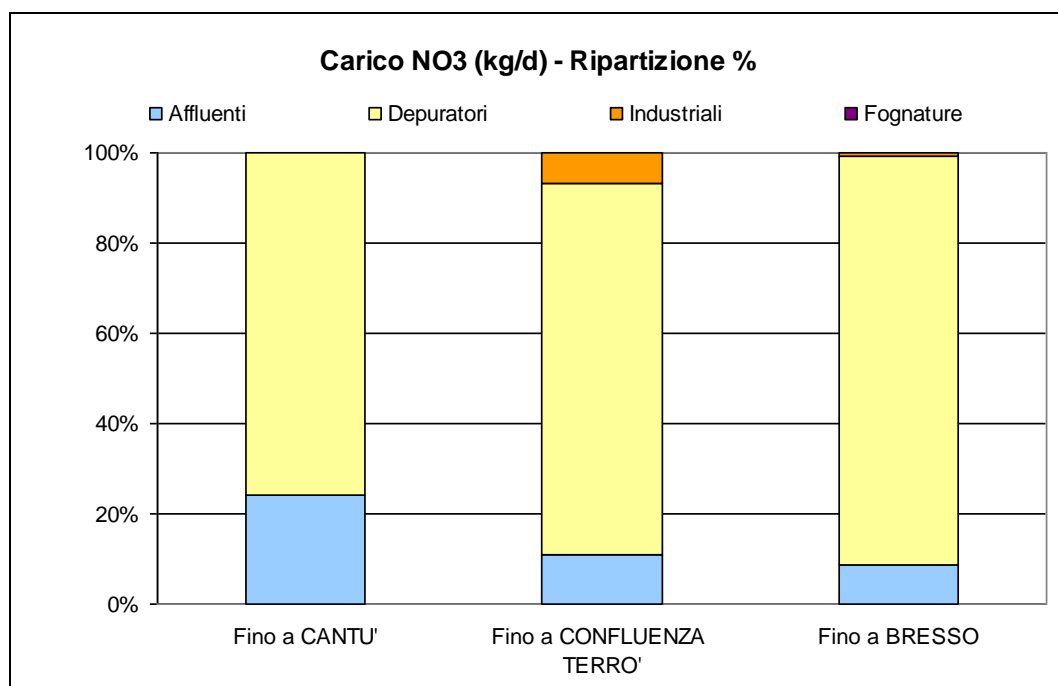
**Figura 15 - Contributo delle diverse fonti al carico di azoto ammoniacale gravante sul Seveso**



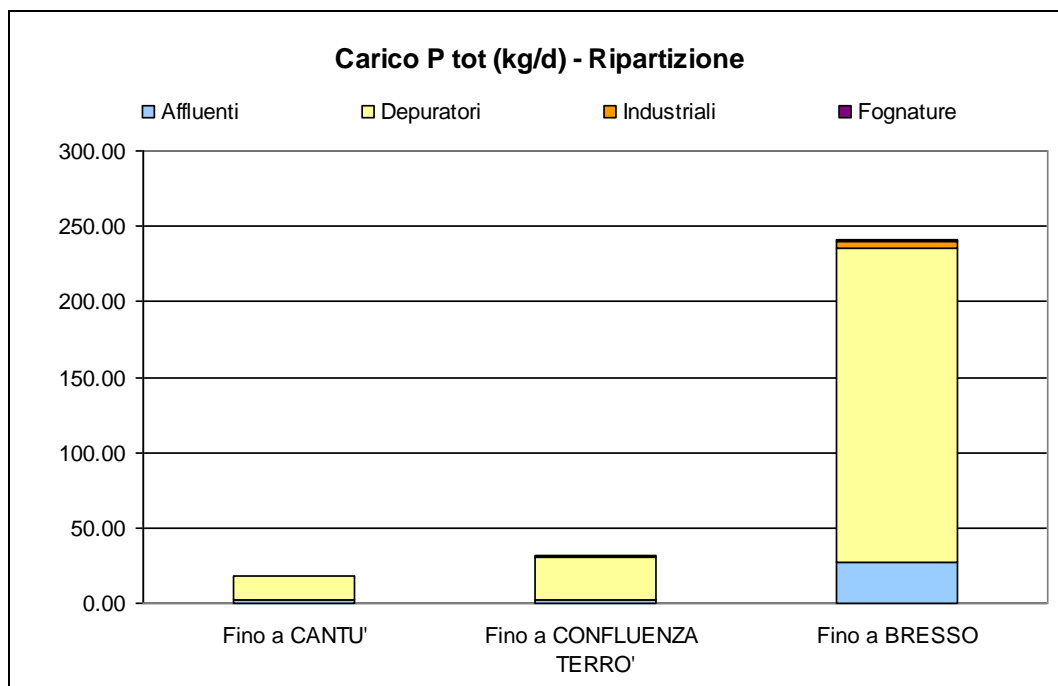
**Figura 16 - Ripartizione percentuale per fonti dei carichi di azoto ammoniacale gravanti sul Seveso**



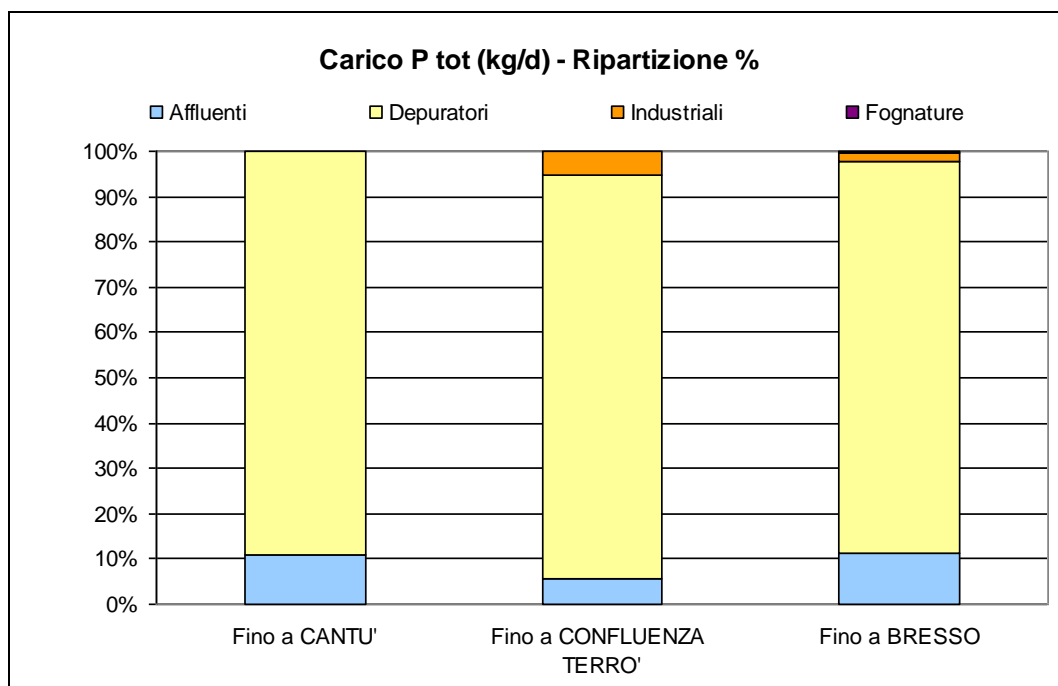
**Figura 17 - Ripartizione dei carichi di azoto nitrico gravanti sul torrente Seveso nei diversi corpi idrici (ripartizione)**



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



**Figura 19** Ripartizione dei carichi di fosforo totale gravanti sul torrente Seveso nei diversi corpi idrici (ripartizione)



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

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

## 4. INSTALLAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

### 4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le sonde multiparametriche scelte per questa sperimentazione sono strumenti per il monitoraggio in continuo (time step: 15 min) dei seguenti parametri: livello, temperatura, pH/redox, conducibilità, torbidità e ossigeno disciolto.

Per tale obiettivo sono state scelte le sonde YSI 6920 V2 della da YSI Inc.



**Figura 21 – Sonda multiparametrica YSI 6920 V2 della da YSI Inc.**

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

## 4.2 CALIBRAZIONE DELLE SONDE

Sono state calibrate le seguenti sonde, dotate di sensore di livello, torbidità e relativo wiper, conducibilità, pH, ORP (potenziale redox) e Ossigeno disciolto (le YSI):

- N. 2 sonde multiparametriche YSI 6920 v2 (di proprietà della società Etatec Studio Paoletti s.r.l.);
- N. 1 sonda In-Situ Troll 9500 (di proprietà dell' IRSA-CNR)

La conducibilità è stata calibrata mediante l'utilizzo di una soluzione standard con conducibilità di 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C.

Il potenziale redox è stato calibrato con una soluzione standard da 240 mV.

Il pH è stato calibrato su 2 punti con soluzioni tampone da 4.01 e 7.01 unità pH a 25°C.

Alle tre sonde è stato inoltre sostituito il wiper e per le sonde YSI sono state sostituite le membrane del sensore di ossigeno, mentre per la sonda In-Situ è stato acquistato un nuovo "sensor cap" necessario per il funzionamento del sensore di ossigeno ottico.

## 4.3 RE-INSTALLAZIONE E MANTENIMENTO DI UNA SONDA MULTIPARAMETRICA YSI PRESSO L'OPERA DI PRESA DEL CSNO

E' stata re-installata una sonda multiparametrica YSI 6920 v2 nel sito oggetto della precedente campagna di monitoraggio (Figura 22), subito a monte dell'opera di presa del Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO) nella giornata del giovedì 17 marzo 2016.

La sonda è stata programmata affinché registrasse con time step 15 minuti ed è stata alloggiata in un tubo finestrato con la duplice funzione protettiva e di vasca di calma, già installato durante la precedente campagna di monitoraggio (Figura 23). L'interfaccia di comunicazione col computer è stata, invece, allocata in una nuova scatola di derivazione collegata ad un paletto di circa 1 m sull'argine del torrente (Figura 23). Nel momento dell'installazione il livello idrico era di circa 1 m sull'asta idrometrica di riferimento per il sito di installazione (Figura 24).

	<p>A.T.P.:</p> <p><b>STUDIO PAOLETTI</b> INGEGNERI ASSOCIATI</p>	<p>Studio Associato di Geologia Spada</p>	<p>Consulenti:</p> 		<p>Prof. Dott. V. Mezzanotte</p>
---	--	---	---	---	--------------------------------------



Figura 22 – Sito di installazione della sonda multiparametrica sul Seveso



Figura 23 – Struttura di installazione della sonda multiparametrica

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



**Figura 24 – Asta idrometrica su sinistra idrografica del torrente Seveso a monte dell’opera di presa del CSNO**

#### **4.4 SOPRALLUOGHI PER INDIVIDUARE GLI ALTRI SITI DA MONITORARE**

Nella stessa giornata di giovedì 17 marzo 2016 si è inoltre effettuato un sopralluogo in altri siti di indagine, ovvero presso i torrenti Pudiga e Garbogera, in prossimità del CSNO (Figura 4) e alla confluenza del T. Certesa nel T. Seveso (Figura 5). In data 14 aprile 2016 è stato effettuato un sopralluogo sul T. Seveso in Comune di Lentate sul Seveso.

Come già esposto questa estensione del monitoraggio è stata concepita anche allo scopo di verificare la qualità delle acque e dei sedimenti di interesse per le diverse aree di laminazione progettate lungo il Seveso.

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



**Figura 25 – Localizzazione dei torrenti Pudiga e Garbogera nei pressi del CSNO con evidenziato il punto di installazione della sonda sul Pudiga**



**Figura 26 – Confluenza del torrente Certesa nel Seveso**

Il torrente Pudiga, nel sito mostrato in Figura 27 e Figura 28, risulta facilmente accessibile e ben mantenuto. Pertanto non si riscontrano particolari problemi all'installazione della strumentazione in continuo lungo le sue sponde.

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



**Figura 27 – Torrente Pudiga in corrispondenza della derivazione verso il CSNO. Focus su sensore di livello e asta idrometrica**



**Figura 28 – Torrente Pudiga in corrispondenza della derivazione verso il CSNO. Focus sulla derivazione**

Il torrente Garbogera, nel sito di Figura 29 e Figura 30, presenta un flusso praticamente nullo e di conseguenza acque molto torbide. Appare, inoltre, evidente che il sito sia privo di interventi di manutenzione nonché oggetto di scarichi abusivi di rifiuti solidi civili.

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

Lo scarso mantenimento e l'assenza di flusso rappresentano, entrambi, un ostacolo all'installazione della strumentazione per il monitoraggio in continuo della qualità delle acque.

La scarsa manutenzione del sito rende, infatti, pericolosamente esposta, a rischio di furto e/o danneggiamento, la strumentazione che si intenderebbe installare. L'assenza di flusso e quindi l'elevata torbidità delle acque del Garbogera rendono invece altamente probabile un intasamento dei sensori nonché il raggiungimento di valori di fondo scala dei principali parametri monitorati.

Pertanto, questo sito sarà unicamente campionato manualmente in tre condizioni idrologiche differenti al fine di valutarne sommariamente lo stato di qualità delle acque, mentre non si provvederà all'installazione di sonde in continuo.



**Figura 29 – Torrente Garbogera in corrispondenza della derivazione verso il CSNO**

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



**Figura 30 – Torrente Garbogera in corrispondenza della derivazione verso il CSNO**

Il punto di confluenza del torrente Certesa nel Seveso è mostrato in Figura 31. Sia il Seveso che il Certesa sono stati percorsi dal punto di confluenza verso monte al fine di identificare un sito idoneo al monitoraggio strumentale mediante sonda multiparametrica.

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



**Figura 31 – Confluenza del torrente Certesa nel Seveso**

Per quanto concerne il T. Certesa si è identificato un solo sito potenzialmente strumentabile, seppur di difficile accesso, ovvero in prossimità del ponte di via Como 47 a Cesano Maderno (Figura 32).

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



**Figura 32 – Torrente Certesa in corrispondenza del salto nei pressi di via Como 47 a Cesano Maderno**

Anche per quanto concerne il T. Seveso, a monte della confluenza del T. Certesa, si è identificato un unico punto adatto all'installazione di strumentazione per il monitoraggio in continuo. Si tratta di un sito in prossimità del ponte pedonale di via al Torrente nel Comune di Seveso (Figura 33).

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



**Figura 33 – Torrente Seveso a monte del ponte pedonale di via al Torrente nel comune di Seveso**

In sostituzione del monitoraggio del torrente Garbogera, si è optato per monitorare un punto del T. Seveso in prossimità della vasca di laminazione prevista in Comune di Lentate sul Seveso (Figura 34). Al fine dell'installazione della strumentazione per il monitoraggio della qualità delle acque si è identificato un punto subito a monte di un importante scolmatore fognario ovvero a monte del sottopasso ferroviario del T. Seveso, nei pressi di Via Tintoretto (Figura 35).

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



**Figura 34 – Torrente Seveso a Lentate sul Seveso con evidenziato il punto di installazione**



**Figura 35 – Dettaglio del punto di installazione della strumentazione nell'alveo del Seveso**

#### **4.5 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. PUDIGA**

Il 6 aprile 2016, nel sito identificato durante il sopralluogo, è stata installata una sonda multiparametrica YSI 6920 v2 per il monitoraggio in continuo di livello, temperatura,

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

conducibilità, torbidità, pH, potenziale redox e ossigeno disciolto.

La strumentazione è stata posizionata all'interno di un tubo camicia, posto a monte rispetto alla derivazione per sfioro nel CSNO.

La strumentazione è stata programmata per l'acquisizione di dati ogni 15 minuti con avvio il 6 aprile 2016 alle ore 11:45 GMT+01. Nel momento di installazione della strumentazione il livello idrometrico in corrispondenza dell'asta fissa era di circa 7 cm.



**Figura 36 – Strumentazione installata nel Pudiga**

#### **4.6 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. SEVESO A LENTATE SUL SEVESO**

Il 14 aprile 2016 è stata installata una sonda In-Situ Troll 9500 di proprietà di IRSA-CNR sul

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

torrente Seveso in Comune di Lentate sul Seveso, nei pressi del ponte ferroviario della linea Milano – Como - Chiasso e della via Tintoretto (Figura 37).

La sonda è stata installata in destra idrografica su una curva verso destra del T. Seveso. È stato scelto questo punto, nonostante sia un'area di accumulo dei sedimenti fluviali, poiché in sinistra idrografica è presente un importante scolmatore fognario. Lo scolmo delle acque reflue dallo stesso avrebbero influito sulle letture strumentali invalidando il monitoraggio stesso di quel punto.

La sonda è stata programmata per acquisire misure di temperatura, conducibilità, livello, pH, ORP e torbidità ogni 15 minuti a partire dalle 12:30 GMT+02 del giorno indicato. Nel momento dell'installazione il livello idrometrico era di circa 16 cm. Anche in questo caso la strumentazione è stata posizionata all'interno di un tubo finestrato con la duplice funzione, protettiva e di vasca di calma. La sonda utilizzata non è munita di sensore di ossigeno disciolto poiché si è ritenuto poco utile visto il carattere torrentizio del corso d'acqua e lo stato di completa ossigenazione conseguente. Inoltre non si è ritenuto di installare questo sensore anche perché alternativo al wiper del torbidimetro che si ritiene invece fondamentale per la corretta lettura di questo parametro.

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



**Figura 37 – Strumentazione installata nel Seveso in località Lentate sul Seveso**

#### **4.7 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. CERTESA A CESANO MADERNO**

Il 9 giugno 2016 è stata installata una sonda In-Situ Troll 9500 di proprietà di IRSA-CNR sul torrente Certesa in Comune di Cesano Maderno, nei pressi di via Como (Figura 38).

La sonda è stata installata in sinistra idrografica. La sonda è stata programmata per acquisire misure di temperatura, conducibilità, livello, pH, ORP e torbidità ogni 15 minuti. Come nei casi precedenti, la strumentazione è stata posizionata all'interno di un tubo finestrato con la duplice funzione, protettiva e di vasca di calma. La sonda utilizzata non è munita di sensore di ossigeno disciolto poiché si è ritenuto poco utile visto il carattere torrentizio del corso d'acqua e lo stato di completa ossigenazione conseguente. Inoltre non si è ritenuto di installare questo sensore anche perché alternativo al wiper del torbidimetro che si ritiene invece fondamentale per la corretta lettura di questo parametro.

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



**Figura 38 – Strumentazione installata nel T. Certesa a Cesano Maderno**

#### **4.8 INSTALLAZIONE SONDA MULTIPARAMETRICA NEL T. SEVESO A SEVESO**

Il 9 giugno 2016 è stata installata lungo il T. Seveso, in Comune di Seveso, a monte della confluenza del T. Certesa, una sonda multiparametrica YSI 6920 v2 per il monitoraggio in continuo di livello, temperatura, conducibilità, torbidità, pH, potenziale redox e ossigeno disciolto. La strumentazione è stata posizionata all'interno di un tubo camicia ed è stata programmata per l'acquisizione di dati ogni 15 minuti (Figura 39).

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



**Figura 39 – Strumentazione installata nel T. Seveso a Seveso**

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

## 5. MONITORAGGIO QUALITATIVO

### 5.1 DURATA DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO IN CONTINUO

Per il monitoraggio in continuo delle acque nelle diverse sezioni fluviali di indagine, si sono utilizzate, come già descritto nel capitolo precedente, tre sonde multiparametriche. Due sonde YSI 6920 v2 (proprietà: ETATEC) e una sonda In-Situ Troll 9500 (proprietà: IRSA-CNR) dotate di sensore di livello, torbidità e relativo wiper, conducibilità, pH, potenziale redox (ORP) e ossigeno disciolto (DOsat) (le YSI).

Dopo un'accurata fase di calibrazione in laboratorio, le sonde multiparametriche sono state installate in diverse sezioni fluviali per periodi diversi tra loro. In Tabella 7 è possibile osservare i periodi di monitoraggio in ciascun sito di indagine.

**Tabella 7 - Periodo di monitoraggio in continuo di ciascun sito di indagine**

Corso d'acqua	Località	17 marzo 2016	6 aprile 2016	14 aprile 2016	2 giugno 2016	9 giugno 2016	7 luglio 2016
Seveso	Opera di presa CSNO						
Seveso	Lentate sul Seveso						
Seveso	Seveso						
Certesa	Cesano Maderno						
Pudiga	Senago						

### 5.2 RISULTATI DEL MONITORAGGIO IN CONTINUO

In Figura 40 e Figura 41 è possibile osservare l'andamento nel tempo delle principali variabili monitorate in continuo in tutte le 5 sezioni fluviali. I colori utilizzati corrispondono a ciascuna sezione fluviale in accordo con i colori utilizzati in Tabella 7 per identificare i periodi di monitoraggio di ciascun sito.

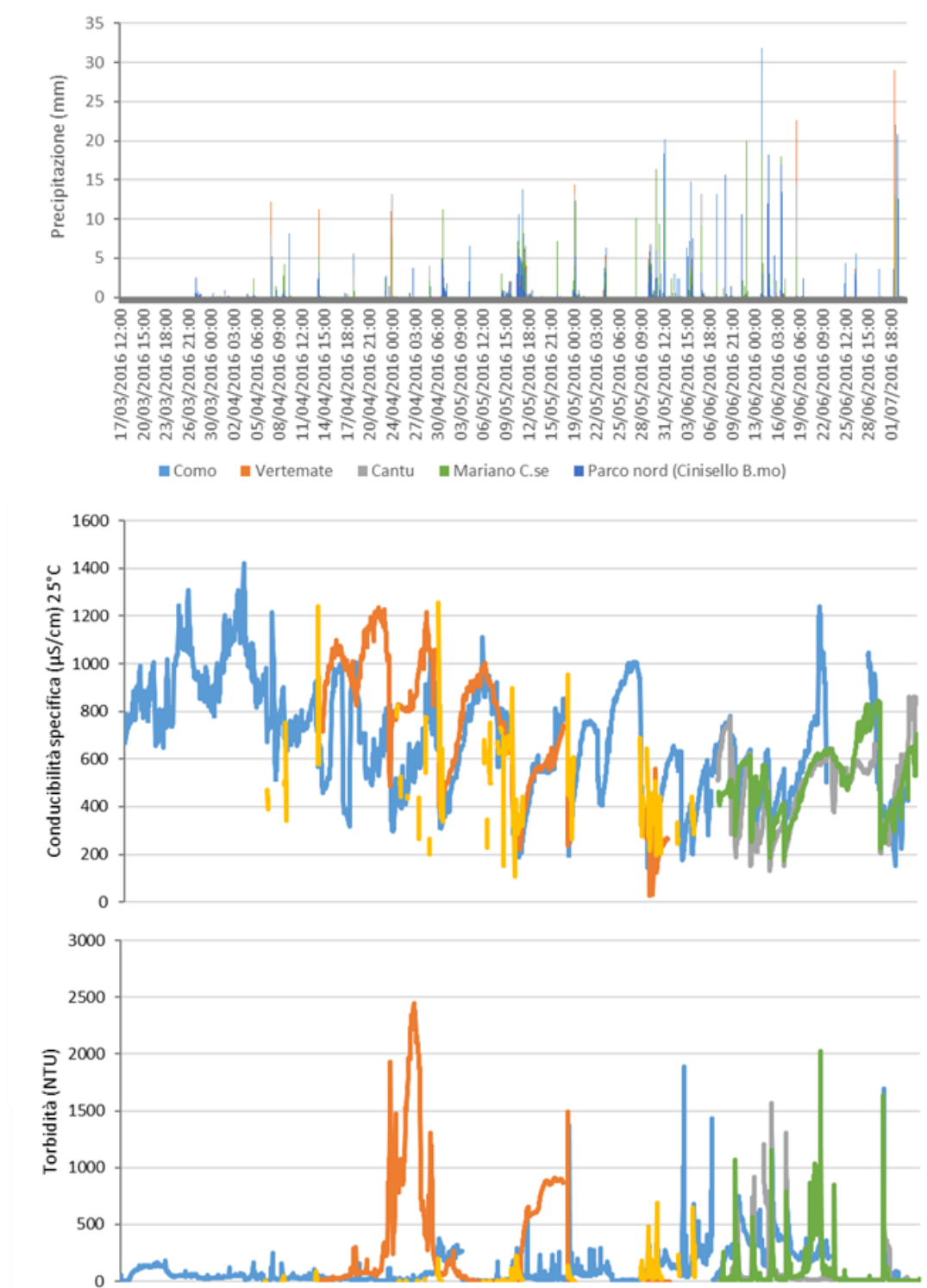
I dati riguardanti il torrente Pudiga risultano essere piuttosto frammentati rispetto al periodo in cui si è effettuato il monitoraggio. Questo è dovuto al fatto che durante il tempo asciutto il Pudiga è caratterizzato da un battente idrico di pochi centimetri, che non sono quindi sufficienti a garantire l'immersione dei sensori.

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

Tra i vari parametri monitorati risulta evidente come la conducibilità sia quello più uniforme tra i diversi siti, a dimostrazione del fatto che la qualità della matrice ambientale è piuttosto omogenea e generalmente caratteristica di un ambiente compromesso, come evidenziato dai valori elevati osservati nel periodo iniziale del monitoraggio. È possibile osservare come la conducibilità del T. Seveso a Lentate sul Seveso sia generalmente più elevata rispetto al T. Seveso alla presa del CSNO, mentre valori leggermente inferiori sono stati osservati nel T. Certesa e T. Seveso nel comune di Seveso.

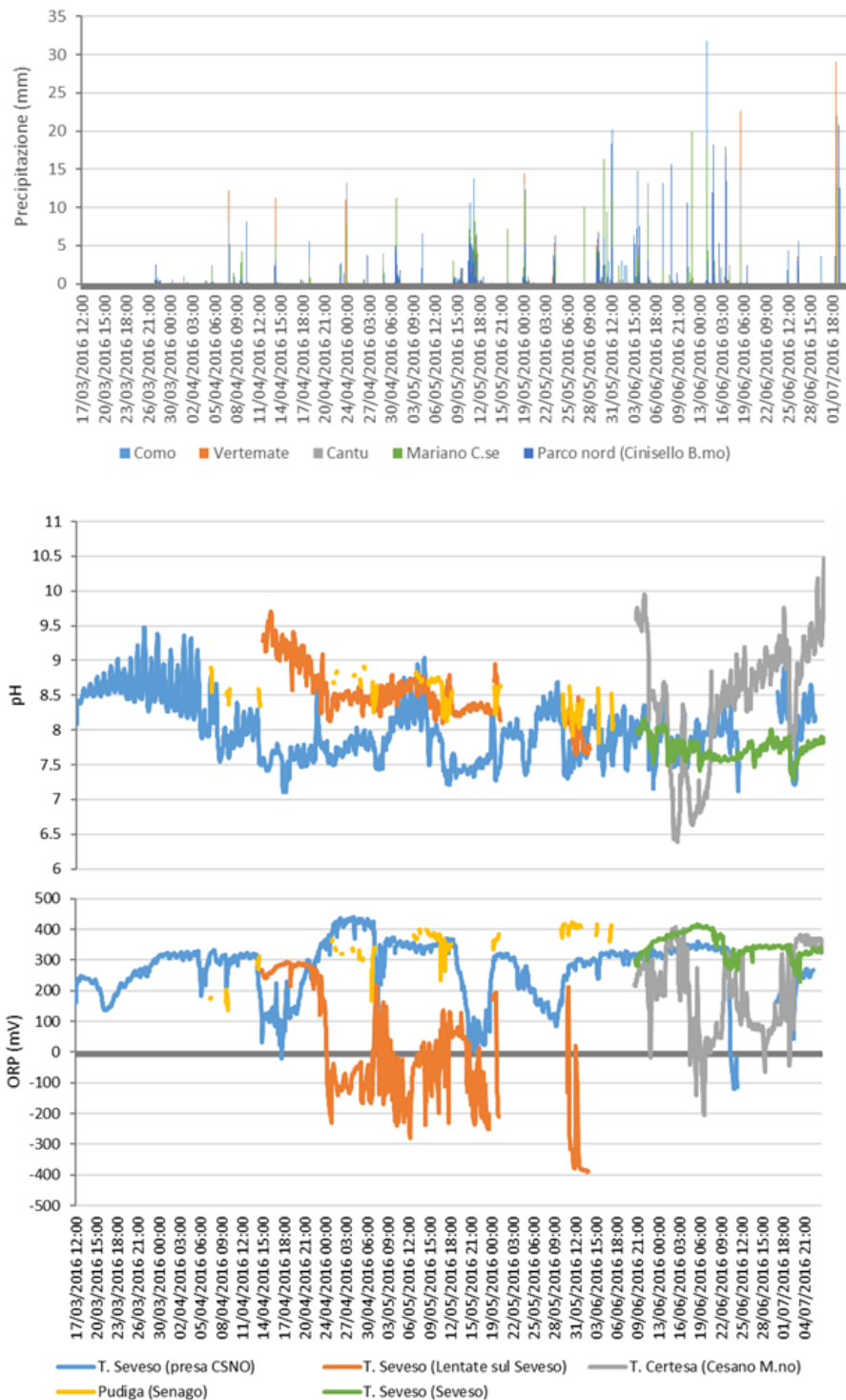
Molto più complessa è l'analisi comparativa tra le stazioni per quanto concerne le misure di torbidità, pH e ORP, dimostrando la sito specificità delle osservazioni nonostante siano identificabili variazioni legate agli eventi precipitativi. In figura 16a e 16b è possibile osservare come nel periodo più piovoso, ovvero tra fine maggio e metà giugno, la conducibilità sia generalmente più bassa e ci sia una ampia variabilità delle misure di torbidità. È inoltre possibile osservare come nel T. Seveso a Lentate sul Seveso, ovvero nel punto più a monte, ci sia un pH più elevato e un ORP più basso rispetto le stazioni più a valle..

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



**Figura 40 – Andamento nel tempo della conducibilità e della torbidità monitorati in continuo nei siti di indagine (in alto per comodità è riportata la pluviometria del periodo)**

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



**Figura 41 – Andamento nel tempo del pH e dell’ORP monitorati in continuo nei siti di indagine (in alto per comodità in alto è riportata la pluviometria del periodo)**

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

### 5.3 ANALISI DEI CAMPIONAMENTI DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO DURANTE DUE EVENTI PRECIPITATIVI

Nell'ambito di questa attività di ricerca sono stati condotti due campionamenti delle acque del torrente Seveso utilizzando un campionatore automatico posto in prossimità dell'opera di presa del CSNO al fine di integrare e confermare i dati dei tre campionamenti effettuati durante la campagna di monitoraggio del 2014.

Il primo campionamento si è svolto per 24 ore tra l'11 e il 12 maggio 2016 (11/05/2016 05:00 – 12/05/2016 04:00), mentre il secondo è stato condotto, sempre per 24 ore, nella giornata del 2 luglio 2016 (2/07/2016 00:00 – 02/07/2016 23:00).

Il primo dei due campionamenti è avvenuto mentre si stava monitorando in continuo, mediante sonda multiparametrica, il torrente Seveso, all'opera di presa del CSNO e a Lentate sul Seveso, e il torrente Pudiga. Durante il secondo campionamento, invece, era in corso il monitoraggio in continuo del T. Seveso all'opera di presa del CSNO e nel comune di Seveso a monte della confluenza del T. Certesa, e del T. Certesa nel comune di Cesano Maderno.

In Figura 42 è possibile osservare i principali parametri quali-quantitativi monitorati in continuo e quelli dei 24 campioni raccolti mediante autocampionatore e determinati mediante analisi di laboratorio. Nella stessa figura è riportata la distribuzione temporale e spaziale (diverse stazioni meteorologiche distribuite nel bacino del T. Seveso) delle precipitazioni. Le cinque serie ad istogramma riportate in Figura 42, per ciascun evento, rappresentano le precipitazioni misurate da 5 stazioni gestite da ARPA Lombardia (Como, Vertemate, Cantù, Mariano Comense e Parco Nord a Cinisello Balsamo).

In Figura 42 si osserva che i due eventi precipitativi seguiti dal campionamento sono caratterizzati da una distribuzione delle precipitazioni nel tempo e nello spazio sensibilmente differenti. Mentre il primo evento risulta essere piuttosto ben distribuito, il secondo è invece più impulsivo e meno omogeneo nello spazio. Questo diverso comportamento influenza i risultati dei due monitoraggi.

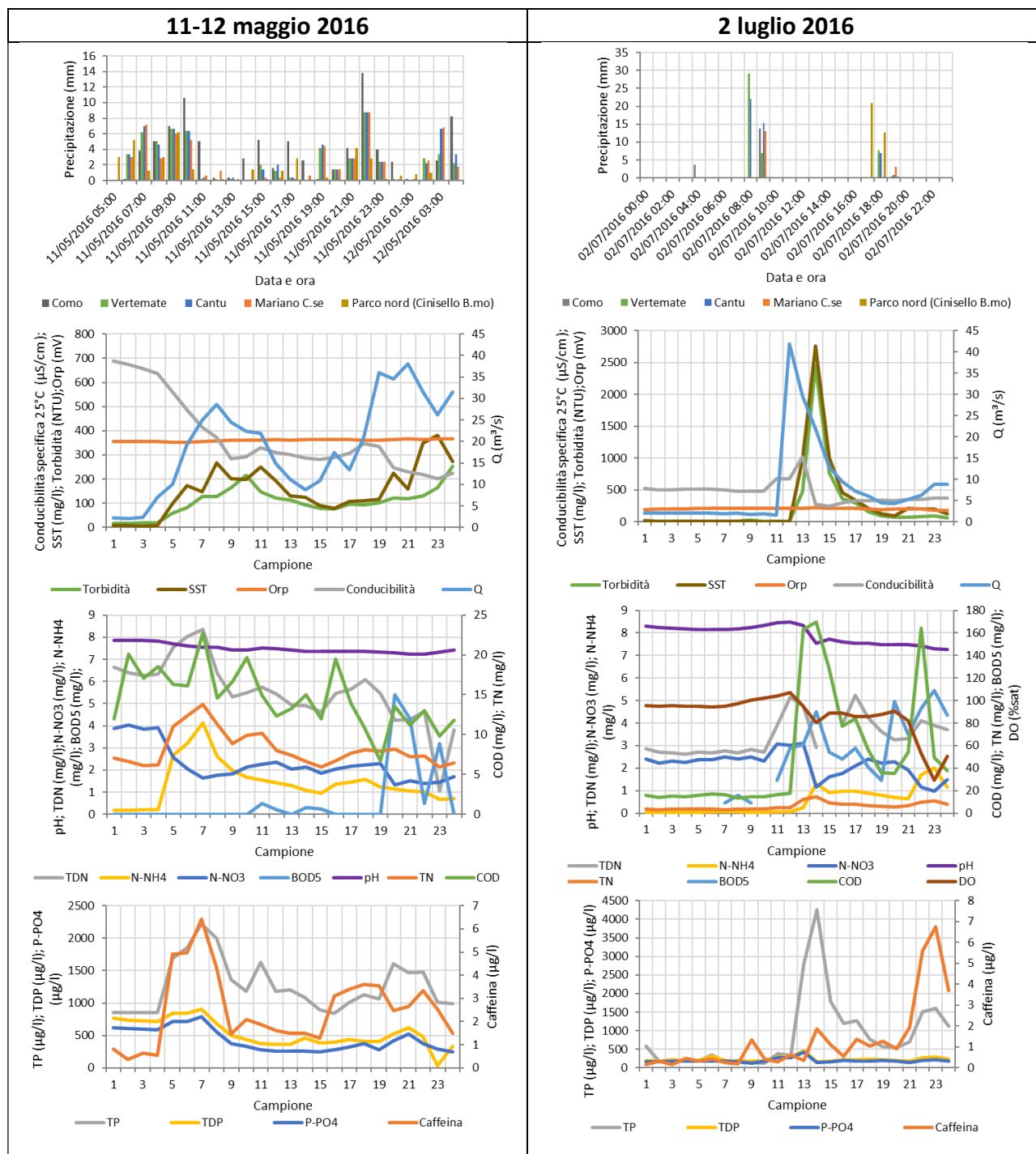
Il primo evento risulta caratterizzato da due momenti in cui le precipitazioni sono più copiose. Uno all'inizio del campionamento nella mattinata dell'11 maggio 2016 e uno nella serata dello stesso giorno. Com'è possibile osservare in Figura 42, quasi tutti i parametri monitorati reagiscono all'evento di pioggia nell'intorno del 4° campione, ovvero alle 8:00 del 11 maggio

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

2016. In generale i parametri tendono ad aumentare con l'evento di pioggia, ad eccezione della conducibilità e dell'azoto nitrico ( $\text{N-NO}_3$ ) che diminuiscono, del pH e ORP che sono circa costanti e del COD e  $\text{BOD}_5$  che presentano una variabilità molto elevata.

In corrispondenza del 7° campione si osservano i massimi di TN, TDN,  $\text{N-NH}_4$ , TP, TDP,  $\text{P-PO}_4$  e caffeina, mentre si osserva nello stesso campione il minimo di  $\text{N-NO}_3$ . Successivamente, in corrispondenza dell'8° campione, si ha un primo picco della portata e dei SST. Successivamente si osserva una prima diminuzione dei parametri monitorati a causa della diminuzione della precipitazione e un ulteriore aumento al re-intensificarsi della precipitazione. Anche in questo caso solo la conducibilità e  $\text{N-NO}_3$  diminuiscono. Durante questa seconda fase precipitativa si osserva un incremento delle concentrazioni di  $\text{BOD}_5$ .

Il secondo evento precipitativo si caratterizza come un evento meteorico molto impulsivo, localizzato nell'area di Vertemate e Cantù. A questo evento intenso corrisponde un incremento repentino della portata, delle concentrazioni di TDN e della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto con un picco durante il 12° campione, ovvero alle ore 11 del 2 luglio 2016. Segue quindi un picco di conducibilità, COD,  $\text{P-PO}_4$ , e TDP durante in 13° campione. Il 14° campione risulta invece caratterizzato da un ulteriore aumento di COD,  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{N-NH}_4$  e TN. Si osserva per lo stesso campione un picco di concentrazioni di TP, SST, torbidità e caffeina, nonché una diminuzione di pH, DO, TDN,  $\text{N-NO}_3$  e conducibilità. Durante il tardo pomeriggio del 2 luglio 2016 una nuova precipitazione intensa si osserva nella parte sud del bacino. A questa segue un innalzamento repentino di COD,  $\text{BOD}_5$ , caffeina,  $\text{N-NH}_4$  e TP, e un abbassamento delle concentrazioni di DO e  $\text{N-NO}_3$ .



**Figura 42 – Andamento delle principali variabili monitorate nelle 24 h durante i due eventi campionati**

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

#### **5.4 CONCENTRAZIONI DI METALLI IN TRACCIA E PBDE NEL PARTICOLATO IN SOSPENSIONE NEL T. SEVESO DURANTE DUE EVENTI PRECIPITATIVI**

Il monitoraggio in continuo ha consentito una descrizione quali-quantitativa di alcune variabili di stato della qualità delle acque. Parallelamente allo studio dei parametri tradizionali si è ritenuto interessante condurre una valutazione della contaminazione da metalli (Cu, Ni, Pb, Cd, Cr) e da PBDE del particolato in sospensione trasportato durante gli eventi precipitativi, raccolto con il campionatore installato presso la presa del CSNO a Palazzolo, ovvero sul particolato che potenzialmente potrebbe essere invasato nelle vasche di laminazione di Senago e di Varedo-Paderno Dugnano.

Queste misure permettono di integrare il quadro emerso dalla campagna del 2014 sui sedimenti depositati negli alvei, raccolti in punti diversi del Seveso e del CSNO, fornendo una indicazione della contaminazione direttamente connessa con i fenomeni di dilavamento, risospensione e trasporto che si verificano in eventi di piena.

Le concentrazioni di metalli in traccia (Cu, Ni, Pb, Cd, Cr) e PBDE nel particolato in sospensione sono state analizzate in 6 campioni integrati per ciascun evento precipitativo campionato.

Il numero di campioni da integrare è stato valutato sulla base dei risultati preliminari monitorati in continuo (principalmente torbidità e conducibilità), cercando di integrare il maggior numero di campioni in periodi in cui si osservava bassa variabilità nei parametri monitorati in continuo e contemporaneamente di integrare il minor numero possibile di campioni in periodi in cui si osservavano picchi o elevata variabilità. Al fine di poter valutare l'andamento delle concentrazioni di metalli e PBDE nel particolato in confronto ai parametri chimico-fisici monitorati nelle acque, i dati raccolti per ciascun campione sono stati anch'essi integrati (mediati) in accordo con l'integrazione effettuata sui campioni analizzati per i metalli e PBDE.

In Tabella 8 si mostrano, per ciascun evento, le concentrazioni riscontrate per via analitica dei campioni integrati (INT1, INT2, INT3, INT4, INT5, INT6) per i metalli e PBDE nel particolato e le concentrazioni integrate (medie) degli altri parametri monitorati a scala oraria. In Figura 43, per ciascun evento, si mostra l'anomalia standardizzata delle concentrazioni (mg/kg) dei metalli e PBDE nel particolato, nei 6 campioni integrati, nonché le altre variabili

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

monitorate nelle 24 ore mediate in base alla corrispondenza con il campione integrato

In Figura 43 si osserva come, durante il primo evento, il Cu, Ni e Cr seguano l'andamento di conducibilità, N-NO<sub>3</sub>, pH e DOsat, mentre l'andamento di Pb e PBDE risulti più simile a quello della caffeina, N-NH<sub>4</sub>, TN e TP. Il Cd risulta invece avere un comportamento simile a quello del BOD<sub>5</sub> e della portata (Q).

La stessa figura mostra un picco per Cr, Pb, Ni, TDN e DOsat durante la seconda parte del secondo evento, ovvero in corrispondenza del campione INT5. Per Cd, Cu, caffeina, BOD<sub>5</sub> e N-NH<sub>4</sub> il picco si localizza invece sul campione INT6. Di più complessa interpretazione sono i primi punti del secondo evento poiché la bassa quantità di materiale raccolto è risultata limitante per la misura di talune variabili i cui valori erano inferiori al limite di quantificazione strumentale (<LOQ). È invece possibile osservare un picco di PBDE in corrispondenza del secondo campione integrato.

Dall'analisi dei dati del primo evento risulta che le concentrazioni di metalli come Cr, Cu e Ni sono più elevate nei primi istanti di pioggia, quando ancora i SST, torbidità e Q sono bassi, mentre sono elevati i valori di conducibilità. Questi tendono a diminuire al crescere delle portate e dei SST.

Diverso è apparso il comportamento di Pb e PBDE con valori più elevati nella fase terminale dell'evento di pioggia, ovvero all'aumentare di SST, Q, caffeina, TN, TP, N-NH<sub>4</sub> e P-PO<sub>4</sub>.

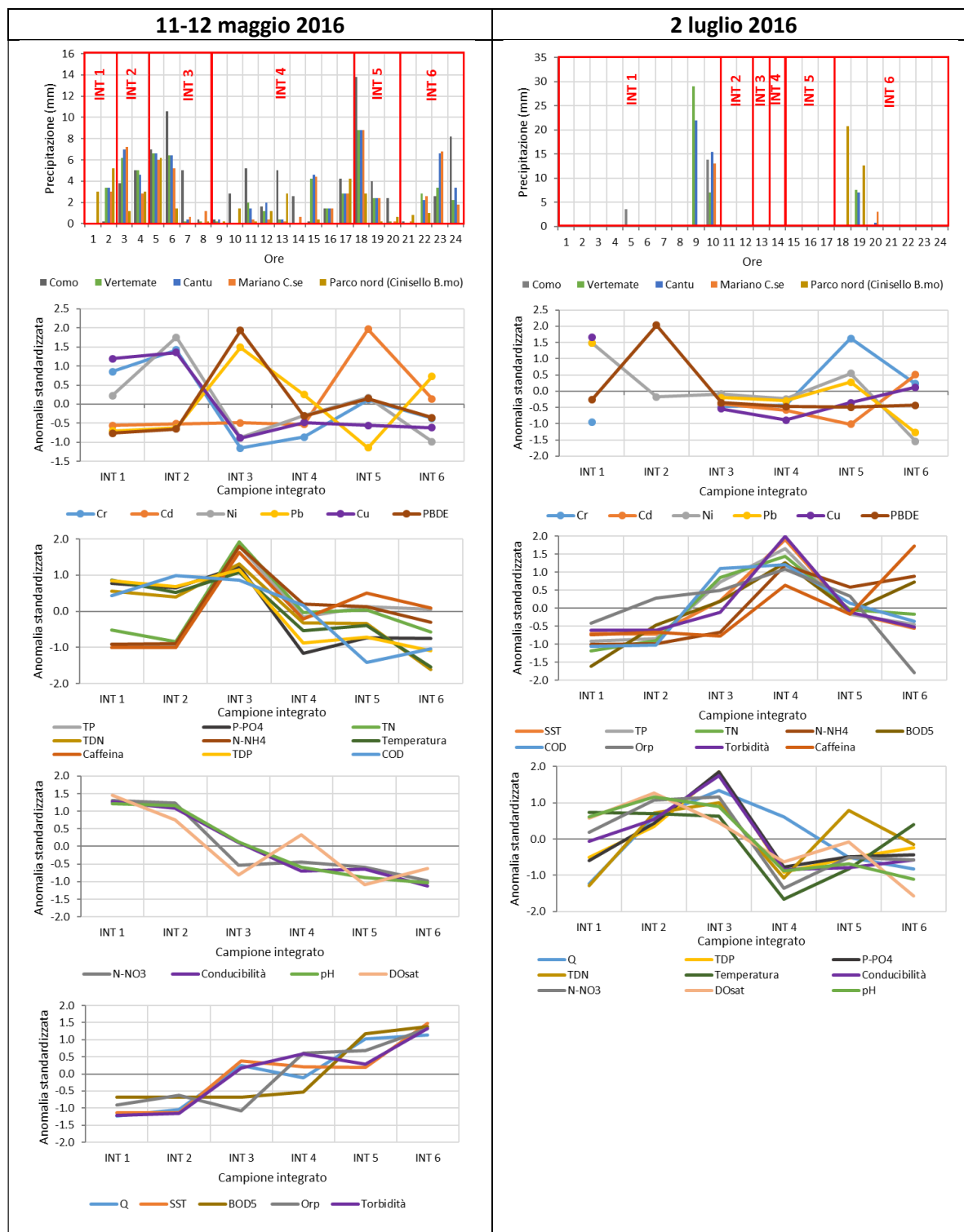
Pertanto, poiché caffeina e N-NH<sub>4</sub> sono chiari indicatori del first flush ad opera degli scolmatori fognari, è possibile ipotizzare che i valori elevati di Cr, Cu e Ni nel particolato in corrispondenza dell'inizio dell'evento di pioggia possano essere dovuti a un rapido dilavamento del particolato depositato sulle superfici urbane impermeabili prossime al torrente e ricche di metalli. Questi vengono poi diluiti con sedimenti meno ricchi all'aumentare di SST e Q, ovvero in corrispondenza dei picchi di Pb e PBDE.

Pb e PBDE appaiono, quindi, più legati ai fenomeni legati all'apporto degli scolmatori fognari carichi di materiale organico e ai fenomeni erosivi delle superfici non urbanizzate, in grado di arricchire il contenuto delle acque di SST e ricche di carbonio organico di origine probabilmente naturale.

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

**Tabella 8 - Sintesi dei principali parametri monitorati nelle acque e del contenuto in metalli e PBDE del particolato in sospensione per i 6 campioni integrati per ciascun evento.**

Evento	11-12 maggio 2016						2 luglio 2016					
Campioni integrati	1-2	3-4	5-6-7-8	9-10-11-12-13-14-15-16-17	18-19-20	21-22-23-24	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	11-12	13	14	15-16-17	18-19-20-21-22-23-24
Identificativo campione integrato	INT 1	INT 2	INT 3	INT 4	INT 5	INT 6	INT 1	INT 2	INT 3	INT 4	INT 5	INT 6
Q (m³/s)	2.2	4.7	20.7	16.2	30.5	31.8	2.0	21.7	29.5	21.9	9.8	6.3
SST (mg/l)	8.1	6.9	172.0	152.7	149.9	290.5	5.4	0.6	975.0	2756.0	603.9	165.9
TP (µg/l)	850.8	852.1	1939.4	1153.3	1264.7	1234.6	230.8	360.8	2802.3	4267.1	1421.8	976.3
TDP (µg/l)	751.6	722.3	815.5	411.6	444.4	367.7	207.0	300.2	464.0	163.0	204.7	236.2
P-PO <sub>4</sub> (µg/l)	614.0	591.9	691.8	288.0	358.0	355.7	169.3	274.5	419.1	152.2	179.6	186.8
TN (mg/l)	6.9	6.1	12.1	7.9	8.1	6.7	3.5	4.7	12.0	14.5	8.2	7.7
TDN (mg/l)	6.5	6.3	7.6	5.3	5.3	3.4	2.7	4.5	4.8	2.9	4.6	3.7
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.187	0.207	3.149	1.417	1.326	0.854	0.038	0.051	0.239	1.299	0.954	1.122
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	4.0	3.9	2.0	2.1	1.9	1.5	2.4	3.0	3.1	1.2	1.8	1.8
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	2.0	12.5	43.5	61.0	90.0	53.3	75.4
COD (mg/l)	16.1	17.8	17.5	15.3	10.3	11.5	15.1	17.1	163.0	170.0	96.3	61.7
Temperatura (°C)	15.5	15.4	15.6	14.9	15.0	14.5	22.6	22.5	22.5	20.2	21.0	22.2
Conducibilità Sp. 25°C (µS/cm)	682	648	458	298	309	218	499	670	1019	270	287	349
Dosat (%)	4.1	3.9	3.5	3.8	3.4	3.5	96.5	105.5	94.8	80.6	88.0	68.4
pH	7.9	7.9	7.6	7.4	7.3	7.3	8.2	8.5	8.3	7.5	7.6	7.4
ORP (mV)	355	357	354	362	363	366	205	211	213	219	212	191
Torbidità (NTU)	15.8	19.6	98.9	123.0	105.6	167.0	9.7	7.7	468.0	2442.8	473.0	88.4
Caffeina (ng/L)	587	590	5158	1976	3198	2499	402	467	366	1859	1003	3030
Cr (mg/kg p.s.)	105.5	132.3	10.8	24.3	70.5	47.7	6.1	< LOQ	21.8	23.1	91.2	45.1
Cd (mg/kg p.s.)	0.4	0.5	0.5	0.5	1.9	0.8	0.8	< LOD	0.5	0.4	0.4	0.6
Ni (mg/kg p.s.)	72.3	115.2	41.3	57.3	70.8	38.4	171.3	112.5	115.7	110.4	138.1	64.3
Pb (mg/kg p.s.)	45.0	45.7	65.3	53.8	40.9	58.3	89.9	< LOD	58.5	56.7	67.5	38.4
Cu (mg/kg p.s.)	613.2	645.5	203.2	282.7	267.6	256.4	478.5	< LOQ	198.3	155.2	223.0	282.9
BDE-28 (ng/L)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
BDE-47 (ng/L)	< LOD	< LOD	17.3	13.7	15.5	11.3	< LOD	< LOD	5.2	< LOD	< LOD	< LOD
BDE-100 (ng/L)	< LOD	< LOD	10.6	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
BDE-99 (ng/L)	< LOD	< LOD	32.1	13.1	23.6	20.8	< LOD	< LOD	6.3	< LOD	< LOD	< LOD
BDE-154 (ng/L)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
BDE-153 (ng/L)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
BDE-183 (ng/L)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
BDE-209 (ng/L)	13.4	13.0	1196.8	369.0	494.0	694.0	10.4	12.7	1126.0	491.0	6.2	84.5
Totale PBDE (ng/L)	13.4	13.0	1256.8	395.8	533.1	726.1	10.4	12.7	1137.5	491.0	6.2	84.5
LOD: Limit of detection; LOQ: Limit of quantification												



**Figura 43 – Andamento dell'anomalia standardizzata dei metalli e del PBDE nel particolato in sospensione e delle principali variabili monitorate nelle acque per i 6 campioni integrati durante ciascun evento precipitativo monitorato**

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

Al fine di valutare le concentrazioni di PBDE osservate nel particolato e quindi nelle acque del T. Seveso, è stata utilizzata la concentrazione di riferimento fornita dal D.Lgs. n. 172/2015 ovvero 0.14 µg/l per i difenileteri bromurati nonché la somma dei congeneri 28, 47, 99, 100, 153 e 154. Come si può osservare nella Tabella 8 la somma delle concentrazioni dei congeneri normati è di gran lunga inferiore ai limiti normativi. Nel decreto non è però considerato BDE-209 che invece risulta essere il congenere per cui sono state misurate le concentrazioni più elevate. Se solo a fini comparativi e conoscitivi, si andasse a includere anche il congenere 209 nella somma da comparare al limite normativo, ottenendo pertanto il PBDE totale, si potrebbe osservare come in alcuni campioni i valori osservati eccedano, di gran lunga, il limite di 0.14 µg/l.

Inoltre, al fine di valutare il livello di contaminazione del particolato da metalli in traccia, in un'ottica di qualità ecologica, abbiamo considerato i valori soglia di cb-PEC e cb-TEC (in mg/kg p.s.) proposti da MacDonald et al. (2000) riportati in tabella 7, in assenza di standard di qualità per i sedimenti nella normativa vigente.

Il cb-TEC rappresenta la soglia di concentrazione al di sotto della quale si ha scarsa probabilità di avere effetti tossici sulla comunità bentonica. Il cb-PEC rappresenta invece quel valore al di sopra del quale è probabile che ci siano effetti tossici sugli organismi bentonici.

**Tabella 9 - Valori soglia cb-TEC e cb-PEC (mg/kg p.s.) proposti da MacDonald et al. (2000) per i metalli in traccia oggetto dell'indagine.**

Parametro	cb-TEC	cb-PEC
<b>Cr (mg/kg p.s.)</b>	43.4	111
<b>Cd (mg/kg p.s.)</b>	0.99	4.98
<b>Ni (mg/kg p.s.)</b>	22.7	48.6
<b>Pb (mg/kg p.s.)</b>	35.8	128
<b>Cu (mg/kg p.s.)</b>	31.6	149

Se confrontiamo i valori soglia in Tabella 9 con i valori osservati in Tabella 8, risulta evidente che:

- per entrambi gli eventi la media delle concentrazioni di Cr è superiore ai valori di cb-TEC,

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

mentre sono inferiori a quelli di cb-PEC;

- per entrambi gli eventi la media delle concentrazioni di Cd è inferiore al cb- TEC e pertanto anche al cb-PEC;
- per entrambi gli eventi la media delle concentrazioni di Ni è superiore ai valori di cb-PEC e quindi anche a quelli di cb-TEC;
- per entrambi gli eventi la media delle concentrazioni di Pb è superiore ai valori di cb-TEC, mentre è inferiore a quelli di cb-PEC ;
- per entrambi gli eventi la concentrazione media di Cu è superiore sia al cb-TEC che al cb-PEC.

Risulta infine evidente come ci siano concentrazioni di metalli nel particolato sul singolo campione integrato molto elevate, con valori superiori al cb-PEC, ovvero con possibili effetti di tossicità sulla comunità bentonica.

## 5.5 FOSFORO TOTALE E SOLIDI SOSPESI TOTALI IN CAMPIONI RACCOLTI IN 5 SITI DI INDAGINE LUNGO IL SEVESO

La campagna di monitoraggio effettuata nel 2014 ha messo in evidenza uno stato della qualità delle acque del T. Seveso, in periodo asciutto e di pioggia, che ha posto le basi per una ulteriore indagine che andasse ad investigare, almeno in modo preliminare, le cause che generano l'alterazione della qualità. A tal fine è stato pianificato il campionamento istantaneo di 5 sezioni fluviali in tre condizioni idrologiche diverse per il monitoraggio di SST e TP, utilizzati in modo preliminare quali indicatori dello stato di qualità delle acque: il primo perché i sedimenti sono i principali responsabili di molti inquinanti e soggetti a trasporto, sedimentazione e risospensione in relazione agli eventi piovosi, il secondo perché indicativo della presenza di pressioni urbane e/o di scarichi zootecnici o per uso agricolo dei liquami e di fertilizzanti.

In base alle precedenti considerazioni è stato monitorato, da nord a sud:

- il T. Seveso a Lentate sul Seveso, quindi significativo delle acque di interesse delle aree di laminazione di Lentate sul Seveso;
- il nodo di confluenza del T. Certesa nel T. Seveso a Cesano Maderno, ovvero una sezione nel T. Seveso a monte dell'immissione del T. Certesa, e una sezione a monte della confluenza nel T. Certesa, quindi significativo delle acque di interesse delle aree di

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

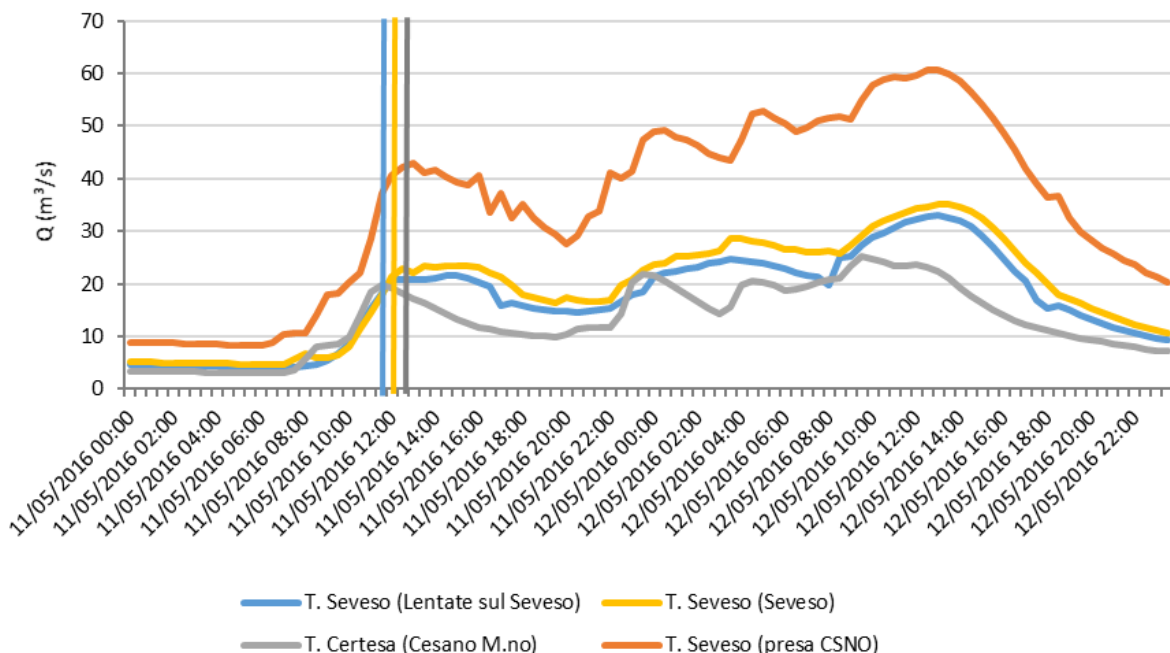
laminazione di Varedo-Paderno Dugnano e Senago;

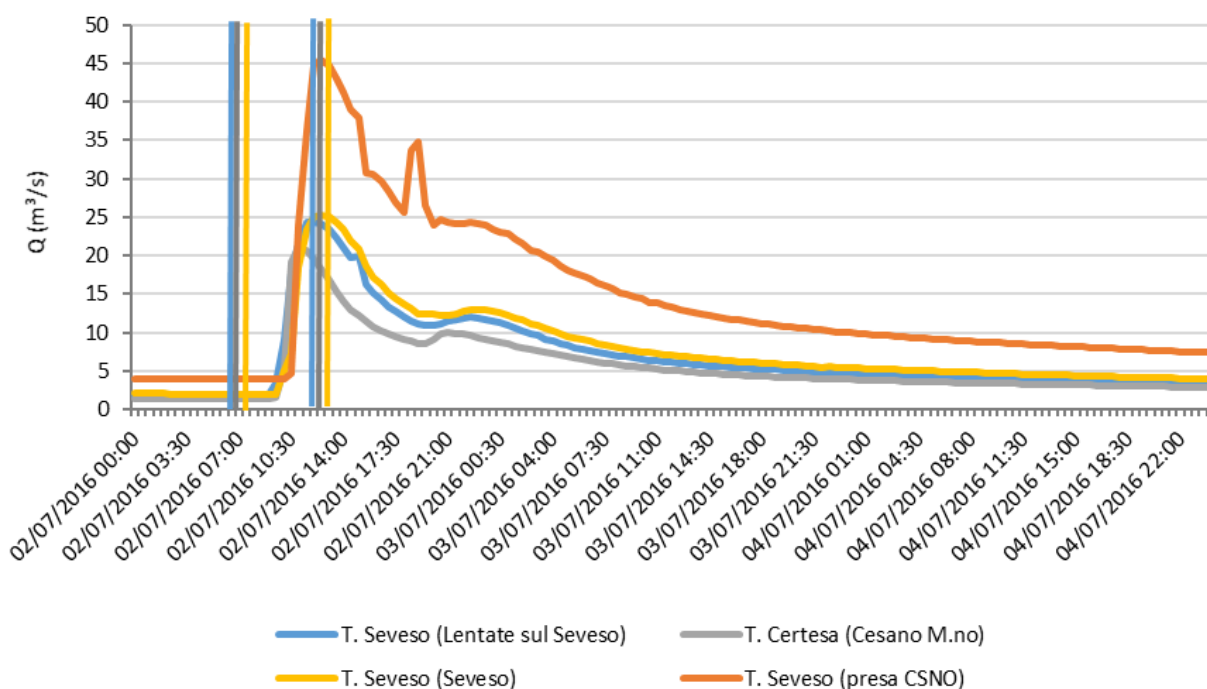
- due corsi d'acqua (Pudiga e Garbogera) di interesse dell'area di laminazione di Senago.

Questo approccio ha permesso una valutazione qualitativa dell'importanza relativa dei tratti monitorati nella determinazione del carico totale veicolato e potenzialmente invasabile nelle vasche di laminazione. In Figura 44 si mostrano le portate del T. Seveso in una sezione a monte e una a valle rispetto il punto di immissione del T. Certesa e le portate del T. Certesa stesso. Nella figura, con i segmenti verticali del colore associato alla sezione fluviale, si indica il momento in cui sono stati effettuati i campionamenti istantanei.

Com'è possibile osservare l'11 maggio 2016 è stato effettuato un campionamento in corrispondenza di portate nel T. Seveso a monte della presa del CSNO di circa 40 m<sup>3</sup>/s, mentre il 2 luglio 2016 si sono effettuati un primo campionamento in tempo asciutto e uno successivo con portate del T. Seveso (alla presa del CSNO) pari a circa 45 m<sup>3</sup>/s.

Come anticipato, oltre le 2 sezioni del T. Seveso e del T. Certesa, si sono raccolti campioni istantanei nel Pudiga e nel Garbogera. Per le 5 sezioni campionate per ciascuno dei 3 regimi idrologici si sono determinate le concentrazioni di SST e TP nelle acque.





**Figura 44 – Andamento delle portate fluviali del T. Seveso, in tre sezioni fluviali, e del T. Certesa. Con segmenti verticali di differente colore sono indicati la sezione di monitoraggio e l'istante in cui sono stati effettuati i 3 campionamenti istantanei**

Com'è possibile osservare in Tabella 10, le concentrazioni più elevate si osservano generalmente durante l'evento precipitativo del 2 luglio 2016. La caratteristica di impulsività di questo evento ha infatti generato, in modo distribuito nel bacino, un aumento delle concentrazioni di SST e TP, fatta eccezione per il Garbogera, dove le concentrazioni di TP sono risultate più elevate nel campione analizzato durante il tempo asciutto. Si ipotizza che questo sia dovuto all'assenza di flusso, ovvero a ristagno di acque influenzate da fattori locali. Il Garbogera si presentava, infatti, rigurgitato per via della vegetazione in alveo e di conseguenza con acqua ferma. Durante gli eventi di pioggia, si è osservata invece una condizione di debole flusso.

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

**Tabella 10 - Sintesi dei campionamenti istantanei effettuati e delle concentrazioni di SST e TP riscontrate.**

Corso d'acqua	Località	Data e ora	SST (mg/l)	TP (µg/l)	Tipologia
Seveso	Lentate sul Seveso	11/05/2016 11:45	144.3	894.1	Tempo di pioggia
Seveso	Seveso	11/05/2016 12:10	134.8	1171.1	Tempo di pioggia
Certesa	Cesano Maderno	11/05/2016 12:25	164.8	1282.6	Tempo di pioggia
Pudiga	Senago	11/05/2016 13:30	95.8	290.9	Tempo di pioggia
Garbogera	Senago	11/05/2016 13:45	11.8	1067.2	Tempo di pioggia
Seveso	Lentate sul Seveso	02/07/2016 06:35	3.7	1011.3	Tempo asciutto
Seveso	Seveso	02/07/2016 07:00	3.9	890.1	Tempo asciutto
Certesa	Cesano Maderno	02/07/2016 06:50	0.2	1453.4	Tempo asciutto
Pudiga	Senago	02/07/2016 07:30	2.3	438.7	Tempo asciutto
Garbogera	Senago	02/07/2016 07:35	9.0	2340.2	Tempo asciutto
Seveso	Lentate sul Seveso	02/07/2016 12:38	360.0	1428.1	Tempo di pioggia
Seveso	Seveso	02/07/2016 13:00	567.3	1647.8	Tempo di pioggia
Certesa	Cesano Maderno	02/07/2016 12:55	328.0	1610.5	Tempo di pioggia
Pudiga	Senago	02/07/2016 20:00	152.7	1910.1	Tempo di pioggia
Garbogera	Senago	02/07/2016 20:10	60.0	1980.7	Tempo di pioggia

Durante il secondo evento, ovvero in tempo asciutto, la concentrazione di TP del T. Certesa è risultata sensibilmente maggiore rispetto a quelle del T. Seveso a Seveso, ovvero subito a monte della confluenza del T. Certesa nel T. Seveso. Un comportamento analogo si osserva durante il primo campionamento, quando le concentrazioni rilevate nel T. Certesa sono risultate superiori a quelle ritrovate nel T. Seveso a Seveso. Differentemente, durante il terzo evento campionato le concentrazioni di TP dei due torrenti a monte della loro confluenza risultano essere molto simili. È, inoltre, interessante notare come le concentrazioni di TP nel T. Seveso a Lentate sul Seveso, ovvero a monte rispetto al comune di Seveso, risultino essere inferiori durante gli eventi precipitativi ma superiori durante il campionamento in tempo asciutto. Questo potrebbe essere dovuto all'immissione, tra le due sezioni monitorate, in tempo asciutto, di acque con concentrazioni di TP elevate e quindi dovute a scarichi fognari non depurati.

Nonostante ciò è stato possibile constatare come il T. Certesa giochi un ruolo non trascurabile

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

nella contaminazione delle acque del T. Seveso, mentre i torrenti Pudiga e Garbogera, seppur molto compromessi (Garbogera), per via delle portate estremamente ridotte (Q Pudiga per i 3 eventi rispettivamente: 1.4, 2.2, 3.0 m<sup>3</sup>/s) hanno un ruolo marginale nel determinare la qualità delle acque potenzialmente invasabili.

In conclusione si può affermare che il campionamento istantaneo in tempo asciutto risulta essere rappresentativo dello stato di qualità istantaneo dei corsi d'acqua monitorati in quelle condizioni idrologiche e mostrano un buon riscontro nella valutazione spaziale delle concentrazioni di un reticolo, quando condotte in modo sinottico.

La variabilità riscontrate nelle analisi effettuate sui 24 campioni orari nella sezione del T. Seveso all'opera di presa del CSNO in tempo di pioggia dimostra come elevata sia la variabilità della qualità delle acque anche a scala temporale breve e, di conseguenza, come sia necessario tenerne in stretta considerazione nella progettazione delle vasche di contenimento delle piene. La precauzione da adottare è quindi quella di avere a disposizione una tracciatura, anche grossolana, delle variabilità che si riscontrano negli eventi. In tal modo sarà possibile considerare il possibile stato di qualità dei sedimenti che si accumuleranno nelle vasche.

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

## 6. ANALISI CONGIUNTA DEI DATI RACCOLTI DURANTE LE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DEL 2014 E DEL 2016 E VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE POTENZIALMENTE INVASABILI

In Tabella 11 sono sintetizzati mediante l'utilizzo del valore minimo, massimo, medio e deviazione standard, i valori dei parametri quali-quantitativi monitorati durante i 5 campionamenti tra il 2014 e il 2016.

Nella stessa tabella si mostra il valore cumulato ed il massimo orario della precipitazione in cinque stazioni meteorologiche distribuite nel bacino idrografico. In rosso si evidenzia per ciascun parametro il massimo assoluto raggiunto per i cinque campionamenti, così da evidenziare la situazione più critica. Fanno eccezione pH, ORP e DOsat, per i quali si evidenziano anche i minimi assoluti in quanto indicativi di potenziali criticità.

L'evento precipitativo che presenta il maggior numero di valori critici (rossi in tabella) è l'ultimo monitorato, mentre quello con il minor numero di valori critici risulta essere il terzo. Se consideriamo che proprio il terzo e l'ultimo evento sono quelli caratterizzati dalla precipitazione più intensa, il fatto che il terzo sia caratterizzato da valori meno elevati rispetto all'ultimo evento è una situazione inattesa. Analizzando però la distribuzione spaziale delle precipitazioni si nota che durante il terzo evento le precipitazioni sono localizzate nella parte nord del bacino e quasi assenti nel punto più a sud. Questo a conferma che la distanza delle piogge dal punto di campionamento diminuisce l'entità dell'impatto rilevabile. Ciò avviene perché le acque provenienti da zone lontane dal punto di campionamento possono subire processi di diluizione e/o autodepurazione durante il percorso prima di giungere al punto di campionamento. Questo non vale per eventi precipitativi prossimi alla sezione di campionamento, dove i tempi di ritardo risultano essere decisamente inferiori.





Ai fini della classificazione dello Stato Ecologico dei corsi d'acqua il D.Lgs.152/99 prevedeva la valutazione degli elementi chimico-fisici di base attraverso il Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori (LIM), indice utilizzato per la classificazione dei corsi d'acqua regionali fino al 2009. Il DM 260/2010, attuativo del D.Lgs. 152/06, introduce, con l'indice LIMeco, un nuovo sistema di valutazione della qualità chimico-fisica dei corsi d'acqua utile alla classificazione dello Stato Ecologico ai sensi della Direttiva 2000/60.

In Tabella 12 si riportano i parametri caratteristici per la stima dell'indice di qualità LIMeco e

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

i relativi punteggi. Il sistema di calcolo si basa sull'attribuzione di un punteggio definito tra 0 e 1, risultante della media dei punteggi “istantanei” dei singoli campionamenti, a loro volta ottenuti come media dei punteggi dei singoli parametri assegnati in relazione alle concentrazioni rilevate.

In Tabella 11 è indicato lo stato di qualità delle acque campionate mediante applicazione dell'indice LIMeco. Per il calcolo sono state utilizzate le concentrazioni medie per ciascun evento. Lo stato di qualità è risultato generalmente “cattivo”, fatta eccezione per due eventi in cui lo stato risulta essere “scarso”.

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

Evento	27-28 aprile 2014				14-15 giugno 2014				28-29-30 giugno 2014				11-12 maggio 2016				2 luglio 2016			
	Massimo		Massimo		Massimo		Massimo		Massimo		Massimo		Massimo		Massimo		Massimo		Massimo	
	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario	Cumulata	orario
Precipitazione Como (mm)	22.8	4.8	10.4	8.4	37.6	10.2	86.6	13.8	18.0	13.8										
Precipitazione Vertemate (mm)	36.8	7.0	23.4	8.2	120.2	37.6	60.0	8.8	44.0	29.0										
Precipitazione Cantù (mm)	38.8	6.8	22.6	6.0	117.4	35.8	64.8	8.8	45.2	22.0										
Precipitazione Mariano C.se (mm)	41.0	12.8	18.6	8.2	59.0	8.8	16.2	13.0												
Precipitazione Parco Nord (mm)	30.4	7.0	42.8	23.6	8.6	6.2	36.0	6.2	33.8	20.8										
	media	dev.st	max	min	media	dev.st	max	min	media	dev.st	max	min	media	dev.st	max	min	media	dev.st	max	min
Q (m³/s)	13.0	8.6	34.6	4.1	10.0	8.9	35.1	3.5	55.6*				19.2	11.0	38.1	2.1	7.8	10.0	41.9	1.6
SST (mg/l)	103.2	133.1	527.5	5.0	139.6	245.3	1039.8	2.2	378.9	516.4	1739.1	3.2	154.3	102.9	382.2	6.4	281.7	597.1	2756.0	0.4
TP (µg/l)	1069.3	642.7	2752.1	482.2	938.8	308.8	1760.6	602.1	684.2	210.3	1014.5	344.4	1261.5	397.3	2220.4	835.5	883.3	987.2	4267.1	135.0
TDP (µg/l)	557.1	185.2	990.4	376.3	590.9	209.8	1035.5	318.4	339.1	190.7	705.9	142.6	529.9	208.0	903.4	35.2	231.9	65.1	464.0	163.0
P-PO4 (µg/l)	527.0	179.6	950.6	345.2	534.0	205.3	923.8	256.6	288.0	175.2	610.2	110.2	427.8	176.1	784.4	241.9	194.1	58.4	419.1	132.5
TN (mg/l)	6.3	2.9	13.1	3.2	6.6	2.2	11.9	3.7	5.2	1.1	7.1	3.5	8.2	2.2	13.8	5.9	6.2	3.2	14.5	3.1
TDN (mg/l)	4.3	1.2	6.7	2.7	5.1	1.4	8.2	3.7	4.0	1.2	6.8	2.7	5.5	1.5	8.4	1.0	3.4	0.8	5.2	2.6
N-NH4 (mg/l)	1.253	0.896	3.164	0.112	0.992	0.587	2.613	0.150	0.623	0.456	2.178	0.135	1.397	0.972	4.128	0.185	0.530	0.600	2.016	0.017
N-NO3 (mg/l)	3.5	0.3	4.3	3.1	7.4	1.9	12.1	5.2	4.4	1.1	6.2	2.5	2.3	0.8	4.0	1.3	2.2	0.6	3.1	1.0
BOD5 (mg/l)	14.1	13.3	45.0	0.0	16.7	11.0	35.0	0.0	11.2	9.0	32.5	1.3	0.6	1.5	5.4	0.0	54.2	32.3	109.0	9.0
COD (mg/l)	19.3	9.7	60.4	12.4	25.1	7.4	47.3	18.3	19.7	3.6	28.6	12.8	14.6	3.7	22.8	6.7	51.6	52.4	170.0	13.5
Temperatura (°C)	14.6	0.8	16.4	13.5	20.7	1.4	24.0	19.6	19.1	1.5	21.3	16.8	15.0	0.4	15.7	14.3	22.2	0.7	23.2	20.2
Conducibilità Sp. 25°C (µS/cm)	456	90	628	338	471	170	834	306	296	117	499	148	374	156	689	202	455	166	1019	241
Dosat (%)	82.2	14.5	122.5	60.7	50.9	31.0	91.1	4.6	90.5	11.4	103.0	64.2					87.2	18.2	106.8	29.5
pH	7.5	0.3	8.3	7.4	7.4	0.2	7.8	7.2	7.6	0.1	7.8	7.4	7.5	0.2	7.9	7.2	7.9	0.4	8.5	7.3
ORP (mV)	202	60	274	113	220	43	287	147	421	6	437	404	360	4	367	351	203	11	219	177
Torbidità (NTU)	61.5	75.9	320.4	3.7	197.1	412	1907.3	5.5	245.4	322.7	1078.8	6.7	106.6	59.1	252.5	15.3	210.9	510.1	2442.8	5.5
Caffeina (ng/L)	1693	1671	7517	147	1348	980	4127	406	777	445	1639	159	2515	1568	6441	367	1308	1707	6756	165
LIMeco	Cattivo				Cattivo				Scarso				Cattivo				Scarso			

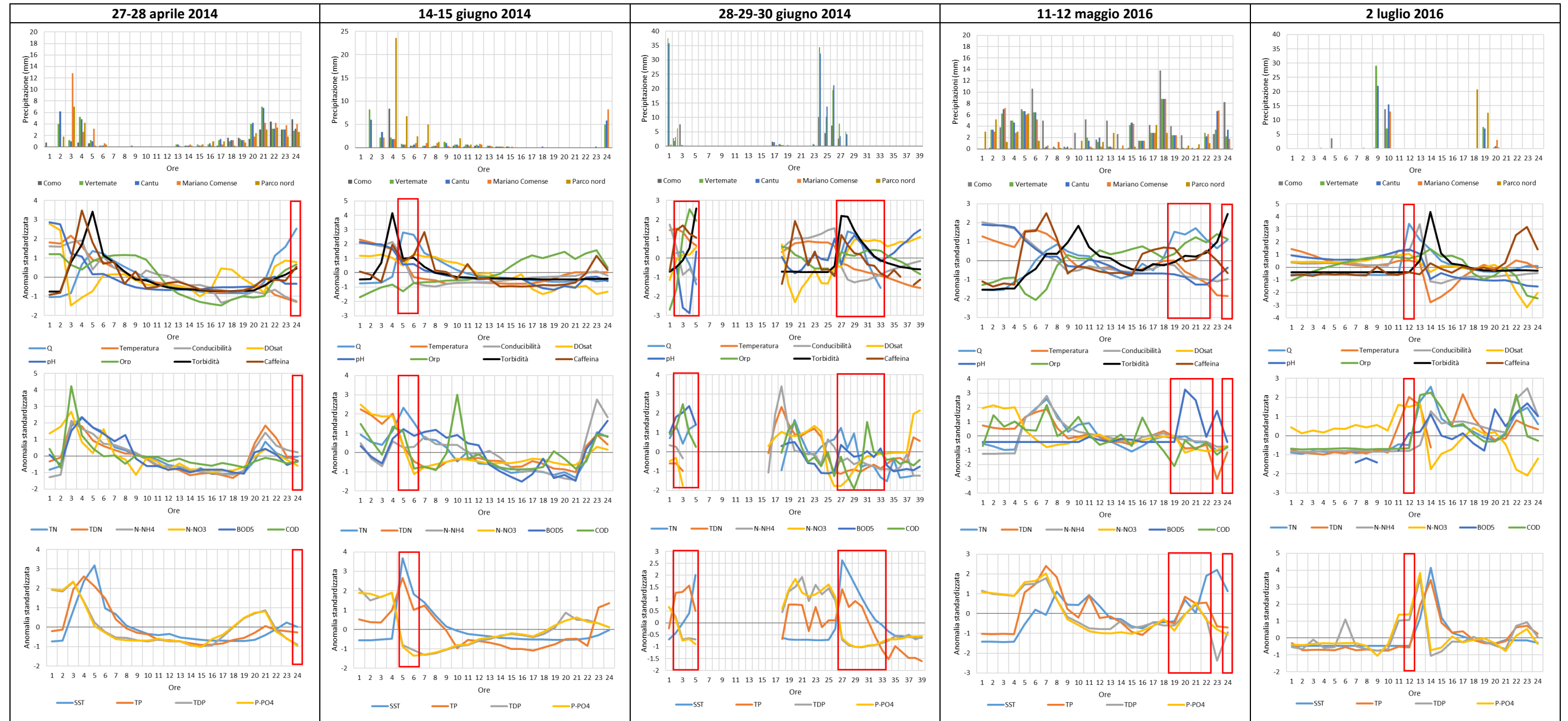
Tabella 11 - Sintesi dei parametri quali-quantitativi

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

**Tabella 12 - Parametri caratteristici dell'indice LIMeco.**

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
<b>Punteggio</b>	1	0.5	0.25	0.125	0
<b>100-DOsat (%)</b>	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50
<b>N-NH<sub>4</sub> (mg/L)</b>	<0.03	≤0.06	≤0.12	≤0.24	>0.24
<b>N-NO<sub>3</sub> (mg/L)</b>	<0.6	≤1.2	≤2.4	≤4.8	>4.8
<b>TP (mg/L)</b>	<0.05	≤0.1	≤0.2	≤0.4	>0.4
	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo
<b>Punteggio medio</b>	≥0.66	≥0.50	≥0.33	≥0.17	<0.17

In Figura 45 è possibile osservare l'andamento nel tempo delle anomalie standardizzate per ciascun parametro monitorato durante i 5 eventi campionati. L'utilizzo delle anomalie standardizzate ha permesso di paragonare grandezze anche molto diverse tra loro al fine di valutare gli andamenti complessivi in relazione alle precipitazioni osservate. Prima di una disamina del comportamento dei parametri monitorati è fondamentale specificare che le diverse condizioni al contorno presenti durante ciascun campionamento (tempo asciutto antecedente l'evento di pioggia, condizioni chimico-fisiche antecedenti, scarichi fognari, ecc.), così come la distribuzione spaziale della precipitazione e l'intensità non omogenea della stessa, rendono difficile l'identificazione di comportamenti omogenei in grado di caratterizzare il sito di indagine.



**Figura 45 – Andamento nel tempo dell'anomalia standardizzata dei parametri quali-quantitativi delle acque del T. Seveso monitorati durante le 5 campagne di monitoraggio del 2014 e 2016; riquadrato in rosso i periodi di potenziale invaso delle vasche di laminazione di Senago.**

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

I parametri che mostrano un picco anticipato rispetto agli altri risultano essere generalmente le forme disciolte di fosforo (P-PO<sub>4</sub> e TDP), al contrario delle forme particolate (TP, SST) e di conseguenza della torbidità. Una spiegazione possibile è che l'apporto delle forme disciolte dipenda dalla velocità di deflusso, mentre la dinamica di quelle particolate sia diversa essendo legata a fenomeni di risospensione, trasporto e deposizione. Talvolta però, in occasione di eventi particolarmente intensi prossimi al sito di indagine, la torbidità risulta anch'essa anticipata rispetto al TP e ai SST, probabilmente per effetto dell'immissione puntuale di sostanza colloidale da parte degli scolmatori fognari (first flush) che dipende dalla velocità di deflusso come le specie disciolte. Per quanto concerne le forme di azoto, N-NO<sub>3</sub>, TDN e talvolta N-NH<sub>4</sub> presentano generalmente picchi anticipati rispetto al TN, con un comportamento analogo a quello delle forme disciolte di fosforo.

Tra le altre variabili monitorate anche il COD e la caffeina presentano spesso un picco in corrispondenza dei primi istanti dell'evento di pioggia, probabilmente a causa dell'immissione di acque reflue nel corpo idrico recettore.

Tra i parametri monitorati in continuo, è interessante osservare come l'ossigeno disciolto e il pH tendano a diminuire nei primi istanti dell'evento precipitativo risentendo dei processi ossidativi innescati dalla risospensione dei 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<sub>2</sub>. Nel CSNO si osservano concentrazioni di DOsat 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 presente in sospensione nelle acque del canale, mentre l'aumento del pH può imputarsi al ristabilimento degli equilibri del sistema tampone H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>\*/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Si sottolinea che i due aspetti sono apparentemente in contrasto; si evidenzia la necessità di ulteriori approfondimenti per comprendere il significato di tale fenomeno.

L'intensificazione dei processi ossido-riduttivi a seguito dei due eventi meteorici è inoltre ben testimoniata dall'andamento dell'ORP, che vede un incremento in corrispondenza di un aumento della torbidità e dei SST e, quindi, alla disponibilità di materiale ossidabile. Dall'analisi dei dati in Tabella 11 e Figura 45 è, infatti, possibile osservare come ad un evento più intenso corrispondano concentrazioni di SST più elevate e quindi una maggior torbidità

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

delle acque. Non così chiaro è invece l'andamento delle concentrazioni dei principali parametri analizzati. Queste risultano spesso più basse negli eventi più intensi. Questo fenomeno non è unicamente dovuto agli effetti di diluizione ma è spesso influenzato dalle condizioni al contorno dell'evento monitorato, ovvero dalla disomogeneità spaziale delle precipitazioni. È importante sottolineare che durante l'evento precipitativo si può avere l'attivazione degli scolmatori fognari in contemporanea al 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 ad opera della diluizione. 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, un evento precipitativo di forte intensità potrebbe provocare un aumento di portata così repentino da nascondere i fenomeni di first flush, sempre ben individuabili in eventi meno intensi. Infatti, nel caso dei cinque eventi monitorati, mentre per il primo e quarto 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, terzo e quinto evento, di carattere più impulsivo, questo risulta poco evidente.

In Figura 45 sono indicati, nei riquadri in rosso, i periodi in cui si avrebbe l'invaso delle vasche di laminazione di Senago, ovvero in corrispondenza di portate superiori a 30 m<sup>3</sup>/s del T. Seveso e del CSNO. Come è possibile osservare, quasi nella totalità dei casi le acque potenzialmente invase non risultano essere le più contaminate, che continuano invece il loro transito nel T. Seveso e nel CSNO.

In Tabella 13 si stima il volume invasato durante ciascun evento monitorato nonché i carichi relativi alle tre principali grandezze osservate, ovvero SST, TP e TN, e le concentrazioni di alcune altre grandezze utili al calcolo dell'indice LIMeco. Solo durante il terzo evento si avrebbe un quasi completo riempimento della vasca di Senago, che risulta avere un volume di progetto di 810'000 m<sup>3</sup>. Gli altri quattro eventi porterebbero ad un riempimento della vasca meno del 10%. In Tabella 13 si riporta inoltre una prima stima per eccesso dei carichi di solidi sospesi, di fosforo e di azoto invasati. Per effettuare questa stima abbiamo infatti ipotizzato che le concentrazioni restino costanti durante l'ora di invasato. Come abbiamo in precedenza affermato e come abbiamo osservato dal monitoraggio in continuo a scala sub-oraria, questa

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

risulta essere una stima per eccesso, poiché molto spesso i picchi si osservano solo per frazioni di ora. In generale il terzo evento risulta quello in grado di veicolare nella vasca il maggior quantitativo di nutrienti e di materiale in sospensione, pur avendo le concentrazioni di fosforo e azoto tra le più basse. Confrontando i dati in Tabella 13 con i dati in Tabella 11 è inoltre possibile osservare come le concentrazioni medie invase siano di gran lunga inferiori rispetto alle concentrazioni massime osservate nelle 24 ore di campionamento. Questo è confermato, seppur parzialmente dai risultati ottenuti per l'indice LIMeco che evidenziano una generale migliore qualità delle acque invase rispetto alle acque che in media sono transitate nel T. Seveso.

Questa considerazione non deve sorprendere se si considera che in generale le precipitazioni hanno un effetto di “lavaggio” delle superfici e di diluizione “generalizzata” delle concentrazioni se si considera una scala temporale non istantanea. Inoltre, la distribuzione disomogenea delle precipitazioni e le diverse condizioni di permeabilità dei suoli, anche in relazione agli eventi più o meno ricorrenti nell'arco temporale considerato, contribuiscono ad un accumulo di acque che probabilmente sono meno contaminate di quelle che solitamente defluiscono all'inizio degli eventi precipitativi.

**Tabella 13 - Stima dei volumi potenzialmente invasi durante i 5 eventi e valutazione delle concentrazioni medie e dei carichi dei principali parametri monitorati.**

Evento	27-28 aprile 2014	14-15 giugno 2014	28-29-30 giugno 2014	11-12 maggio 2016	2 luglio 2016
Volume invaso (m³)	16714	31276	646175	77776	42919
n°ore di invaso	1	2	11	5	1
SST (mg/l)	106.6	814.0	841.8	224.0	0.4
TP (µg/l)	906	1506	810	1319	339
TN (mg/l)	6.2	11.0	5.5	7.4	4.6
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	1.579	1.236	0.626	1.140	0.053
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	3.4	9.4	4.0	1.6	3.0
DOsat (%)	94.8	74.7	92.9		104.2
SST (kg)	1782	26627	586707	14074	17
P (kg)	15	48	549	105	15
N (kg)	104	348	3638	589	197
LIMeco	Scarso	Cattivo	Scarso	Cattivo	Sufficiente

## 7. VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI “PROXY” DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO

In Figura 46 si riporta una matrice di correlazione tra le principali variabili monitorate in continuo, sull'asse delle ascisse, e quelle monitorate per via analitica, sull'asse delle ordinate. Il numero indicato per ciascuna relazione sta indicare il coefficiente di correlazione R mentre il colore del riquadro rappresenta il grado di significatività come indicato in didascalia. Come è possibile osservare le correlazioni più forti ( $r > 0.6$ ) esistono tra torbidità e SST (0.72), TP (0.66), TN (0.63), tra pH e N-NO<sub>3</sub> (0.61), tra conducibilità e TDP (0.77), P-PO<sub>4</sub> (0.78), TDN (0.61), N-NO<sub>3</sub> (0.84).

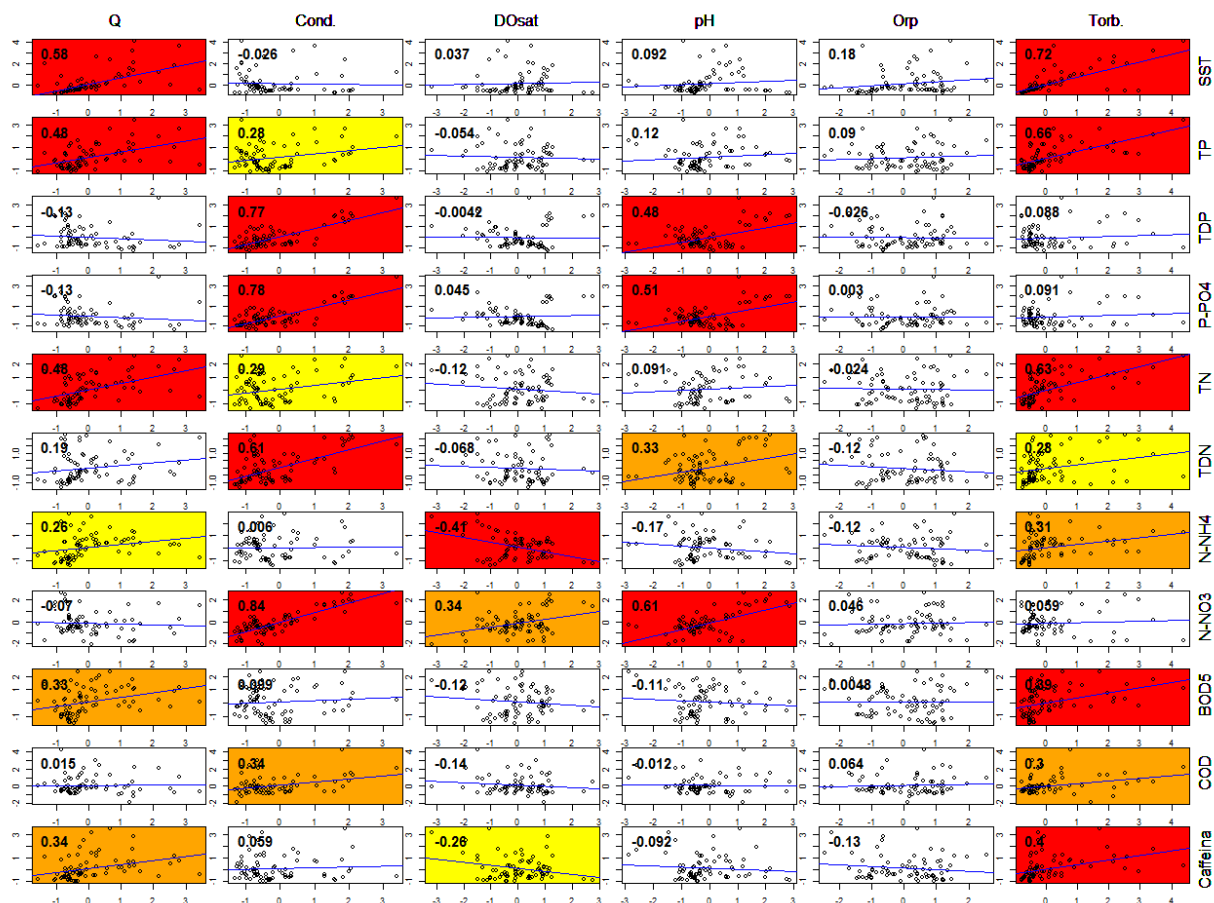
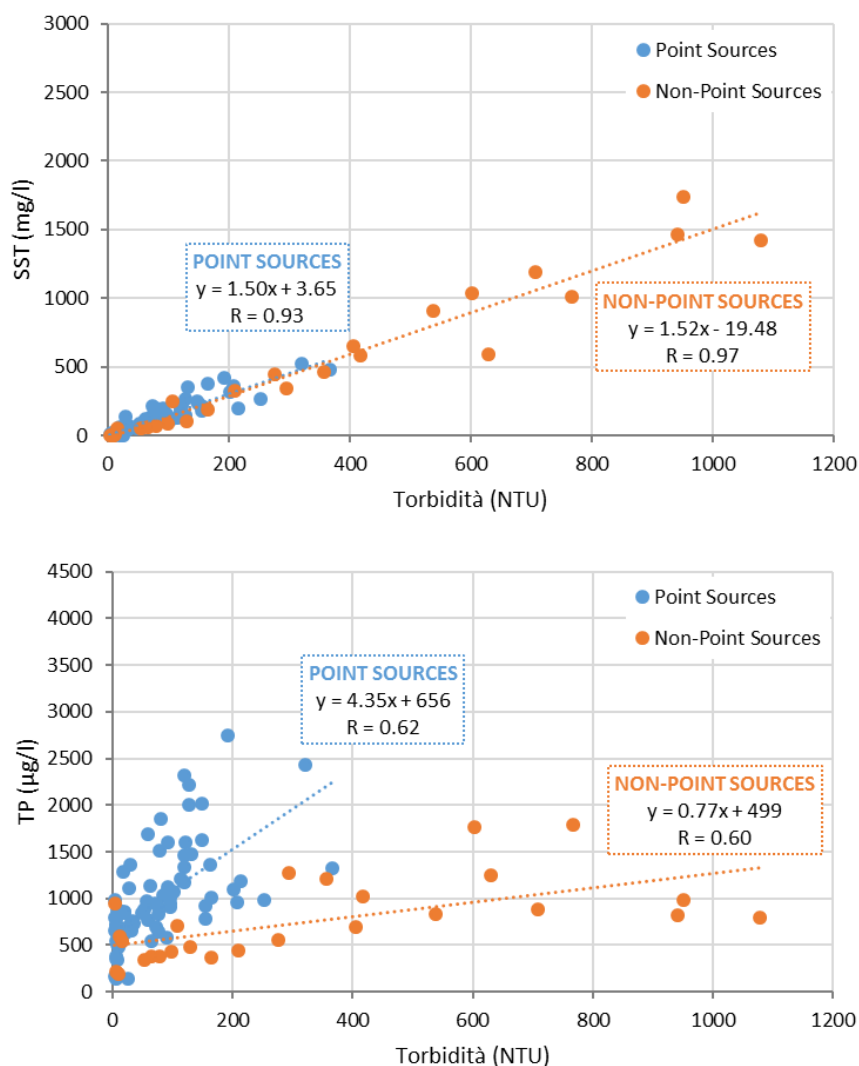


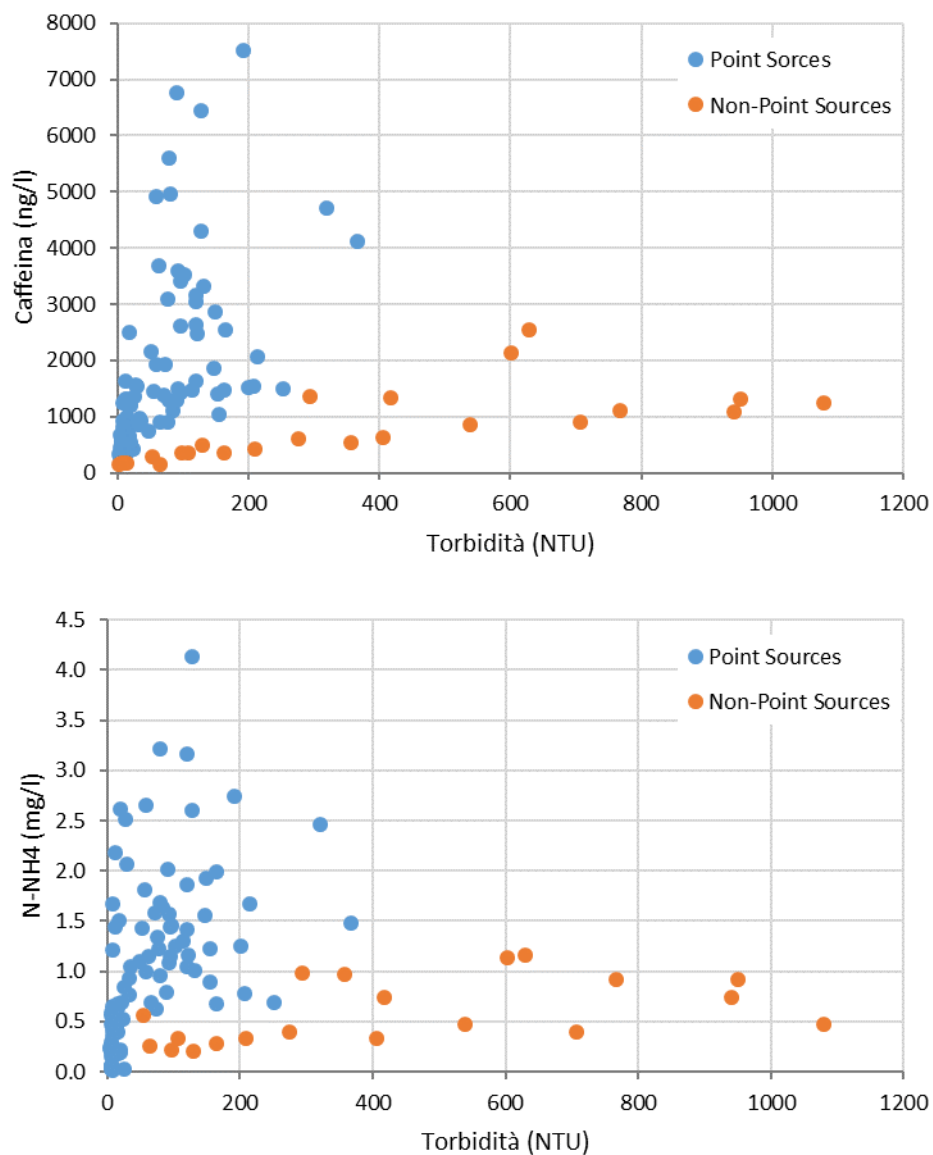
Figura 46 – Scatter plot tra i parametri monitorati in continuo e i parametri analitici; il numero indica il coefficiente di correlazione (r) e i colori rappresentano la significatività della relazione (rosso  $p < 0.001$ ; arancione  $p < 0.01$ ; giallo  $p < 0.05$ ; bianco  $p > 0.05$ ).

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

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 il 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 47). Sui campioni raccolti 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 la caffeina o l'ammoniaca (Figura 48). Mentre l'ammoniaca non ha unicamente origine dagli scarichi fognari, benché questi abbiano un ruolo determinante nel generarne il carico, la caffeina ha invece unicamente origine antropica e quindi da scarichi civili risultando, pertanto, un valido tracciante della contaminazione da sorgenti puntiformi. Utilizzando questi due parametri, associati alla torbidità, siamo stati quindi in grado di discriminare i campioni prettamente di origine puntiforme e diffusa, identificando, così, due gruppi, che in Figura 47 e Figura 47 sono colorati in blu e arancione. Come è possibile osservare nel grafico torbidità/TP, i due gruppi vanno esattamente a identificare le due relazioni tra le variabili: una dove la torbidità è principalmente dovuta alle sorgenti puntiformi ad opera per esempio dei fenomeni di first flush e wash off; e l'altra dove la torbidità è principalmente dovuta al trasporto di materiale organico a scala di bacino.



**Figura 47 – Correlazione tra torbidità e SST e tra torbidità e TP con evidenziati i gruppi identificati mediante l'utilizzo dei parametri di caffeina e N-NH<sub>4</sub>.**



**Figura 48 – Correlazione tra torbidità e caffeina e tra torbidità e N-NH<sub>4</sub> con evidenziati di color diverso i gruppi identificati.**

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

## 8. CONCLUSIONI

Dalle analisi condotte si può affermare che:

- la relazione tra variabili monitorate in continuo e non è uno strumento utile nel processo di caratterizzazione della qualità delle acque superficiali.
- La concentrazione di metalli in traccia e PBDE nel particolato, durante l'evento precipitativo, può variare molto nel caso del Cr, Cd, Ni e PBDE oppure può essere piuttosto costante come nel caso di Pb e Cu. Ciò in quanto Cr, Cd, Ni e PBDE sono trasportati dal particolato generato dal dilavamento delle superfici urbane o dall'attivazione di scarichi fognari durante la precipitazione, mentre Pb e Cu sono meno legati alle precipitazioni e risultano essere più ubiquitari perché costantemente presenti nel particolato trasportato dalle acque.
- Molte delle concentrazioni medie sono inferiori al cb-TEC, risultando pertanto poco pericolose per gli organismi bentonici, altre invece sono intermedie tra cb-TEC e cb-PEC e altre volte ancora risultano addirittura superiore ai valori di cb-PEC. In questi ultimi casi la valutazione della tossicità potenziale del particolato per la vita acquatica andrebbe indagata mediante approcci ecotossicologici.
- Per quanto concerne il Cu e il Ni, i quali presentano valori sempre superiori al cb-PEC, sarebbe opportuno indagare le sorgenti e i valori di fondo naturali del bacino.
- La tossicità degli elementi in traccia dipende molto dalla specie chimica. Ad esempio il Cr si trova prevalentemente nel particolato e quindi nei sedimenti, nella forma trivalente (CrIII) che presenta una tossicità molto più bassa di quella esavalente (CrVI). Pertanto, anche in questo caso, potrebbe risultare interessante un approfondimento della speciazione di questo elemento all'origine degli apporti e dei processi di trasformazione che avvengono nei corsi d'acqua e nelle reti fognarie anche durante le precipitazioni.
- La somma delle concentrazioni dei congeneri 28, 47, 99, 100, 153 e 154 di PBDE risulta per tutti i campioni monitorati inferiore al limite di 0.14 µg/l indicato nel D.lgs. n. 172/2015, ma concentrazioni molto più elevate si osservano per il singolo congenere 209, che però non compare nella normativa vigente.
- Le acque del T. Seveso monitorate durante 5 eventi precipitativi mostrano una qualità in condizioni mediamente alterate secondo l'indice LIMeco. Più precisamente risultano di

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

“cattiva” qualità per il 1°, 2° e 4° evento mentre per il 3° e 5° risultano di qualità “scarsa”. Le acque potenzialmente invase risultano essere di “cattiva” qualità per il 2° e 4° evento mentre di “scarsa” qualità per il 1° e 3° campionamento e infine di qualità “sufficiente” per il 5° evento. Si evidenzia quindi una generale migliore qualità delle acque invase rispetto alle acque che in media sono transitate nel T. Seveso. Questa considerazione non deve sorprendere se si considera che in generale le precipitazioni hanno un effetto di “lavaggio” delle superfici e di diluizione “generalizzata” delle concentrazioni se si considera una scala temporale non istantanea. Inoltre, la distribuzione disomogenea delle precipitazioni e le diverse condizioni di permeabilità dei suoli, anche in relazione agli eventi più o meno ricorrenti nell’arco temporale considerato, contribuiscono ad un accumulo di acque che probabilmente sono meno contaminate di quelle che solitamente defluiscono all’inizio degli eventi precipitativi.

- Si è evidenziata la possibilità del verificarsi di eventi precipitativi di entità tale da invadere acque con elevati carichi di solidi sospesi. Viene riportato a questo proposito il caso dell’evento verificatosi dal 28 al 30 giugno 2014, durante il quale si è stimato un carico di oltre 500 t. È stato anche evidenziato come durante gli eventi precipitativi ci siano concentrazioni di metalli in traccia nel particolato molto elevate e talora superiori al cb-PEC, ovvero potenzialmente tossiche per la comunità bentonica.
- Dall’analisi dei campioni istantanei emerge come il T. Certesa abbia un ruolo centrale nella contaminazione delle acque del T. Seveso e che, seppur il Pudiga e il Garbogera risultino particolarmente compromessi, questi veicolano nelle vasche di laminazione acque molto meno cariche di fosforo rispetto a quelle del T. Seveso, in relazione alle loro basse portate.
- L’analisi delle pressioni potenziali di PBDE mostra come l’enorme diffusione degli utilizzi di questi ritardanti di fiamma sia ben testimoniata dall’ampia distribuzione di aziende potenziali sorgenti, come ad esempio le aziende con peso 2 che sono presenti in un’ampia porzione del bacino idrografico del torrente Seveso che ricade nel territorio comasco. Ad un livello di minor dettaglio possiamo infine notare come le aziende più impattanti (peso 3) interessino aree drenate dal T. Certesa e dai suoi affluenti (comuni di Cantù, Mariano Comense e Cabiato) piuttosto che zone drenate dall’asta principale del T. Seveso (ad esclusione dell’area di Paderno Dugnano).

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

## 9. BIBLIOGRAFIA

MacDonald DD, Ingersoll CG, Berger TA (2000b) Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for fresh-water ecosystems. Arch Environ Contam Toxicol 39:20–31.

Viviano, G., Salerno, F., Manfredi, E.C., Polesello, S., Valsecchi, S., Tartari, G., 2014. Surrogate measures for providing high frequency estimates of total phosphorus concentrations in urban watersheds. Water Research 64, 265-277.

Milano, luglio 2017

### I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol. Mario Spada