

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

**Corso di Laurea Specialistica in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**



***Analisi modellistica della qualità del
fiume Seveso alla luce dei recenti
sviluppi normativi (SQA D.Lgs 152/99)***

**Relatore:
Prof.ssa Arianna Azzellino**

**Tesi di laurea di
Danilo LEONE
Matr. 724719**

Anno Accademico 2009/2010

INDICE

ABSTRACT	5
INTRODUZIONE.....	12
CAPITOLO 1: LA CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITA' DEI CORPI IDRICI SECONDO LA NORMATIVA VIGENTE.....	15
1.1 LA DIRETTIVA 2000/60/CE.....	15
1.2 RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2000/60/CE IN ITALIA	22
1.2.1 Inquadramento normativo	22
1.1.2 Decreto legislativo 152/2006.....	23
1.2.3 Recepimento e applicazione della Direttiva 2000/60/CE.....	25
CAPITOLO 2 : INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO	28
2.1 IL SEVESO	29
2.1.1 Depuratori	30
2.2.2 Scarichi di fognatura.....	33
2.2.3 Industriali.....	34
2.2.4 Affluenti	37
2.2.4.1 Terrò.....	37
2.2 STAZIONI DI CONTROLLO ARPA.....	39
CAPITOLO 3: LO STRUMENTO MODELLISTICO	49
3.1 QUAL2K: ANALOGIE E INNOVAZIONI RISPETTO AL QUAL2E	49
3.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL MODELLO	50
3.3 SIMULAZIONE DEL CORSO D'ACQUA	51
3.3.1 Formulazione generale del modello	51
3.3.2 Rappresentazione funzionale.....	54
3.3.2.1 Equazione del trasporto di massa.....	54
3.3.2.2 Caratteristiche idrauliche	55
3.3.2.3 Condizioni di deflusso.....	55
3.3.2.4 Dispersione longitudinale.....	56
3.4 REAZIONI E INTERAZIONI DEI COSTITUENTI PRINCIPALI	57
3.4.2 Ciclo dell'azoto	57
3.4.2.1 Azoto organico.....	57

3.4.2.3 Azoto nitroso.....	58
3.4.2.4 Azoto nitrico.....	59
3.4.3 Ciclo del fosforo.....	59
3.4.3.1 Fosforo organico.....	59
3.4.3.2 Fosforo disciolto.....	60
3.4.4 BOD carbonioso.....	60
3.4.5 Ossigeno disciolto.....	61
3.4.6 Temperatura.....	62
CAPITOLO 4: IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO.....	64
4.1 DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE DEL SEVESO	66
4.2 DEFINIZIONE DEI CARICHI PUNTUALE (POINT SOURCE).....	67
4.2.1 Depuratori.....	67
4.2.2 Industriali.....	68
4.2.3 Affluenti.....	69
4.2.4 Terrò.....	69
4.2.4.1 Definizione dei Point Source.....	70
4.3 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DEL TERRO'.....	72
4.4 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DEL SEVESO.....	75
4.4.1 BOD.....	76
4.4.2 COD.....	77
4.4.3 Solidi sospesi.....	79
4.4.4 Azoto.....	80
4.4.4.1 Azoto organico.....	80
4.4.4.2 Azoto ammoniacale.....	82
4.4.4.3 Azoto nitrico.....	83
4.4.4.4 Azoto totale.....	84
4.4.5 Fosforo.....	85
4.4.6 Cloruri e solfati.....	86
4.4.6.1 Cloruri.....	86
4.4.6.2 Solfati.....	88
4.4.7 Rame.....	89
4.4.8 Zinco.....	91
4.4.9 Piombo, cromo totale e nichel.....	92
4.4.9.1 Piombo.....	92

4.4.9.2 Cromo totale	94
4.4.9.3 Nichel.....	96
CAPITOLO 5: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	98
5.1 BOD, COD E SOLIDI SOSPESI	99
5.2 FOSFORO.....	102
5.3 AZOTO	103
5.4 CLORURI E SOLFATI	106
5.5 RAME E ZINCO.....	107
5.6 PIOMBO, CROMO TOTALE E NICHEL	108
5.7 VALUTAZIONE DELLO SCENARIO.....	112
5.7.1 Risultati dello scenario	115
5.7.1.1 BOD, COD e solidi sospesi.....	115
5.7.1.2 Fosforo	118
5.7.1.3 Azoto	119
CONCLUSIONI	124
RINGRAZIAMENTI.....	127

INDICE DELLE FIGURE

CAPITOLO 2: INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME

- 2.1) Bacini del sistema Lambro-Olona: pag. 28
- 2.2) Idrografia superficiale dell'area: pag. 29
- 2.3) Scheda tecnica depuratore Alto Seveso: pag. 31
- 2.4) Scheda tecnica depuratore Sud Seveso: pag. 31
- 2.5) Scheda tecnica depuratore Varedo: pag. 32
- 2.6) Scheda tecnica depuratore Bresso-Niguarda: pag. 32
- 2.7) Idrografia principale dell'area in oggetto: pag. 33
- 2.8) Reticolo fognario e bacini idrici: pag. 34
- 2.9) Scheda tecnica Italcave 2000 S.R.L.: pag. 35
- 2.10) Scheda tecnica Stigliano S.N.C.: pag. 35
- 2.11) Scheda tecnica Bolton Alimentari S.P.A.: pag. 36
- 2.12) Scheda tecnica Tintoria Fratelli Rosina: pag. 36
- 2.13) Scheda tecnica depuratore Valbe: pag. 38
- 2.14) Scheda tecnica Fava Bibite S.A.S.: pag. 38

CAPITOLO 3: LO STRUMENTO MODELLISTICO

- 3.1) Discretizzazione di un sistema fluviale: pag. 52
- 3.2) Rete fluviale di tratti e sottotratti: pag. 53

CAPITOLO 4: IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO

- 4.1) Suddivisione del Seveso in reach: pag. 65
- 4.2) Schematizzazione dell'alveo del Seveso: pag. 66
- 4.3) Schematizzazione alveo del Terrò: pag. 70
- 4.4) Ripartizione del carico di BOD: pag. 77
- 4.5) Ripartizione del carico di COD: pag. 78
- 4.6) Ripartizione del carico di solidi sospesi: pag. 80
- 4.7) Ripartizione del carico di azoto organico: pag. 81
- 4.8) Ripartizione del carico di azoto ammoniacale: pag. 83
- 4.9) Ripartizione del carico di azoto nitrico: pag. 84
- 4.10) Ripartizione del carico di fosforo inorganico: pag. 86
- 4.11) Ripartizione del carico di cloruri: pag. 87

- 4.12) Ripartizione del carico di solfati: pag. 89
- 4.13) Ripartizione del carico di rame: pag. 90
- 4.14) Ripartizione del carico di zinco: pag. 92
- 4.15) Ripartizione del carico di piombo: pag. 94
- 4.16) Ripartizione del carico di cromo totale: pag. 95
- 4.17) Ripartizione del carico di nichel: pag. 97

CAPITOLO 5: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

- 5.1) Contributi dei depuratori al carico di BOD: pag. 99
- 5.2) Contributi dei depuratori al carico di COD: pag. 99
- 5.3) Contributi dei depuratori al carico di solidi sospesi: pag. 100
- 5.4) Contributi dei depuratori al carico di fosforo: pag. 102
- 5.5) Contributi dei depuratori al carico di azoto organico: pag. 103
- 5.6) Contributi dei depuratori al carico di azoto ammoniacale: pag. 103
- 5.7) Contributi dei depuratori al carico di azoto nitrico: pag. 104
- 5.8) Contributi dei depuratori al carico di azoto totale: pag. 104
- 5.9) Contributi dei depuratori al carico di cloruri: pag. 106
- 5.10) Contributi dei depuratori al carico di solfati: pag. 106
- 5.11) Contributi dei depuratori al carico di rame: pag. 107
- 5.12) Contributi dei depuratori al carico di zinco: pag. 108
- 5.13) Contributi dei depuratori al carico di piombo: pag. 109
- 5.14) Contributi dei depuratori al carico di cromo totale: pag. 110
- 5.15) Contributi dei depuratori al carico di nichel: pag. 110

INDICE DELLE TABELLE

CAPITOLO 4: IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO

- 4.1) Suddivisione dei reach in sottotratti: pag. 65
- 4.2) Caratteristiche idrauliche del Seveso: pag. 67
- 4.3) Depuratori: pag. 68
- 4.4) Attività industriali: pag. 68
- 4.5) Torrente Serenza: pag. 69
- 4.6) Caratteristiche idrauliche del Terrò: pag. 70
- 4.7) Point Source del Terrò: pag. 71
- 4.8) Valori in uscita dal Terrò ricavati dal modello: pag. 75

CAPITOLO 5: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

- 5.1) Efficienze di rimozione degli impianti relativi a BOD, COD e solidi sospesi:
pag. 101
- 5.2) Efficienze di rimozione degli impianti relativi al fosforo: pag. 102
- 5.3) Efficienze di rimozione degli impianti relativi all'azoto: pag. 105
- 5.4) Suddivisione percentuale dell'azoto nelle sue forme: pag. 105
- 5.5) Valori utilizzati per lo scenario: pag. 113
- 5.6) Ripartizione dell'azoto nelle sue forme: pag. 114

INDICE DEI GRAFICI

CAPITOLO 2: INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME

- 2.1) Istogramma concentrazioni BOD: pag. 40
- 2.2) Istogramma concentrazioni COD: pag. 40
- 2.3) Istogramma concentrazioni solidi sospesi: pag. 41
- 2.4) Istogramma concentrazioni azoto: pag. 41
- 2.5) Istogramma concentrazioni fosforo: pag. 42
- 2.6) Istogramma concentrazioni rame: pag. 43
- 2.7) Istogramma concentrazioni zinco: pag. 43
- 2.8) Istogramma concentrazioni cromo totale: pag. 44
- 2.9) Istogramma concentrazioni piombo : pag. 44
- 2.10) Istogramma concentrazioni nichel: pag. 45
- 2.11) Istogramma concentrazioni cloruri: pag. 45
- 2.12) Istogramma concentrazioni solfati: pag. 46
- 2.13) Istogramma concentrazioni di BOD, COD e solidi sospesi in uscita dal Terrò: pag. 47
- 2.14) Istogramma concentrazioni di cloruri e solfati in uscita dal Terrò: pag. 47
- 2.15) Istogramma concentrazioni di azoto in uscita dal Terrò: pag. 48
- 2.16) Istogramma concentrazioni di fosforo in uscita dal Terrò: pag. 48

CAPITOLO 4: IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO

- 4.1) Andamento della portata del Terrò: pag. 72
- 4.2) Istogramma di confronto fra i valori misurati e quelli simulati all'uscita del Terrò per BOD, detritus, cloruri e solfati: pag. 73
- 4.3) Istogramma di confronto fra i valori misurati e quelli simulati all'uscita del Terrò per il azoto: pag. 73
- 4.4) Istogramma di confronto fra i valori misurati e quelli simulati all'uscita del Terrò per il fosforo: pag. 74
- 4.5) Andamento della portata del Seveso: pag. 75
- 4.6) Andamento della concentrazione di BOD: pag. 76
- 4.7) Andamento della concentrazione di COD: pag. 77

- 4.8) Andamento della concentrazione di solidi sospesi: pag. 79
- 4.9) Andamento della concentrazione di azoto organico: pag. 80
- 4.10) Andamento della concentrazione di azoto ammoniacale: pag. 82
- 4.11) Andamento della concentrazione di azoto nitrico: pag. 83
- 4.12) Andamento della concentrazione di azoto totale: pag. 85
- 4.13) Andamento della concentrazione di fosforo inorganico: pag. 85
- 4.14) Andamento della concentrazione di cloruri: pag. 87
- 4.15) Andamento della concentrazione di solfati: pag. 88
- 4.16) Andamento della concentrazione di rame: pag. 90
- 4.17) Andamento della concentrazione di zinco: pag. 91
- 4.18) Andamento della concentrazione di piombo: pag. 93
- 4.19) Andamento della concentrazione di cromo totale: pag. 94
- 4.20) Andamento della concentrazione di nichel: pag. 96

CAPITOLO 5: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

- 5.1) Andamento della concentrazione di BOD: pag. 115
- 5.2) Andamento della concentrazione di COD: pag. 116
- 5.3) Andamento della concentrazione di solidi sospesi: pag. 117
- 5.4) Istogramma di confronto fra i risultati del modello Seveso e lo scenario per le concentrazioni in uscita di BOD, COD e solidi sospesi: pag. 118
- 5.5) Andamento della concentrazione di fosforo inorganico: pag. 118
- 5.6) Istogramma di confronto fra i risultati del modello Seveso e lo scenario per le concentrazioni in uscita di fosforo inorganico: pag. 119
- 5.7) Andamento della concentrazione di azoto organico: pag. 119
- 5.8) Andamento della concentrazione di azoto ammoniacale: pag. 120
- 5.9) Andamento della concentrazione di azoto nitrico: pag. 121
- 5.10) Andamento della concentrazione di azoto totale: pag. 122
- 5.11) Istogramma di confronto fra i risultati del modello Seveso e lo scenario per le concentrazioni in uscita di azoto: pag. 122

ABSTRACT

Il seguente lavoro valuta l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti lungo il Seveso, cercando di individuare le principali cause e le possibili soluzioni per un miglioramento futuro.

Prima di tutto viene esaminata la Direttiva europea 2000/60/CE relativa alla tutela dei corpi idrici e il conseguente recepimento in Italia: vengono analizzati gli elementi correttamente adottati e quelli in cui si sono riscontrate delle difficoltà nell'applicarli.

Successivamente viene descritto il fiume Seveso e le sue principali caratteristiche territoriali ed idrauliche. Inoltre si valutano gli affluenti, i depuratori, gli scarichi industriali e terminali di fognatura che scaricano nel fiume così da individuare quali attività influiscono maggiormente sulla qualità delle acque.

Dopo aver caratterizzato il bacino del Seveso, si valuta lo strumento modellistico, il QUAL2K, che è una versione moderna del QUAL2E. Vengono approfondite le analogie fra il QUAL2E e il QUAL2K, le innovazioni introdotte da quest'ultimo e i suoi principi di funzionamento.

Successivamente viene proposta l'implementazione del modello, attraverso una valutazione delle caratteristiche idrauliche del Seveso e una analisi dei suoi carichi puntuali. Il passaggio successivo consiste nella determinazione degli andamenti di concentrazione dei macroinquinanti classici (BOD, COD, solidi sospesi, azoto e fosforo) e dei metalli che non rispettano lo standard di qualità dettato dalla Direttiva.

A questo punto vengono analizzati nel dettaglio i risultati ottenuti dal modello individuando l'origine dei più importanti contributi.

Dai risultati ottenuti si valuta una possibilità di scenario futuro nel quale si cerca di migliorare le caratteristiche del Seveso. Quest'ultimo punto è di fondamentale importanza per far capire dove agire e dove migliorare per raggiungere una maggiore qualità delle acque rispetto alla situazione odierna.

INTRODUZIONE

Il fiume Seveso nasce a Cavallasca (CO), attraversa la provincia comasca e quella milanese per arrivare a Milano dove si congiunge con il Naviglio Martesana per formare il Redefossi.

Questo fiume, a causa del colore delle sue acque, è stato soprannominato il “fiume nero”: anni di scarichi civili ed industriali abusivi hanno provocato un continuo peggioramento della qualità delle acque, rendendo il Seveso un corso d’acqua fortemente inquinato.

Ultimamente si sta cercando di migliorare le condizioni del fiume, attraverso una politica di risanamento e un controllo più attento. Infatti il bacino del Seveso è stato individuato come un’area sensibile con conseguenti restrizioni in termini di concentrazioni di inquinanti scaricati.

Il seguente lavoro valuta, attraverso un’attenta analisi modellistica, l’andamento delle concentrazioni degli inquinanti lungo il Seveso, cercando di individuare le principali cause e le possibili soluzioni per un miglioramento futuro.

Prima di tutto verrà analizzata la Direttiva europea 2000/60/CE relativa alla tutela dei corpi idrici. Di conseguenza si parlerà del recepimento di tale Direttiva in Italia, ossia il Decreto legislativo 152/2006: si valuteranno gli elementi che sono stati correttamente adottati e quelli in cui si sono riscontrate delle difficoltà nell’applicarli. Si analizzerà anche il quadro legislativo italiano relativo alla protezione delle acque, antecedente al recepimento di tale Direttiva.

Successivamente si focalizzerà l’attenzione sul fiume Seveso dove verrà seguita questa traccia:

- Inquadramento dell’area circostante;
- Descrizione della sua ubicazione e le sue principali caratteristiche idrauliche;
- Si valuteranno gli affluenti, i depuratori, gli eventuali scarichi industriali e terminali di fognatura che, non essendo allacciati alla rete civile, scaricano direttamente nel fiume.

Quest’analisi sarà di fondamentale importanza per la modellazione con lo scopo di individuare quali attività influiscono sulla qualità delle acque del fiume. Bisogna fare una

precisazione per quanto riguarda gli affluenti, infatti bisogna far notare che verrà analizzato a parte il torrente Terrò, visto il suo importante contributo dato in termini di portata al Seveso.

A questo punto verranno individuate le stazioni di controllo della qualità delle acque ARPA: dove sono posizionate, da quanto sono in attività e quali misurazioni vengono effettuate. I valori disponibili saranno poi trattati ed utilizzati per la taratura del modello.

Dopo aver caratterizzato il bacino del Seveso, verrà analizzato lo strumento modellistico, il QUAL2K, che è la versione moderna del QUAL2E sviluppata nel 2003 dall' USEPA. Il QUAL2E non è altro che un ambiente di modellizzazione della qualità fluviale sviluppato a partire dagli anni 80.

Più precisamente verranno valutate le analogie fra il QUAL2E e il QUAL2K, le innovazioni introdotte da quest'ultimo e i suoi principi di funzionamento; verrà spiegato come lavora e come deve essere utilizzato. Si entrerà più nello specifico nel QUAL2K, trattando e spiegando le equazioni che descrivono le reazioni dei principali costituenti utilizzate dal modello per simulare gli andamenti di concentrazione.

Verrà poi proposta l'implementazione del modello.

Prima di tutto verrà modellizzato il torrente Terrò visto il suo apporto in termini di portata dato al fiume. Di seguito verrà valutata la simulazione del Seveso attraverso i seguenti passi:

- Valutazione delle caratteristiche idrauliche;
- Analisi dei Point Source e i loro relativi contributi sia in termini di portata che di concentrazione.

Verranno così determinati gli andamenti di concentrazione dei macroinquinanti classici (BOD, COD, solidi sospesi, azoto e fosforo) e di alcuni metalli precedentemente individuati. La scelta di quale microinquinante simularne l'andamento sarà basata sul confronto delle concentrazioni misurate con lo standard di qualità (SQA) imposto dal Decreto.

Successivamente per ogni costituente simulato verranno individuate le origini dei maggiori apporti, valutando la distribuzione del carico fra le varie sorgenti.

Infine ci sarà un'analisi più dettagliata dei risultati ottenuti dal modello e la successiva individuazione dei più importanti contributi.

Una volta individuate i "colpevoli" degli aumenti di concentrazione degli inquinanti lungo il Seveso, si cercherà di valutare le cause che hanno portato una determinata attività a

scaricare un carico anomalo nel fiume. Dai risultati ottenuti si valuterà una possibilità di scenario futuro nel quale si cercherà di migliorare la qualità delle acque. Quest'ultimo punto è di fondamentale importanza: sarà possibile così individuare dove agire e dove migliorare per raggiungere una maggiore qualità delle acque rispetto alla situazione odierna.

CAPITOLO 1: LA CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITA' DEI CORPI IDRICI SECONDO LA NORMATIVA VIGENTE

1.1 LA DIRETTIVA 2000/60/CE

Il 23 Ottobre del 2000 il Parlamento Europeo e il Consiglio dell'Unione Europea hanno varato la Direttiva 2000/60/CE *“che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque”*. Questa normativa impone la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque marino-costiere e sotterranee e delle zone umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici attraverso la gestione integrata a scala di bacino, perseguendo l'ottimizzazione degli usi e promuovendo l'integrazione delle normative già esistenti.

La Direttiva fissa i principi di base per una politica sostenibile in materia di acque a livello europeo fornendo le linee guida per applicare una giusta politica ambientale, la quale deve contribuire a perseguire gli obiettivi di salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità ambientale, dell'utilizzo accorto e razionale delle risorse naturali, fondata sui principi di precauzione e prevenzione. Inoltre tale politica definisce un ulteriore principio: quello della correzione dei danni, basato sul concetto di *“chi inquina paga”*.

Pilastro fondamentale di tale normativa WFD (Water Framework Directive) è il concetto di sostenibilità, il quale si traduce in diversi modi: da una gestione economica accorta della risorsa, che possa evitare gli sprechi, ad un'attenzione alla popolazione, che peraltro andrà coinvolta nei processi decisionali che riguardano la risorsa acqua.

Dal punto di vista gestionale, la Direttiva focalizza la necessità di una idonea pianificazione di bacino idrografico: scopo di questa scelta è affrontare il problema considerando il ciclo delle acque e non più i confini amministrativi, così da ottenere un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili. Per ottenere questo la Direttiva definisce come distretto idrografico l'area di terra e di mare, costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere che è definito la principale unità per la gestione dei bacini idrografici. Inoltre per la prima volta una Direttiva europea non si preoccupa solo delle condizioni fisico-chimiche, ma anche dello stato ecologico e idromorfologico dei corpi idrici, che

deve essere migliorato o, se questo non è possibile, mantenuto nel suo stato attuale. Questa svolta sta nel fatto che vengono considerate tutti gli aspetti del bene acqua: sociale, ambientale, economico.

La Direttiva istituisce un quadro di protezione di tutte le acque interne, al fine di:

- Impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato delle risorse idriche;
- Agevolare un utilizzo sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;
- Mirare alla protezione rafforzata e al miglioramento dell'ambiente acquatico, anche attraverso misure specifiche per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie e l'arresto o la graduale eliminazione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze pericolose prioritarie;
- Assicurare la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e impedirne l'aumento;
- Contribuire a mitigare gli effetti delle calamità naturali, quali inondazioni o siccità prolungate.

Compito degli Stati membri è di definire le caratteristiche dei distretti idrografici, valutare l'impatto delle attività antropiche, produrre un'analisi economica dell'utilizzo idrico, attuare il monitoraggio dello stato di qualità delle acque, con lo scopo di impedire il deterioramento di tutti i corpi idrici, sia superficiali che sotterranei. Particolare attenzione va all'inquinamento dovuto agli scarichi, alle emissioni e alla perdita di sostanze pericolose prioritarie, per le quali tale normativa indica come fine ultimo concentrazioni vicine ai valori di fondo naturale per le sostanze presenti in natura e prossime allo zero per le sostanze sintetiche antropogeniche.

Nello specifico il processo di recepimento della Direttiva prevede alcune azioni chiave che gli Stati membri sono chiamati a eseguire così da uniformare la propria politica ambientale a quella comunitaria: obiettivo finale è il raggiungimento di un buono stato delle acque superficiali entro 15 anni dall'entrata in vigore della Direttiva.

Gli Stati membri, oltre ad effettuare le azioni chiave, hanno il compito di realizzare e pubblicare i Piani di Gestione di ciascun distretto idrografico, che devono contenere il programma di misure di ciascun distretto.

Per facilitare l'attuazione della Direttiva, nel maggio 2001 gli Stati membri e la Commissione europea hanno concordato una strategia di realizzazione comune, Common Implementation Strategy (CIS), nella quale si elabora un approccio e un orientamento comune rispetto agli elementi chiave della Direttiva stessa. I principi fondamentali di questa strategia includono la condivisione delle informazioni e delle esperienze, lo sviluppo di metodologie e di approcci comuni, il coinvolgimento di esperti provenienti dai paesi candidati all'adesione e delle parti interessate appartenenti alla comunità.

Vale la pena sottolineare come la Direttiva distingue gli obiettivi ambientali per le acque superficiali, acque sotterranee e per i corpi idrici artificiali o fortemente modificati. Per questi ultimi gli Stati membri prevedono una classificazione diversificata in funzione del loro potenziale biologico. Per quanto riguarda i corpi idrici superficiali, l'obiettivo è di raggiungere un buono stato ecologico entro il 2015 attraverso le azioni di protezione, miglioramento e ripristino di tutti i corpi idrici. Infine per le acque sotterranee gli obiettivi ambientali sono parzialmente analoghi: anche per i corpi idrici sotterranei andranno previste le misure necessarie ad impedire o limitare l'immissione di inquinanti e per evitarne quindi il deterioramento.

Particolare attenzione va quindi rivolta alle sostanze pericolose prioritarie: compito degli Stati membri è di arrestare o eliminare gradualmente le emissioni, gli scarichi e le perdite di tali sostanze così da ridurre progressivamente l'inquinamento da essi causato.

Le sostanze pericolose vengono definite nella normativa come sostanze o gruppi di sostanze tossiche, persistenti e bio-accumulabili. Vengono successivamente indicate quelle prioritarie, attraverso un allegato della Direttiva.

Di conseguenza la Direttiva stabilisce strategie e misure che gli Stati membri devono adottare per combattere l'inquinamento idrico, facendo riferimento a tali sostanze, le quali presentano un rischio significativo per l'ambiente acquatico o proveniente dall'ambiente acquatico, inclusi i rischi per le acque destinate alla produzione di acqua potabile.

Inoltre si invitano gli Stati membri a monitorare l'evoluzione della concentrazione degli inquinanti presenti nelle acque per contrastare con le misure necessarie le tendenze significative e durature all'aumento della concentrazione di qualsiasi inquinante derivante dall'impatto dell'attività umana.

Vale la pena sottolineare come gli obiettivi ambientali tracciati dalla Direttiva non assumono le caratteristiche di rigidità proprie di disposizioni legislative. Sono infatti

contemplate situazioni eccezionali nelle quali sono consentiti agli Stati membri la prorogabilità dei termini o il mancato rispetto degli obiettivi ambientali.

La proroga dei termini, che può estendersi fino a 12 anni, può essere concessa purché sussistano le seguenti condizioni:

- I miglioramenti necessari allo stato dei corpi idrici non possono essere ragionevolmente raggiunti nei termini prefissati poiché la portata dei miglioramenti necessari richiede tempi di attuazione più dilatati: raggiungere gli obiettivi entro i termini stabiliti sarebbe sproporzionatamente oneroso.
- La proroga dei termini e relative motivazioni devono figurare nei Piani di Gestione, dove si devono anche poter trovare le misure previste per il raggiungimento degli obiettivi entro il termine prorogato, le motivazioni che inducono il ritardo ed un calendario di attuazione delle misure stesse.

È importante evidenziare come il principio della sostenibilità possa autorizzare a conseguire obiettivi meno rigorosi: questo accade quando il raggiungimento di tali obiettivi diventa irraggiungibile o esageramente costoso. Tale principio prevale sul raggiungimento degli obiettivi ambientali prefissati dove i bisogni ambientali e socio economici cui sono finalizzate le attività umane del corpo idrico non possono essere soddisfatti con altri mezzi che rappresentano un'opzione significativamente migliore sul piano ambientale e tale da non comportare oneri esagerati. Gli Stati membri sono comunque tenuti a garantire il raggiungimento del migliore stato ecologico e chimico possibile del corpo idrico in oggetto ed a proteggerlo da un ulteriore deterioramento.

Uno dei principali meriti della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE è indubbiamente quello di fornire indicazioni chiare e coerenti sulle modalità di gestione delle risorse idriche anche a livello geografico e territoriale: viene indicato la principale unità di gestione delle acque sul territorio, il distretto idrografico, definito come l'area di terra e di mare costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere.

Gli Stati membri dovranno individuare i singoli bacini idrografici presenti sul loro territorio e, accorpandoli eventualmente fra di loro, definire i distretti idrografici. La Direttiva indica inoltre quale debba essere lo strumento di gestione: ogni Stato membro deve provvedere a far predisporre un Piano di Gestione del bacino idrografico, il quale può essere integrato da programmi e piani di gestione più dettagliati formulati per sottobacini,

per settori, problematiche o categorie allo scopo di affrontare aspetti particolari della gestione idrica.

Questi Piani di Gestione dovranno contenere le seguenti caratteristiche:

- Descrizione generale delle caratteristiche del distretto idrografico;
- Sintesi delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dalle attività antropiche;
- Rappresentazione cartografica delle aree;
- Mappa delle reti di monitoraggio;
- Elenco degli obiettivi ambientali fissati;
- Sintesi dell'analisi economica sull'utilizzo idrico;
- Sintesi del programma di misure adottati;
- Repertorio di eventuali programmi o piani di gestione più dettagliati;
- Sintesi delle misure adottate in materia di informazione e consultazione pubblica;
- Elenco delle autorità competenti;

La WFD definisce una classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici: viene definita una qualità ecologica elevata, uno stato ecologico che non ha subito alterazioni rilevanti rispetto a una condizione naturale di riferimento. Per stato buono si indicano corpi idrici che presentano bassi mutamenti di qualità dovuti all'attività umana; mentre per stato sufficiente si indicano quelli che presentano un'elevata alterazione causata dalle attività antropiche ma che la loro qualità biologica è comunque moderatamente discostata dalle caratteristiche di corpo idrico inalterato.

Per determinare il grado ottimo ci si basa su elementi biologici, idromorfologici, chimici e fisici, mentre per il raggiungimento degli altri due stati di qualità ci si appoggia unicamente sul concetto del grado di alterazione degli elementi biologici.

Nonostante questa metodologia di classificazione contenga elementi innovativi come il concetto di tipologia di corpo idrico come unità di applicazione, presenta alcuni limiti. Vale la pena focalizzare l'attenzione sulle condizioni idromorfologiche dei corpi idrici: buone condizioni assicurano lo svolgimento funzionale di alcuni processi naturali del corso d'acqua. Anche se le condizioni idromorfologiche sono riconosciute di fondamentale importanza per il mantenimento della biodiversità, assumono nella Direttiva un ruolo marginale: vengono infatti considerate solo nello stato ecologico elevato. Escludendo questo stato, la classificazione proposta rischia di rivelarsi insensibile ad eventuali

alterazioni delle condizioni idromorfologiche con il pericolo di non conseguire un obiettivo fondamentale definito dalla Direttiva: impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici.

E' utile ricordare che la WFD ha scelto come criterio di aggregazione dei diversi attributi biologici e fisico-chimici, per gli stati ecologici inferiore a elevato, quello del caso peggiore, definito come One Out – All Out: non è ammessa compensazione tra il miglioramento di alcuni attributi e il peggioramento di altri, la classificazione globale è definita dall'attributo in condizioni peggiori. Questo può portare a classificare un corso d'acqua come scarso a causa di un solo attributo biologico di bassa qualità, pur avendo condizioni idromorfologiche e chimico-fisiche buone o elevate. In questa situazione il sistema di classificazione adottato dalla WFD non è più in grado di accorgersi di eventuali alterazioni morfologiche, anche drastiche, essendo lo stato ecologico non elevato, pertanto gli elementi morfologici potrebbero non essere più monitorati: il corso d'acqua può subire peggioramenti anche sostanziali senza che il sistema di classificazione li rilevi.

Un altro limite che può verificarsi è che gli indicatori adottati, possono avere insufficiente sensibilità o specificità e risultino inadeguati a rilevare alcuni effetti che si sono verificati.

L'esclusione dell'idromorfologia dai criteri di valutazione dello stato ecologico può risultare rischiosa, poiché può consentire politiche gestionali dei corsi d'acqua poco attente alle problematiche ambientali e la costruzione di quelle opere che costituiscono proprio la causa principale delle alterazioni più radicali subite dai corsi d'acqua. Inoltre l'esclusione di questi fattori determina una sovrastima del valore ecologico del sistema, mentre il principio del caso peggiore può determinare una sottostima: si incrementa così il rischio di errata classificazione.

Questa scarsa sensibilità del sistema di classificazione della WFD alle variazioni idromorfologiche, rappresenta un forte disincentivo per gli Stati membri, in quanto gli effettivi miglioramenti ecologici non sarebbero registrati; di contro, programmi tradizionali di interventi artificializzanti, rischierebbero di non subire alcun disincentivo.

Una innovazione introdotta dalla Direttiva 2000/60/CE è la partecipazione pubblica nei processi di elaborazione e aggiornamento dei Piani di Gestione dei bacini idrografici, infatti si invita gli Stati membri di promuovere la partecipazione di tutte le parti interessate durante la fase di compilazione di tali piani. Affinché il pubblico sia adeguatamente coinvolto, è necessario fornire informazioni sulle misure previste e riferire in merito ai progressi della loro attuazione prima di adottare le decisioni definitive e le misure

necessarie: gli Stati membri hanno il dovere di concedere un periodo minimo di sei mesi per la presentazione di eventuali osservazioni scritte sulle bozze del Piano di Gestione.

Nella Direttiva si individuano tre tipologie di partecipazione:

- La partecipazione attiva in tutti gli aspetti della Direttiva;
- Consultazione nelle fasi del processo di elaborazione;
- Accesso alle informazioni di riferimento.

Bisogna sottolineare la differenza fra il concetto di partecipazione attiva e consultazione. Quest'ultima intende un processo mediante il quale il pubblico può reagire ai piani e alle proposte elaborate dalle autorità competenti. Per partecipazione attiva ci si riferisce alla presenza concreta e partecipativa delle parti interessate nel processo di pianificazione e discussione dei problemi, dando un contributo utile alla loro soluzione, è quindi fondamentale che le parti interessate possano esercitare un'influenza sul processo.

L'obiettivo principale di questa scelta è cercare di migliorare il processo decisionale: attraverso la partecipazione pubblica si cerca di assicurare che le decisioni siano accettate da tutte le parti interessate e che le nuove disposizioni siano accettabili per il pubblico si può arrivare così alla soluzione per la gestione dei bacini idrografici a lungo termine, scongiurando eventuali conflitti di interesse.

Più in particolare i vantaggi derivati da processi di partecipazione pubblica sono:

- Aumento della consapevolezza pubblica relativa alle condizioni ambientali;
- Miglioramento dei Piani di Gestione attraverso le conoscenze di diversi portatori di interesse;
- Le decisioni ottengono il sostegno del pubblico;
- Processi decisionali aperti e più trasparenti;
- Diminuzione delle contestazioni e delle incomprensioni;
- Ottenere un dialogo costruttivo fra le diverse parti sociali coinvolte.

Infine bisogna ricordare come la Direttiva tratta il concetto di sostenibilità, trattato sia in chiave ecologica, economica che sociale: il bene "acqua" deve essere preservato come capitale naturale per l'utilizzo delle generazioni future (sostenibilità ecologica), deve essere trattato come una risorsa non illimitata, talvolta scarsa, da allocare in modo efficiente (sostenibilità economica) e costituisce senz'altro una risorsa fondamentale per la vita, di cui si deve garantire l'equa condivisione e l'accessibilità (sostenibilità sociale).

Riguardo alla sostenibilità economica, vale la pena sottolineare come la Direttiva focalizzi l'importanza di introdurre criteri di carattere economico nella fase di costruzione e valutazione delle politiche. La Direttiva introduce i criteri di carattere economico come supporto alle diverse fasi.

Nel suo concetto più generale la sostenibilità compare nelle seguenti azioni:

- Individuazione degli obiettivi di sostenibilità ecologica che mirino a preservare le funzioni ambientali dei corpi idrici per quegli usi nei quali la risorsa naturale non è sostituibile da capitale fisico;
- Individuazione degli interventi antropici che potrebbero rendere disponibili altre funzioni ambientali;
- Valutazione dell'impatto in termini di accessibilità dell'acqua e dei servizi idrici.

Ogni risorsa idrica ha un insieme di funzioni ambientali che è in grado di supportare: questa capacità può essere incrementata con l'intervento antropico, che comporta dei costi. Qualora questi costi non siano sostenibili, sarà necessario ridurre il carico antropico o reindirizzare la domanda verso altri corpi idrici o sacrificare qualche funzione ambientale.

1.2 RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2000/60/CE IN ITALIA

1.2.1 Inquadramento normativo

La Direttiva 2000/60/CE è stata recepita in Italia attraverso il D.Lgs 152/2006, che però ha evidenziato delle falle, dovute alla frammentazione del quadro normativo esistente.

Le normative più importanti antecedenti alla 152/2006, che hanno introdotto delle innovazioni nel nostro paese relativamente alla gestione dei corpi idrici, sono:

- Legge-quadro 183/89: definiva le disposizioni per la difesa dell'assetto idrogeologico, delle acque e della loro qualità, partendo dall'individuazione dei bacini idrografici suddivisi in nazionali, interregionali e regionali.
- Legge 36/94: si considera per la prima volta il concetto di sostenibilità nell'utilizzo e nella gestione della risorsa idrica. Si punta quindi a combattere gli abusi e gli sprechi, promuovendo il carattere pubblico di tale risorsa.

- D.Lgs 152/99: norma la gestione e la tutela dell'acque dall'inquinamento, inserendo come innovazione la valutazione economica al quadro conoscitivo e la valutazione costi-efficacia.

1.1.2 Decreto legislativo 152/2006

Tale decreto si suddivide in più parti:

- Parte II: procedure per la valutazione di impatto ambientale (VIA), per la valutazione ambientale strategica (VAS) e per l'autorizzazione integrata ambientale (IPPC);
- Parte III: sono specificate le norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche;
- Parte IV: sono specificate le norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati;
- Parte V: si occupa di tutela dell'aria e riduzione delle emissioni in atmosfera.

La terza parte definisce quindi la Legge Quadro sulla tutela delle acque, ossia il recepimento della 2000/60/CE.

Questa parte è articolata in più sezioni:

- Norma in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione;
- Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento;
- Norme per la gestione delle risorse idriche;
- Disposizioni transitorie e finali.

Obiettivo di tale decreto sembra quello di associare in un unico testo tutte le disposizioni delle leggi precedenti (legge 183/89, la 36/94 e la 152/99) e la Direttiva 2000/60/CE.

Con il recepimento della WFD si viene dunque a creare una nuova entità di governo territoriale, il distretto idrografico: nella 152/2006 non viene però definito con precisione e soprattutto non vengono delineate chiaramente le competenze. Si è comunque proceduto ad individuare i distretti idrografici sul territorio nazionale.

Per quanto riguarda le Autorità di bacino, esse erano solamente degli organi di pianificazione e non di gestione: occorre adeguare il loro ruolo attraverso una riorganizzazione legislativa. Infatti il D.Lgs 152/2006 definisce il loro compito: coordinare e sovrintendere le attività e le funzioni di titolarità dei consorzi di bonifica, con particolare attenzione all'esecuzione, manutenzione ed esercizio delle opere idrauliche e di bonifica, alla realizzazione di opere di salvaguardia ambientale e di risanamento delle acque, anche al fine della loro utilizzazione irrigua, alla rinaturalizzazione dei corsi d'acqua ed alla fitodepurazione.

Il decreto definisce una Autorità di bacino distrettuale (adb) come un ente pubblico non economico che opera in conformità agli obiettivi del decreto, uniformando la propria attività a criteri di efficienza, economicità e pubblicità. Principale compito delle Autorità di bacino è quello di provvedere all'elaborazione dei Piani di bacino distrettuale, di esprimere un parere sulla coerenza degli obiettivi del Piano con i piani e programmi comunitari, nazionali, regionali e locali e di predisporre un'analisi che permetta di caratterizzare i bacini idrografici. Il Piano di bacino distrettuale è lo strumento di pianificazione delle Adb, il quale non corrisponde al Piano di gestione di bacino definito dalla 2000/60/CE, ma è caratterizzato da una prospettiva di pianificazione più generale: i suoi contenuti vanno dalla pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme finalizzate alla valorizzazione alla difesa del suolo e a un corretto utilizzo delle acque.

Il Piano di bacino distrettuale, comportando in molti casi azioni che possono avere impatti positivi o negativi sull'ambiente, deve essere sottoposto a VAS: essa viene svolta in sede statale ai fini dell'approvazione del piano.

La 156/2006 definisce come strumenti di tutela il Piano di Gestione dei bacini idrografici e il Piano di Tutela delle acque.

Il Piano di Gestione, che deve essere realizzato per ogni distretto idrografico, rappresenta una articolazione interna del piano di bacino distrettuale. Per quanto riguarda il Piano di Tutela, il decreto dà disposizioni precise in merito agli step temporali da seguire: prima di tutto le Autorità di bacino devono fissare gli obiettivi su scala di bacino cui devono attenersi i Piani di Tutela delle acque e le priorità degli interventi; successivamente le Regioni devono adottare i Piani di Tutela. Starà poi ancora alle Adb valutare la coerenza degli obiettivi del piano con gli obiettivi internazionali, nazionali e regionali.

I contenuti dei Piani di Gestione e dei Piani di Tutela delle acque sono sostanzialmente analoghi, ma riferiti i primi alla scala di bacino, i secondi al territorio regionale e alle porzioni di bacino idrografico ricadenti nei confini regionali.

1.2.3 Recepimento e applicazione della Direttiva 2000/60/CE

Il recepimento in Italia della Direttiva europea ha avuto diversi problemi, primo fra tutti il ritardo con il quale si è cercato di adottare le disposizioni, infatti nel 2005 la Commissione europea ha avviato la prima procedura nei confronti dell'Italia in merito alla trasposizione di tale Direttiva.

Rispetto alla situazione degli altri Stati membri, l'Italia rivela una condizione dei pesante ritardo: il nostro paese non era stato neanche in grado di individuare i corpi idrici a rischio di non raggiungere gli obiettivi ambientali. Il rapporto della Commissione europea ci relega all'ultimo posto nella valutazione della performance sull'attuazione delle previsioni amministrative relative alla definizione e al governo dei Distretti idrografici e nella valutazione della performance relativa alla capacità di reporting e sulla qualità delle informazioni riguardanti le caratteristiche dei distretti. Inoltre la Commissione europea sottolinea come in Italia manchi un adeguato programma di monitoraggio, con una conseguente mancanza di informazioni le quali sono utili al raggiungimento degli obiettivi WFD.

Per riportare l'Italia sulla scia degli altri paesi europei sarebbe stato necessario avviare la redazione dei piani di gestione di bacino idrografico subito dopo la pubblicazione della 152/2006, invece è seguito un periodo di stasi amministrativa in cui il governo italiano è stato occupato più a rattoppare le falle del proprio sistema per non incorrere nelle sanzioni comunitarie che non a progettare un disegno ben congeniato per recepire la Direttiva Quadro sulle Acque. È stato necessario aspettare fino al 28/2/2009 perché venisse pubblicata una legge che si preoccupasse di definire le autorità e i soggetti competenti, dando così avvio al processo di redazione dei Piani. Di conseguenza il processo di redazione e di adozione dei Piani di Gestione, che avrebbe dovuto maturare in diversi anni, ha dovuto forzatamente essere condensato in meno di un anno, in più non ha potuto nemmeno essere supportato da una base di conoscenze opportuna e dai dati necessari.

Le Autorità di bacino hanno dovuto adattarsi a tale situazione, appoggiando il proprio lavoro a programmi di monitoraggio largamente carenti rispetto alle esigenze della WFD: i piani di monitoraggio che sono stati avviati considerano principalmente parametri di qualità chimico-fisica e un indicatore di qualità biologica come l'IBE. Vale la pena sottolineare come il sistema italiano è all'avanguardia nel monitoraggio chimico e chimico-fisico delle acque, con particolare riferimento alle sostanze prioritarie. Per quanto riguarda gli elementi di qualità biologica si è dovuto necessariamente utilizzare l'indice IBE come indicatore unico e riassuntivo, mentre non compaiono lo stato della fauna ittica e della flora acquatica, né gli elementi idromorfologici a sostegno degli elementi di qualità biologica.

Per quanto riguarda gli obiettivi dei Piani di Gestione sono ovviamente allineati a quelli stabiliti dalla Direttiva Quadro sulle Acque: raggiungimento del buono stato ecologico entro il 2015 o eventualmente entro termini prorogati al massimo al 2027 e il non deterioramento dei corpi idrici che già si trovano in uno stato elevato. D'altra parte bisogna ricordare come gli obiettivi che si riscontrano sulle bozze dei piani vanno riferiti con gli elementi di qualità considerati, sostanzialmente elementi di qualità chimico-fisica: è evidente che, finché la classificazione si limiterà solamente agli elementi di qualità chimico-fisica delle acque e di un solo parametro di qualità biologica, non si potrà programmare le azioni necessarie al raggiungimento del buono stato ecologico così come inteso dalla WFD.

Il programma di misure utilizzato nei Piani di Gestione provvisori distingue le misure di base da quelle supplementari: le prime sono derivanti dalla legislazione vigente, sia comunitaria che nazionale; le seconde sono funzionali al perseguimento degli obiettivi della Direttiva Quadro. Non emerge, dai piani provvisori, un collegamento chiaro tra le misure elencate e gli obiettivi prefissati per il singolo corso d'acqua. Finché s'insiste a far coincidere lo stato ecologico con quello chimico-fisico il ragionamento si sostiene, ma decade nel momento in cui si apre la classificazione dello stato ecologico a tutti gli elementi di qualità richiesti dalla Direttiva.

I Piani sono stati elaborati ottimizzando i dati, le informazioni, l'impostazione pianificatoria già prodotta da Piani e Programmi esistenti, in particolare Piani di Tutela delle acque e Piani d'Ambito, mettendo in relazione le azioni e le misure previste da questi con gli obiettivi della Direttiva. Questo aspetto è sicuramente un effetto dovuto al poco tempo dedicato alla predisposizione dei Piani.

Un'altra lacuna nell'applicazione della 2000/60/CE nel nostro paese è la mancanza di un'analisi approfondita su piccola scala, riferita almeno al sottobacino se non al singolo corpo idrico, da cui emergano chiaramente i problemi, gli obiettivi, le misure di base e supplementari utili, una valutazione degli effetti delle misure e eventuali deroghe.

Infine va evidenziata l'assenza o l'incompletezza delle analisi economiche: le linee guida della CIS prevedono che l'analisi economica debba essere svolta già durante la fase dell'individuazione e caratterizzazione del distretto idrografico. Questo, nelle bozze di piano, non è effettuato.

La situazione attuale riflette sicuramente il ritardo con cui sono cominciati i lavori in Italia: l'adozione dei Piani di Gestione doveva avvenire entro il 22 dicembre 2009 ma, in molti distretti idrografici, è stata derogata l'adozione del piano allo scopo di favorire un processo di consultazione il più possibile completo ed esaustivo.

La necessità di consolidare politiche in campo ambientale, è stata frustrata dalle manovre finanziarie degli ultimi anni. Le Autorità di bacino hanno assistito ad una progressiva riduzione di fondi e si sono viste costrette a ridefinire il proprio ruolo nella programmazione degli interventi necessari: nel 2004 è stata interrotta la concessione di fondi destinati alle attività istituzionali, con un conseguente ed inevitabile rallentamento delle attività. La mancanza di risorse ha causato una situazione debitoria nelle Autorità di bacino che, da una parte provoca continue spese per le casse statali per ripianare gli interessi passivi e coprire gli oneri legali, dall'altra rende difficoltoso lo svolgimento dei ruoli istituzionali.

Nonostante questa situazione faticosa, le Autorità di bacino, coordinandosi per distretti secondo le prescrizioni legislative, sono riuscite ad avviare il processo di redazione dei Piani di Gestione in tempi strettissimi: pur avendo pochi mesi e scarsi finanziamenti per qualsiasi tipo di integrazione e approfondimento, il processo di consultazione pubblica è stato comunque garantito e ha visto l'adesione e l'impegno di molti soggetti portatori di interesse, che hanno voluto portare il loro contributo agli incontri promossi dalle Autorità di bacino nell'ambito dei diversi distretti idrografici. Non si è riusciti però a garantire un adeguato confronto sulla complessità dei problemi e di conseguenza ad assicurare una informazione completa e una corretta consultazione. Tuttavia l'ampia mobilitazione che ha fatto seguito agli incontri previsti, sta a dimostrare l'attenzione che c'è nel nostro paese alle istanze di tutela del patrimonio idrico.

CAPITOLO 2 : INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

Il bacino idrografico del fiume Seveso appartiene al più vasto ambito del bacino idrografico Lambro-Olona, il quale presenta una particolarità rispetto agli altri corpi idrici lombardi: la forte densità abitativa che caratterizza la superficie interessata da tale bacino. Conseguenza logica di questa caratteristica è il carico antropico degli scarichi gravanti sul bacino: esso intercetta quasi il 40% del carico depurato dell'intera Lombardia, corrispondente a una media di AE per km² di 1079 contro una media regionale di 336 AE/km². Focalizzando l'attenzione sul carico antropico, la componente prevalente è quella civile mentre quella industriale con scarico diretto corrisponde a una frazione pari al 9,8% del volume totale degli scarichi.

Gli impianti di depurazione posti su questa zona di interesse, il 55% è al di sopra dei 10000 abitanti equivalenti, il 30% è di dimensioni medio-grandi, ossia superiori a 50000 AE, inoltre il 10% dei depuratori è al di sopra dei 200000 AE.

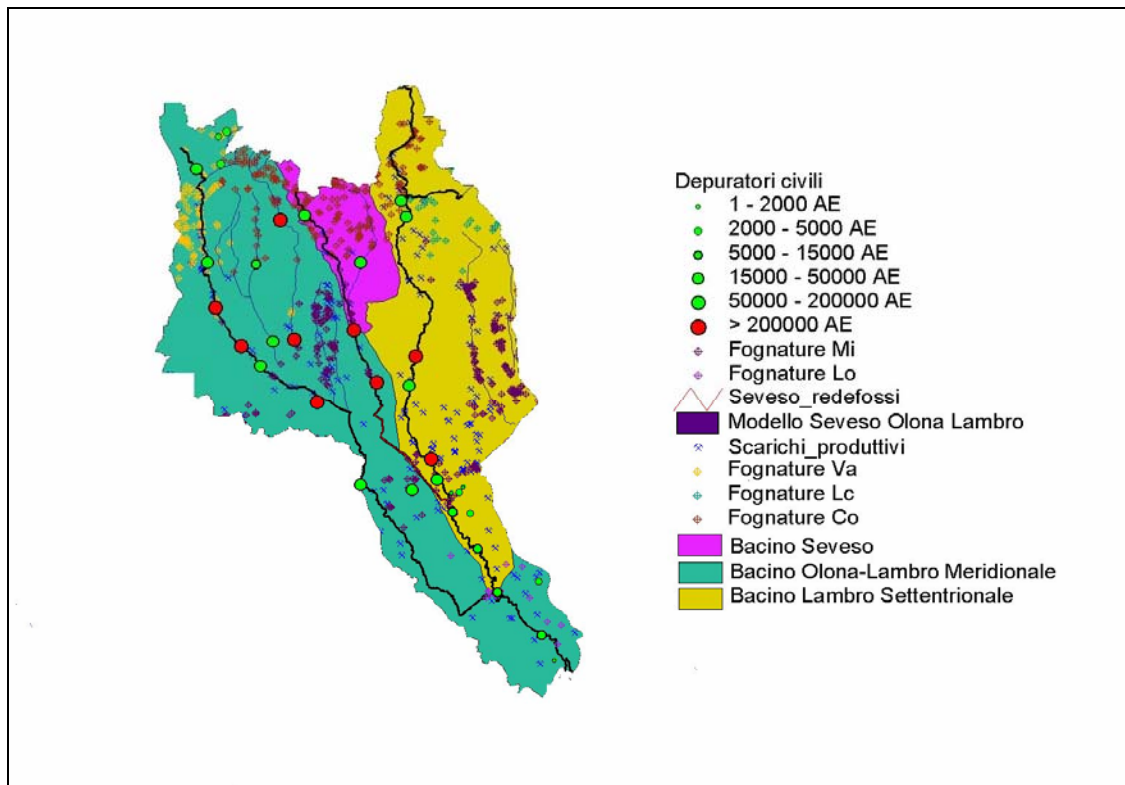


Figura 2.1. Bacini del sistema Lambro-Olona

2.1 IL SEVESO

La superficie complessiva del bacino del Seveso è di circa 231 km², di cui circa 130 in provincia di Como e la restante parte in provincia di Milano e di Monza Brianza. Questo bacino si sviluppa lungo un territorio con caratteristiche sia geologiche che morfologiche diversificate: il primo tratto del fiume si estende lungo un territorio montano e collinare, mentre il tratto terminale lungo un ambito pianeggiante.

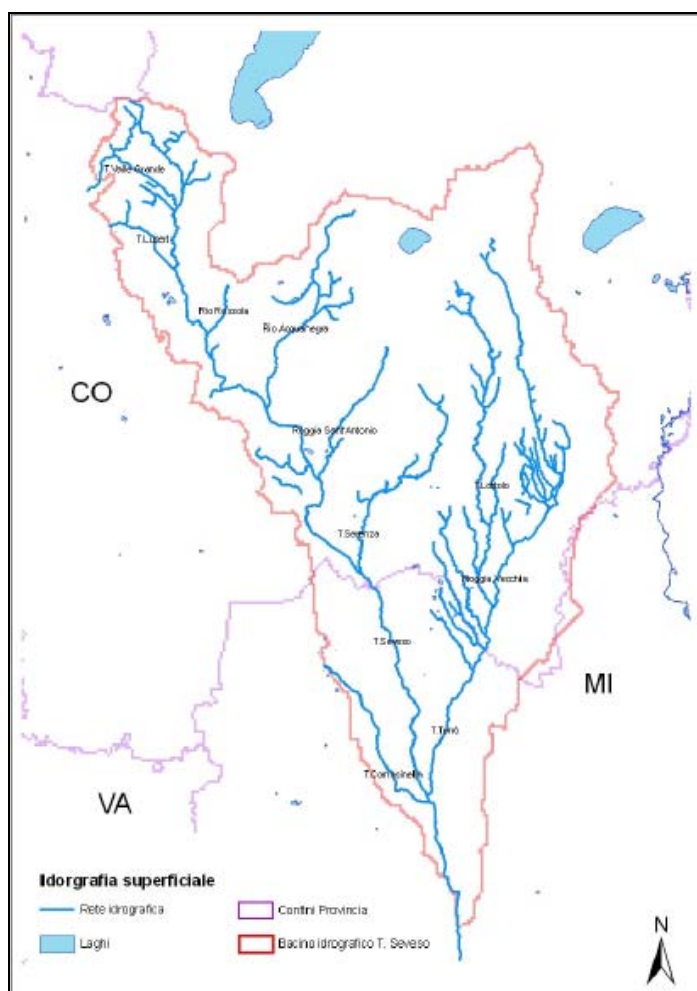


Figura 2.2 Idrografia superficiale dell'area

Dal punto di vista ideologico, il fiume può essere suddiviso in tre parti: la prima parte caratterizzata da forti pendenze e la presenza di piccoli affluenti; la seconda parte, compresa fra la roggia Lusert e il torrente Terrò, ha modeste pendenze e un andamento tortuoso; infine l'ultima parte, che termina con l'ingresso a Milano, presenta pendenze minime. Una volta entrato a Milano, il Seveso perde ogni caratteristica di naturalità: le sue

acque entrano nel Naviglio Martesana, per poi attraversare la città per mezzo di una rete sotterranea fino a raggiungere il Redefossi e successivamente confluire nel Lambro Settentrionale nei pressi di Melegnano.

Per quanto riguarda le portate defluenti, esse sono originate dagli afflussi meteorici solo nella parte alta del bacino, mentre nella parte centrale, prevale l'apporto dovuto alle reti fognarie. Inoltre grande parte degli affluenti raggiungono il Seveso nella sua parte settentrionale. Fra tutti gli affluenti vale la pena ricordare i torrenti Terrò e Serenza che presentano rispettivamente un bacino di 62 e 14 km² e un conseguente importante contributo in termini di portata.

Per il successivo lavoro di modellazione, dove prima di tutto si deve determinare l'andamento delle portate ed è quindi necessario individuare tutte le possibili fonti che possono alimentare il fiume. Queste possono essere di quattro tipologie:

- Depuratori;
- Scarichi di fognatura;
- Affluenti;
- Scarichi industriali.

2.1.1 Depuratori

Per quanto riguarda i depuratori, sul fiume Seveso sono presenti quattro impianti: l'impianto Alto Seveso a Fino Mornasco, il Sud Seveso a Carimate, il depuratore Varedo e quello Bresso Niguarda.

Poiché il fiume da noi analizzato non ha un valore di portata molto elevato, ci si aspetta che nella simulazione l'apporto dei depuratori sia molto significativo.

Di seguito viene illustrata una scheda tecnica per ciascun impianto, indicando linea di trattamento presente e il numero di abitanti equivalenti serviti.

DEPURATORE ALTO SEVESO Fino Mornasco
potenzialità di progetto: 140000 A.E. potenzialità effettiva: 69932 A.E.
TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO
grigliatura, dissabbiatura disoleatura
fanghi attivi
denitrificazione
sedimentazione secondaria
chiariflocculazione terziaria
ozonazione
ispessimento e disidratazione fanghi
stima acque reflue domestiche trattate: 32% stima acque reflue industriali trattate: 68%

Figura 2.3 Scheda tecnica depuratore Alto Seveso

DEPURATORE SUD SEVESO Carimate
potenzialità di progetto: 77000 A.E. potenzialità effettiva: 106000 A.E.
TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO
grigliatura, dissabbiatura disoleatura
sedimentazione primaria
fanghi attivi
denitrificazione
sedimentazione secondaria
filtrazione a sabbia
ispessimento e disidratazione fanghi
stima acque reflue domestiche trattate: 85% stima acque reflue industriali trattate: 15%

Figura 2.4 Scheda tecnica depuratore Sud Seveso

<p align="center">DEPURATORE VAREDO Varedo</p> <p align="center">potenzialità di progetto: 110000 A.E. potenzialità effettiva: 117000 A.E.</p> <p align="center">TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO</p> <p align="center">grigliatura grossolana e fine dissabbiatura disoleatura</p> <p align="center">sedimentazione primaria</p> <p align="center">predenitrificazione</p> <p align="center">ossidazione biologica</p> <p align="center">sedimentazione secondaria</p> <p>stima acque reflue domestiche trattate: 85% stima acque reflue industriali trattate: 15%</p>

Figura 2.5 Scheda tecnica depuratore Varedo

<p align="center">DEPURATORE BRESSO NIGUARDA Milano</p> <p align="center">potenzialità di progetto: 300000 A.E. potenzialità effettiva: 173000 A.E.</p> <p align="center">TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO</p> <p align="center">grigliatura grossolana e fine dissabbiatura disoleatura aerata</p> <p align="center">sedimentazione primaria</p> <p align="center">ossidazione / nitrificazione</p> <p align="center">sedimentazione finale</p> <p>stima acque reflue domestiche trattate: nd stima acque reflue industriali trattate: nd</p>
--

Figura 2.6 Scheda tecnica depuratore Bresso-Niguarda

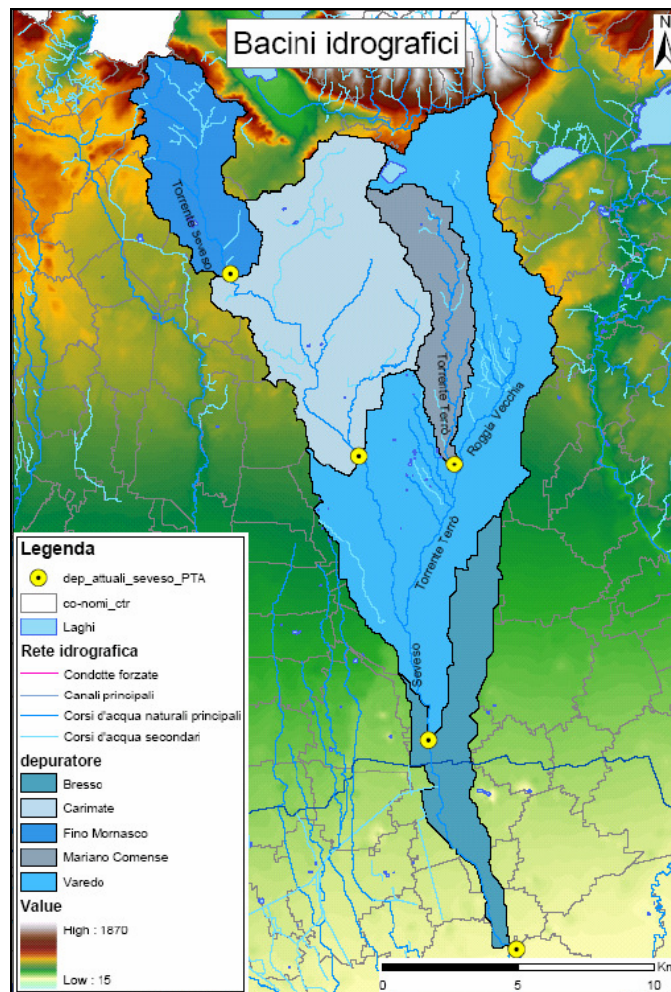


Figura 2.7 Idrografia principale dell'area oggetto

2.2.2 Scarichi di fognatura

Lungo il corso del Seveso sono presenti dei terminali di fognature: gran parte di queste sono fognature bianche, ossia scarico di acque meteoriche, in minor percentuale sono fognature miste.

La stragrande maggioranza della rete fognaria raggiunge gli impianti di depurazione influenzando così, anche se indirettamente, sulla portata del fiume.

Discorso diverso si deve fare solo per quattro terminali di fognatura a Brenna (CO), i quali scaricano direttamente nel torrente Terrò.

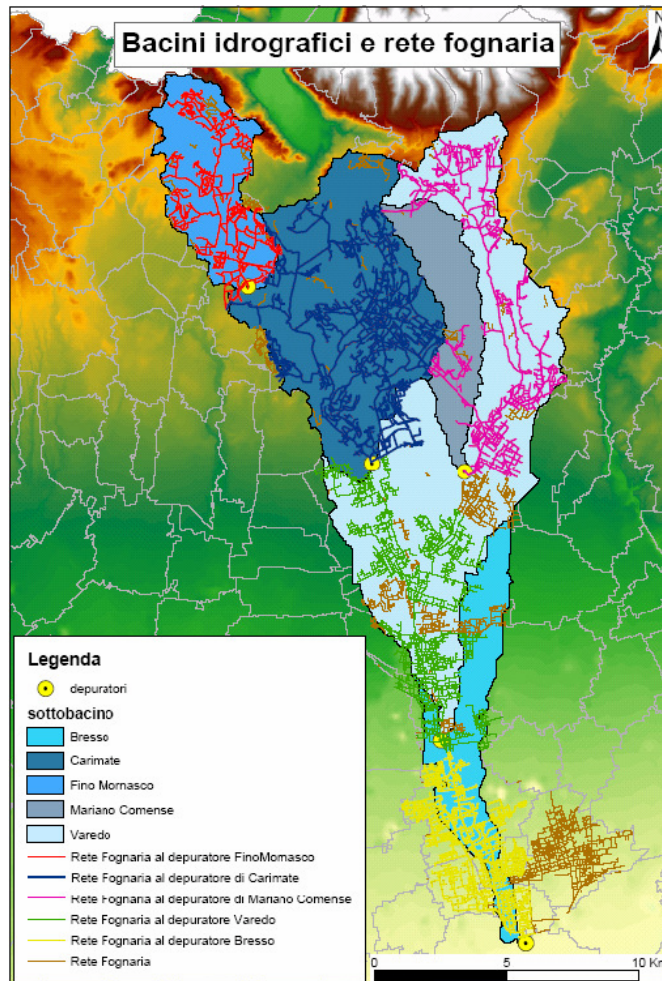


Figura 2.8 Reticolo fognario e bacini idrografici

2.2.3 Industriali

Nell'analisi e individuazioni delle possibili apporti al fiume, bisogna considerare anche quelle attività industriali che, non essendo allacciate a un impianto di depurazione civile, applicano loro una depurazione ai reflui per poi scaricare direttamente nel Seveso.

Sono state individuate quattro industrie che si trovano nella situazione precedentemente descritta:

- Italcave 2000 s.r.l. a Cucciago (CO), specializzata in produzione di inerti: si trova a circa 5 km a valle dell'impianto "Alto Seveso";
- Bolton Alimentari s.p.a. di Cermenate (CO), che è l'unica delle quattro industrie che presenta un'autorizzazione IPPC: è localizzata a monte dell'ingresso del torrente Serenza;

- Stigliano s.n.c. a Lentate sul Seveso (MB) , la quale lavora nella produzione di prodotti in pietra per l'edilizia e l'arredo: quest'industria è situata subito a valle del depuratore di Carimate,
- Tintoria dei fratelli Rosina (MI) posta nelle vicinanze dell'impianto di "Bresso-Niguarda".

Qui di seguito vengono illustrate le schede tecniche delle quattro attività precedentemente considerate.

ITALCAVE 2000 S.R.L. Cucciago (CO)	
ATTIVITA': estrazione e produzione aggregati lapidei	
MATERIE PRIME IMPIEGATE NELLA LAVORAZIONE: ghiaia e sabbia	
CARATTERISTICHE	
Le acque dei servizi igienici e le acque industriali sono separate Le acque pluviali e le acque industriali sono separate	
DESCRIZIONE IMPIANTO	
impianto depurazione chimico fisico (decantazione e disoleazione)	
NUMERO SCARICHI: 7	RECAPITO: scarico 1 torrente Seveso (scolo terreni cava) scarico 2 (lavaggio mezzi) torrente Seveso scarico 3 suolo poi torrente Seveso scarico 4 (meteo da pluviali) torrente Seveso scarico 5 (assim. domestiche) suolo scarico 6 (area cumuli macerie) suolo scarico 7 (imp. Recupero inerti) suolo

Figura 2.9 Scheda tecnica Italcave 2000 S.R.L.

STIGLIANO S.N.C. Lentate sul Seveso (MI)	
ATTIVITA': lavorazione marmi e graniti	
MATERIE PRIME IMPIEGATE NELLA LAVORAZIONE: marmi e graniti	
CARATTERISTICHE	
Le acque di raffreddamento sono separate Le acque dei servizi igienici e le acque industriali sono separate Le acque pluviali e le acque industriali sono separate	
DESCRIZIONE IMPIANTO	
impianto chimico fisico di chiariflocculazione sedimentazione filtrazione fanghi tramite filtropressatura	
NUMERO SCARICHI: 2	RECAPITO: scarico 1 torrente Seveso scarico 2 fognatura

Figura 2.10 Scheda tecnica Stigliano S.N.C.

BOLTON ALIMENTARI S.P.A
Ceremate (CO)

ATTIVITA': trattamento e trasformazione destinati alla fabbricazione di prodotti alimentari

MATERIE PRIME IMPIEGATE NELLA LAVORAZIONE: tonno, salmone carne, trippa

CARATTERISTICHE

Le acque di raffreddamento non sono separate
Le acque dei servizi igienici e le acque industriali non sono separate
Le acque pluviali e le acque industriali sono separate
L'insediamento è autorizzato AIA

DESCRIZIONE IMPIANTO

grigliatura meccanica
filtrazione/grigliatura fine
vasca di accumulo
flottazione
denitrificazione
ossidazione
decantazione
impianto trattamento fanghi

NUMERO SCARICHI: 1 RECAPITO: torrente Seveso

Figura 2.11 Scheda tecnica Bolton Alimentari S.P.A.

TINTORIA FRATELLI ROSINA
Milano

ATTIVITA': tinto-stamperia

MATERIE PRIME IMPIEGATE NELLA LAVORAZIONE: acqua ossigenata, ipoclorito, acido acetico, detersivi e ammorbidenti, coloranti

CARATTERISTICHE

Le acque dei servizi igienici e le acque industriali non sono separate
Le acque pluviali e le acque industriali non sono separate

DESCRIZIONE IMPIANTO

i reflui vengono convogliati in due vasche di accumulo passando attraverso un filtro rotante, nelle vasche di accumulo un sistema di nebulizzazione ad aria permette una prima rottura dei legamenti chimici, successivamente le acque vengono inviate in due vasche di ossigenazione e quindi nei tre decantatori. Una parte delle acque così scaricate (10-20%) prima di essere scaricate viene inviata all'impianto ad ozono costituito da un filtro a sabbia e da due torri ad ozono in controcorrente. I fanghi di supero vengono centrifugati fino ad avere concentrazione di secco del 15-18% e poi smaltiti.

NUMERO SCARICHI: 1 RECAPITO: torrente Seveso

Figura 2.12 Scheda tecnica Tintoria Fratelli Rosina

2.2.4 Affluenti

Per quanto riguarda gli affluenti, vengono considerati nella simulazione solo il torrente Serenza e il torrente Terrò, che contribuiscono all'alimentazione del Seveso. In entrambi i casi, sono pretesi due stazioni di monitoraggio ARPA proprio sul imbocco dei torrenti sul Seveso.

Nel processo di modellizzazione questi due torrenti verranno trattati differemente. Il Serenza verrà considerato come un Point Source, ossia come un ingresso puntuale nel Seveso, tralasciando l'analisi di tutto il suo corso. Mentre il Terrò, verrà modellizzato, a causa della sua lunghezza e dell'apporto che dà in termini di portata fluente al fiume Seveso.

Il torrente Serenza entra nel Seveso a monte dell'impianto di depurazione "Sud Seveso" di Carimate: ha una lunghezza complessiva di 7,85 km e un bacino di 14.16 km². Il suo regime idraulico è prevalentemente di tipo torrentizio: l'alveo può risultare completamente asciutto in assenza di piogge. Al contrario, in caso di precipitazioni intense, può raggiungere portate rilevanti che anche a causa della modesta permeabilità del substrato.

2.2.4.1 Terrò

Il torrente Terrò entra nel fiume Seveso a circa 6 km a valle del depuratore di Carimate: nel suo andamento si alternano tratti lineari a tratti tortuosi per poi ritornare lineare nel suo tratto finale. L'andamento della rete idrografica è condizionato dalle caratteristiche dei depositi superficiali e dalla morfologia del terreno.

Lungo il suo percorso sono riscontrabili sia scarichi di fognatura, sia scarichi industriali e anche un affluente, il Certesa.

Per quanto riguarda gli scarichi di fognatura, sono presenti 4 terminali nel comune di Brenna che scaricano direttamente nel Terrò.

Come scarichi industriali l'unico individuato è Fava Bibite di Mariano Comense che, attraverso una roggia, raggiunge il Terrò a una distanza di circa 6 km a monte del punto di ingresso del torrente stesso nel Seveso.

Infine bisogna soffermarsi sull'affluente, il Certesa, che pesa fortemente sulla portata fluente a causa della presenza sul suo corso del depuratore Valbe di Mariano Comense. In poche parole lo stesso Certesa può essere visto come lo scarico del depuratore stesso nel

Terrò. Di conseguenza sia la portata fluente che il carico inquinante sarà in grandissima parte influenzato dall'impianto di depurazione.

Qui di seguito sono rappresentate le schede tecniche relative all'impianto di depurazione di Mariano Comense e della ditta Fava Bibite.

<p style="text-align: center;">DEPURATORE VALBE Fino Mornasco</p> <p style="text-align: center;">potenzialità di progetto: 60000 A.E. potenzialità effettiva: 45000 A.E.</p> <p style="text-align: center;">TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO</p> <p style="text-align: center;">grigliatura, dissabbiatura, disoleatura</p> <p style="text-align: center;">sedimentazione primaria</p> <p style="text-align: center;">fanghi attivi</p> <p style="text-align: center;">denitrificazione</p> <p style="text-align: center;">sedimentazione secondaria</p> <p style="text-align: center;">ispessimento e disidratazione fanghi</p> <p>stima acque reflue domestiche trattate: 90% stima acque reflue industriali trattate: 10%</p>
--

Figura 2.13 Scheda tecnica Depuratore Valbe

<p style="text-align: center;">FAVA BIBITE S.A.S Mariano Comense (CO)</p> <p>ATTIVITA': produzione bevande analcoliche ed alcoliche a bassa gradazione</p> <p>MATERIE PRIME IMPIEGATE NELLA LAVORAZIONE: zucchero, succhi e sciroppi, aromi naturali, coloranti, acido citrico, detersivi per pulizia e lavaggio, disinfettanti, colle per etichettature</p> <p style="text-align: center;">CARATTERISTICHE</p> <p>Le acque dei servizi igienici e le acque industriali sono separate Le acque pluviali e le acque industriali sono separate Le acque di raffreddamento sono separate</p> <p style="text-align: center;">DESCRIZIONE IMPIANTO</p> <p style="text-align: center;">depuratore di tipo biologico con decantazione finale</p> <p>NUMERO SCARICHI: 1 RECAPITO: roggia Ramarino</p>
--

Figura 2.14 Scheda tecnica Fava Bibite S.A.S.

2.2 STAZIONI DI CONTROLLO ARPA

Lungo il corso del Seveso, sono presenti delle stazioni di monitoraggio ARPA per il controllo della qualità delle acque. I dati ottenuti da questi controlli sono di fondamentale importanza ai fini della modellizzazione, poiché devono essere usati allo scopo di valutare la veridicità e la qualità del modello ottenuto.

Le stazioni di controllo sono le seguenti:

- Fino Mornasco;
- Vertemate con Minoprio;
- Cantù;
- Lentate sul Seveso;
- Paderno Dugnano;
- Bresso.

Inoltre sono presenti, come detto anticipatamente, due stazioni di controllo proprio agli ingressi del Serenza e del Terrò, rispettivamente a Carimate e Cesano Maderno.

Bisogna far notare che i dati misurati dalla stazione di Fino Mornasco, situata più a monte di tutte le altre, sono utilizzati come dati per l'headwater, ossia come dati in ingresso del modello.

Viene presa in considerazione la serie di dati 2005-2009 e il primo trimestre del 2010: in possesso di questi, viene valutato per ogni caratteristica la media delle mediane annuali.

Vale la pena soffermarsi sul caso della stazione di Paderno Dugnano: è una stazione recente, della quale si hanno a disposizione solo i dati del primo trimestre del 2010. Di conseguenza è logico che deve essere considerata differentemente e quindi con un peso minore rispetto alle altre stazioni, per le quali sono disponibili tutti i dati dal 2005 fino al marzo 2010. Proprio per questo motivo non è segnalata nei grafici che seguiranno.

Di seguito sono rappresentati i grafici delle concentrazioni relativi ai macroinquinanti classici: BOD, COD, SST, azoto totale e fosforo totale.

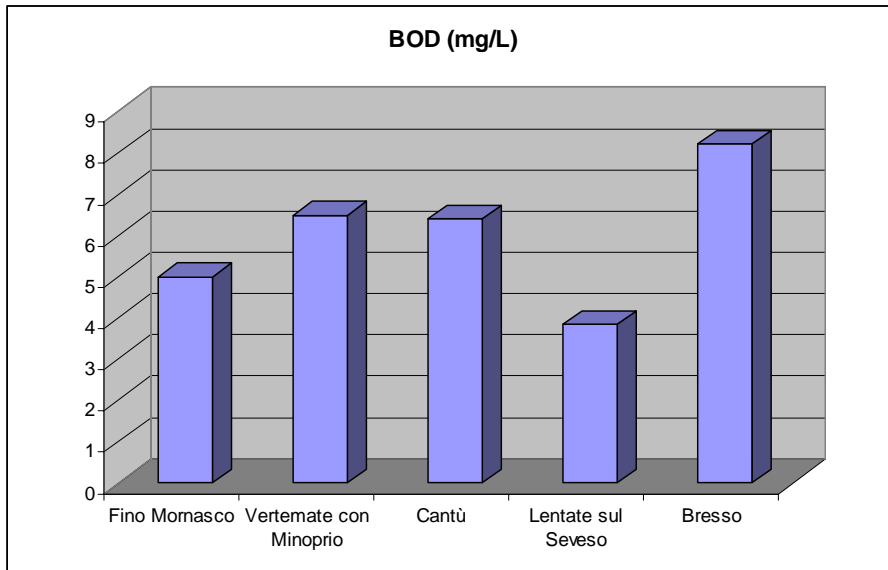


Grafico 2.1 Istogramma concentrazioni BOD

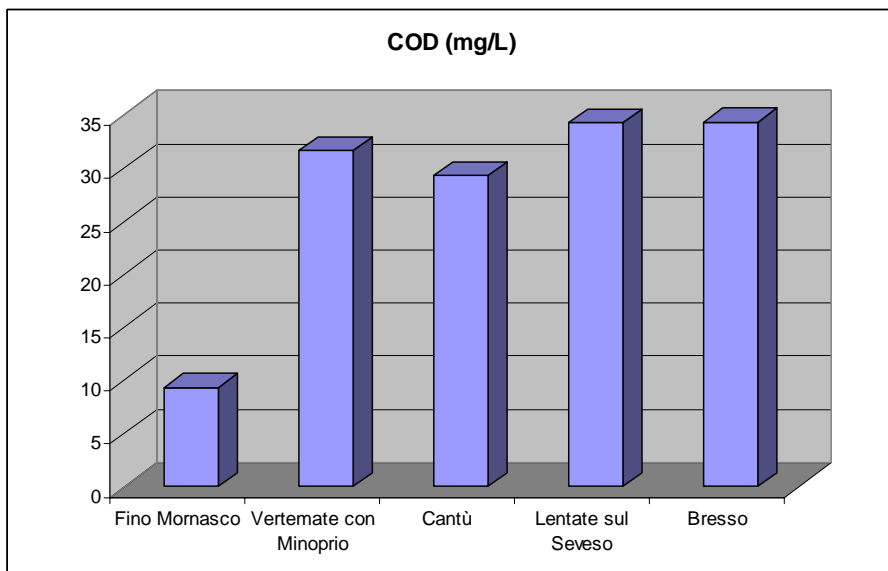


Grafico 2.2 Istogramma concentrazioni COD

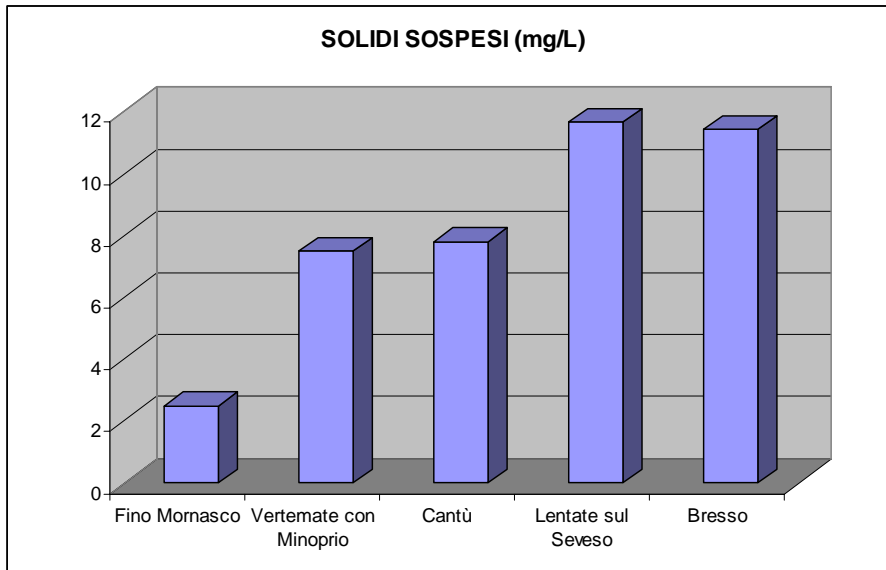


Grafico 2.3 Istogramma concentrazioni solidi sospesi

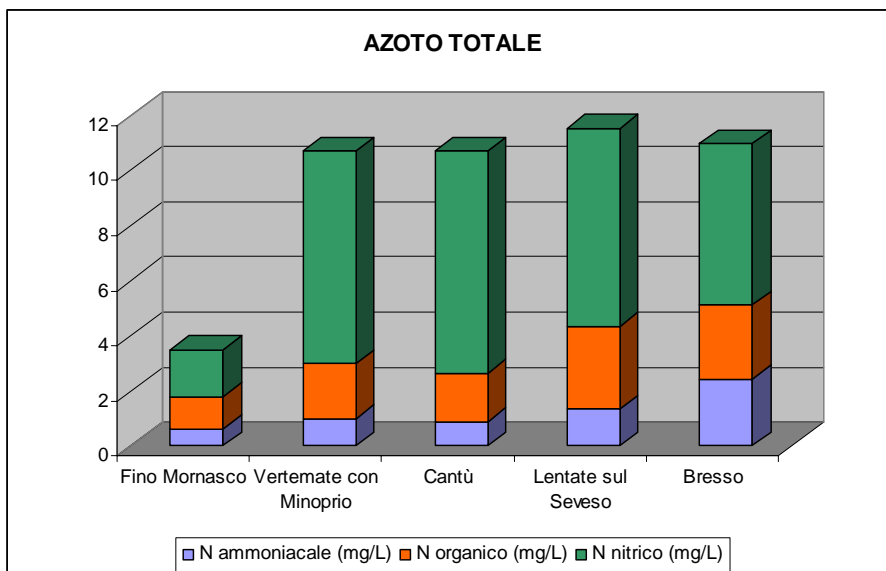


Grafico 2.4 Istogramma concentrazioni azoto

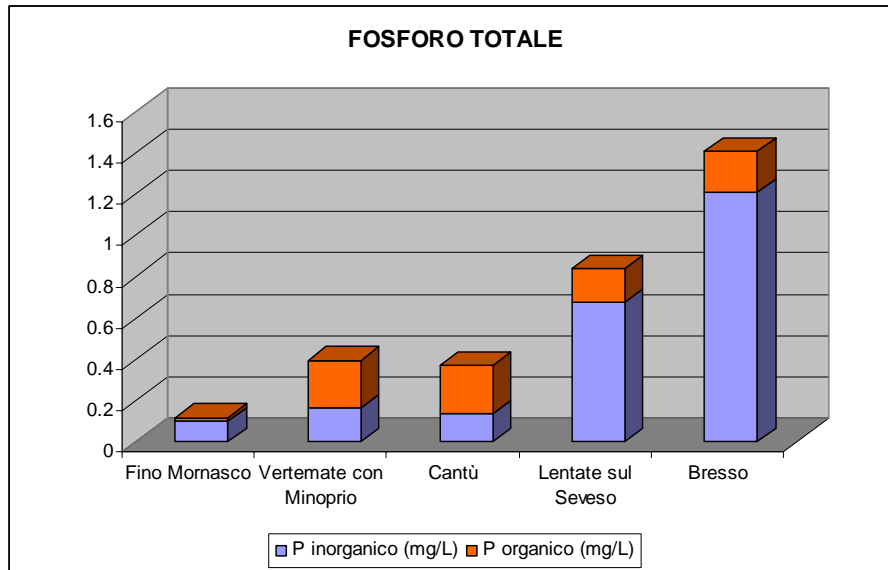


Grafico 2.5 Istogramma concentrazioni di fosforo

Per quanto riguarda microinquinanti da prendere in considerazione nella simulazione, bisogna verificare quali di questi ha una concentrazione critica: per individuarli basta quindi confrontare le concentrazioni individuate dalle stazioni con lo standard di qualità (SQA) dettato dal Decreto.

Le sostanze che si è deciso di analizzare sono:

- Rame e zinco, per le quali però non è definito uno standard di qualità;
- Cromo totale: supera l'SQA nelle misure di delle stazioni di controllo ARPA di Vertemate con Minoprio, Cantù e Lentate sul Seveso (SQA = 7 µg/L);
- Piombo, il quale ha un valore poco sopra allo standard di qualità nella misura della stazione di Fino Mornasco (SQA = 7,2 µg/L);
- Nichel: anche se i controlli non superano l'SQA, ci si avvicinano molto, soprattutto nella stazione di Lentate sul Seveso. Questo può presupporre che nelle vicinanze di tale stazione la concentrazione può superare i 20 µg/L, concentrazione indicata come standard di qualità dal Decreto.

Inoltre si è deciso di simulare anche gli andamenti dei cloruri e dei solfati, richiesti specificatamente dalla Regione Lombardia.

Di seguito sono rappresentati gli istogrammi delle sostanze prese in considerazione, indicando anche il valore di concentrazione SQA.

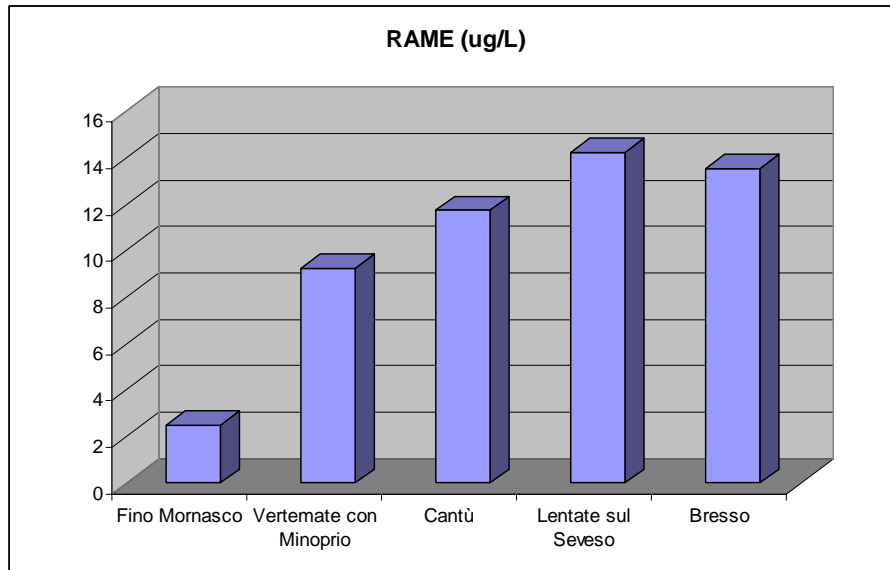


Grafico 2.6 Istogramma concentrazioni rame

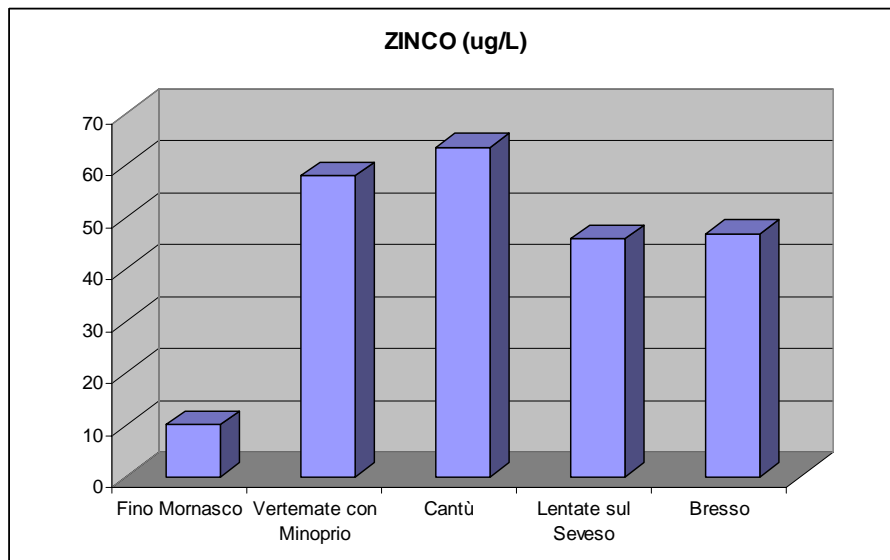


Grafico 2.7 Istogramma concentrazioni di zinco

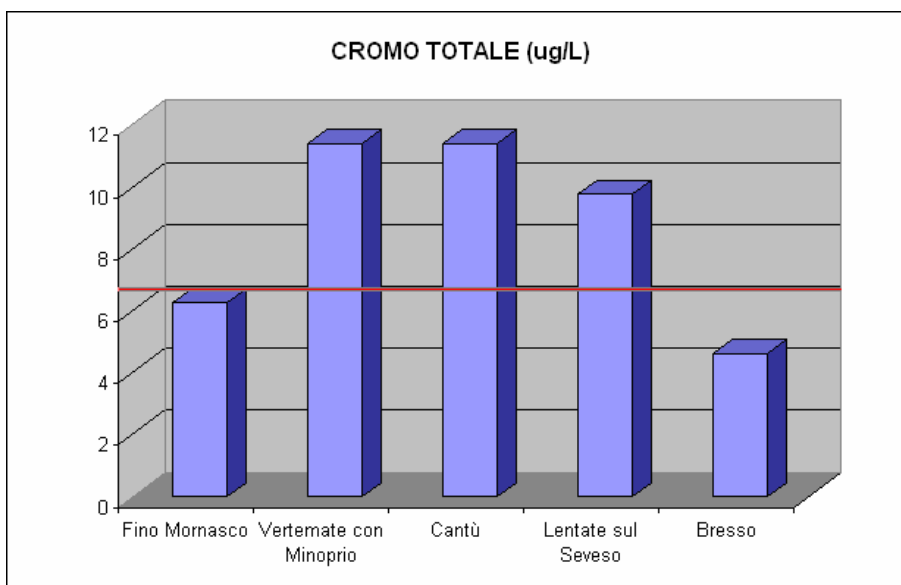


Grafico 2.8 Istogramma concentrazioni di cromo totale

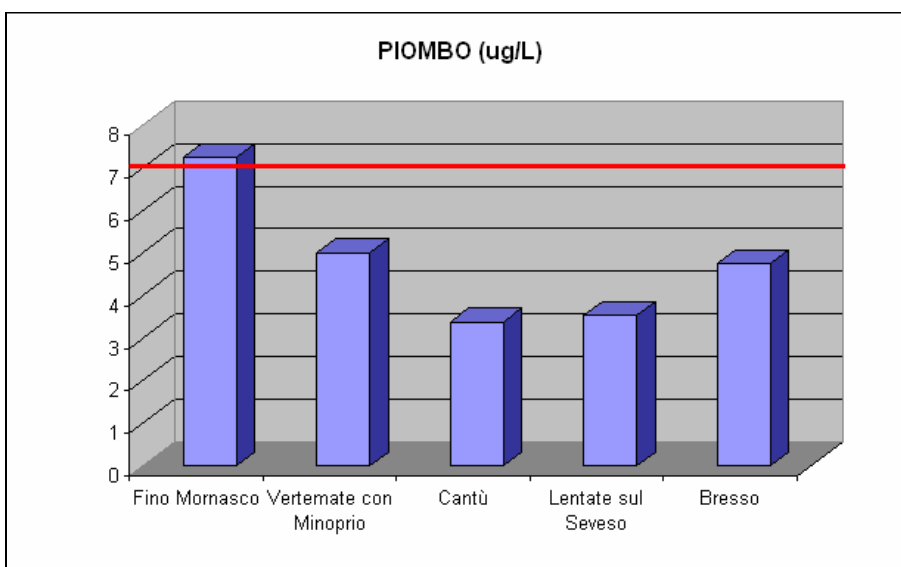


Grafico 2.9 Istogramma concentrazioni di piombo

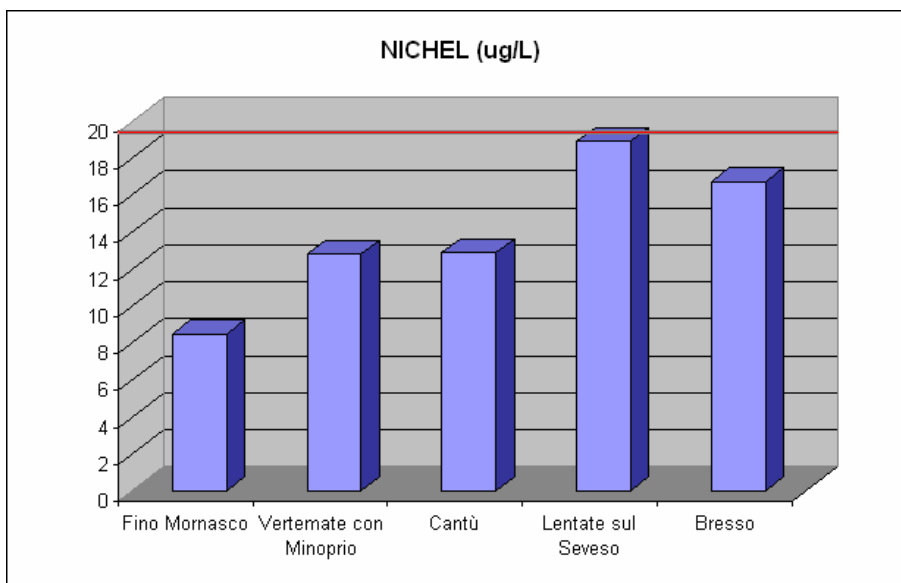


Grafico 2.10 Istogramma concentrazioni di nichel

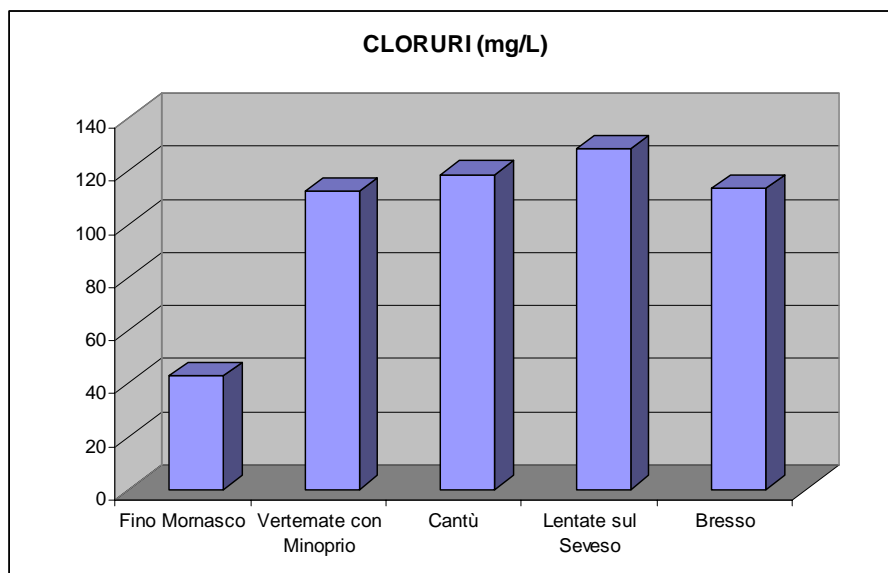


Grafico 2.11 Istogramma concentrazioni di cloruri

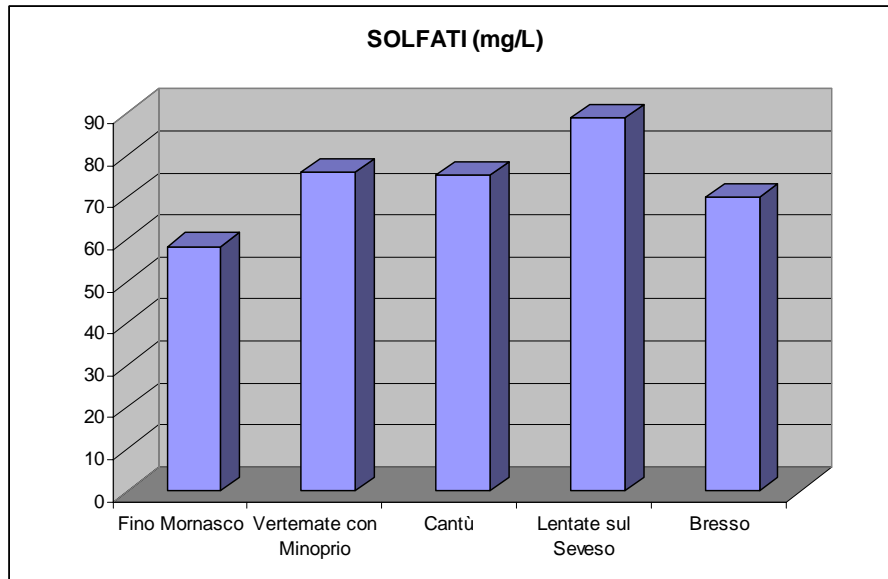


Grafico 2.12 Istogramma concentrazioni di solfati

Per quanto riguarda il torrente Terrò, non è presente una stazione di monitoraggio da poter usare come dati per l'headwater: infatti, come già detto, l'unica stazione di controllo ARPA è posta all'ingresso del torrente nel fiume Seveso. Nella simulazione verrà inserito come dato di input del modello una portata minima, pari a un valore di $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$.

Inoltre dall'analisi dei dati registrati dalla stazione di qualità, è possibile notare come non siano presenti concentrazioni di quei microinquinanti che si è deciso di simulare poiché presentavano, lungo il corso del Seveso, valori vicini o superiori dello standard di qualità.

Qui di seguito sono rappresentati gli istogramma con le concentrazioni dei tipici macroinquinanti, cloruri e solfati, riscontrate nella stazione di Cesano Maderno.

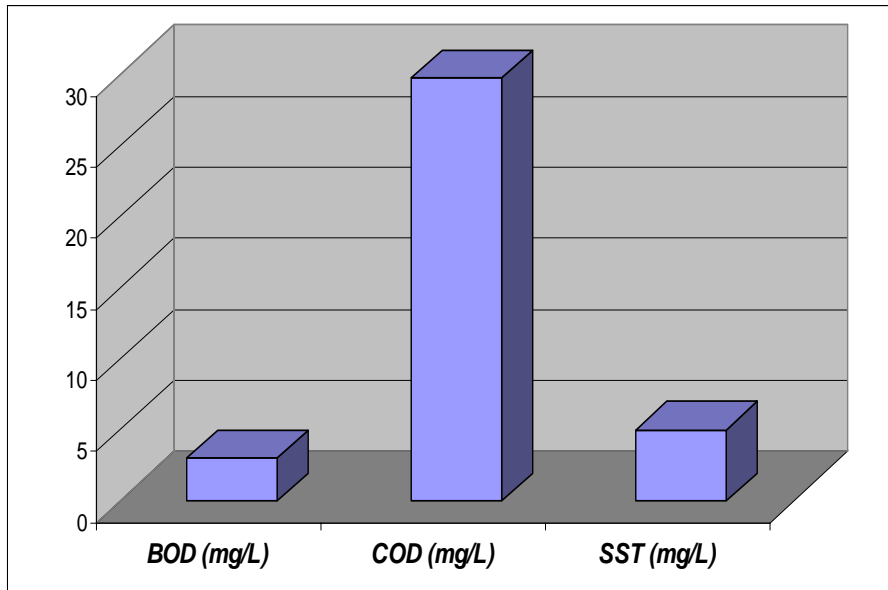


Grafico 2.13 Istogramma concentrazioni di BOD, COD e SST in uscita dal Terrò

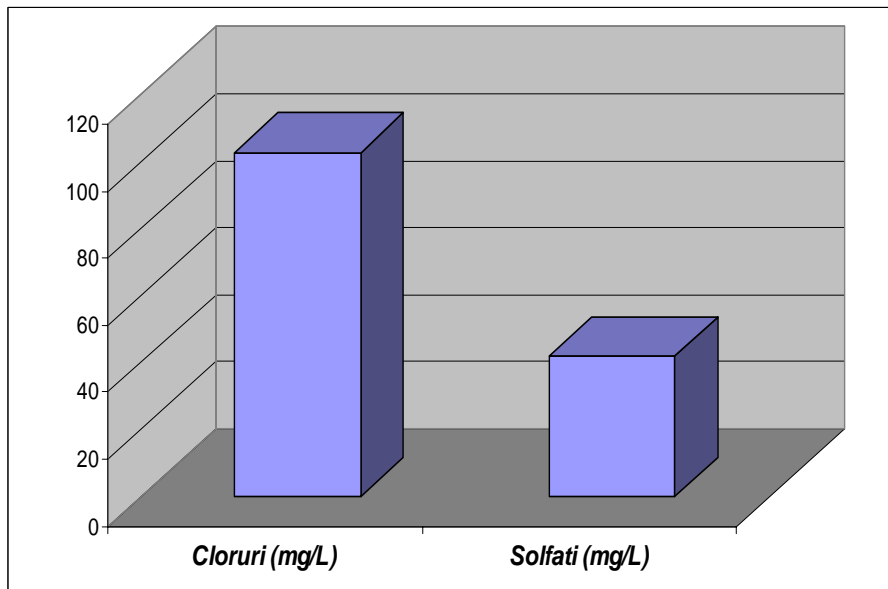


Grafico 2.14 Istogramma concentrazioni cloruri e solfati in uscita dal Terrò

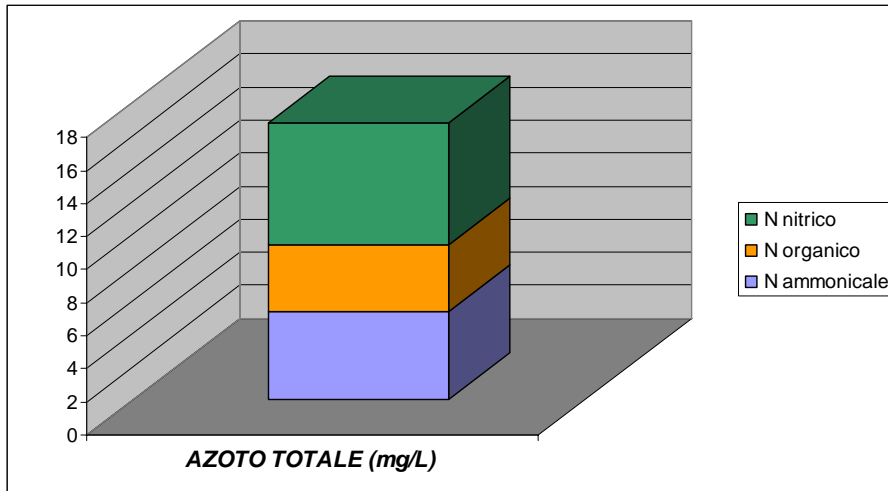


Grafico 2.15 Istogramma concentrazioni di azoto in uscita dal Terrò

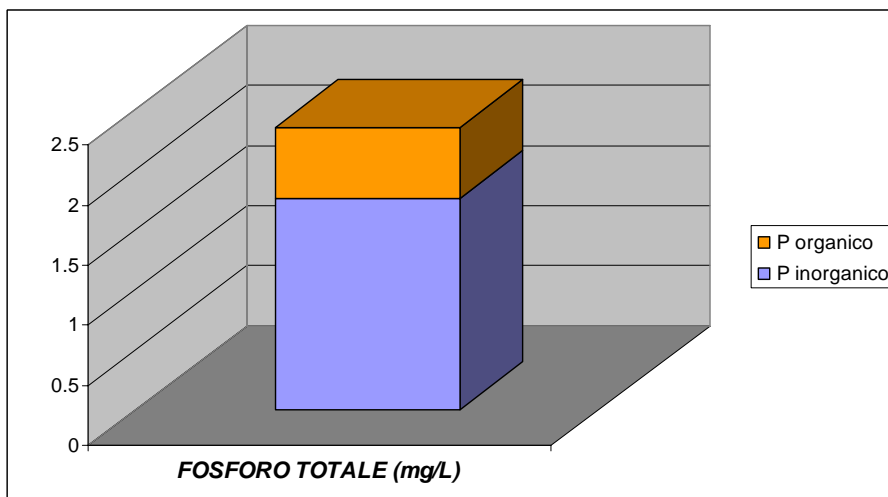


Grafico 2.16 Istogramma concentrazioni di fosforo in uscita dal Terrò

CAPITOLO 3: LO STRUMENTO MODELLISTICO

3.1 QUAL2K: ANALOGIE E INNOVAZIONI RISPETTO AL QUAL2E

Il modello utilizzato per simulare l'andamento degli inquinanti nel Seveso è il QUAL2K, che non è altro che una versione più aggiornata del suo predecessore, il più noto QUAL2E: l'utilizzo di questo modello permette, in funzione dei dati di input disponibili, la rappresentazione di un'asta fluviale in diverse condizioni meteo-climatiche, idrauliche e di pressione agente. Un grande vantaggio nell'utilizzare il QUAL2K sta nel fatto che è stato sviluppato in ambiente Microsoft Excel, rendendolo così di più facile utilizzo e garantendo la completa compatibilità con qualsiasi computer. Ovviamente presenta delle caratteristiche in comune con il QUAL2E, che sono le seguenti:

- Utilizza un modello mono-dimensionale, nel quale il canale è completamente miscelato;
- Le simulazioni si riferiscono allo stato stazionario;
- Il bilancio termico è considerato su base giornaliera;
- Le cinetiche dei parametri sono simulate su scale giornaliera;
- Riproduce l'effetto di immissione e emissioni di calore e carichi di tipo diffuso e puntuale.

Il QUAL2K presenta ulteriori funzionalità, prima fra tutte la possibilità di utilizzare l'interfaccia di Windows poiché è sviluppato attraverso una macro in Excel. Inoltre presenta un'innovazione riguardante la struttura del modello: contrariamente a quanto avviene per QUAL2E, per il quale il fiume viene scomposto in tratti a loro volta costituiti da elementi computazionali di dimensioni omogenee, nel QUAL2K è possibile simulare tratti costituiti da unità non omogenee ed è inoltre in grado di gestire immissioni e prelievi/sottrazioni multiple lungo ciascun tratto. Per quanto riguarda i parametri considerati, il QUAL2K consente di gestire la speciazione del materiale carbonaceo organico. La frazione biodegradabile (BOD) è infatti suddivisa in due distinte componenti: la componente rapidamente biodegradabile (fastCBOD) e quella lentamente biodegradabile (slowCBOD). Inoltre il modello consente di simulare la componente non biodegradabile,

definita DETRITUS, che comprende il carbonio particolato, fosforo e azoto secondo rapporti stechiometrici fissi.

Un'altra novità introdotta è la capacità di simulare situazioni anossiche. In più è possibile definire eventuali reazioni di denitrificazione. Inoltre, grazie all'utilizzo del QUAL2K, è possibile simulare flussi di ossigeno e di nutrienti nell'interfaccia acqua-sedimento in funzione della sedimentazione di particolato organico, delle reazioni che avvengono nei sedimenti e delle concentrazioni delle forme solubili nell'interfaccia di scambio acquosa.

Ulteriori novità rispetto al QUAL2E sono la possibilità di considerare la copertura algale del fondale e l'attenuazione della luce, quest'ultima calcolata in funzione della presenza di alghe, di detrito e dei solidi inorganici.

Per quanto riguarda il pH, il QUAL2K simula sia l'alcalinità che il TOC e ricava il valore di pH sulla base di queste due quantità. Inoltre tale modello è in grado di simulare un patogeno generico i cui fenomeni di scomparsa sono regolati dalla temperatura, dalla luce e dal tasso di sedimentazione.

3.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL MODELLO

Il QUAL2K è un modello completo e versatile per la simulazione della qualità delle acque dei fiumi e può essere applicato a corsi d'acqua ramificati che possano essere considerati ben miscelati, ipotizzando che i meccanismi di trasporto, avvezione e dispersione siano significativi solo lungo la direzione del flusso, ossia lungo l'asse longitudinale del corso d'acqua.

Dal punto di vista idraulico, QUAL2K è limitato alla simulazione dei periodi di tempo durante i quali sia il flusso del corso d'acqua che i carichi inquinanti in ingresso possano essere considerati costanti. È infatti stato ipotizzato in questo studio per simulare uno scenario medio annuo tipo nel quale è ragionevole ipotizzare dei carichi medi annui costanti.

Il QUAL2K può in questo modo essere usato per studiare l'impatto di carichi inquinanti sulla qualità del corso d'acqua superficiale, oppure utilizzato per identificare i tratti soggetti all'impatto di sorgenti inquinanti diffuse.

3.3 SIMULAZIONE DEL CORSO D'ACQUA

Il primo passo nel modellizzare un sistema consiste nel suddividere il corso d'acqua in tratti, denominati reach, ognuno dei quali presenta al suo interno caratteristiche idrauliche uniformi. Successivamente ogni tratto viene diviso in sottotratti, detti elementi computazionali, all'interno dei quali il modello opera un bilancio idrologico e di massa.

3.3.1 Formulazione generale del modello

Lo sviluppo di uno strumento in grado di simulare il comportamento delle componenti idrologiche e qualitative di un corso d'acqua, applicando un modello matematico, si articola attraverso tre fasi generali:

- Rappresentazione concettuale;
- Rappresentazione funzionale;
- Rappresentazione computazionale.

La rappresentazione concettuale richiede un'idealizzazione grafica del prototipo attraverso l'identificazione delle condizioni al contorno e le correlazioni fra le varie parti del prototipo stesso. Il primo passo di questo processo è la suddivisione del prototipo in elementi discreti; suddivisione fatta in base agli obiettivi che il modello deve raggiungere. Gli elementi vengono quindi definiti secondo regole geometriche, precisando anche le connessioni fra di loro, che possono essere sia fisiche che funzionali.

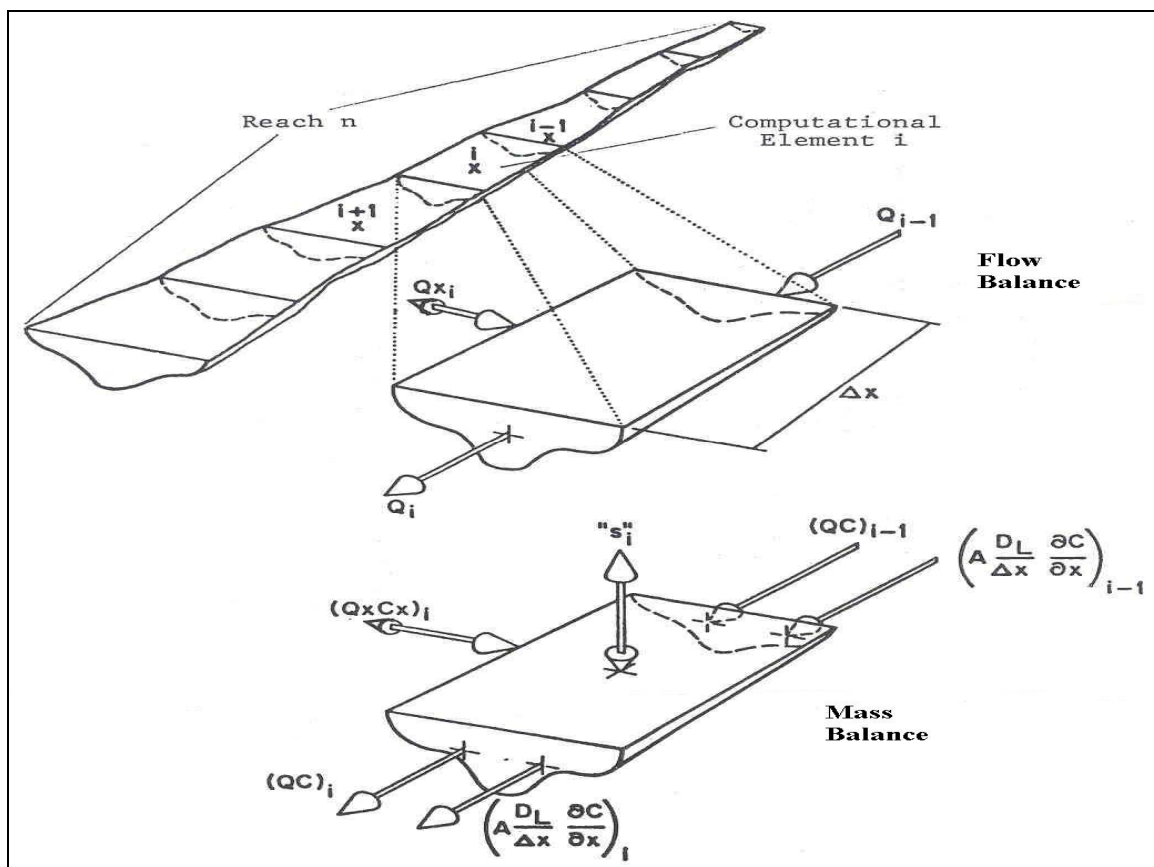


Figura 3.1 Discretizzazione di un sistema fluviale

Nella figura sovrastante è possibile notare come un tratto del corso fluviale sia stato a sua volta suddiviso in sottotratti. Per ognuno di essi può essere definito un bilancio idrologico, considerando i flussi entranti nella faccia a monte dell'elemento, sorgenti esterne o derivazioni e i deflussi attraverso la faccia a valle dell'elemento

Per quanto riguarda il bilancio di massa, si considerano sia il trasporto ($Q \cdot C$) che la dispersione ($A \cdot D_L / \Delta x \cdot \partial C / \partial x$), come cause del movimento di massa lungo l'asse del fiume. La massa può essere aggiunta o rimossa dal sistema per via di sorgenti esterne e derivazioni ($Q_x C_x$)_i e aggiunta o rimossa per via di trasformazioni interne (S_i), come rilasci dal fondo o degradazioni biologiche.

Ogni elemento computazionale è considerato completamente miscelato: il corso d'acqua può essere così rappresentato come una stringa di reattori completamente miscelati, legati in sequenza fra di loro attraverso meccanismi di trasporto e dispersione. La sequenza di reattori può essere definita come tratti, nei quali i sottotratti hanno le stesse caratteristiche sia geometriche che idrauliche e hanno le stesse costanti di trasformazione biologica.

La figura sottostante evidenzia come un corso fluviale può essere rappresentato concettualmente mediante una sequenza di tratti ed elementi computazionali.

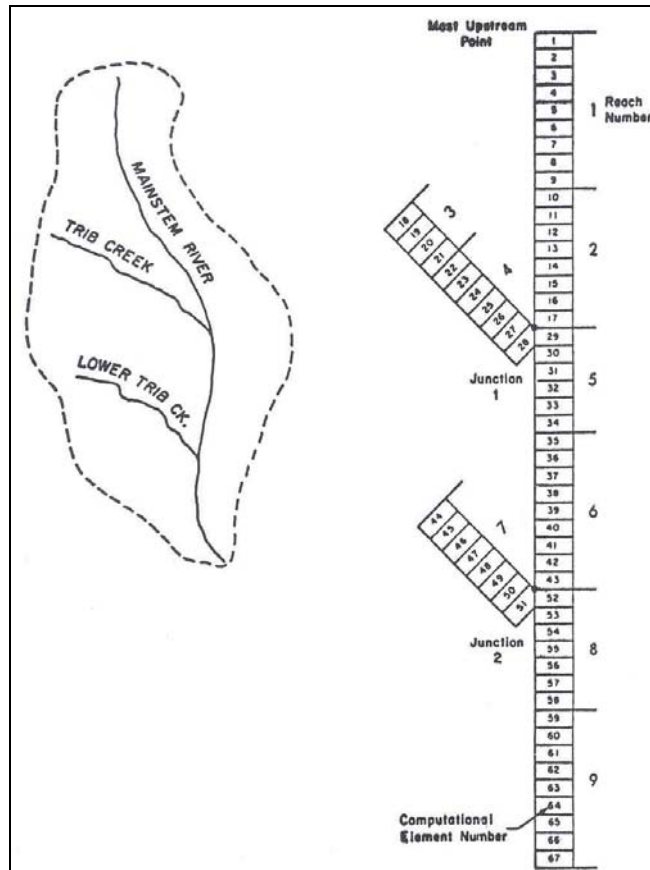


Figura 3.2 Rete fluviale di tratti e sottotratti

Nella rappresentazione funzionale le caratteristiche fisiche, i processi e le condizioni al contorno vengono definite attraverso un sistema di equazioni algebriche: bisogna quindi definire ogni variabile e le sue relazioni con gli altri parametri che caratterizzano il modello. La rappresentazione funzionale verrà trattata con maggior dettaglio in seguito.

Infine la rappresentazione computazionale è il processo con cui il modello funzionale viene tradotto nella forma matematica e nelle procedure computazionali, richieste per la soluzione del problema lungo la serie spaziale e temporale desiderata.

3.3.2 Rappresentazione funzionale

3.3.2.1 Equazione del trasporto di massa

L'equazione del trasporto di massa utilizzata dal QUAL2K è un'equazione monodimensionale che considera i fenomeni di avvezione, dispersione, diluizione, reazione e interrelazione tra costituenti, sorgenti e derivazioni.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial \left(A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x} \right)}{\partial x} dx - \frac{\partial (A_x \bar{u} C)}{\partial x} dx + (A_x dx) \frac{dC}{dt} + s$$

Dove:

- M = massa [M]
- X = distanza [L]
- T = tempo [T]
- C = concentrazione [M/L³]
- A_x = area della sezione trasversale [L²]
- D_L = coefficiente di dispersione [L²/T]
- \bar{u} = velocità media [L/T]
- S = sorgenti esterne o derivazioni [M/T]

Poiché $M = VC$, dove $V = A_x dx$ è detto volume incrementale [L³], si può scrivere:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial (VC)}{\partial t} = V \frac{\partial C}{\partial t} + C \frac{\partial V}{\partial t}$$

Infine, assumendo che il flusso del corso d'acqua sia stazionario ($\partial Q/\partial t = 0$), il termine $\partial V/\partial t = 0$.

Si ottiene così:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial \left(A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x} \right)}{A_x \partial x} - \frac{\partial (A_x \bar{u} C)}{A_x \partial x} \frac{dC}{dt} + \frac{s}{V}$$

I termini al secondo membro di questa equazione rappresentano, rispettivamente, la dispersione, l'avvezione, le trasformazioni dei composti, le sorgenti esterne o derivazioni e la diluizione.

Il termine dC/dt si riferisce solo a trasformazioni dei composti, come produzione e decadimento e non considerano i fenomeni di avvezione, dispersione e gli input esterni.

Il termine $\partial C/\partial t$ è il gradiente di concentrazione locale: include gli effetti di trasformazioni dei composti, avvezione, sorgenti o derivazioni e diluizioni. In condizioni stazionarie questo termine risulta pari a zero.

3.3.2.2 Caratteristiche idrauliche

Come già detto in precedenza, il QUAL2K considera un regime idraulico stazionario, di conseguenza $\partial Q/\partial t=0$.

Partendo da tale ipotesi il bilancio idrologico per qualsiasi sottotratto può essere definito come:

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_i = (Q_x)_i$$

Dove il termine al secondo membro indica la sommatoria degli afflussi esterni e le eventuali derivazioni.

3.3.2.3 Condizioni di deflusso

Per individuare le caratteristiche idrauliche dei segmenti del fiume è possibile percorrere due vie.

La prima via consiste nell'utilizzare le seguenti equazioni:

$$\bar{u} = a Q^b$$

$$A_x = \frac{Q}{\bar{u}}$$

$$d = \alpha Q^\beta$$

dove a , b , α , β sono costanti empiriche e d è la profondità del fiume. Queste costanti sono determinate solitamente dalle curve di correlazione dei parametri idraulici.

Il metodo alternativo, che è stato utilizzato in questo lavoro per determinare le caratteristiche idrauliche sia nello studio del Seveso, consiste nell'utilizzo dell'equazione di Manning.

$$Q = \frac{1,486}{n} A_x R_x^{2/3} S_e^{1/2}$$

dove:

- A_x = area della sezione trasversale del canale [L^2]
- R_x = raggio idraulico medio effettivo [L]
- n = fattore di rugosità di Manning (adimensionale, range 0,010 - 0,10)
- S_e = pendenza della linea piezometrica (adimensionale)
- Q = portata [L^3/T]

L'applicazione di questo metodo richiede i valori delle caratteristiche della sezione trasversale dei tratti del fiume. Una volta individuato il valore della portata, è possibile ricavare la velocità della corrente u risolvendo $A_x = \frac{Q}{u}$.

3.3.2.4 Dispersione longitudinale

La dispersione, che è un meccanismo di trasporto convettivo, indica un trasporto associato ad una variazione di velocità mediata spazialmente, in opposizione a "diffusione", che indica un trasporto associato sostanzialmente a variazioni di velocità mediate nel tempo.

La formula tipica per individuare il coefficiente di dispersione longitudinale D_L è la seguente:

$$D_L = 10 r_0 u^* [L^2/T]$$

dove r_0 è il raggio del tubo e u^* è la componente trasversale della velocità media definita come:

$$u^* = \sqrt{\tau_0/\rho} [L/T]$$

dove:

$$\tau_0 = \text{tensione di taglio [M/L}^2\text{]}$$

$$\rho = \text{densità fluida di massa [M T}^2\text{/L}^4\text{]}$$

Tale formula è valida nel caso di tubi rettilinei e si è cercato di adattarla anche ai corsi d'acqua: questa sua applicazione risulta approssimativa, a causa delle differenze tra la geometria e le distribuzioni di velocità di un corso d'acqua e quelle di un tubo.

Vale la pena quindi ricordare almeno una formulazione adatta all'individuazione del coefficiente D_L per i corsi d'acqua:

$$D_L = K d u^*$$

nella quale d è la profondità media del fiume e K vale 5,93.

Tale formulazione si basa sull'ipotesi che solo il gradiente di velocità verticale sia importante in un corso d'acqua. Questa espressione sembra essere adeguata in situazioni monodimensionali in cui il canale non è troppo ampio.

3.4 REAZIONI E INTERAZIONI DEI COSTITUENTI PRINCIPALI

Il modello QUAL2K include le maggiori reazioni dei cicli di nutrienti, della produzione algale, del consumo di ossigeno ad opera di sostanze carboniose, della riaerazione atmosferica e i loro effetti sul comportamento dell'ossigeno disciolto.

Di seguito verranno esposte le relazioni matematiche che descrivono le reazioni dei principali costituenti.

3.4.2 Ciclo dell'azoto

Nelle acque naturali avviene la graduale trasformazione dell'azoto organico ad ammoniacale, nitriti e nitrati. Il QUAL2K contiene le equazioni che descrivono le quattro forme azotate e le loro trasformazioni.

3.4.2.1 Azoto organico

$$\frac{dN_4}{dt} = \alpha_1 \rho A - \beta_3 N_4 - \sigma_4 N_4$$

dove:

N_4 = concentrazione di azoto organico (mg N/l)

β_3 = tasso di idrolisi di azoto organico ad azoto ammoniacale, dipendente dalla temperatura (d^{-1})

α_1 = frazione di biomassa algale costituita da azoto (mg N/mg A)

ρ = tasso di respirazione algale (d^{-1})

A = concentrazione di biomassa algale (mg A/l)

σ_4 = coefficiente di sedimentazione di azoto organico, dipendente da T (d^{-1})

3.4.2.2 Azoto ammoniacale

$$\frac{dN_1}{dt} = \beta_3 N_4 - \beta_1 N_1 + \sigma_3/d - F_1 \alpha_1 \mu A$$

dove:

N_1 = concentrazione di azoto ammoniacale (mg N/l)

N_4 = concentrazione di azoto organico (mg N/l)

β_1 = tasso di ossidazione biologica di azoto ammoniacale, dipendente dalla temperatura (d^{-1})

β_3 = tasso di idrolisi di azoto organico (d^{-1})

α_1 = frazione di biomassa algale costituita da azoto (mg N/mg A)

σ_3 = tasso di rilascio di azoto ammoniacale da parte del benthos (mg N/m²d)

d = profondità media del fiume (m)

F_1 = frazione di azoto ammoniacale assimilato

μ = tasso di crescita algale locale (d^{-1})

A = concentrazione di biomassa algale (mg A/l)

3.4.2.3 Azoto nitroso

$$\frac{dN_2}{dt} = \beta_1 N_1 - \beta_2 N_2$$

dove:

- N_1 = concentrazione di azoto ammoniacale (mg N/l)
- N_2 = concentrazione di azoto nitroso (mg N/l)
- β_1 = tasso di ossidazione di azoto ammoniacale, dipendente dalla temperatura (d^{-1})
- β_2 = tasso di ossidazione di azoto nitroso, dipendente dalla temperatura (d^{-1})

3.4.2.4 Azoto nitrico

$$\frac{dN_3}{dt} = \beta_2 N_2 - (1 - F_1) \alpha_1 \mu A$$

dove:

- N_3 = concentrazione di azoto nitrico (mg N/l)
- F_1 = frazione di azoto algale consumato dal pool ammoniacale
- α_1 = frazione di biomassa algale costituita da azoto (mg N/mg A)
- μ = tasso di crescita algale locale (d^{-1})

3.4.3 Ciclo del fosforo

In un corso d'acqua le forme organiche di fosforo sono costituite fra le altre componenti anche dalla composizione della biomassa algale. I fenomeni di autodepurazione fluviale portano poi alla conversione delle forme organiche in quelle inorganiche disciolte. Per quanto riguarda il fosforo scaricato dagli impianti di trattamento dei reflui, esso è generalmente presente sotto forma inorganica e viene prontamente consumato dalle alghe. Il QUAL2K è in grado di simulare anche le interazioni che intercorrono fra le due forme di fosforo.

3.4.3.1 Fosforo organico

$$\frac{dP_1}{dt} = \alpha_2 \rho A - \beta_4 P_1 - \sigma_5 P_1$$

dove:

- P_1 = concentrazione di fosforo organico (mg P/l)
- α_2 = contenuto di fosforo delle alghe (mg P/mg A)
- ρ = tasso di respirazione algale (d^{-1})
- A = concentrazione di biomassa algale (mg A/l)
- β_4 = tasso di decadimento di fosforo organico, dipendente dalla temperatura (d^{-1})
- σ_5 = tasso di sedimentazione di fosforo organico, dipendente dalla temperatura (d^{-1})

3.4.3.2 Fosforo disciolto

$$\frac{dP_2}{dt} = \beta_4 P_1 + \sigma_2/d - \alpha_2 \mu A$$

dove:

- P_2 = concentrazione di fosforo inorganico o disciolto (mg P/l)
- σ_2 = tasso di rilascio di fosforo disciolto da parte del benthos, dipendente dalla temperatura (mg P/m²d)
- d = profondità media del fiume (m)
- μ = tasso di crescita algale (d^{-1})
- A = concentrazione di biomassa algale (mg A/l)

3.4.4 BOD carbonioso

La reazione utilizzata per descrivere l'andamento del BOD è una reazione di primo grado che tiene anche conto del trasferimento del BOD dalla colonna d'acqua ai sedimenti.

$$\frac{dL}{dt} = -K_1L - K_3L$$

dove:

- L = concentrazione del BOD carbonioso ultimo (mg/l)
- K_1 = coefficiente di deossigenazione, dipendente dalla temperatura (d^{-1})
- K_3 = tasso di rimozione di BOD dovuto a sedimentazione, dipendente dalla

temperatura (d^{-1})

3.4.5 Ossigeno disciolto

Il bilancio di ossigeno in un fiume è strettamente correlato alla capacità di riossigenarsi. Questa capacità dipende dalle maggiori fonti di ossigeno; riaerazione atmosferica, produzione per fotosintesi e contenuto di ossigeno nei flussi d'acqua entranti.

I fenomeni che regolano la perdita dell'ossigeno sono: ossidazione della sostanza organica, consumo per degradare i sedimenti organici e il consumo dovuto alla respirazione algale.

Di seguito viene mostrata l'equazione utilizzata dal QUAL2K per descrivere il tasso di trasformazione dell'ossigeno.

$$\frac{dO}{dt} = K_2 (O^* - O) + (\alpha_3 \mu - \alpha_4 \rho) A - K_1 L - K_4/d - \alpha_5 \beta_1 N_1 - \alpha_6 \beta_2 N_2$$

dove:

- O = concentrazione di ossigeno disciolto (mg/l)
- O* = concentrazione di saturazione dell'ossigeno disciolto a temperatura e pressione locali (mg/l)
- α_3 = tasso di produzione di ossigeno per unità di fotosintesi algale (mg O/mg A)
- α_4 = tasso di consumo di ossigeno per unità di respirazione algale (mg O/mg A)
- α_5 = tasso di consumo di ossigeno per unità di ossidazione di azoto ammoniacale (mg O/mg N)
- α_6 = tasso di consumo di ossigeno per unità di ossidazione di azoto nitroso (mg O/mg N)
- M = tasso di crescita algale, dipendente dalla temperatura (d^{-1})
- P = tasso di respirazione algale, dipendente dalla temperatura (d^{-1})
- A = concentrazione della biomassa algale (mg A/l)
- L = concentrazione del BOD finale (mg/l)
- D = profondità media del fiume (m)
- K_1 = tasso di deossigenazione del BOD carbonioso, dipendente dalla temperatura

- (d⁻¹)
- K_2 = tasso di riaerazione, dipendente dalla temperatura (d⁻¹)
- K_4 = tasso di richiesta di ossigeno del sedimento, dipendente dalla temperatura (g/m² d)
- β_1 = tasso di ossidazione dell'ammoniaca, dipendente dalla temperatura (d⁻¹)
- β_2 = tasso di ossidazione dei nitriti, dipendente dalla temperatura (d⁻¹)
- N_1 = concentrazione dell'azoto ammoniacale (mg N/l)
- N_2 = concentrazione dell'azoto nitroso (mg N/l)

Il coefficiente di riaerazione (K_2) è solitamente espresso come funzione della profondità e della velocità del fiume e quindi del grado di turbolenza della corrente. Il modello QUAL2K fornisce otto opzioni per stimare tale valore.

3.4.6 Temperatura

L'andamento della temperatura è simulato attraverso un bilancio del calore in ogni sottotratto: tale bilancio considera la temperatura delle acque in ingresso e in uscita e lo scambio di calore tra la superficie dell'acqua e dell'atmosfera.

$$H_n = H_{sn} + H_{an} - H_b - H_c - H_e$$

dove:

- H_n = flusso netto di calore attraverso la superficie aria - acqua
- H_{sn} = radiazione solare netta di onde corte, sottraendo le perdite per assorbimento e diffusione in atmosfera e per la riflessione all'interfaccia
- H_{an} = radiazione atmosferica netta di onde lunghe considerando la riflessione
- H_b = radiazione di ritorno di onde lunghe in uscita
- H_c = flusso di calore convettivo
- H_e = perdita di calore per evaporazione

Affinché QUAL2K possa eseguire correttamente il bilancio, dovranno essere forniti una varietà di dati, compresi longitudine e latitudine del bacino, il periodo dell'anno e i

coefficienti di evaporazione. Inoltre è possibile fornire ulteriori informazioni relative alle caratteristiche climatologiche locali, come la copertura nuvolosa e la velocità del vento.

CAPITOLO 4: IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO

Il primo passo per implementare il modello il QUAL2K su un'asta fluviale, sta nel dividere il corso del fiume, e quindi nel caso del Seveso circa 44 km di asta, in reach, ossia in tratti che avranno al loro interno caratteristiche idrauliche omogenee. Successivamente questi tratti saranno a loro volta suddivisi in elementi computazionali, all'interno dei quali il modello opererà un bilancio idrologico e di massa.

La definizione dei reach per il Seveso, si basa sostanzialmente su una suddivisione fisica: ogni tratto è quindi delimitato da una rilevante sorgente puntiforme (sostanzialmente un depuratore o un affluente), o da una stazione di monitoraggio ARPA. Applicando questo metodo, il corso viene suddiviso in 9 tratti:

- SEVESO 0: parte da monte, dove è presente la stazione ARPA di Fino Mornasco a fino al depuratore "Alto Seveso". Questo tratto è lungo poco più di 7 km.
- SEVESO 1: dall'impianto "Alto Seveso" alla stazione di controllo di Vertemate con Minoprio, per una lunghezza complessiva di circa 3,2 km.
- SEVESO 2: lungo intorno agli 2,8 km, termina in corrispondenza della stazione ARPA di Cantù.
- SEVESO 3: dalla stazione di Cantù fino al depuratore "Sud Seveso" di Carimate. È lungo circa 7 km.
- SEVESO 4: dall'impianto di Carimate fino alla stazione di controllo di Lentate sul Seveso, per una lunghezza di circa 2,5 km.
- SEVESO 5: lungo 5 km, termina in corrispondenza dell'ingresso nel Seveso del torrente Terrò.
- SEVESO 6: arriva fino al depuratore di Varedo. Ha una lunghezza di circa 6,2 km.
- SEVESO 7: dall'impianto di Varedo fino alla stazione di controllo di Bresso. È lungo poco più di 6,5 km.
- SEVESO 8: arriva fino al punto nel quale il Seveso entra nel Naviglio Martesana. Quest'ultimo reach è di circa 5,3 km.

Per la ripartizione dei reach in elementi computazionali, si è scelto di suddividerli in modo tale che ogni sottotratto avesse una lunghezza all'incirca di un chilometro. Segue una tabella riassuntiva relativa alla suddivisione in elementi computazionali.

reach	lunghezza tot (km)	numero elementi	lunghezza elemento (km)
SEVESO 0	7,16	7	1,02
SEVESO 1	3,21	3	1,07
SEVESO 2	2,76	3	0,92
SEVESO 3	4,95	5	0,99
SEVESO 4	2,49	3	0,83
SEVESO 5	5,00	5	1,00
SEVESO 6	6,19	6	1,03
SEVESO 7	6,65	7	0,95
SEVESO 8	5,28	5	1,06

Tabella 4.1 Suddivisione dei reach in sottotratti

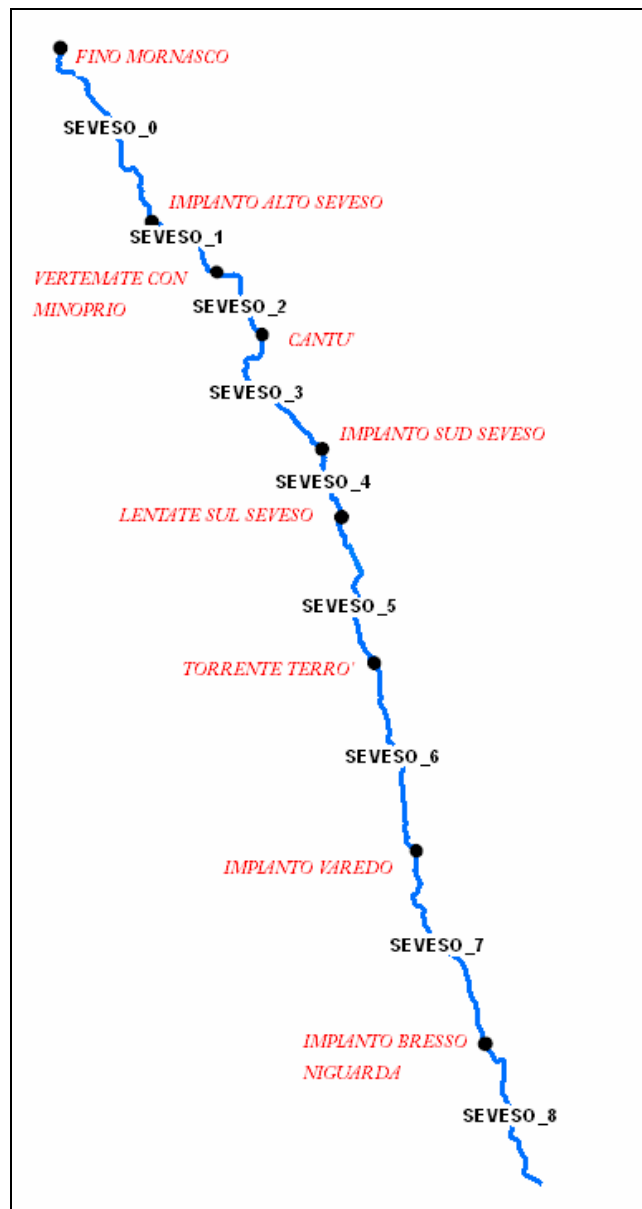


Figura 4.1 Suddivisione del Seveso in reach

4.1 DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE DEL SEVESO

Il passaggio successivo è la determinazione delle caratteristiche idrauliche per ogni tratto. Essendo a conoscenza della portata iniziale, pari al valore misurato nella stazione ARPA di Fino Mornasco, e di tutti i contributi dati dagli scarichi e dagli affluenti posti lungo il corso d'acqua, è stato possibile ricavare l'andamento delle portate, individuando il valore uscente da ogni reach.

A questo punto, come già esposto nel capitolo relativo all'utilizzo del QUAL2K, è possibile utilizzare la formula di Manning:

$$Q = \frac{S_0^{1/2}}{n} \frac{A_c^{5/3}}{P^{2/3}}$$

Qui di seguito è raffigurata la schematizzazione dell'alveo compatibile con la rappresentazione della formula di Manning del fiume-canale. Sono anche indicate le misure scelte utilizzate come riferimento nel caso del Seveso.

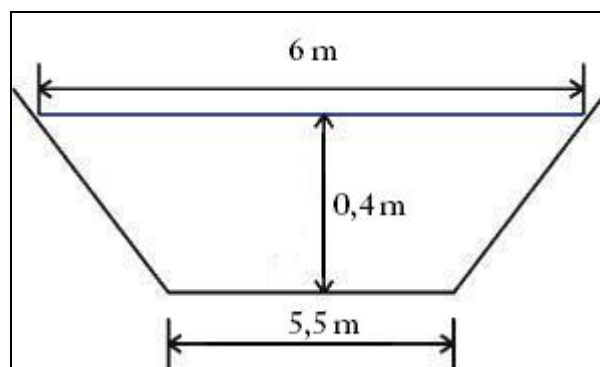


Figura 4.2 Schematizzazione alveo del Seveso

A questo punto è stata applicata la formula di Manning ed individuato il coefficiente di scabrezza n , richiesto specificatamente nel QUAL2K. Viene riportata una tabella con i risultati ottenuti.

reach	h (m)		Q (m3/s)	pendenza canale	n
	da	a			
SEVESO 0	362	298	0,29	0,00894	0,3933
SEVESO 1	298	258	0,60	0,01245	0,2235
SEVESO 2	258	248	0,57	0,00362	0,1270
SEVESO 3	248	229	0,50	0,00384	0,1485
SEVESO 4	229	221	0,76	0,00322	0,0891
SEVESO 5	221	193	0,76	0,00560	0,1176
SEVESO 6	193	172	1,01	0,00339	0,0687
SEVESO 7	172	143	0,95	0,00436	0,0834
SEVESO 8	143	125	1,64	0,00341	0,0425

Tabella 4.2 Caratteristiche idrauliche del Seveso

4.2 DEFINIZIONE DEI CARICHI PUNTUALE (POINT SOURCE)

Come già anticipato ogni contributo alla portata fluente, affluenti compresi con la sola eccezione del Terrò e di conseguenza al carico inquinante, sono implementati nel modello come Point Source, ossia come sorgenti puntuali. Queste sono già state suddivise, nel caso del Seveso, in tre categorie: depuratori, affluenti e scarichi industriali.

4.2.1 Depuratori

I depuratori sono la tipologia di Point Source maggiormente influente nella valutazione della portata lungo il corso del Seveso: di conseguenza il loro forte peso si noterà anche nelle simulazioni degli andamenti dei carichi inquinanti.

I dati utilizzati sono le misurazioni ARPA 2009, e dove non si aveva una sufficiente disponibilità di informazioni, si sono utilizzate anche quelle relative al 2008. Dai dati ha disposizione delle misure, si è preso in considerazione il valore mediano.

	ALTO SEVESO	SUD SEVESO	VAREDO	BRESSO-FIGUARDA
posizione (distanza da valle)(km)	36,53	25,61	11,94	4,09
portata (m ³ /s)	0,3005	0,2614	0,2939	0,6928
BOD (mg/L)	8	4	16	5
detritus (mg/L) [detritus= COD-BOD]	49,5	54	49	5
solidi sospesi (mg/L)	10,5	6	23	5
N organico (µg/L)	5640,5	12959,5	2100	1750
N ammoniacale(µg/L)	775	1650	8000	4000
N nitrico (µg/L)	12540,83	5390,5	9600	13250
P inorganico (µg/L)	600	1415	3700	2000
cromo totale (µg/L)	10	10	8	10
nichel (µg/L)	24,5	19,5	9	50
piombo (µg/L)	2,5	2,5	20	10
rame (µg/L)	15	15	10	40
zinco (µg/L)	62,5	59	100	200
solforati (mg/L)	101,4	99,6	57	25
cloruri (mg/L)	134	120,5	93	67

Tabella 4.3 Depuratori

4.2.2 Industriali

Anche per quanto riguarda l'individuazione dei valori di portata e le concentrazioni relative agli scarichi industriali, sono stati utilizzati dei dati forniti dall'ARPA relativi all'anno 2009.

	ITALCAVE 2000 S.R.L	BOLTON ALIMENTARI S.P.A.	STIGLIANO S.N.C.	TINTORIA FRATELLI ROSINA
posizione (distanza da valle)(km)	32.9	28.47	24.19	2.56
portata (m ³ /s)	0.06944	0.03472	0.00008	0.00116
BOD (mg/L)	7	10	10	5
detritus (mg/L) [detritus= COD-BOD]	10	10	40	133.33
solidi sospesi (mg/L)	5	13	22.67	
N organico (µg/L)	284	8350		
N ammoniacale(µg/L)	95	300	4000	1333.33
N nitrico (µg/L)	1520	5100	7000	
P inorganico (µg/L)	670	600	5666.67	5000
cromo totale (µg/L)	10	10	5	10
nichel (µg/L)	5		6.67	50
piombo (µg/L)	2.5		25	10
rame (µg/L)	15	100	10	50
zinco (µg/L)	15	100	50	190
solforati (mg/L)	35.4	28.5	51	814
cloruri (mg/L)	37.7	172	182.5	748

Tabella 4.4 Attività industriali

4.2.3 Affluenti

Per la determinazione degli apporti relativi agli affluenti Serenza e Terrò, sono state applicate due metodologie diverse: per il primo sono stati utilizzati come riferimento i dati rilevati nella stazione di monitoraggio ARPA di Carimate mentre pur essendo disponibile per il torrente Terrò una stazione di monitoraggio appena a monte della sua confluenza nel Seveso, il Terrò è stato modellizzato anch'esso attraverso il QUAL2K e i dati di output del modello, calibrati attraverso la stazione ARPA di controllo, costituiscono un input diretto nella simulazione del fiume Seveso.

Qui di seguito è riportata una tabella che racchiude i dati di portata e le concentrazioni degli inquinanti nel Serenza.

	posizione (distanza da valle)(km)	portata (m ³ /s)	ossigeno disciolto (mg/L)	cromo totale (µg/L)	nichel (µg/L)	rame (µg/L)	zinc (µg/L)
TORRENTE SERENZA	26,21	0,0726	11,3	2,5	5	16	10

Tabella 4.5 Torrente Serenza

4.2.4 Terrò

Come già anticipato, l'asta del Terrò è stata modellizzata come tributario del Seveso. Dal momento che l'unica stazione di monitoraggio è posta poco a monte della confluenza nel fiume Seveso, non c'erano disposizione dei dati da usare come input del modello. Dopo consultazione con ARPA è stato quindi ipotizzato per l'headwater del Terrò un valore di portata minima, pari a 0,05 m³/s. Bisogna far notare innanzitutto quanto sia predominante il peso dell'impianto Valbe (Mariano Comense) sulla portata fluente del Terrò: basti pensare che la portata che l'impianto scarica è di circa 0,26 m³/s, mentre il valore misurato in uscita dal torrente è pari a 0,23 m³/s.

Il processo di modellizzazione del Terrò è sostanzialmente analogo a quello del Seveso.

Prima di tutto bisogna suddividere in tratti il corso del torrente: il Terrò viene suddiviso in 2 reach, detti SEVESO 9 e SEVESO 10, lunghi rispettivamente circa 13 e 7 km, separati nel punto corrispondente all'ingresso del Certesa nel Terrò.

Il criterio della determinazione dei sottotratti è il medesimo utilizzato per il Seveso, ossia dividere i reach in modo tale che gli elementi computazionali siano lunghi all'incirca un chilometro.

Per quanto riguarda la definizione delle caratteristiche idrauliche, le dimensioni dell'alveo sono indicate nella figura sottostante.

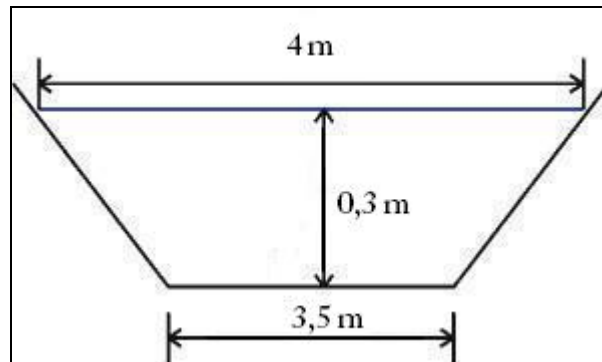


Figura 4.3 Schematizzazione alveo del Terrò

Infine, conoscendo portata, pendenza del canale e dimensione dell'alveo, è stato possibile individuare il coefficiente di Manning per i due tratti.

Nella tabella sottostante sono riassunte le principali grandezze idrauliche di ogni tratto.

	SEVESO 9	SEVESO 10
lunghezza (km)	12,967	7,187
numero elementi	13	7
lunghezza elementi (km)	0,997	1,027
h (m)	da	247
	a	201
portata uscente (m³/s)	0,256	0,230
pendenza canale	0,011	0,006
numero di manning n	0,111	0,096

Tabella 4.6 Caratteristiche idrauliche del Terrò

4.2.4.1 Definizione dei Point Source

Lungo il torrente Terrò sono presenti delle sorgenti che contribuiscono alla portata fluente. Questi, già elencati precedentemente, si suddividono in:

- Scarichi di fognatura;

- Scarichi industriali, la ditta Fava Bibite;
- Affluenti: il Certesa dove scarica il depuratore di Mariano Comense.

Nella tabelle sottostante sono raggruppate le principali informazioni relative a questi Point Source.

	FG 01302906/07/08	FG 01302905	CERTESA (IMPIANTO VALBE)	FAVA BIBITE S.A.S.
posizione (distanza da valle)(km)	14,45	14,15	7,19	6,07
portata (m3/s)	0,001157407	0,000651042	0,255671296	0,000891204
BOD (mg/L)	40,25	26	9	1
detritus (mg/L) [detritus= COD-BOD]	685,8	494	49,5	4
solidi sospesi (mg/L)	224	22	21	2,5
Il organico (µg/L)			2269,5	1133,11
Il ammoniacale(µg/L)	67600	88000	4100	248,89
Il nitrico (µg/L)			7560,5	3718
P inorganico (µg/L)	4731	5800	1825	290
solforati (mg/L)			34,05	46,7
cloruri (mg/L)			85,05	8,1

Tabella 4.7 Point Source del Terrò

4.3 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DEL TERRO'

Dopo aver elencato precedentemente le caratteristiche idrauliche del torrente e tutte le sorgenti puntiformi presenti lungo il suo corso, è possibile far girare il modello ottenendo così dei risultati.

Qui di seguito è raffigurato il grafico relativo alla portata fluente: è possibile notare sia evidente l'influenza del Certesa, e di conseguenza dell'impianto di depurazione di Mariano Comense, sulla portata totale. Tale influenza è rappresentata nel grafico da un grosso scalino.

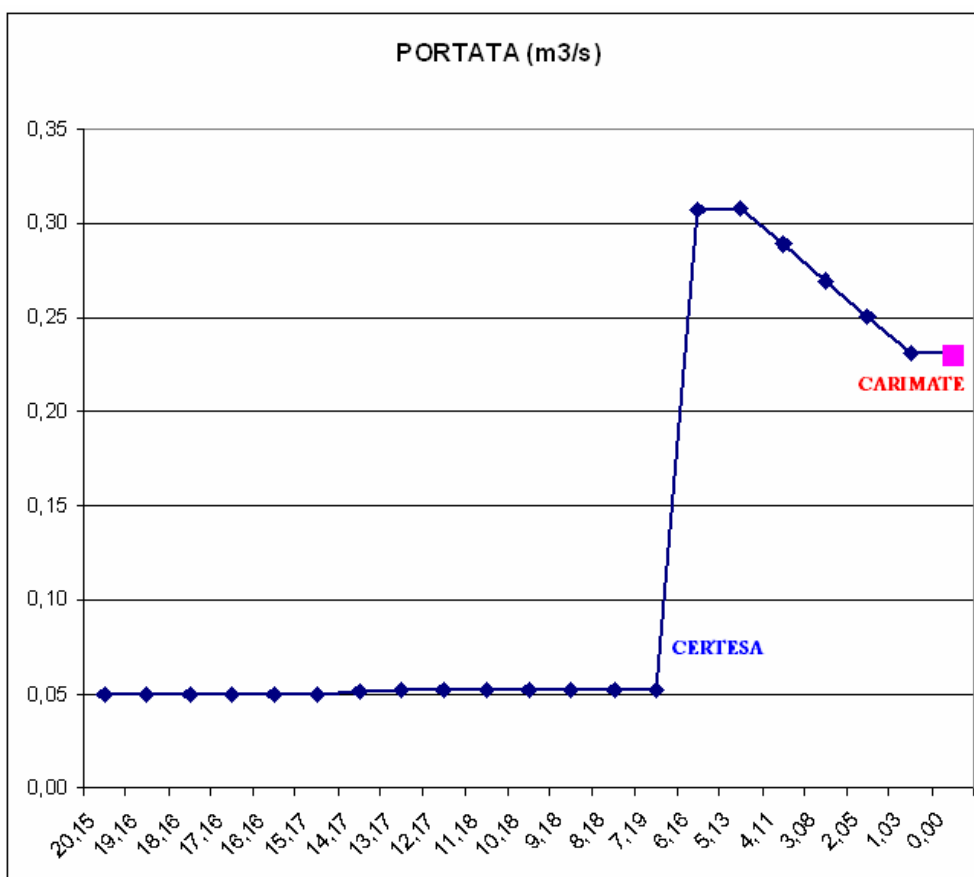


Grafico 4.1 Andamento della portata nel Terrò

Per quanto riguarda le concentrazioni di inquinanti, qui di seguito sono rappresentati degli istogrammi, nel quale si paragonano i valori ottenuti dal modello con quella registrati nella stazione di monitoraggio ARPA di Paderno Dugnano.

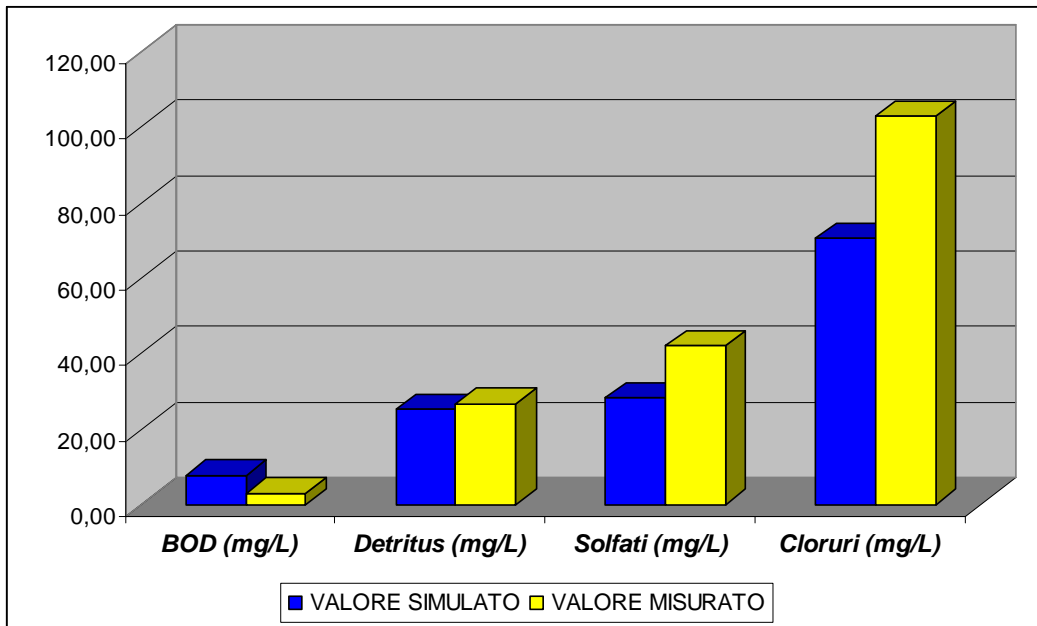


Grafico 4.2 Istogramma di confronto fra i valori misurati e quelli simulati all'uscita del Terrò per BOD, detritus, cloruri e solfati

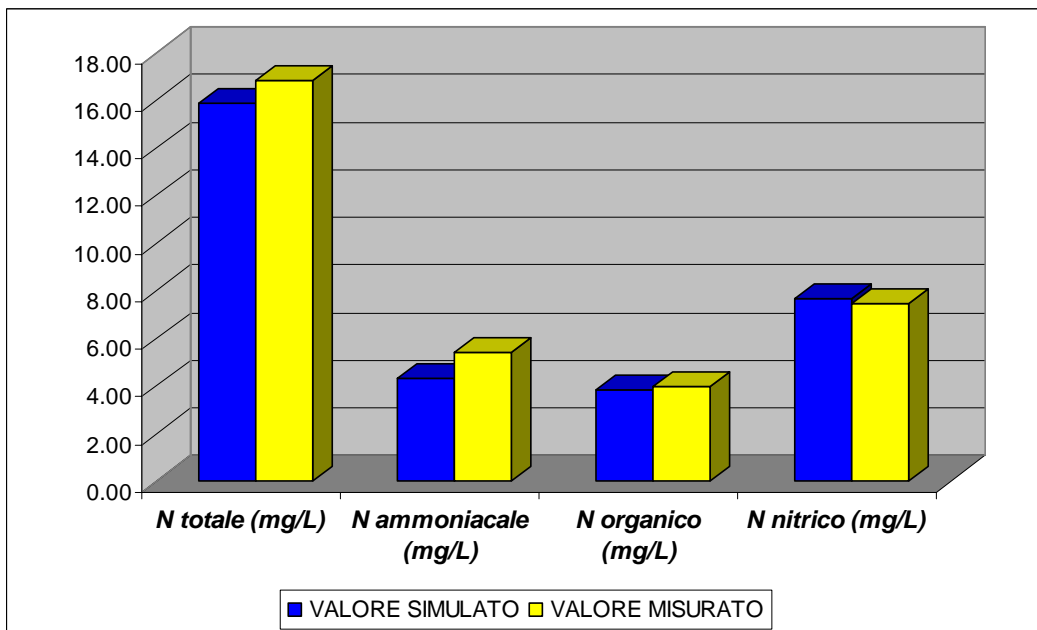


Grafico 4.3 Istogramma di confronto fra i valori misurati e quelli simulati all'uscita del Terrò per l'azoto

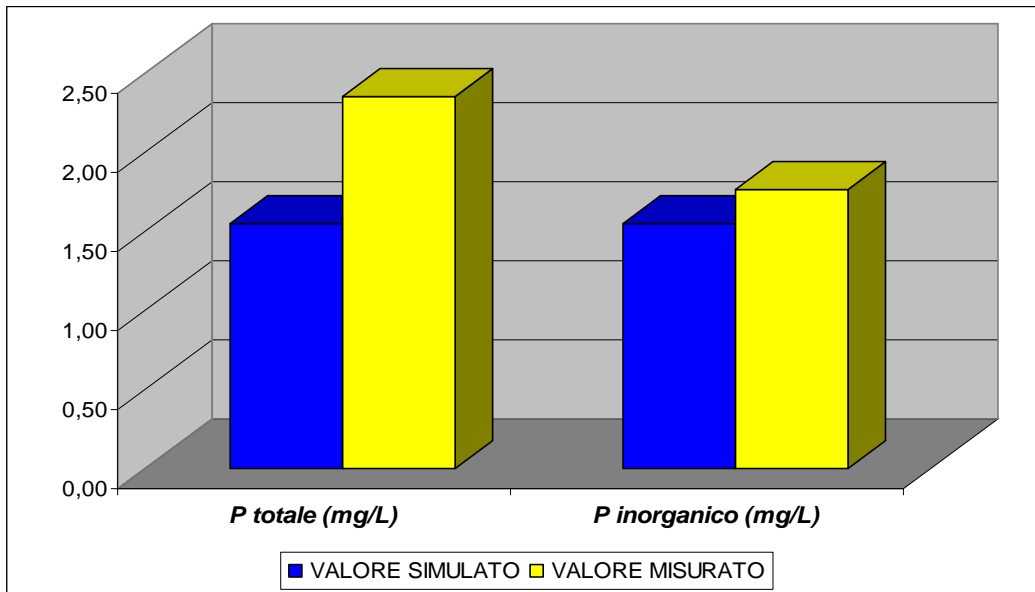


Grafico 4.4 Istogramma di confronto fra i valori misurati e quelli simulati all'uscita del Terrò per il fosforo

Dai grafici precedenti è possibile notare come il valore ottenuto dal modello si discosti da quello rilevato. Per quanto riguarda il BOD si rileva una sovrastima pur avendo utilizzato un coefficiente di ossidazione molto alto. Soffermandosi invece sull'azoto e le sue forme, non c'è stato nemmeno bisogno di individuare dei valori di costanti di idrolisi dell'azoto organico e di nitrificazione dell'ammoniacale a nitrato perché, già con i valori di default del QUAL2K (rispettivamente 0 d^{-1} e $1,640 \text{ d}^{-1}$), il modello dava risultato molto validi, poco discordanti dal valore misurato nella stazione di controllo.

Il valore di fosforo ottenuto dalla simulazione risente della mancanza di dati di speciazione relative alle forme di fosforo organico e inorganico. Gli apporti di fosforo totale sono stati considerati come fosforo inorganico. Questa assunzione potrebbe essere la causa della sottostima

Infine, considerando solfati e cloruri, dal grafico si può intuire una mancanza di carico per entrambe le sostanze, dovuto però anche in questo caso a lacune dei dati a disposizione.

Qui di seguito è rappresentata una tabella che racchiude le caratteristiche del torrente Terrò che verranno utilizzati nella simulazione del Seveso.

	TERRO'
posizione (distanza da valle)(km)	18,13
portata (m ³ /s)	0,23
BOD (mg/L)	7,77
detritus (mg/L)	
[detritus= COD-BOD]	25,2
solidi sospesi (mg/L)	18,31
Il organico (µg/L)	3830,64
Il ammoniacale(µg/L)	4352,77
Il nitrico (µg/L)	7664,84
P inorganico (µg/L)	1543,91
P organico (µg/L)	590
solforati (mg/L)	28,37
cloruri (mg/L)	70,54

Tabella 4.8 Valori in uscita dal Terrò ricavati dal modello

4.4 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DEL SEVESO

Nel caso del Seveso, la portata fluente arriva a valle ad un valore pari a 1,6 m³/s. I maggiori apporti sono dati, come ci si aspettava, dai depuratori e dal torrente Terrò. Qui di seguito è rappresentato l'andamento della portata fluente.

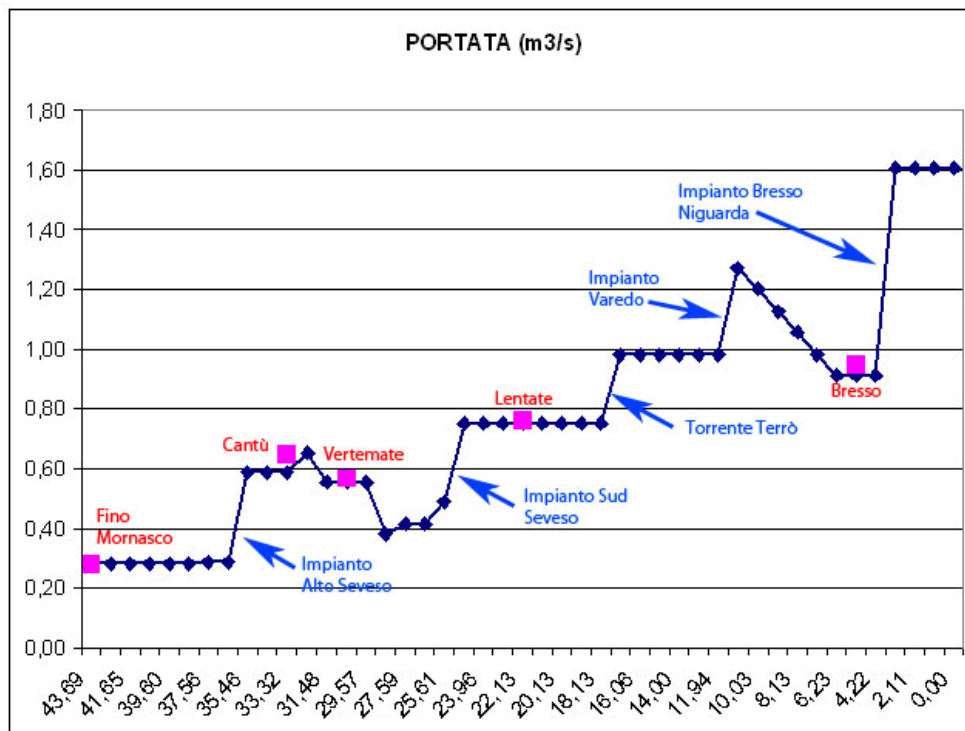


Grafico 4.5 Andamento della portata del Seveso

A questo punto verranno trattati in dettaglio le concentrazioni degli inquinanti presi in considerazione.

4.4.1 BOD

I valori ottenuti dal modello relativi alla concentrazione del BOD si avvicinano molto alle misure registrate dalle stazioni di monitoraggio poste lungo il corso del Seveso. Come è possibile vedere nel grafico sottostante, i maggiori apporti sono dati dall'impianto di Fino Mornasco e da quello di Varedo, mentre gli apporti degli altri due depuratori non determinano picchi di concentrazione apprezzabili. Dal profilo del BOD si può anche notare come sia rilevante l'apporto del torrente Terrò a circa 18 km dalla sezione di chiusura del modello.

Nel grafico che segue sono indicati i valori di concentrazione media misurati nelle stazione di controllo ARPA (quadrati rosa) e i valori di massimo e di minimo (quadrati grigi).

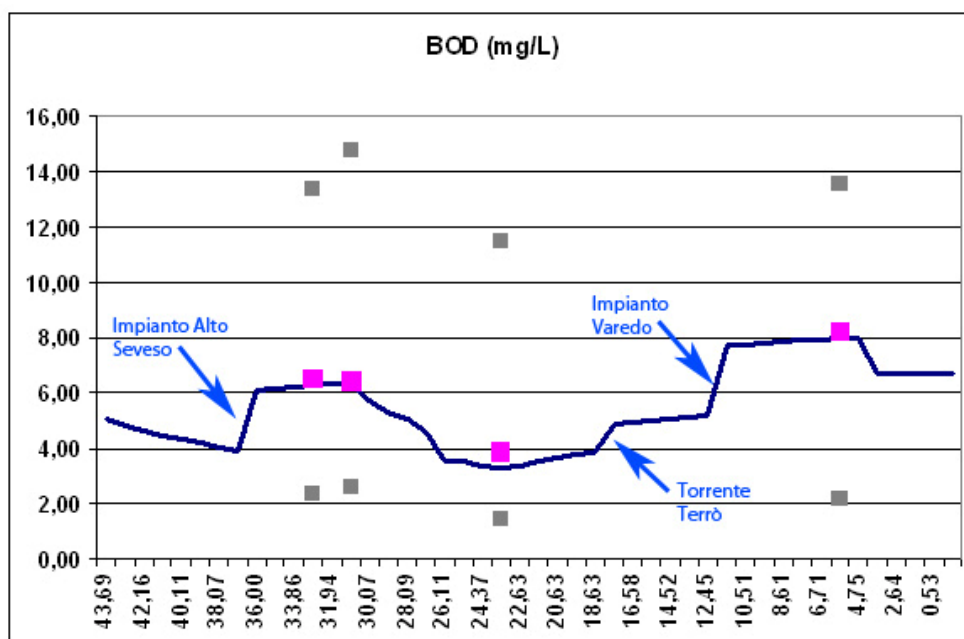


Grafico 4.6 Andamento della concentrazione di BOD

Dall'analisi della valutazione degli apporti, più dell'80% è dovuto ai depuratori, mentre la restante parte è data, come riportato dal grafico, dagli industriali e dagli affluenti.

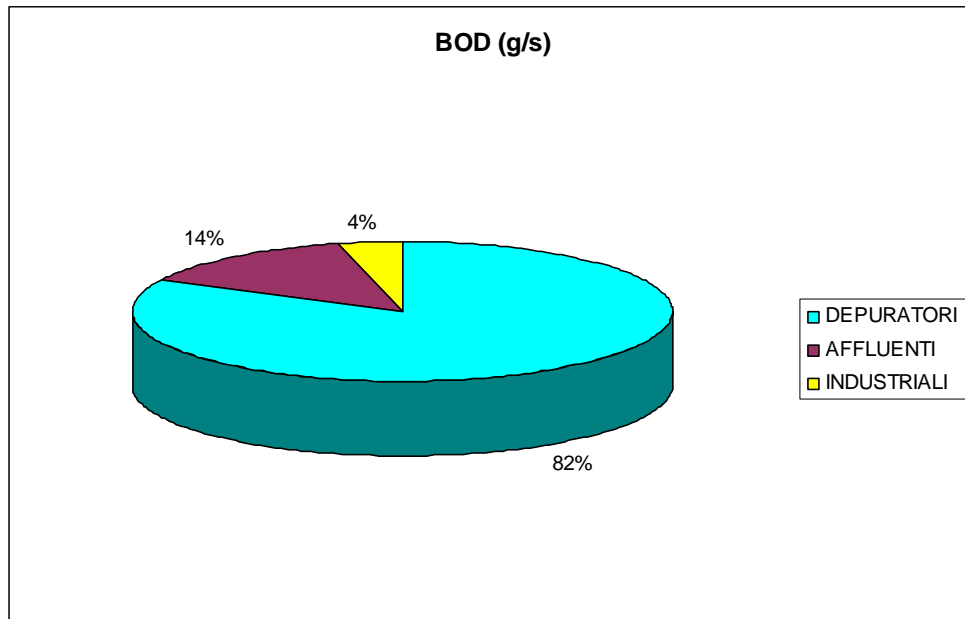


Figura 4.4 Ripartizione del carico di BOD

Per quanto riguarda il tasso d'ossidazione del BOD (k_{dc}), il suo valore varia lungo i tratti. Infatti per quasi la maggior parte dei reach esso assume un valore pari a 1 d^{-1} , ma nei tratti denominati SEVESO 3 e SEVESO 4, ossia dalla stazione ARPA di Cantù fino a quella di Lentate sul Seveso, il tasso di ossidazione è più elevato con un conseguente maggior consumo del BOD ($k_{dc} = 5\text{ d}^{-1}$).

4.4.2 COD

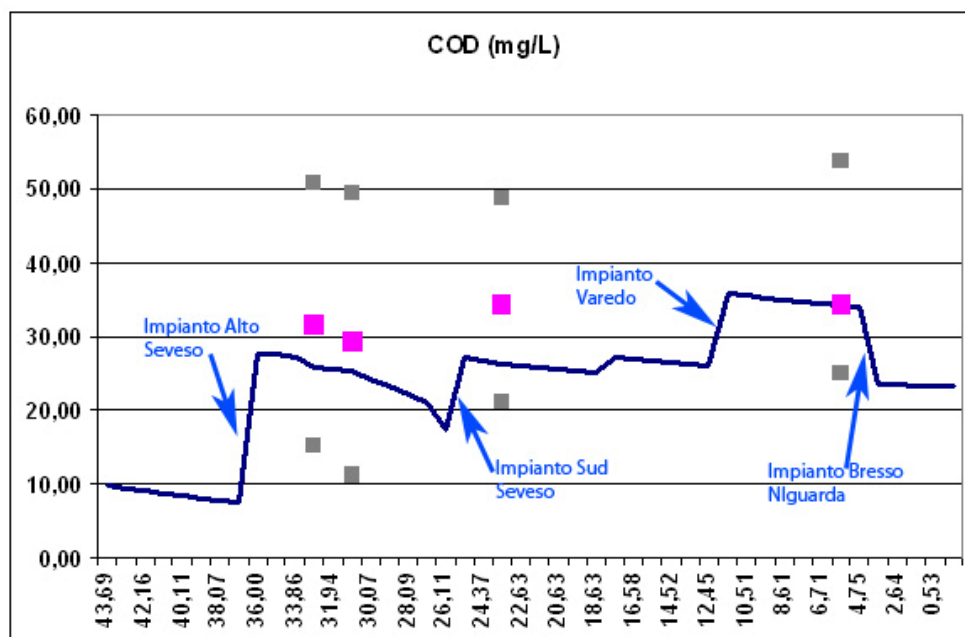


Grafico 4.7 Andamento della concentrazione di COD

Prima di tutto bisogna ricordare che il QUAL2K, simula la frazione organica attraverso la speciazione delle sue componenti. La componente Detritus, può essere considerata la differenza fra COD e BOD. Il QUAL2K, una volta inseriti sia i dati di BOD che di Detritus, simula gli andamenti sia del BOD che del Detritus, ma anche del COD (CBOD_u). L'andamento della concentrazione di COD lungo il Seveso è fortemente influenzata dai contributi dati dai depuratori: gli impianti di Fino Mornasco, Carimate e di Varedo producono un forte aumento di concentrazione mentre l'impianto di Bresso, scaricando a una concentrazione inferiore rispetto a quella presente nel fiume in quel punto, determina una diluizione.

Da quanto precedentemente detto e ulteriormente sottolineato dal grafico sottostante, la componente derivante dai depuratori, che è la maggiore, supera l'80% del carico totale di COD. La restante parte è in gran parte dovuta agli affluenti e in minima parte agli scarichi industriali.

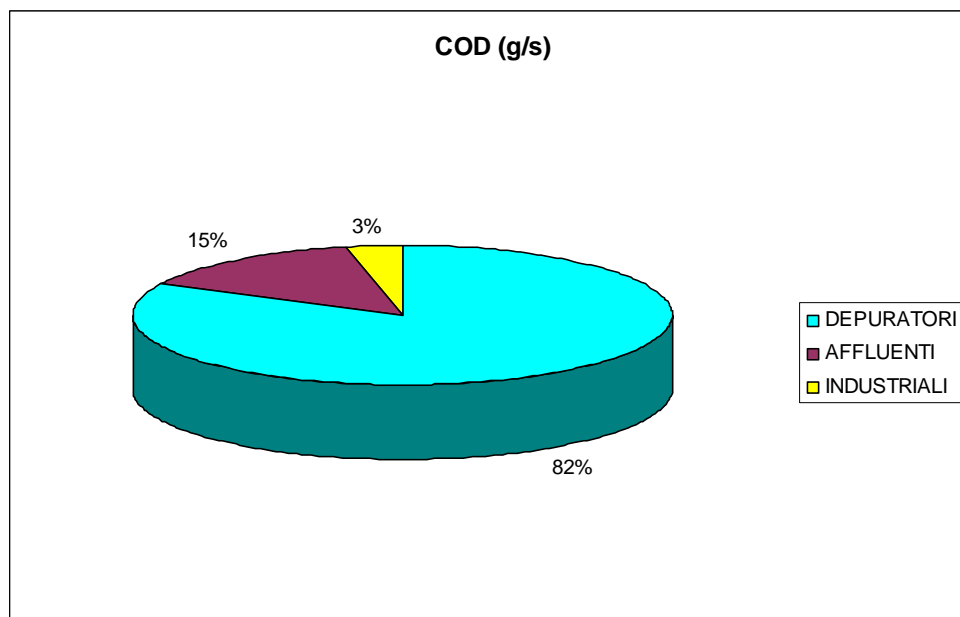


Figura 4.5 Ripartizione del carico di COD

4.4.3 Solidi sospesi

Il risultato della simulazione, per quanto riguarda la concentrazione di solidi sospesi è molto valido, infatti solo in un punto la concentrazione è lievemente sottostimata. Come per il BOD e il COD, anche l'andamento degli SS è fortemente influenzato dai contributi provocati dagli scarichi dei depuratori: gli apporti dovuti agli impianti di Fino Mornasco e di Varedo provocano un aumento della concentrazione, mentre quelli dovuti agli impianti di Bresso e, in minima parte, di Carimate producono un effetto diluente. Bisogna notare un ulteriore aumento di concentrazione a circa 18 km da valle, dovuto all'ingresso del Terrò nel Seveso.

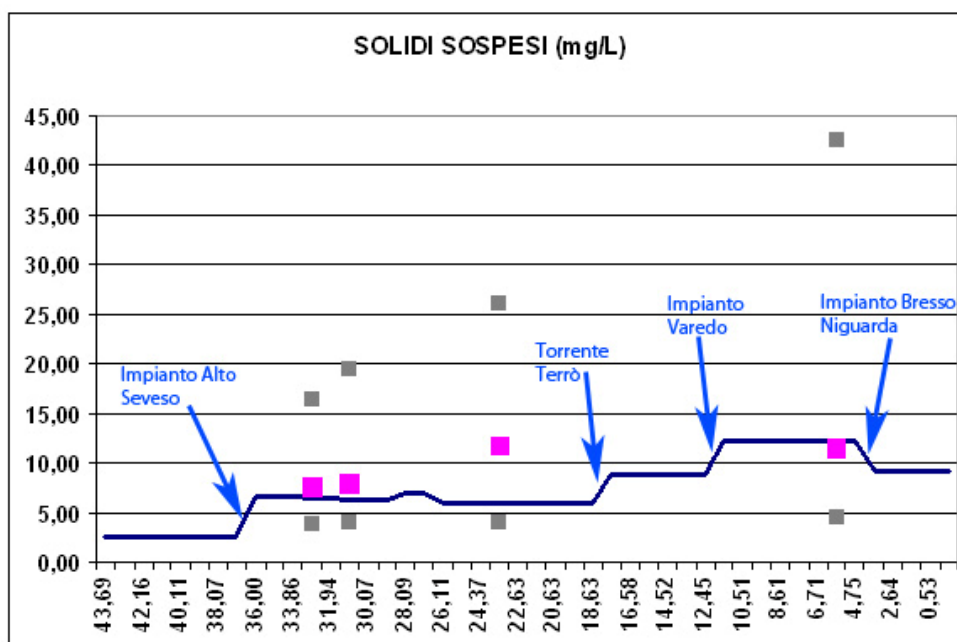


Grafico 4.8 Andamento della concentrazione di solidi sospesi

Per quanto riguarda la ripartizione dei carichi di solidi sospesi fra le tre tipologie di Point Source, la parte predominante è data dal contributo dei depuratori per il 73%. Gli affluenti, soprattutto a causa del Terrò, corrispondono al 22% del totale. Il restante 5% rappresenta l'apporto dato dagli scarichi industriali.

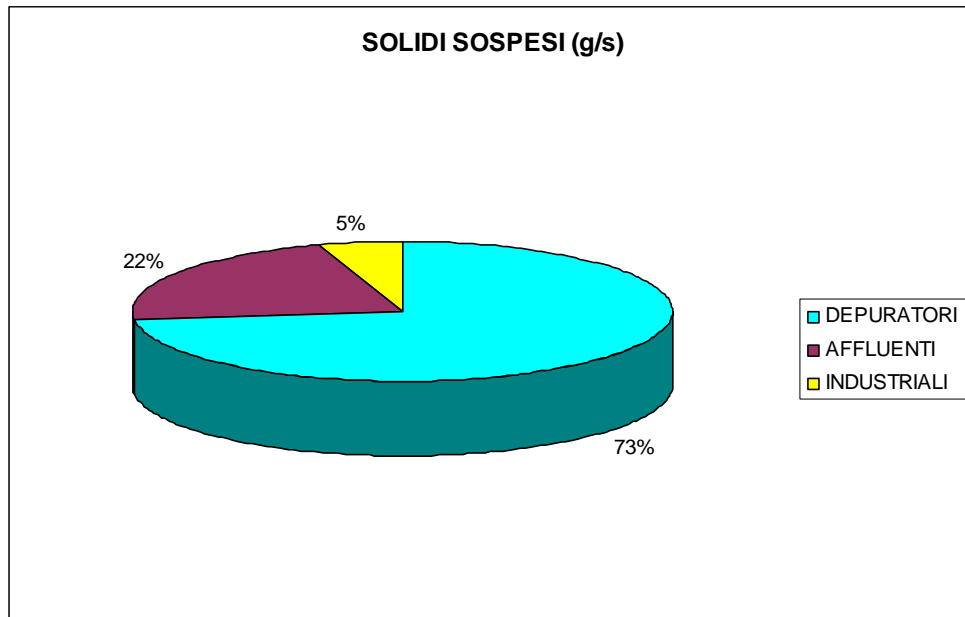


Figura 4.6 Ripartizione del carico di solidi sospesi

Per quanto riguarda la cinetica, si è utilizzato come valore di velocità di sedimentazione v_i , quello di default del QUAL2K, pari a 1,304 m/d

4.4.4 Azoto

4.4.4.1 Azoto organico

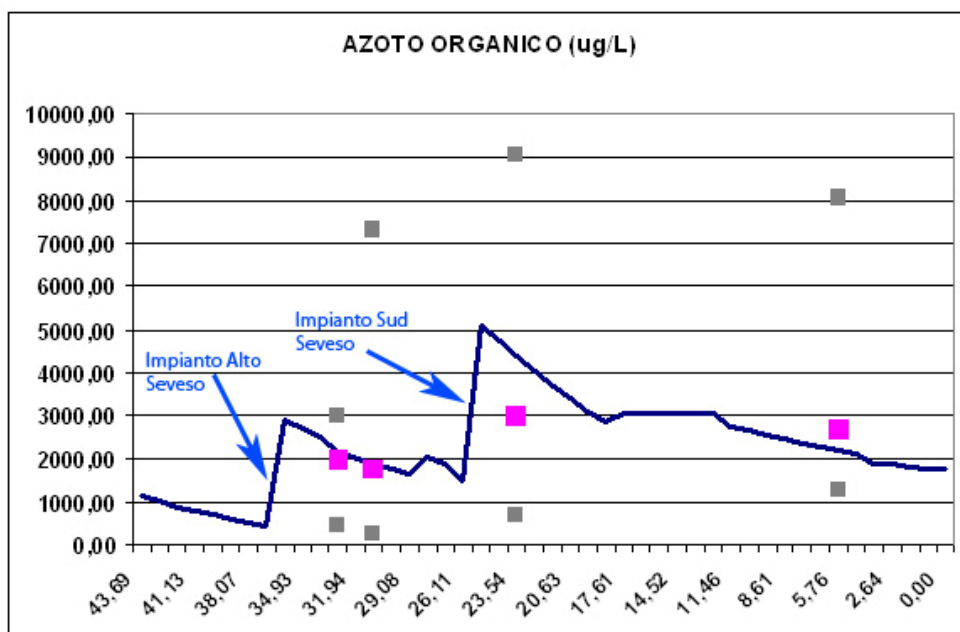


Grafico 4.9 Andamento della concentrazione di azoto organico

Dall'analisi dell'andamento dell'azoto organico, sono visibili due picchi molto pronunciati, causati dagli apporti dati dal depuratore di Fino Mornasco e da quello di Carimate. I risultati ottenuti dal modello non si discostano molto da valori misurati, tranne nel caso di Lentate sul Seveso: in questo punto il valore è sovrastimato dovuto all'elevato apporto di organico dato dall'impianto "Sud Seveso". Anche in questo caso gran parte del contributo di azoto organico è dato dai depuratori per più dell'80%.

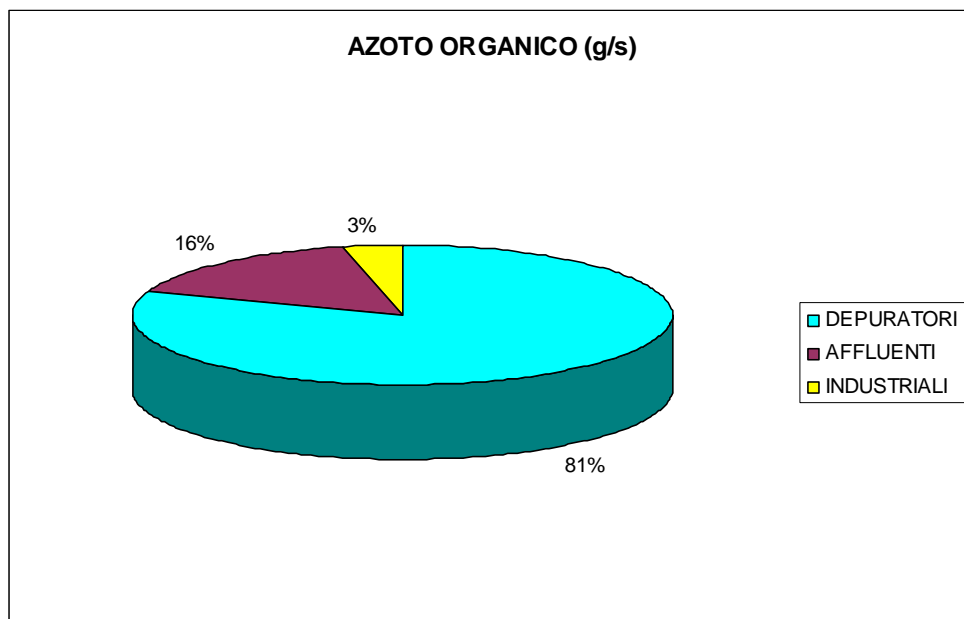


Figura 4.7 Ripartizione del carico di azoto organico

Il tasso di idrolisi dell'organico (k_{hn}), che regola il passaggio dell'azoto dalla forma organica a quella ammoniacale, assume un valore di 3 d^{-1} per tutto il Seveso, per arrivare a 5 d^{-1} subito a valle dello scarico di Carimate. La k_{hn} ritorna al valore iniziale dopo l'ingresso del Terrò nel fiume. È giusto far notare che l'aumento di tale valore produrrà un aumento di concentrazione dell'azoto ammoniacale.

4.4.4.2 Azoto ammoniacale

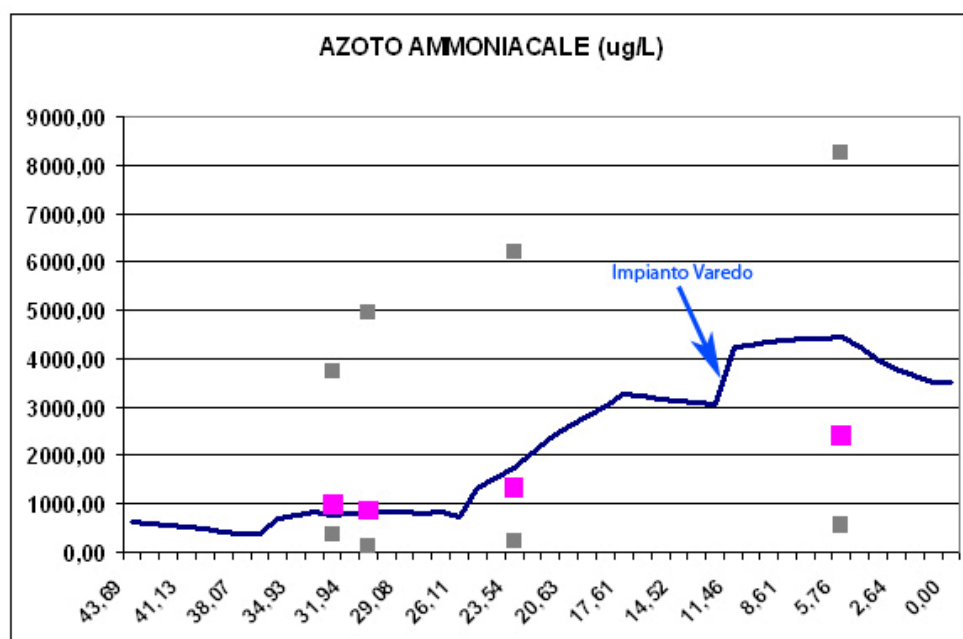


Grafico 4.10 Andamento della concentrazione di azoto ammoniacale

Quanto detto in precedenza relativo al tasso k_{ln} si riscontra nel grafico sovrastante: l'aumento di tale parametro produce un incremento della pendenza nel punto subito a valle all'impianto Sud Seveso, a circa 26 km da valle. Inoltre sull'andamento dell'azoto ammoniacale influisce il tasso di nitrificazione (k_{na}), che ha un valore di $6 d^{-1}$. Il suo valore diminuisce fino a $1 d^{-1}$, in corrispondenza dello scarico nel Seveso dell'impianto di Varedo.

Anche in questo caso l'apporto maggiore è dato dai depuratori, questa volta il loro contributo arriva fino all'86%.

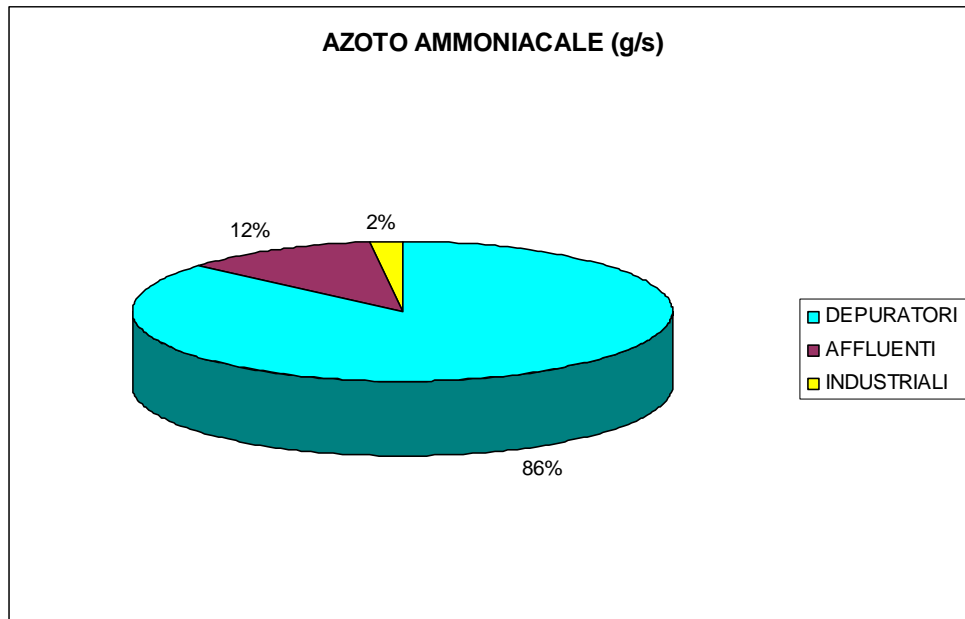


Figura 4.8 Ripartizione del carico di azoto ammoniacale

4.4.4.3 Azoto nitrico

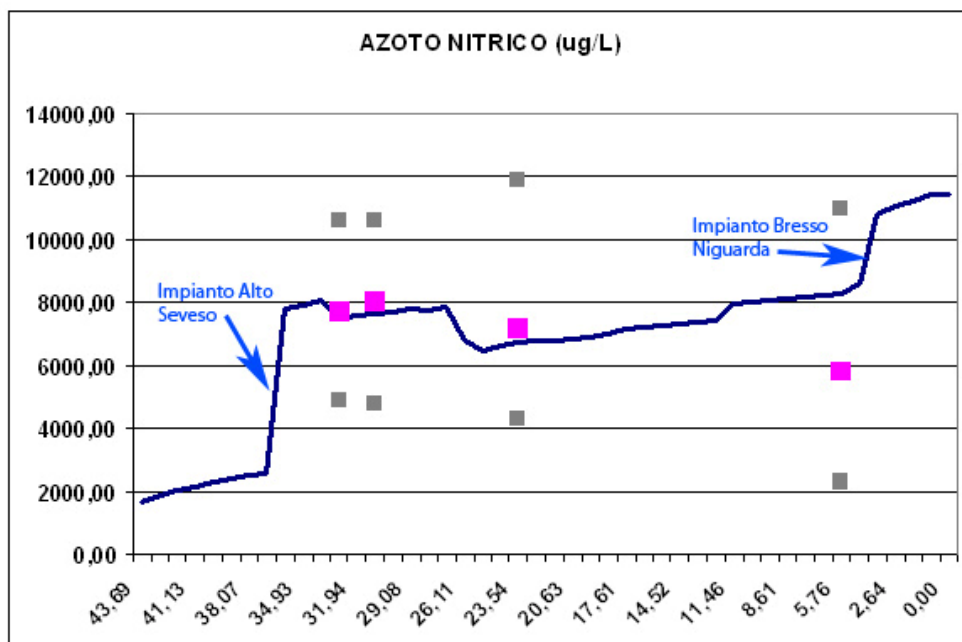


Grafico 4.11 Andamento della concentrazione di azoto nitrico

Per quanto riguarda l'andamento dell'azoto nitrico, salta subito all'occhio il forte contributo dato dal depuratore Alto Seveso. Si può anche notare un altro importante contributo, anche se minore del primo, dato dal depuratore Bresso-Niguarda a circa 6 km dalla chiusura del Seveso.

L'andamento crescente è dato invece dalla scelta di un valore positivo del tasso di nitrificazione, che provoca una costante crescita di concentrazione.

Per quanto riguarda il tasso di denitrificazione (k_{dn}) è stato posto a zero.

L'apporto dei depuratori supera l'85%, mentre quello degli affluenti arriva fino al 10%.

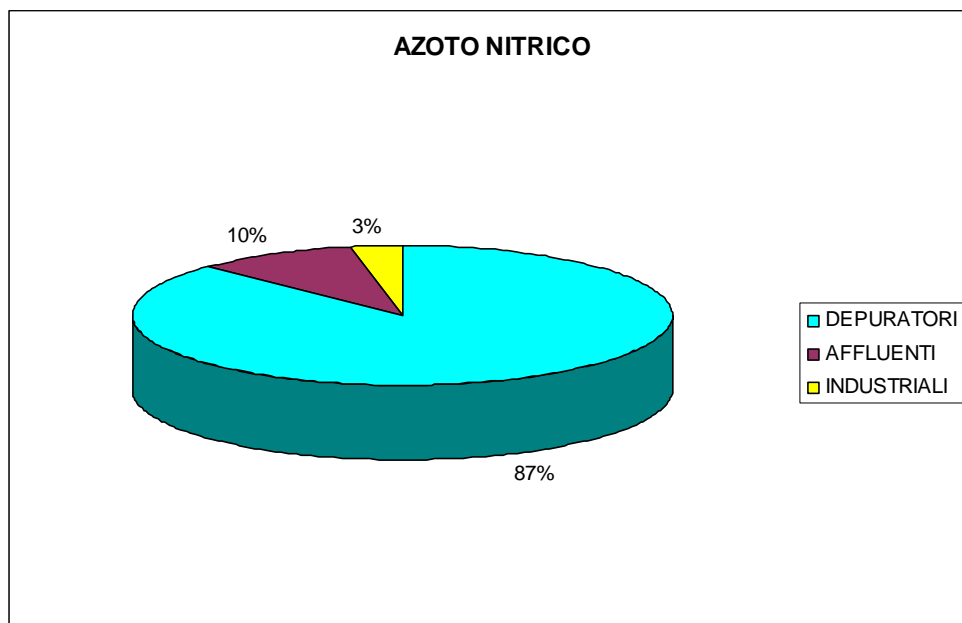


Figura 4.9 Ripartizione del carico di azoto nitrico

4.4.4.4 Azoto totale

Infine bisogna valutare l'andamento dell'azoto totale: anche questo grafico evidenzia l'influenza dell'elevato contributo del depuratore di Fino Mornasco relativo alla componente nitrica. I successivi gradini, anche se di minor entità, rappresentano gli apporti rispettivamente dell'impianto di Carimate, del Terrò, del depuratore di Varedo e infine quello di Bresso.

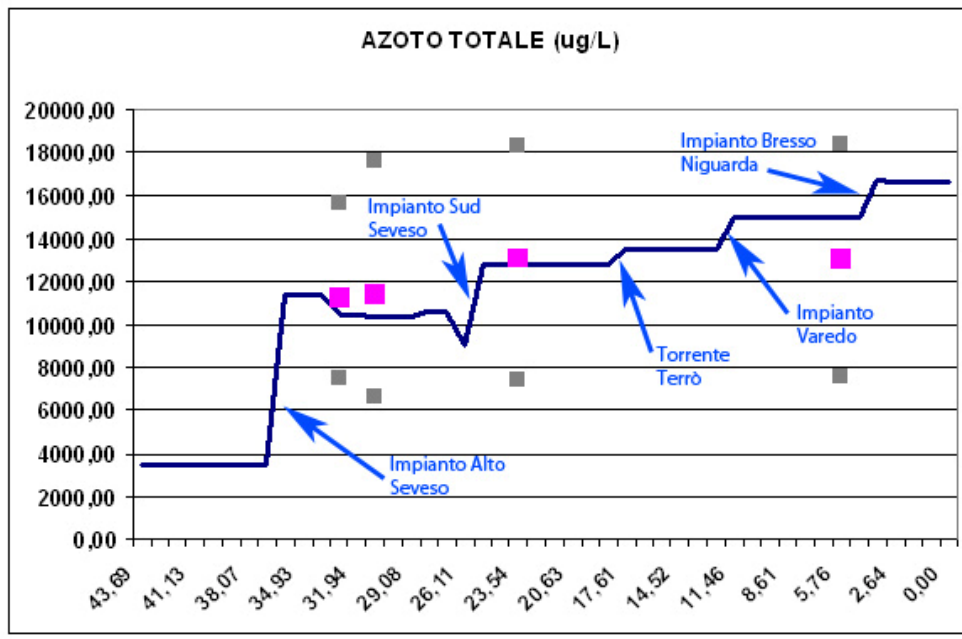


Grafico 4.12 Andamento della concentrazione di azoto totale

4.4.5 Fosforo

Poiché tutti i dati a disposizione si riferiscono al fosforo totale e non si hanno informazioni relative alla componente organica ed inorganica, viene applicata l'ipotesi già precedentemente sottolineata, ossia considerare il fosforo totale come inorganico.

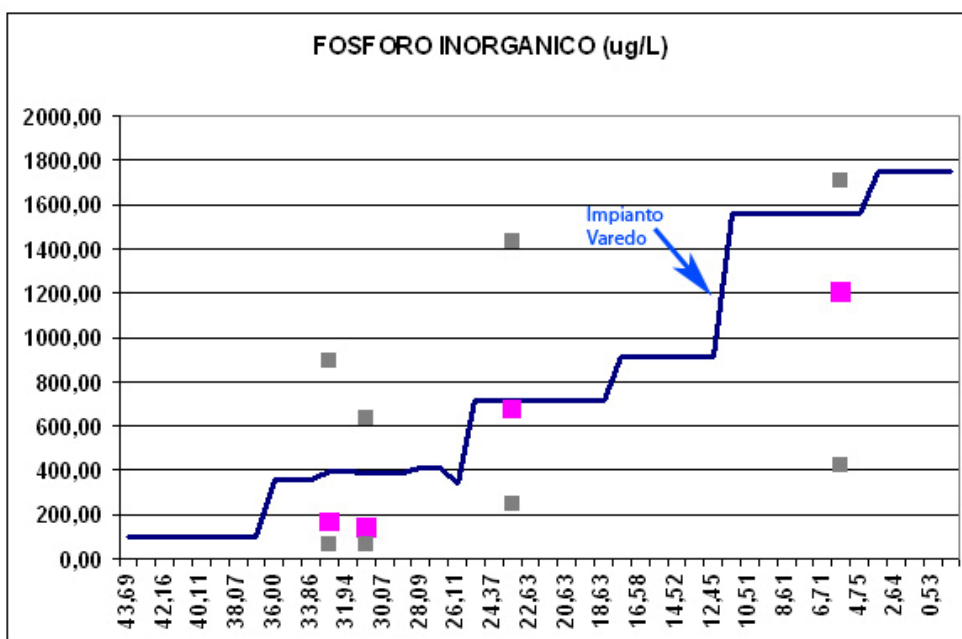


Grafico 4.13 Andamento della concentrazione di fosforo inorganico

Come è possibile notare dal grafico qui sopra riportato, i maggiori apporti derivano dagli scarichi dei depuratori: il più significativo fra questi è sicuramente dovuto dall'impianto di Varedo. I valori ottenuti dalla simulazioni non si discostano di molto da quelli misurati nelle stazioni ARPA, tranne nel tratto finale dove è sovrastimato il valore misurato alla stazione di Bresso.

Vale la pena focalizzare l'attenzione proprio in questo ultimo tratto: la stazione di monitoraggio di Bresso precede il depuratore. Questo fatto produce un'incertezza proprio nella parte finale del Seveso, poichè non è possibile confrontare i dati in uscita dall'impianto con dei valori misurati.

Come per le altre sostanze trattate fin'ora, l'apporto maggiore è dato dai depuratori: in questo caso arriva a un valore di 89%, mentre gli industriali contribuiscono per il 9% del totale. Il restante 2% degli apporti è dovuto agli ingressi nel Seveso dei due affluenti considerati, ossia il Serenza e il Terrò.

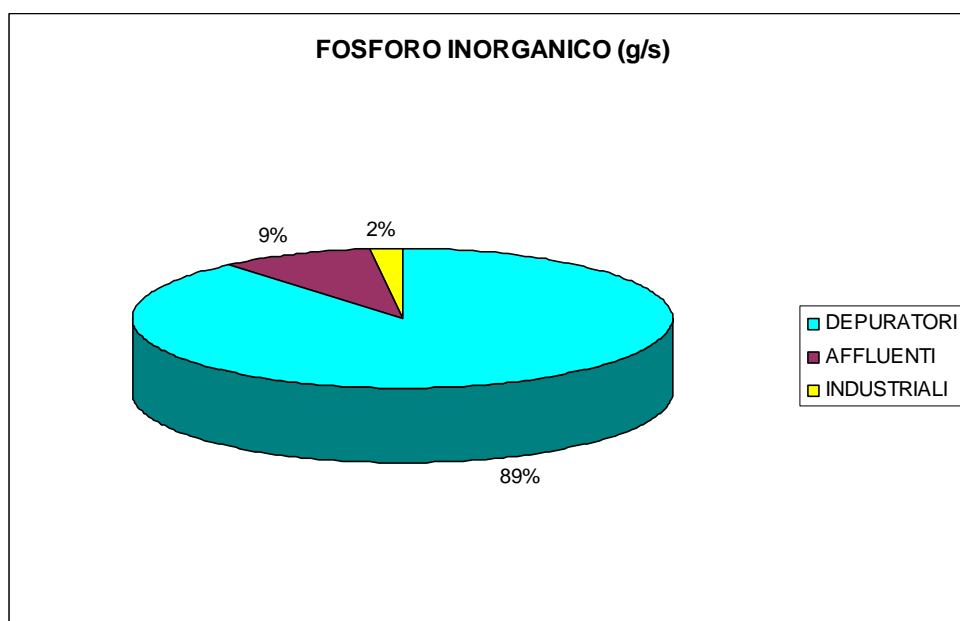


Figura 4.10 Ripartizione del carico di fosforo inorganico

4.4.6 Cloruri e solfati

4.4.6.1 Cloruri

Per quanto riguarda la concentrazione di cloruri, permane un problema di sottostima già riscontrato nella simulazione del torrente Terrò, pur individuando un andamento non molto lontano dai valori misurati nelle stazioni di controllo della qualità: vale la pena far notare il

maggior apporto, dovuto al depuratore Alto Seveso, mentre l'ingresso del Terrò produce una diluizione di concentrazione, rappresentato da uno scalino discendente.

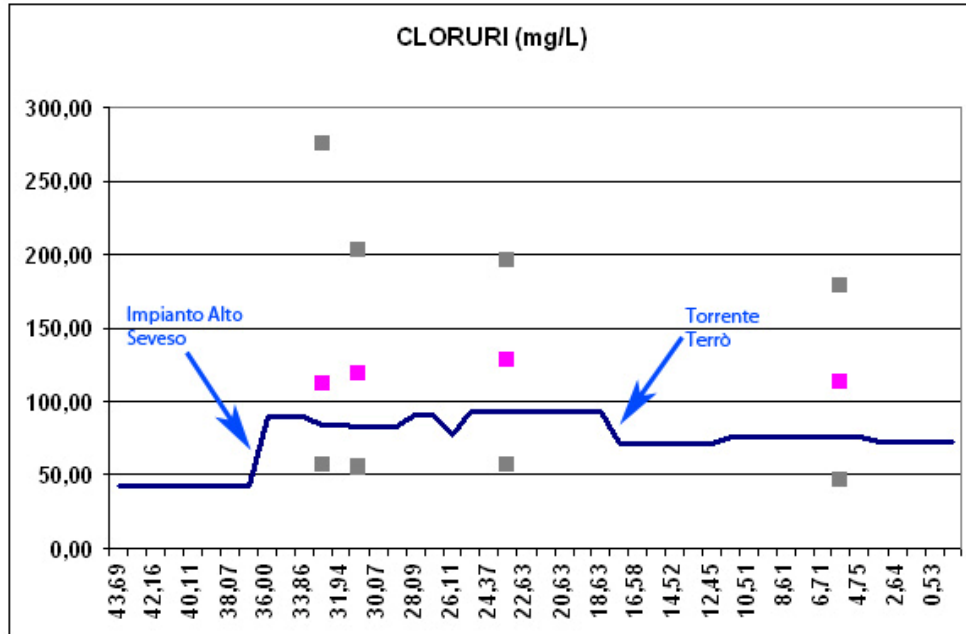


Grafico 4.14 Andamento della concentrazione di cloruri

Per quanto riguarda il cloruro si è assunto una cinetica conservativa.

Analizzando il contributo dei vari Point Source sul carico di cloruri, si può notare come l'apporto dovuto ai depuratori arriva all'87%, quello dovuto agli affluenti è pari al 4%, mentre il 9% è dovuto agli scarichi industriali.

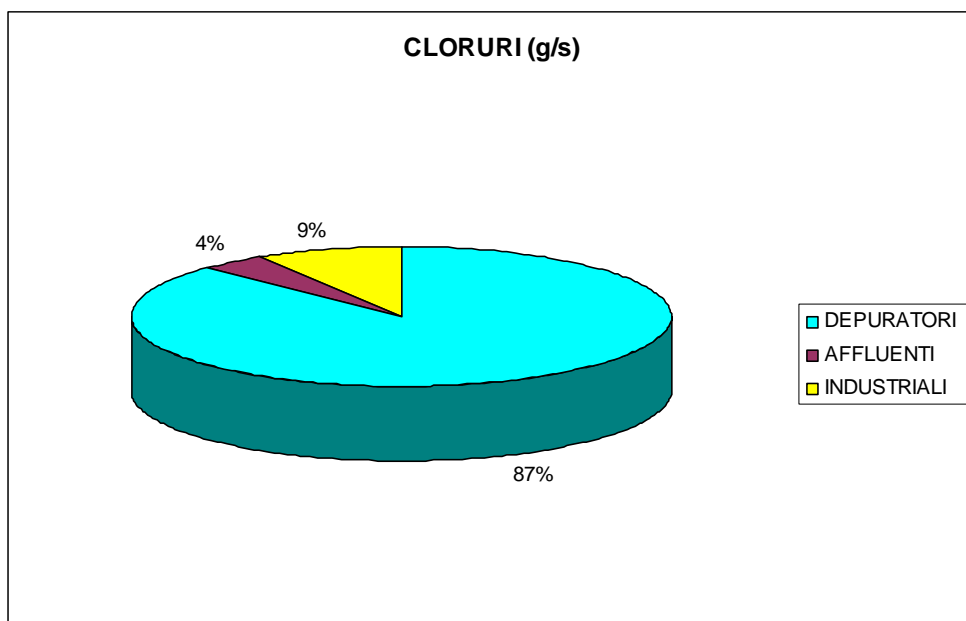


Figura 4.11 Ripartizione del carico di cloruri

4.4.6.2 Solfati

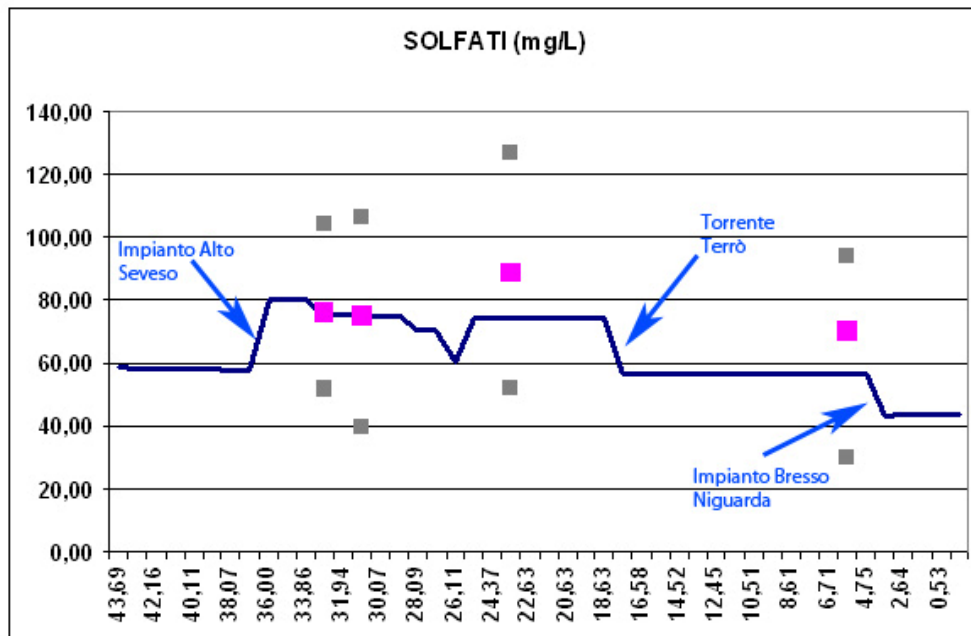


Grafico 4.15 Andamento della concentrazione di solfati

Risultato migliore si ottiene nella simulazione dei solfati, infatti il problema già citato di sottostima si verifica solo nel tratto finale del fiume e non è così notevole come nel caso dei cloruri. Per quanto riguarda la cinetica, il discorso è analogo a quello fatto in precedenza, ossia l'adozione di una cinetica conservativa.

Dall'analisi del grafico, diversamente dai cloruri, è possibile evidenziare un'ulteriore diluizione, oltre a quella dovuta al Terrò: questa è causata dall'impianto di Bresso-Niguarda.

Anche in questo caso il maggiore apporto è dato dai depuratori anche se, a differenza dei cloruri, in percentuale minore. Aumenta di conseguenza il contributo dato dagli scarichi industriali, mentre raddoppia, da 4% a 8%, l'apporto dovuto agli affluenti.

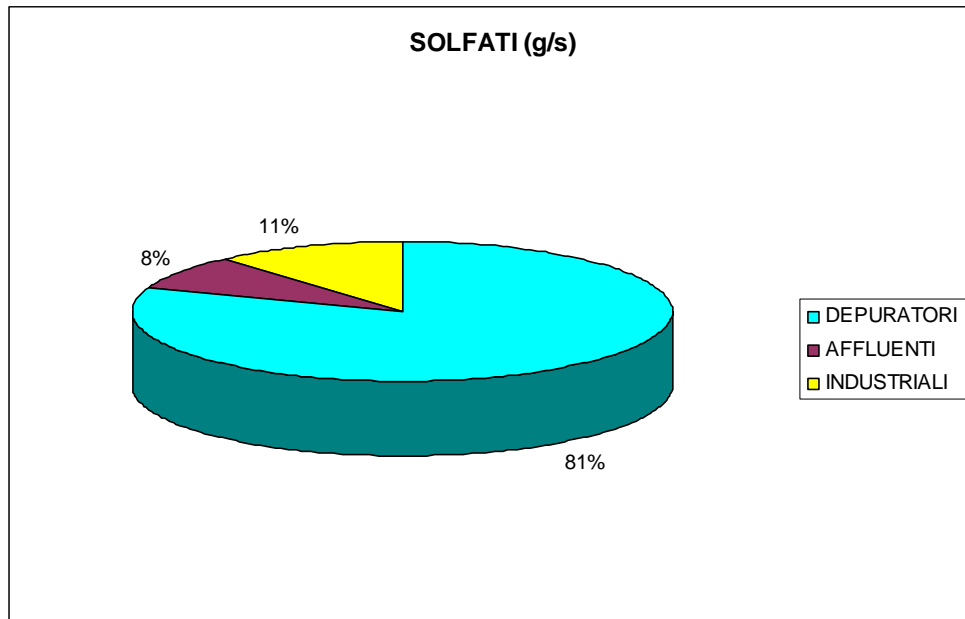


Figura 4.12 Ripartizione del carico di solfati

4.4.7 Rame

Il rame è un inquinante che è stato scelto di simulare, come lo zinco, anche in assenza di uno standard di qualità. Questa mancanza è stata risolta utilizzando come valore di riferimento gli standard relativi alle acque salmastre: per il rame è pari a 40 µg/L, per lo zinco 300 µg/L.

Applicando una cinetica conservativa, si ottiene un buon risultato, non distante dalle misure rilevate nelle stazioni di monitoraggio. Si può notare che i maggiori apporti sono dati dall'impianto di Fino Mornasco, circa a 36 km da valle e dall'impianto di Bresso, quest'ultimo più rilevante, a pochi km dall'immissione nel Seveso nel Naviglio Martesana. Per la prima volta è possibile individuare un apporto significativo d'origine differente da quelli fino a ora visti: poco a valle della stazione di Vertemate con Minoprio, il forte aumento di concentrazione è dovuto da uno scarico industriale, più precisamente da Bolton Alimentari, che scarica nel Seveso 0,1 mg/L di rame. Inoltre si può notare come le concentrazioni rilevate siano decisamente inferiori al valore di 300 µg/L.

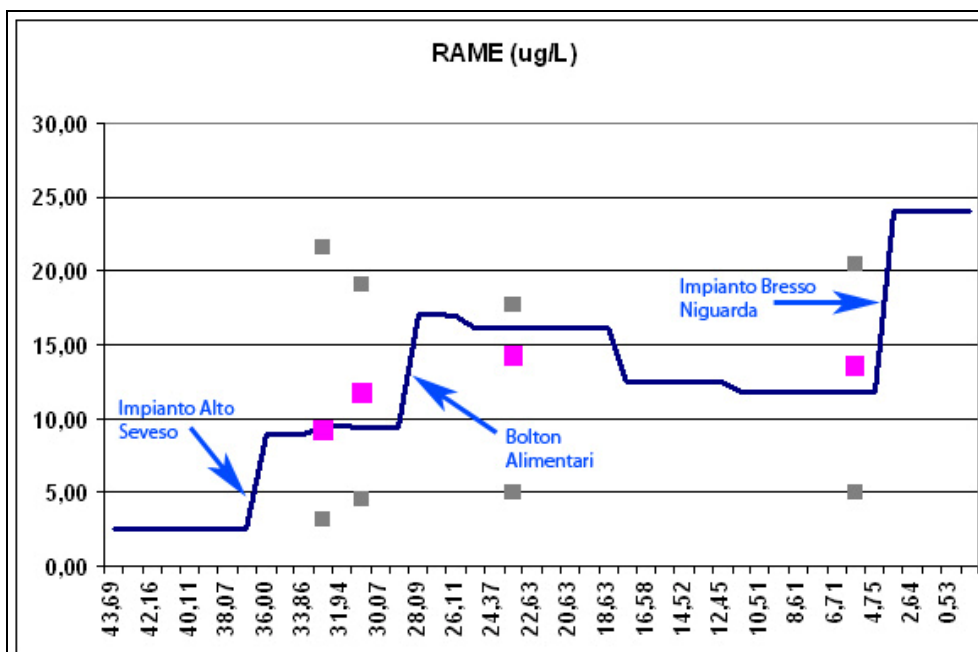


Grafico 4.16 Andamento della concentrazione di rame

Anche in presenza di questo significativo apporto dovuto a uno scarico industriale, analizzando la totalità nei contributi, poco meno del 90% è dovuto agli impianti di depurazione.

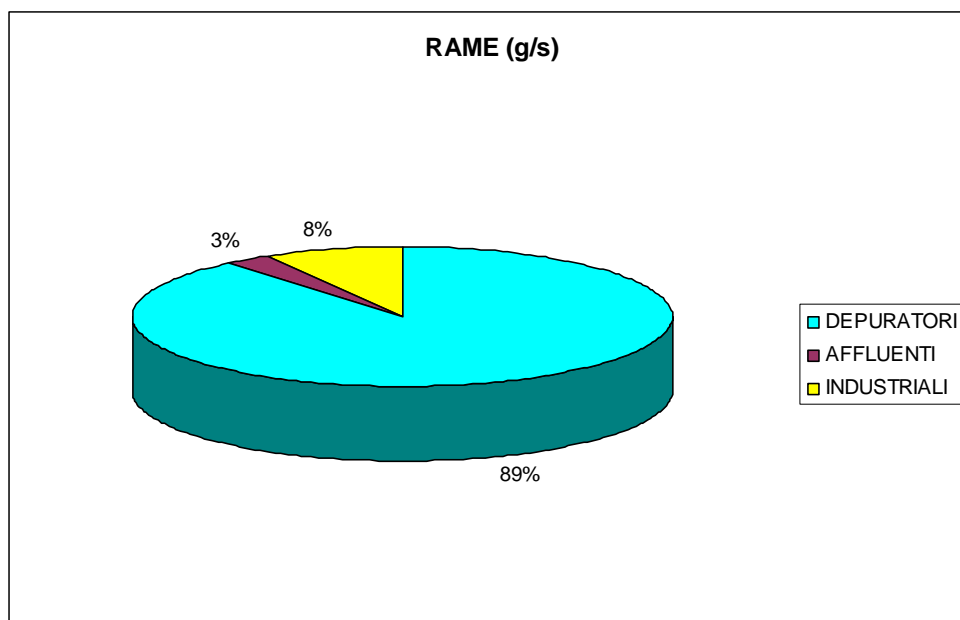


Figura 4.13 Ripartizione del carico di rame

4.4.8 Zinco

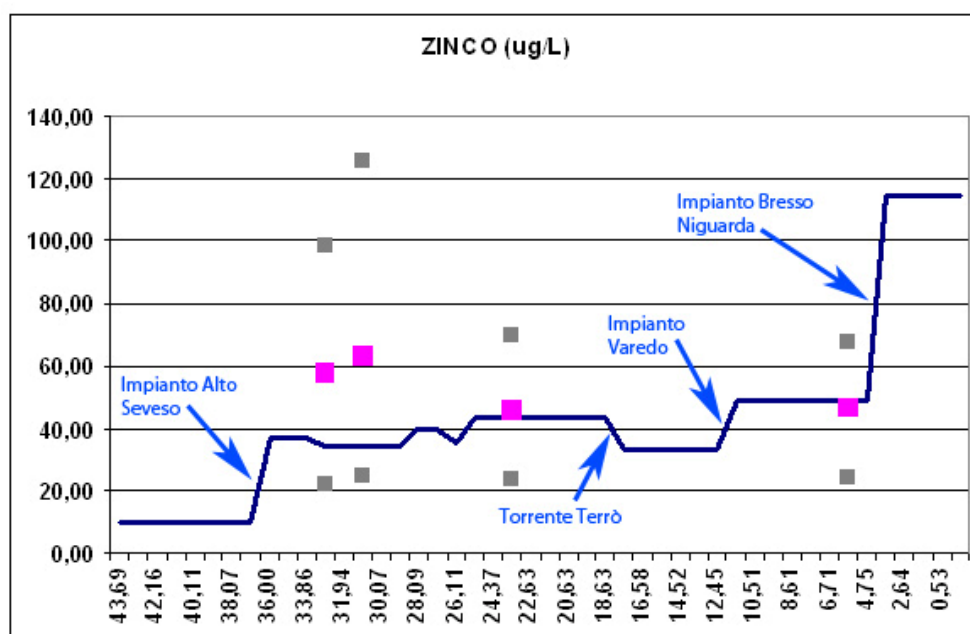


Gráfico 4.17 Andamento della concentrazione di zinco

Adottando la stessa cinetica utilizzata anche per la simulazione del rame, è possibile valutare l'andamento della concentrazione di zinco. In questo caso gli apporti più considerevoli, sono dovuti ai depuratori, che rappresentano il 97% della totalità dei contributi: da grafico si notano subito il peso di questi depuratori, escludendo solo l'impianto di Carimate. È possibile inoltre notare come l'ingresso del Terrò, privo di zinco, provochi una diluizione di concentrazione.

Anche in questo caso, la concentrazione di zinco rispetta lo standard di qualità adottato.

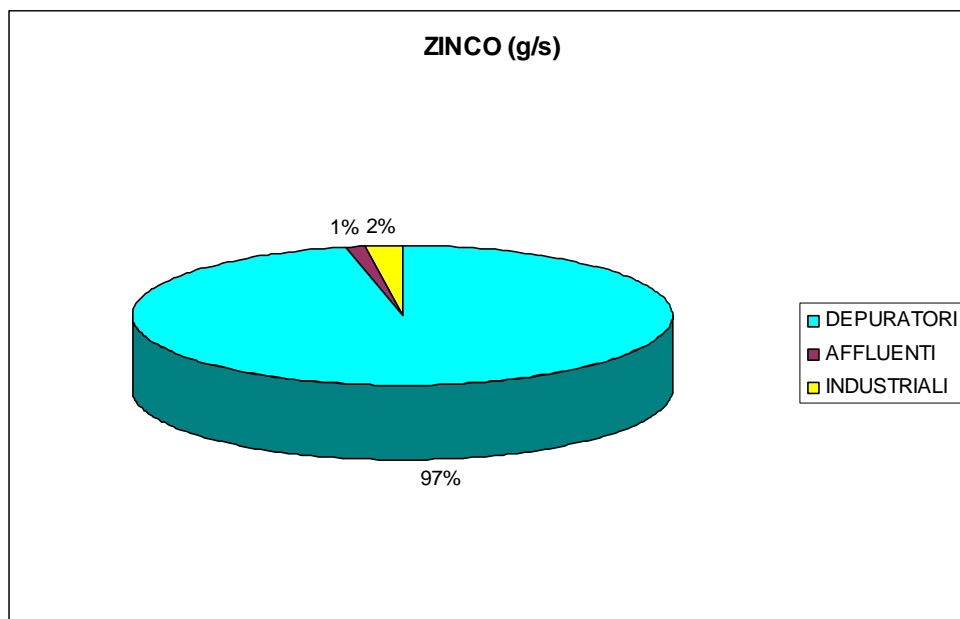


Figura 4.14 Ripartizione del carico di zinco

4.4.9 Piombo, cromo totale e nichel

Ora verranno trattati il piombo e il cromo che, in alcune stazioni di monitoraggio, presentano misure superiori allo standard di qualità e il nichel, il quale ha un valore poco inferiore dello SQA nella stazione di Lentate sul Seveso.

4.4.9.1 Piombo

Il piombo presentava già a monte, nella stazione di Fino Mornasco, una concentrazione lievemente superiore al SQA (7,25 µg/L rispetto a uno standard di qualità pari a 7,2 µg/L).

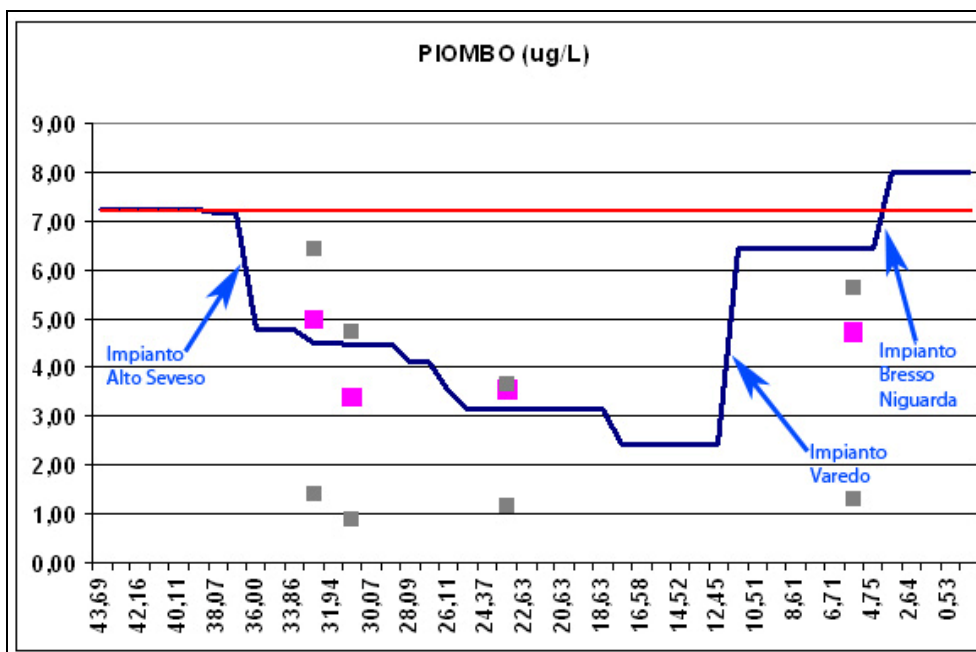


Grafico 4.18 Andamento della concentrazione di piombo

Già all'ingresso nel Seveso dello scarico dell'impianto Alto Seveso, la concentrazione di piombo si pone al di sotto dello standard: infatti l'apporto di tale impianto è di 2,5 µg/L e, grazie al notevole contributo in termini di portata fluente da parte del depuratore, produce un effetto di diluizione. Sostanzialmente tutti i contributi, che siano depuratori, affluenti o scarichi industriali, contribuiscono a un ulteriore effetto diluente. Discorso differente bisogna farlo per gli impianti di Varedo e di Bresso-Niguarda, che provocano un ulteriore innalzamento della concentrazione superando, a valle della stazione di monitoraggio di Bresso, il valore di 7,2 µg/L posto come standard di qualità dal decreto.

Per quanto riguarda i contributi in termini di carico, l'88% è dovuto dagli scarichi dei depuratori, mentre il restante 12% è equamente ripartito fra gli scarichi industriali e gli affluenti.

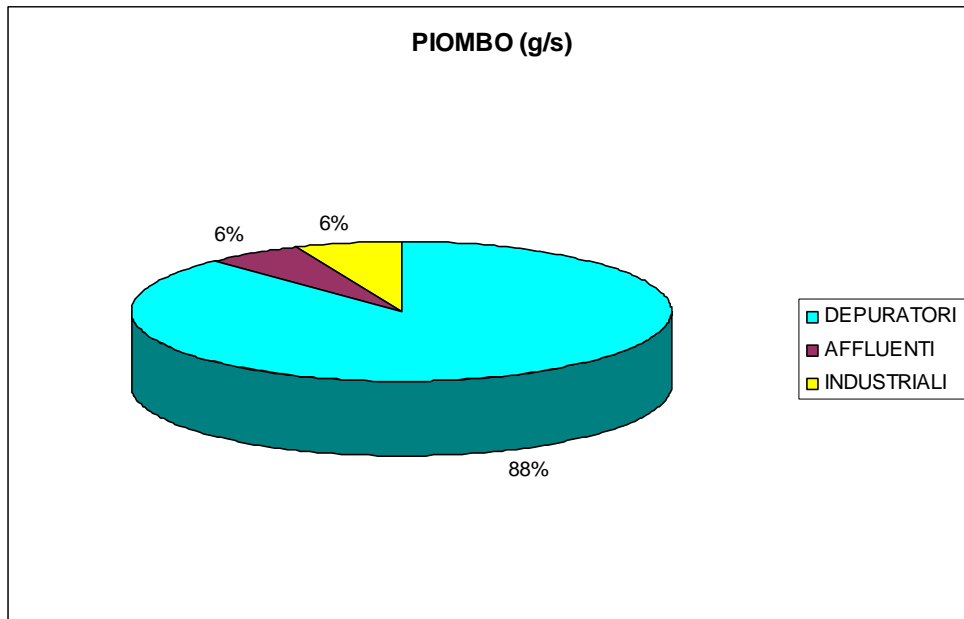


Figura 4.15 Ripartizione del carico di piombo

4.4.9.2 Cromo totale

Il cromo totale, fra tutti i microinquinanti analizzati, presentava la situazione peggiore: in ben tre stazioni di monitoraggio, Vertemate con Minoprio, Cantù e Lentante sul Seveso, la misura di concentrazione supera il valore di 7 µg/L imposto come standard di qualità dalla Direttiva.

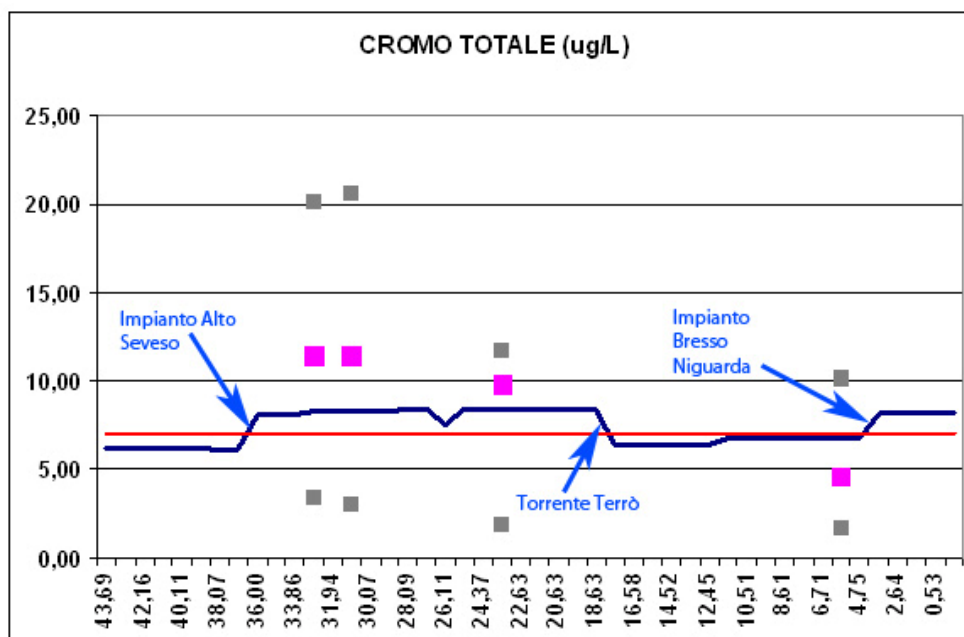


Gráfico 4.19 Andamento della concentrazione di cromo totale

Pur ottenendo dalla simulazione un andamento accettabile, anche nel tratto in cui viene sottostimata la concentrazione, il valore è comunque superiore allo standard di qualità, ciò sta a sottolineare quanto la situazione sia critica.

È bene evidenziare quanto sia difficile effettuare una simulazione di questa sostanza poiché in gran parte degli scarichi la misurazione del cromo in uscita non viene valutata con precisione, segnalando solo le concentrazioni superiori a 0,1 mg/L.

Si può notare che i maggiori apporti sono dati dal depuratore Alto Seveso e da quello di Bresso, mentre il torrente Terrò provoca un importante effetto diluente che consente, almeno fino allo scarico dell'impianto Bresso-Niguarda, di scendere al di sotto dello standard di qualità.

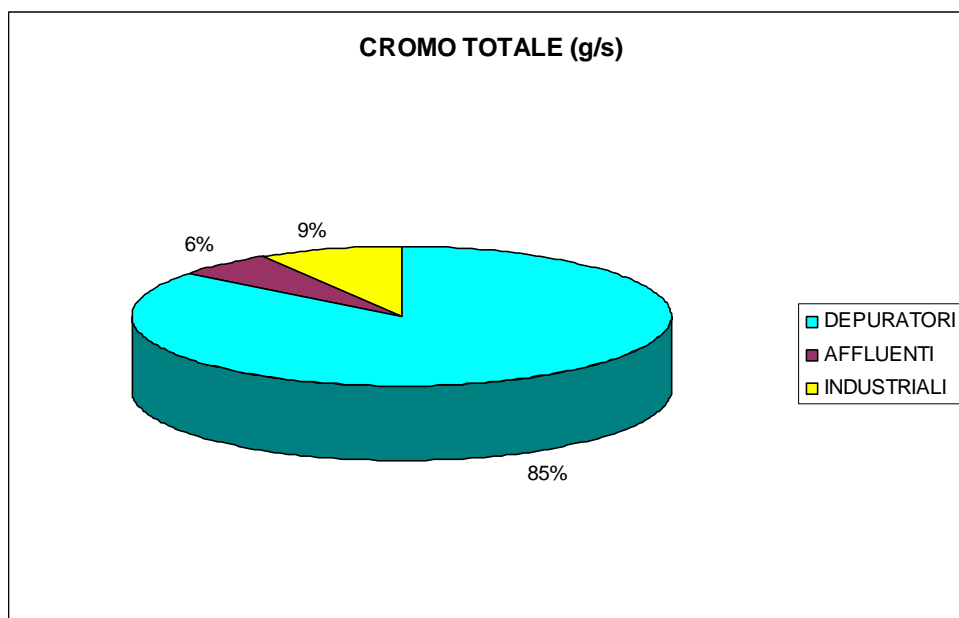


Figura 4.16 Ripartizione del carico di cromo totale

Anche in questo caso gran parte del carico di cromo entrante nel Seveso è provocato dagli scarichi dei depuratori. In minor parte contribuiscono gli apporti degli affluenti e degli scarichi industriali, rispettivamente per il 6% e il 9%.

4.4.9.3 Nichel

Dal grafico relativo all'andamento della concentrazione del nichel, salta subito all'occhio che essa supera lo standard di qualità (20 µg/L) subito a valle della stazione di monitoraggio di Bresso. Questo aumento di concentrazione è dovuto sostanzialmente a due apporti, rispettivamente provocati dallo scarico dell'impianto di Fino Mornasco ma soprattutto dall'impianto Bresso-Niguarda.

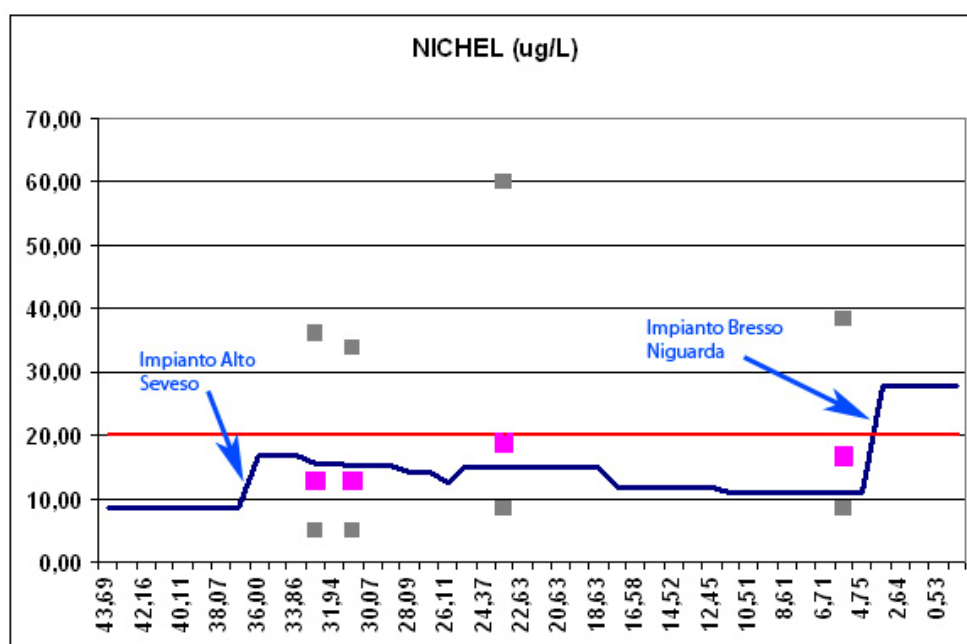


Grafico 4.20 Andamento della concentrazione di nichel

Per quanto riguarda i contributi al carico di nichel, la grandissima parte è dovuta agli scarichi dei depuratori, mentre quelli dovuti agli affluenti e agli scarichi industriali corrispondono entrambi al 3% del carico totale in ingresso.

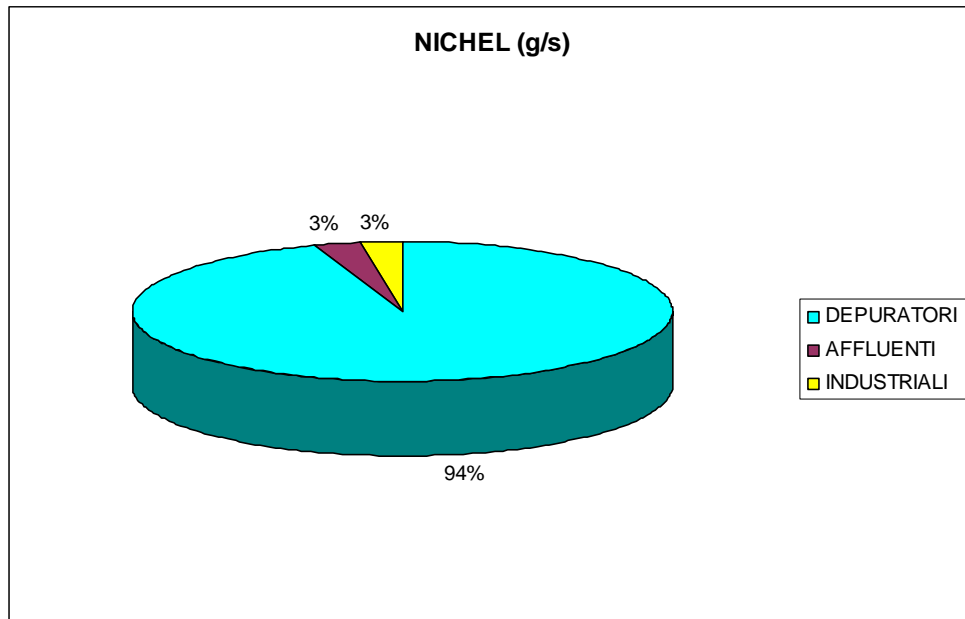


Figura 4.17 Ripartizione del carico di nichel

CAPITOLO 5: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Come è intuibile dai risultati esposti nel capitolo precedente, l'andamento degli inquinanti lungo il Seveso è determinato sostanzialmente dallo scarico dei depuratori.

Proprio per questo se si vogliono migliorare le caratteristiche qualitative del Seveso, bisogna migliorare l'efficienza di rimozione degli impianti.

Il problema di definire una migliore qualità alle acque in uscita dai depuratori e quali trattamenti perfezionare per ottenerla, è reso difficile dal fatto che questi impianti non raccolgono solo reflui urbani ma anche scarichi industriali: il caso più eclatante è sicuramente l'impianto Alto Seveso, nel quale quasi il 70% dei reflui trattati sono di origine industriale. Al contrario per gli altri depuratori, la componente urbana è predominante, anche se è sempre presente quella industriale.

Oltre ai quattro impianti posti lungo il corso del fiume, non bisogna dimenticarsi del depuratore di Mariano Comense che, pur avendo minor influenza, contribuisce a modificare la qualità del Seveso. Le acque scaricate da questo depuratore, attraverso il Terrò, arrivano al fiume determinando importanti apporti soprattutto in termini di BOD e solidi sospesi.

Basandosi sull'analisi degli andamenti delle concentrazioni, l'impianto che sembra influire maggiormente sulla qualità delle acque del fiume è quello di Fino Mornasco, il quale modifica radicalmente le concentrazioni di gran parte degli inquinanti. Questa affermazione può essere forviante perché l'aumento di concentrazione non implica che i carichi inquinanti scaricati siano eccessivi. Infatti bisogna tenere in considerazione l'apporto che dà il depuratore in termini di portata fluente: nel punto di immissione degli scarichi dell'Alto Seveso, il fiume passa da una portata di circa $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per questo motivo verranno valutati i contributi di ciascun depuratore, in termini di carico, così da individuare quale impianto influisca maggiormente sull'incremento della concentrazione degli inquinanti.

5.1 BOD, COD E SOLIDI SOSPESI

Dall'analisi dei contributi dei depuratori riguardo al BOD, il maggiore degli apporti è dato dall'impianto di Varedo, con il 33%, segue con il 25% quello di Bresso-Niguarda; invece il minore degli apporti è dato dall'impianto di Mariano Comense (Valbe).

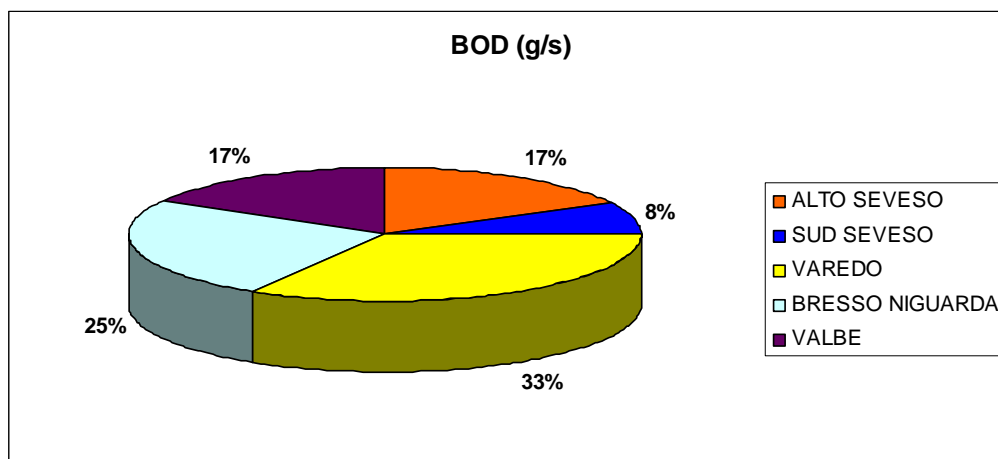


Figura 5.1 Contributi dei depuratori al carico di BOD

L'impianto di Varedo presenta anche il maggior carico scaricato in termini di COD, mentre gli altri depuratori hanno un apporto minore, ma nessuno di questi è trascurabile, poiché tutti sono almeno superiori al 10%.

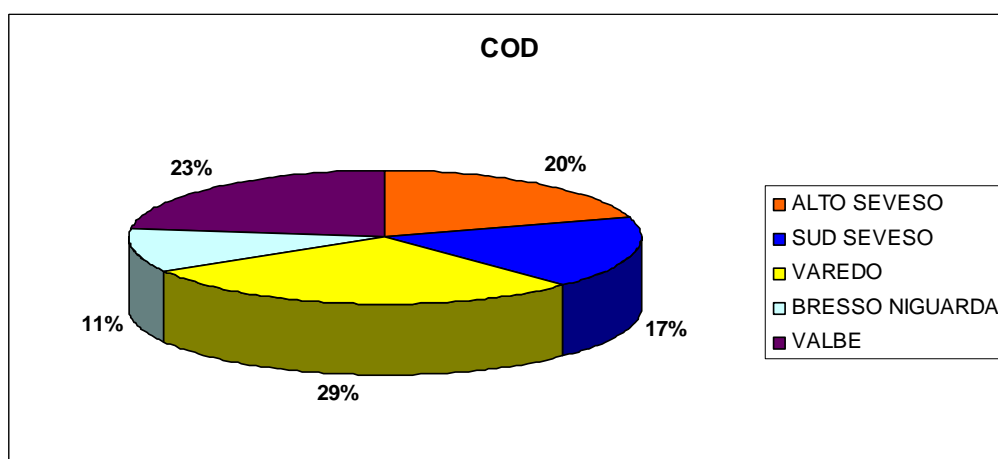


Figura 5.2 Contributi dei depuratori al carico di COD

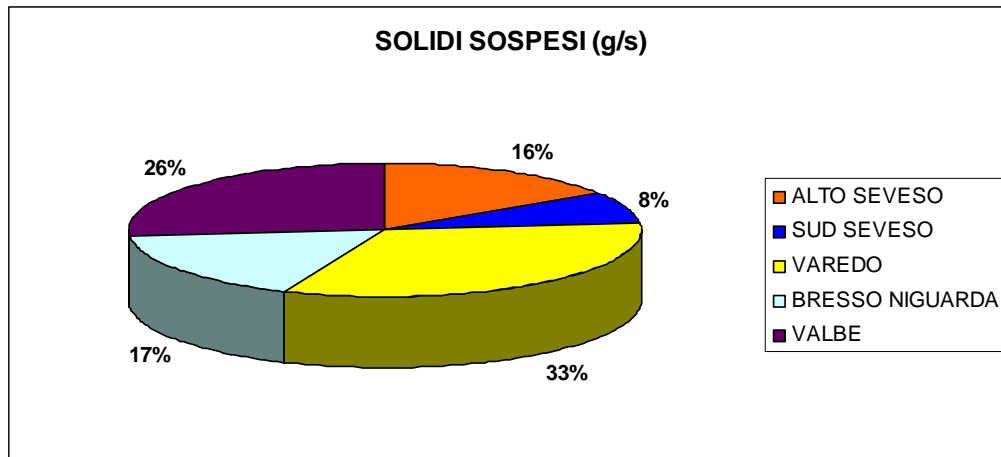


Figura 5.3 Contributi dei depuratori al carico di solidi sospesi

Per quanto riguarda i solidi sospesi, anche in questo caso, l'apporto maggiore è dato dal depuratore di Varedo. Vale la pena anche sottolineare l'importanza del carico dovuto all'impianto di Mariano Comense (Valbe), pari al 26%.

Dall'analisi di questi inquinanti, tipici dei reflui di origine domestica, sottolineano il fatto come l'impianto di Varedo raccolga scarichi prevalentemente di origine urbana: infatti, come già evidenziato nella scheda tecnica dell'impianto nel capitolo 2, questa componente arriva all'85% dei reflui totali trattati. Però, escludendo il caso dell'Alto Seveso dove prevale la componente industriale, anche gli altri depuratori hanno all'incirca una ripartizione di origine dei reflui simile a quella di Varedo. Di conseguenza un carico così elevato può far pensare che l'impianto non funzioni correttamente.

A questo punto per valutare il corretto funzionamento degli impianti relativo alla rimozione di BOD, COD e solidi sospesi, basta individuare le rispettive efficienze di rimozione. Nel caso di un impianto che funzioni correttamente, i rendimenti sono:

- 90% per il BOD;
- 85% per il COD;
- 90% per i solidi sospesi.

Qui di seguito è rappresentata una tabella che indica i rendimenti calcolati per i cinque depuratori: in rosso sono evidenziati le efficienze inferiori ai valori di riferimento sopra elencati.

	Efficienza di rimozione (%)		
	BOD	COD	solidi sospesi
ALTO SEVESO	95	85.6	91.6
SUD SEVESO	95	77.1	87.5
VAREDO	68	82	82
BRESSO NIGUARDA	93.7	96.2	94.9
VALBE	82	63.5	83.8

Tabella 5.1 Efficienze di rimozione degli impianti relativi a BOD, COD e solidi sospesi

Come ci si poteva immaginare l'impianto di Varedo non funziona efficacemente: sostanzialmente la situazione peggiore è relativa alla rimozione del BOD, mentre nel caso del COD e dei solidi sospesi i rendimenti di rimozione non arrivano ai valori di riferimento ma non sono poi così critici.

Discorso analogo si può fare per il depuratore Valbe: in questo caso però è la rimozione del COD che è fortemente insufficiente.

Vale la pena notare come il depuratore di Bresso, pur essendo il più grande fra tutti, presenta delle rimozioni ottimali.

5.2 FOSFORO

Per quanto riguarda il carico relativo al fosforo inorganico, la maggior parte è causata dai contributi di Bresso e di Varedo, mentre l'apporto minore, pari al 5%, è dovuto dall'impianto di Fino Mornasco.

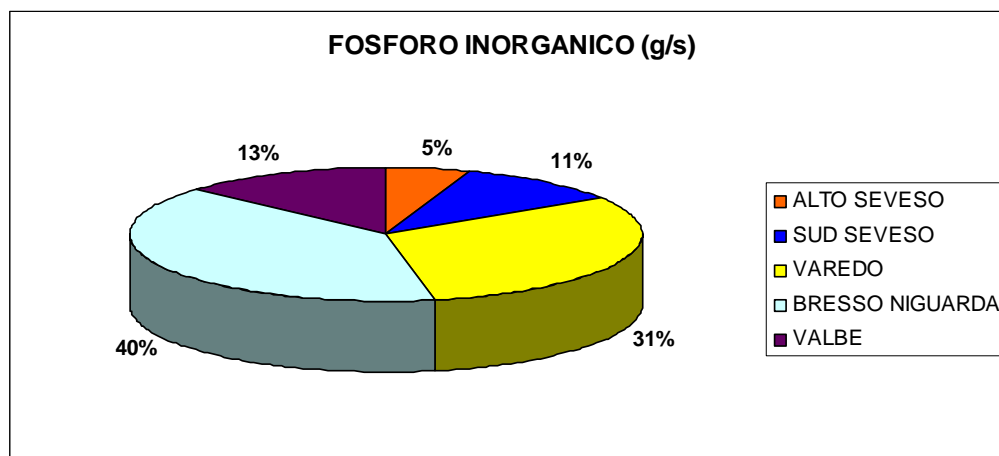


Figura 5.4 Contributi dei depuratori al carico di fosforo

Anche in questo caso è conveniente analizzare il rendimento di rimozione degli impianti che, nel caso di un funzionamento ottimale, arriva al 75%

	ALTO SEVESO	SUD SEVESO	VAREDO	BRESSO NIGUARDA	VALBE
Efficienza di rimozione (%)	80.8	29.3	38.3	42.9	13.1

Tabella 5.2 Efficienze di rimozione degli impianti relativi al fosforo

La situazione appare abbastanza critica: solo il depuratore di Fino Mornasco presenta una rimozione sufficiente, negli altri casi non si arriva nemmeno al 50%. Sicuramente c'è la necessità di migliorare soprattutto l'impianto di Bresso e quello di Varedo, visto il loro importante contributo.

La situazione allarmante è nell'impianto di Mariano Comense con un rendimento del 13,1%: praticamente in questo impianto non avviene la rimozione del fosforo.

5.3 AZOTO

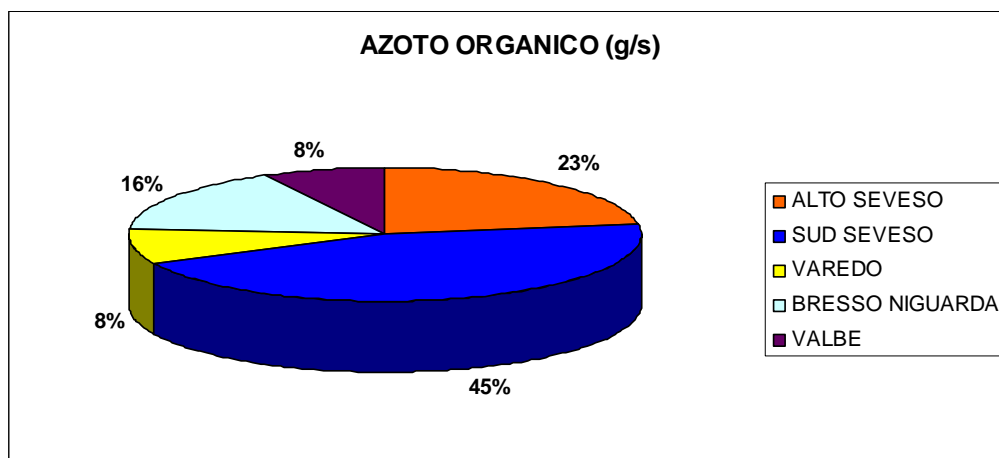


Figura 5.5 Contributi dei depuratori al carico di azoto organico

Dal grafico sovrastante salta subito all'occhio quanto sia significativo l'apporto dato dall'impianto di Carimate. Un ulteriore importante contributo è dovuto al depuratore Alto Seveso, corrispondente al 23% del totale. Al contrario i carichi minori sono quelli di Varedo e di Mariano Comense.

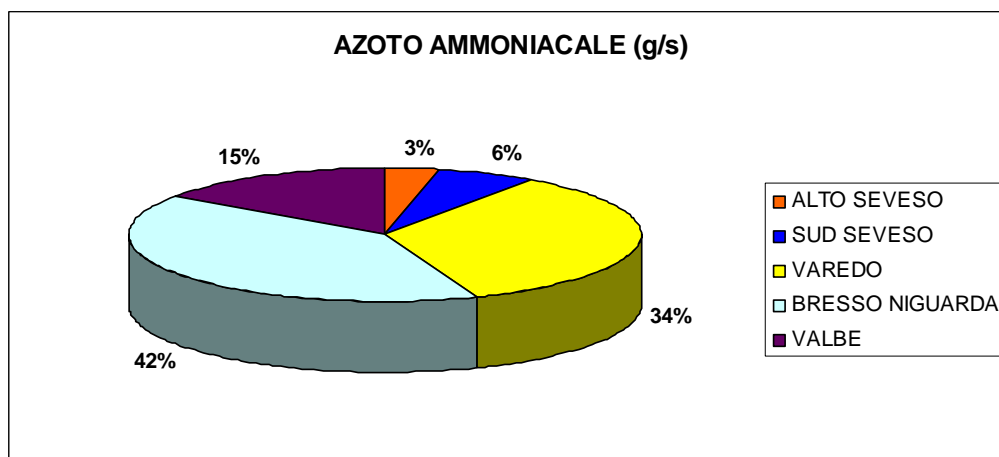


Figura 5.6 Contributi dei depuratori al carico di azoto ammoniacale

Il carico relativo all'azoto ammoniacale è sostanzialmente dovuto agli scarichi dell'impianto di Bresso e di Varedo. Anche il depuratore Valbe contribuisce significativamente con un carico pari al 15% del totale.

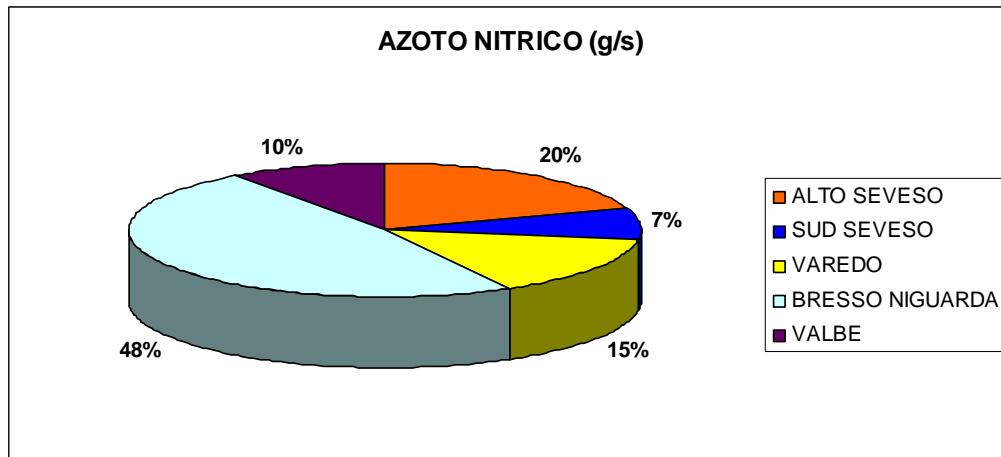


Figura 5.7 Contributi dei depuratori al carico di azoto nitrico

L'impianto di Bresso-Niguarda produce quasi la metà della totalità di carico d'azoto nitrico scaricato da tutti gli impianti. Anche gli apporti degli altri depuratori sono significativi: solo nel caso del Sud Seveso il contributo non raggiunge nemmeno il 10%. Ora considerando l'azoto totale, il maggior apporto è dato sempre dall'impianto di Bresso, dovuto soprattutto all'elevato carico di azoto nitrico che scarica nel Seveso. I depuratori Alto Seveso, Sud Seveso e Varedo contribuiscono in maniera rilevante, ognuno con un carico corrispondente al 16-17%.

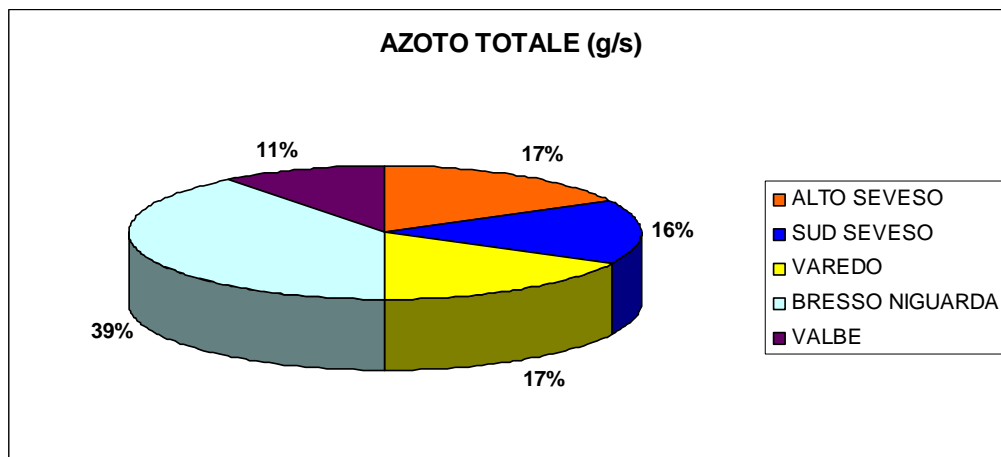


Figura 5.8 Contributi dei depuratori al carico di azoto totale

In questo caso per valutare il corretto funzionamento dei depuratori bisogna, oltre ad individuare i rendimenti di rimozione, determinare le percentuali di come l'azoto in uscita sia ripartito nelle diverse forme.

Prima di tutto si ricava il rendimento di rimozione riferito all'azoto totale: come parametro di buon funzionamento si valuta un'efficienza del 75%.

	ALTO SEVESO	SUD SEVESO	VAREDO	BRESSO NIGUARDA	VALBE
Efficienza di rimozione (%)	61.3	25.9	54.2	32.1	59

Tabella 5.3 Efficienze di rimozione degli impianti relativi all'azoto

Come è possibile notare nessuno dei depuratori raggiunge un valore accettabile di rimozione dell'azoto. Le situazioni più allarmanti sono nel caso del Sud Seveso e di Bresso-Niguarda. Proprio per quest'ultimo, che presenta una portata in ingresso nel Seveso circa tre volte tanto quella degli altri impianti, la bassissima efficienza motiva il suo enorme contributo. Essendo l'impianto di maggiori dimensioni e quindi il più influente sulla qualità delle acque del fiume, è fondamentale che migliori il rendimento di rimozione.

Per gli altri tre impianti, la loro condizione è meno grave ma non sufficiente: le rimozioni in questo caso sono dell'ordine del 55-60%.

Già come accennato in precedenza, bisogna valutare la ripartizione percentuale dell'azoto totale nelle tre forme. Idealmente un impianto che funziona correttamente scarica l'80% dell'azoto totale in forma nitrica, il 15% in forma organica e il restante 5% in forma ammoniacale.

	N totale (mg/L)	N organico (%)	N ammoniacale (%)	N nitrico (%)
ALTO SEVESO	18.95	29.8	4.1	66.1
SUD SEVESO	20	64.8	8.2	27
VAREDO	19.7	10.7	40.6	48.7
BRESSO NIGUARDA	19	9.2	21.1	69.7
VALBE	13.93	16.3	29.4	54.3

Tabella 5.4 Suddivisione percentuale dell'azoto nelle sue forme

Come si può notare nessuno dei depuratori presenta una ripartizione dell'azoto totale rispondente a questa speciazione. Questo è un'ulteriore informazione che evidenzia nuovamente la non completa efficienza di questi impianti.

Analizzando i dati nello specifico, quello migliore sembra essere l'Alto Seveso: infatti gran parte dell'azoto scaricato è sotto forma nitrica, il resto del carico è maggiormente organico mentre la frazione minore è l'ammoniacale. Escluso il Sud Seveso, gli altri tre impianti

scaricano maggiormente in forma nitrica, ma la percentuale di ammoniacale è molto elevata, addirittura maggiore di quella organica. Infine guardando il caso del Sud Seveso, la percentuale delle ripartizioni non si avvicina minimamente alla suddivisione di un impianto efficiente: infatti la percentuale maggiore è data dalla forma organica, segue la forma nitrica e infine quella ammoniacale.

5.4 CLORURI E SOLFATI

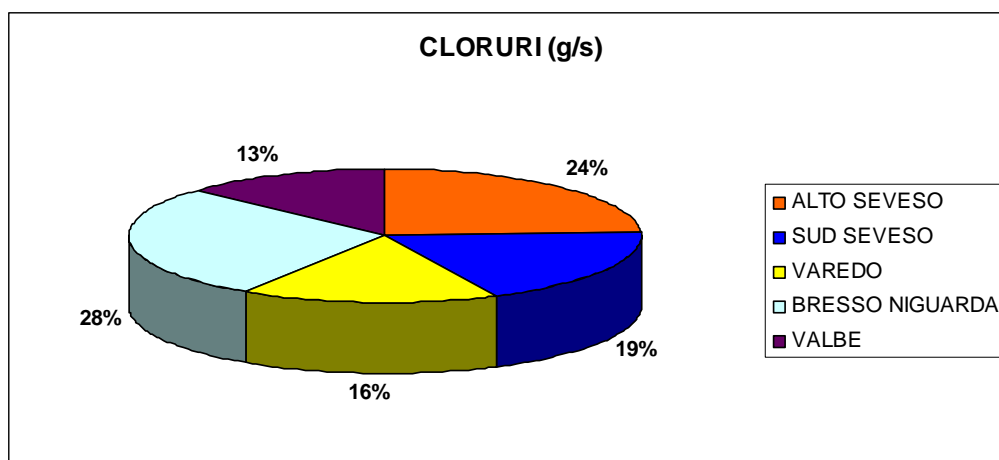


Figura 5.9 Contributi dei depuratori al carico di cloruri

Per quanto riguarda il carico di cloruri, ogni impianto contribuisce a un apporto significativo. Tra tutti i carichi, i più elevati sono quelli relativi al Bresso-Nigurda e all'Alto Seveso.

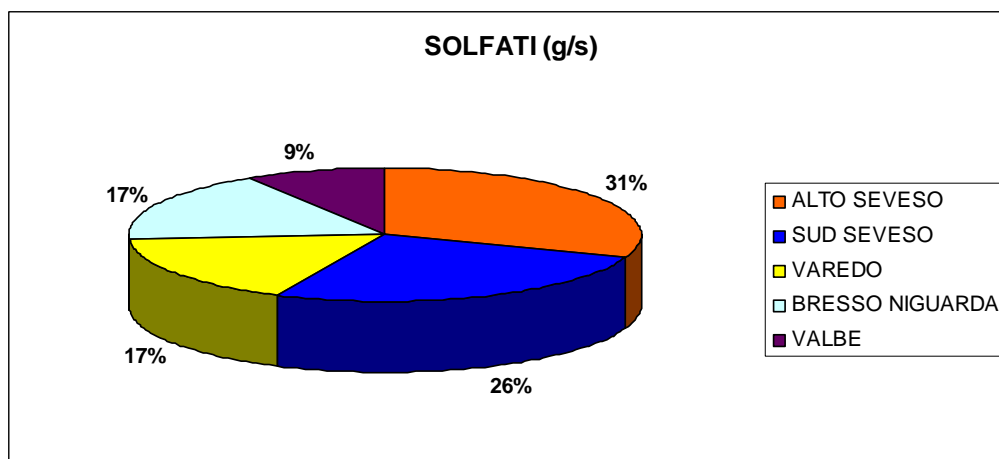


Figura 5.10 Contributi dei depuratori al carico di solfati

Discorso analogo ai cloruri lo si può fare per i solfati: in questo caso però gli apporti maggiori sono quelli dell'Alto Seveso e del Sud Seveso.

Per entrambe le sostanze, l'impianto di Mariano Comense è quello che provoca un minor apporto in termini di carico: il suo contributo corrisponde al 13% per i cloruri e solamente per il 9% per i solfati.

5.5 RAME E ZINCO

Ora verranno valutate le ripartizioni dei carichi nei vari depuratori relativi al rame e allo zinco.

Per quanto riguarda il rame ben il 70% del carico è causato dall'impianto di Bresso. Infatti quest'impianto presentava già una concentrazione di uscita di rame molto elevata, 40 µg/L, rispetto agli altri depuratori, che scaricano una concentrazione dell'ordine dei 10-15 µg/L. L'origine di una presenza di rame nelle acque di scarico potrebbe essere dovuto ad attività industriali come la produzione di metalli e di fertilizzanti. Oppure alla tipologia di tubature che afferiscono all'impianto.

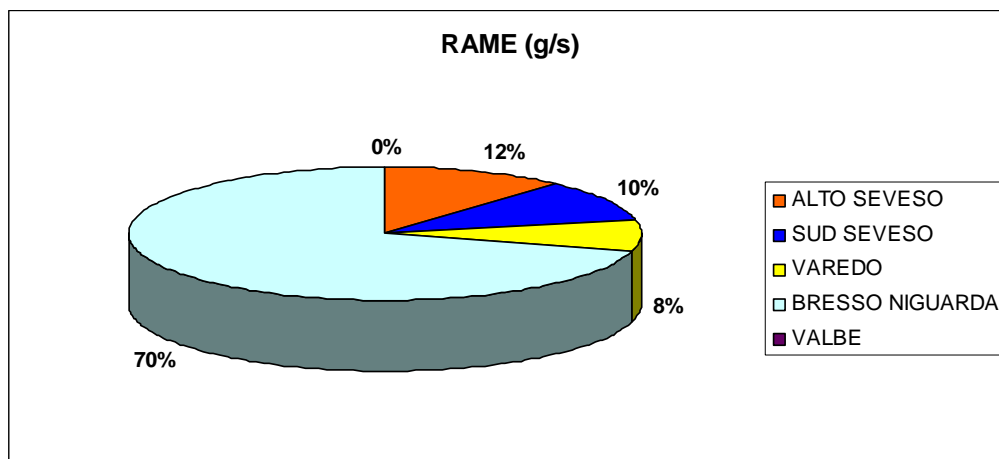


Figura 5.11 Contributi dei depuratori al carico di rame

Risultato molto simile si ha anche nel caso dello zinco dove il contributo di Bresso arriva al 68%.

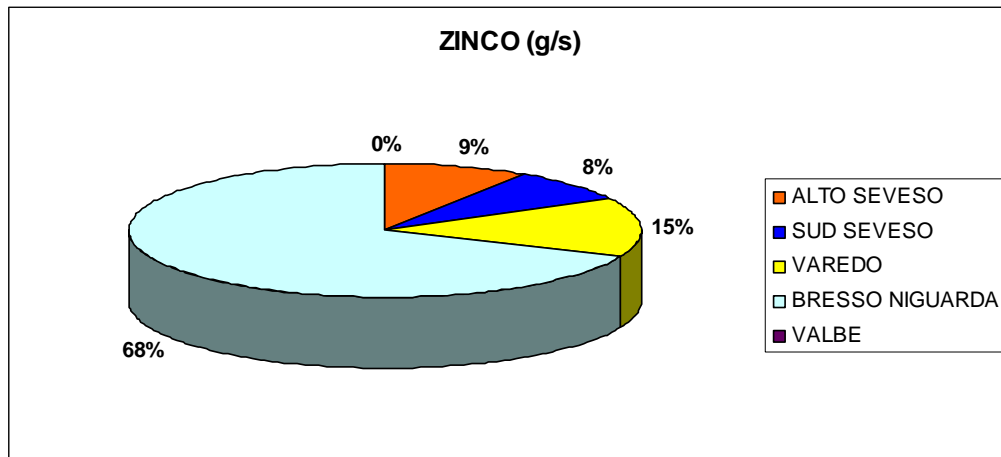


Figura 5.12 Contributi dei depuratori al carico di zinco

Fra gli altri impianti la componente che spicca di più è data dal contributo di Varedo: questo depuratore scarica a una concentrazione di ben 100 µg/L, mentre sia Alto Seveso che Sud Seveso sono dell'ordine dei 60 µg/L.

Anche in questo caso lo zinco potrebbe avere origine da scarichi industriali allacciati alla rete fognaria civile.

Bisogna sottolineare come in entrambi i casi non è presente il contributo dovuto all'impianto Valbe: questo può essere dimostrato dal fatto che nella stazione di monitoraggio ARPA posta proprio nel punto di ingresso del torrente Terrò nel Seveso, non viene segnalata alcuna concentrazione di rame e di zinco. Questo fatto si verifica anche per i metalli che verranno trattati in seguito, ossia piombo, cromo totale e nichel.

5.6 PIOMBO, CROMO TOTALE E NICHEL

Infine bisogna valutare i contributi di ciascun impianto relativi ai carichi di piombo, cromo totale e nichel.

Analizzando gli apporti dei depuratori relativi al piombo, ben il 90% del carico corrisponde ai contributi di due depuratori: quello di Varedo e quello di Bresso. La concentrazione di questo microinquinante in uscita da questi due scarichi è rispettivamente di 20 e 10 µg/L. Questi importanti apporti potrebbero essere una conseguenza di una eccessiva corrosione delle tubature soprattutto nella rete di raccolta dei reflui.

Per far capire quanto siano elevate le concentrazioni in uscita da questi impianti basta pensare che sia dall'Alto Seveso che dal Sud Seveso la concentrazione è inferiore a 5 µg/L.

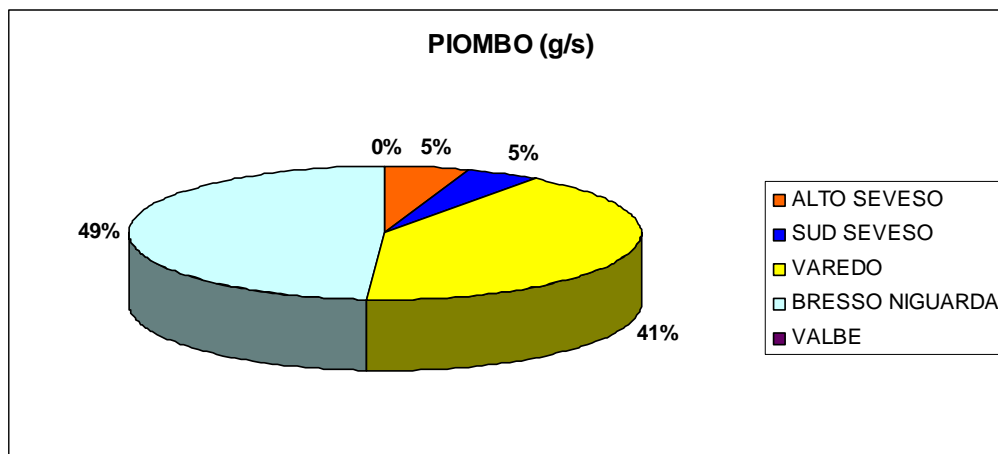


Figura 5.13 Contributi dei depuratori al carico di piombo

Per quanto riguarda il cromo totale, bisogna fare una precisazione, già accennata nel capitolo precedente: i valori di concentrazione calcolati da ARPA all'uscita degli scarichi sono di un ordine di grandezza superiore rispetto al SQA. Infatti, il più delle volte, le misurazioni non vanno al di sotto del 0,1 mg/L, mentre lo standard di qualità dettato dalla norma è di 7 µg/L. Da questa considerazione si può intuire che individuare un valore di concentrazione dell'ordine dei µg/L non è semplice: basandosi comunque sulle misure nelle stazioni di monitoraggio e di conseguenza individuando un andamento sufficientemente verosimile, si è cercato di valutare le concentrazioni in uscita dagli scarichi. Si è arrivati alla conclusione di attribuire ai depuratori una concentrazione di 10 µg/L, escludendo l'impianto di Varedo che ha un valore in uscita misurato pari a 8 µg/L.

Anche per il cromo totale il maggior contributo è dato dall'impianto di Bresso, con il 46%. Escludendo l'impianto di Mariano Comense, che non scarica del cromo nel corpo idrico, gli altri depuratori hanno un contributo ognuno del 16-20%. Questo pesante apporto è probabilmente causato da scarichi industriali che, attraverso la fognatura civile, arrivano al depuratore. Le tipologie di industria che potrebbe provocare un apporto di cromo sono: chimica, siderurgica e galvanica.

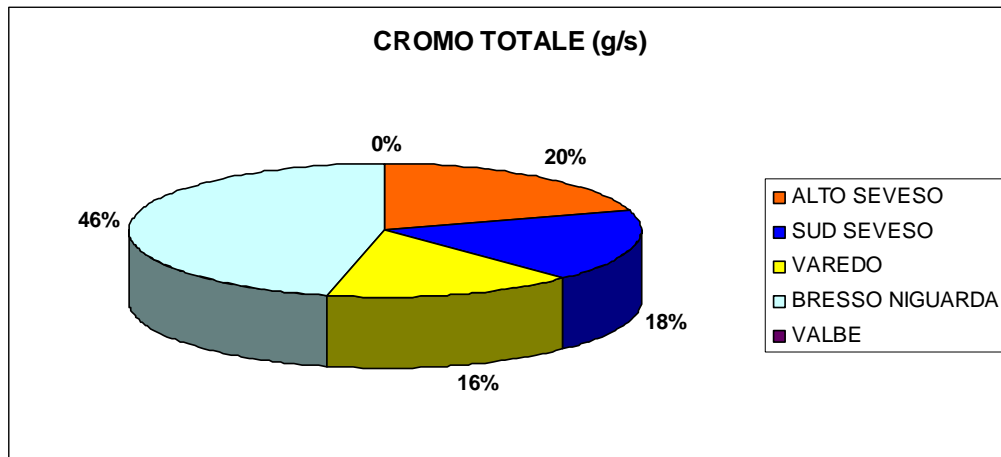


Figura 5.14 Contributi dei depuratori al carico di cromo totale

Infine l'ultima ripartizione di carico da trattare è quella riferita al nichel. Per questo metallo, le concentrazioni misurate all'uscita degli scarichi sono confrontabile con l'SQA (20 µg/L) poiché misurate all'ordine dei µg/L.

Anche in questo caso l'apporto prevalente è dovuto all'impianto Bresso-Niguarda: il suo contributo è pari 70% del totale.

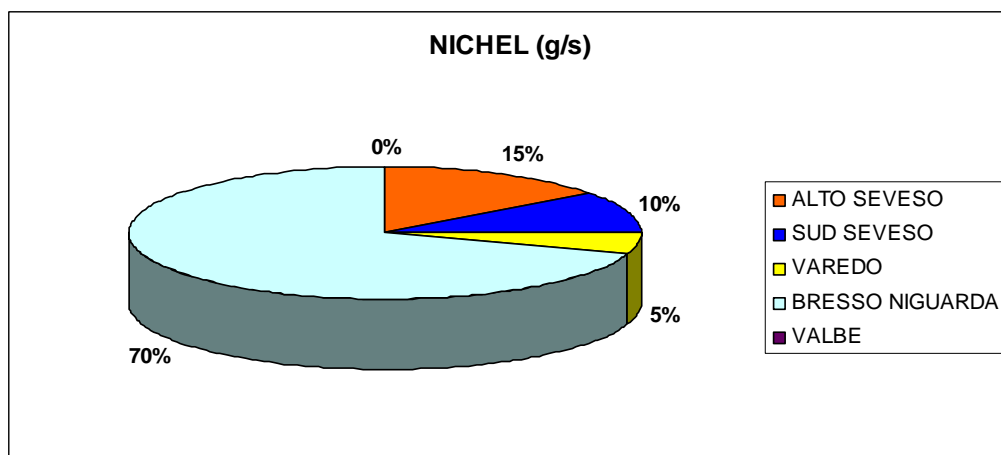


Figura 5.15 Contributi dei depuratori al carico di nichel

Anche il nichel, come il cromo, è probabilmente dovuto ad attività industriali, soprattutto da industrie chimiche e galvanica.

In conclusione a questa analisi si può affermare che tutti gli impianti considerati non funzionano efficientemente. Situazioni critiche si sono riscontrate in ogni depuratore, ognuno dei quali presenta problemi diversi. Fra tutti l'impianto maggiormente efficiente sembra essere quello di Fino Mornasco: ha rimozioni molto elevate per il BOD, COD,

solidi sospesi e fosforo. Nel caso dell'azoto, la rimozione non raggiunge il 75%, valore fissato di riferimento, ma rimane sempre la più efficiente rispetto a quelle degli altri impianti. Non contribuisce in maniera significativa sull'andamento di tutti i metalli considerati, pur essendo l'unico depuratore nel quale la maggior parte dei reflui trattati è d'origine industriale.

Per quanto riguarda il Sud Seveso e Mariano Comense (Valbe), le situazioni critiche sono riscontrate rispettivamente nell'apporto di azoto organico per il primo e per l'efficienza di rimozione di BOD, COD e solidi sospesi per il secondo.

L'impianto di Varedo è quello che produce il maggior contributo di carico in termini di BOD, COD e solidi sospesi: in tutti e tre i casi le rimozioni non arrivano ai valori di riferimento tipici di un depuratore efficiente. Questo depuratore provoca anche un notevole apporto di fosforo e di azoto ammoniacale. Inoltre è anche responsabile di un importante contributo in termini di piombo.

Infine bisogna soffermarsi sul Bresso-Niguarda, il depuratore di maggiori dimensioni, che scarica nel Seveso una portata di circa $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. È l'impianto che presenta le rimozioni più elevate in termini di BOD, COD e solidi sospesi. Considerando fosforo e azoto, il depuratore è causa del maggior contributo. Soffermandosi sul forme dell'azoto, le situazioni critiche sono riscontrate nella forma ammoniacale e soprattutto nella forma nitrica. Per quanto riguarda l'analisi dei metalli considerati, il depuratore di Bresso è la causa dei maggior apporti per tutti e cinque i microinquinanti.

A questo punto si cercherà di individuare uno scenario nel quale viene valutata la qualità delle acque del Seveso dopo un miglioramento delle prestazione dei depuratori.

5.7 VALUTAZIONE DELLO SCENARIO

In questo scenario si vedrà come si modifica, migliorando l'efficienza degli impianti, la qualità delle acque del Seveso.

Per quello che riguarda i macroinquinanti classici (COD, BOD, solidi sospesi, azoto e fosforo) si è deciso di aumentare le efficienze di rimozione: basando sui valori tipici di un depuratore virtuoso, vengono aumentate solo quelle efficienze che presentano un valore inferiore a quello di riferimento.

- BOD 90%;
- COD 85%;
- Solidi sospesi 90%;
- Azoto totale 75%;
- Fosforo totale 75%.

Successivamente vengono calcolate le concentrazioni in uscita dagli impianti.

La tabella che segue racchiude le assunzioni di questo scenario: in rosso sono evidenziati i valori utilizzati nello scenario che si discostano dai valori reali.

	ALTO SEVESO	SUD SEVESO	VAREDO	BRESSO NIGUARDA	VALBE
BOD	dati % rimozione d'origine C out (mg/L)	95 8	68	93,7 5	82 9
	dati % rimozione scenario C out (mg/L)	95 8	90 5	93,7 5	90 5
COD	dati % rimozione d'origine C out (mg/L)	85,6 44,5	82 65	96,2 10	63,5 58,5
	dati % rimozione scenario C out (mg/L)	85,6 44,5	85 54,3	96,2 10	85 24
SOLIDI SOSPESI	dati % rimozione d'origine C out (mg/L)	91,6 10,5	82 23	94,9 5	83,8 21
	dati % rimozione scenario C out (mg/L)	91,6 10,5	90 12,8	94,9 5	90 13
AZOTO TOTALE	dati % rimozione d'origine C out (ug/L)	61,3 18956,33	54,2 19700	32,1 19000	59 13930
	dati % rimozione scenario C out (ug/L)	75 12250	75 10750	75 7000	75 8500
FOSFORO TOTALE	dati % rimozione d'origine C out (ug/L)	80,8 605	38,3 3700	42,9 2000	13,1 1825
	dati % rimozione scenario C out (ug/L)	80,8 605	75 1500	75 875	75 525

Tabella 5.5 Valori utilizzati per lo scenario

Focalizzando l'attenzione sulla concentrazione di azoto totale in uscita, questo verrà così ripartito:

- Azoto organico 15%,
- Azoto ammoniacale 5%;
- Azoto nitrico 80%.

	ALTO SEVESO	SUD SEVESO	VAREDO	BRESSO NIGUARDA	VALBE
N totale (ug/L)	12250	6750	10750	7000	8500
N organico (ug/L)	1837,5	1012,5	1612,5	1050	1275
N ammoniacale (ug/L)	612,5	337,5	537,5	350	425
N nitrico (ug/L)	9800	5400	8600	5600	6800

Tabella 5.6 Ripartizione dell'azoto nelle sue forme

Per quanto riguarda le costanti che regolano i vari processi relativi a queste sostanze, vengono mantenuti agli stessi valori utilizzati nella simulazione del Seveso.

Ora bisogna affrontare il problema relativo ai metalli. I depuratori non sono in grado di eliminarli se non indirettamente: possono essere inglobati nel fiocco di fango e successivamente sedimentare con esso. Inoltre pensare di individuare un trattamento specifico di rimozione è improponibile, sia in termini di efficienza, poiché si parla dell'ordine dei $\mu\text{g/l}$, ma anche in termini economici. Tornando al tema relativo all'impossibilità di una rimozione veramente efficace nei confronti dei metalli, la soluzione sarebbe quella di risalire alle fonti: il rilevante contributo dato dall'impianto Bresso-Niguarda al fiume Seveso sia per il cromo totale che per il nichel, fa intuire la presenza di industrie, probabilmente chimiche e galvaniche, colpevoli di queste concentrazioni in uscita dal depuratore. Dovrebbe spettare alle industrie stesse individuare e attuare un trattamento specifico di rimozione di questi microinquinanti prima di inviare il loro refluo al depuratore civile. Finché non verranno abbassati i limiti di concentrazioni ammesse per lo scarico in fognatura a un valore coerente con gli standard di qualità, questo difficilmente potrà succedere. Per quanto riguarda il rame, tipico prodotto dalla corrosione dei tubi di distribuzione e raccolta delle acque, la soluzione sta appunto nella manutenzione della rete.

Proprio per questo motivo nella seguente simulazione dello scenario non verranno trattati i metalli, ma solo i macroinquinanti classici.

5.7.1 Risultati dello scenario

Una volta fissate le ipotesi per lo scenario, le quali sono basate su un netto miglioramento delle caratteristiche dei depuratori, è possibile utilizzare il QUAL2K ottenendo gli andamenti delle concentrazioni dei macroinquinanti. Questi risultati saranno comparati con i valori ottenuti dalla modellizzazione del Seveso.

5.7.1.1 BOD, COD e solidi sospesi

Qui di seguito sono rappresentate gli andamenti di concentrazione di BOD, COD e solidi sospesi. Nei grafici sono inoltre raffigurati gli andamenti ricavati dal modello del Seveso (linea rossa tratteggiata).

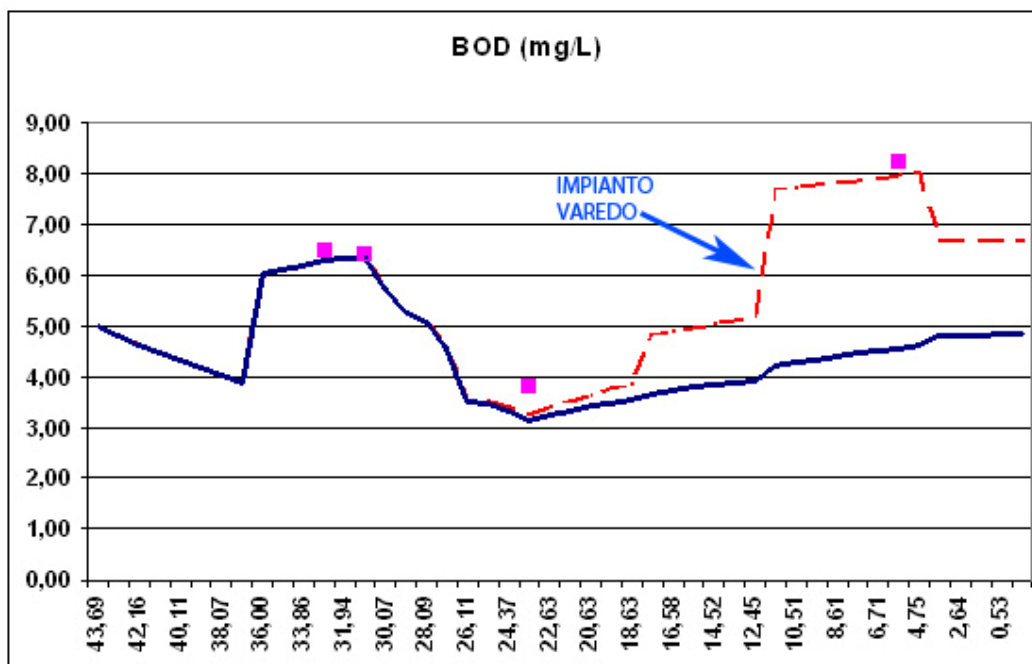


Grafico 5.1 Andamento della concentrazione di BOD

Il grafico sopra riportato evidenzia quanto sia inefficiente l'impianto di Varedo nella rimozione del BOD: infatti presenta un rendimento pari al 68%. Lo scenario migliora enormemente l'andamento del BOD: da come si può notare è talmente ottima la rimozione da parte di tutti i depuratori che l'acqua in uscita dal Seveso presenta un valore di concentrazione pari a poco meno del valore misurato a monte nella stazione ARPA di Fino Mornasco.

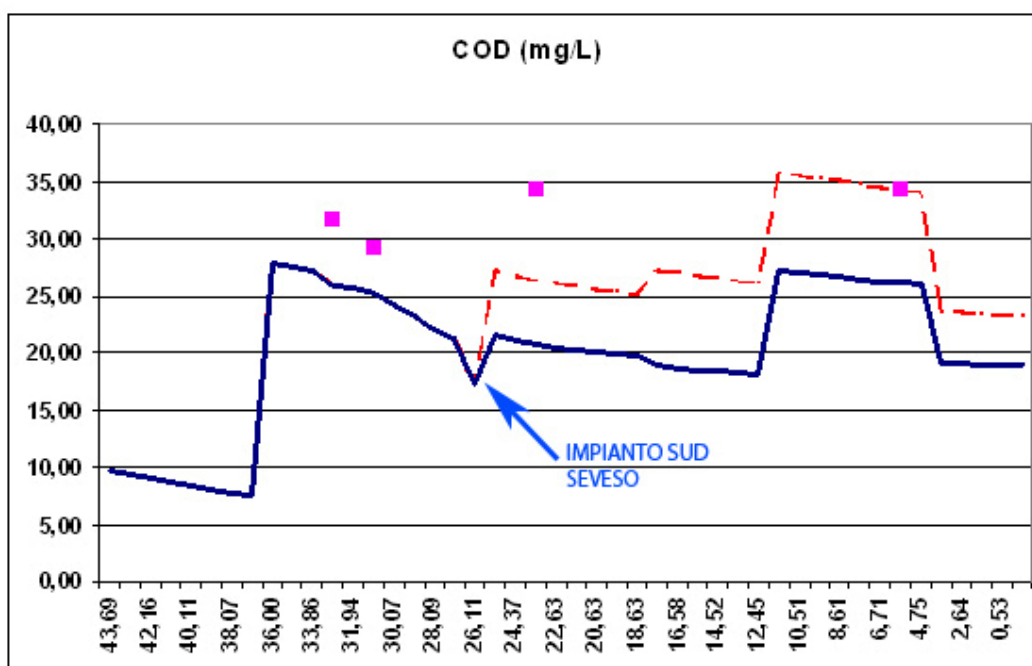


Grafico 5.2 Andamento della concentrazione di COD

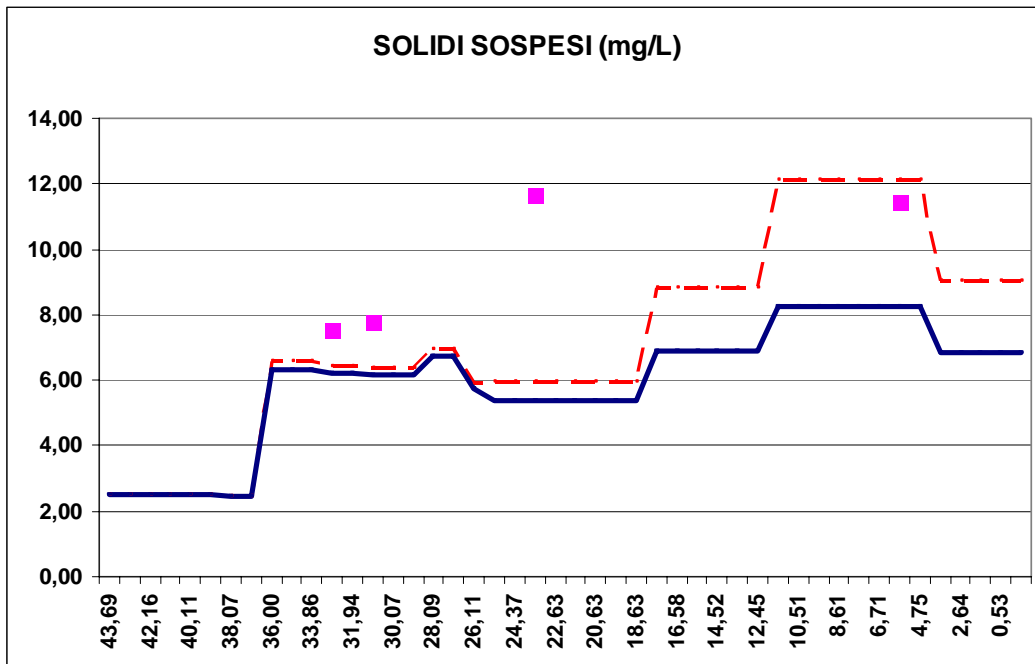


Grafico 5.3 Andamento della concentrazione di solidi sospesi

Nel caso del COD e dei solidi sospesi, possiamo notare che gli andamenti ottenuti dallo scenario inizialmente non si discostano da quello del modello Seveso, proprio perché l'impianto Alto Seveso ha rimozioni molto efficaci. Questi cambiano circa al km 26, punto di ingresso degli scarichi del depuratore Sud Seveso: innalzamento dell'efficienza di rimozione di questo impianto relativa al COD e ai solidi sospesi provoca un abbassamento del profilo. Da adesso in poi i due andamenti sono simili a quelli precedentemente ricavati, solo che gli apporti dati dai depuratori non sono più così elevati.

Per evidenziare meglio le differenze fra le concentrazioni del modello e dello scenario, si allega qui di seguito un istogramma con le concentrazioni in uscita a confronto.

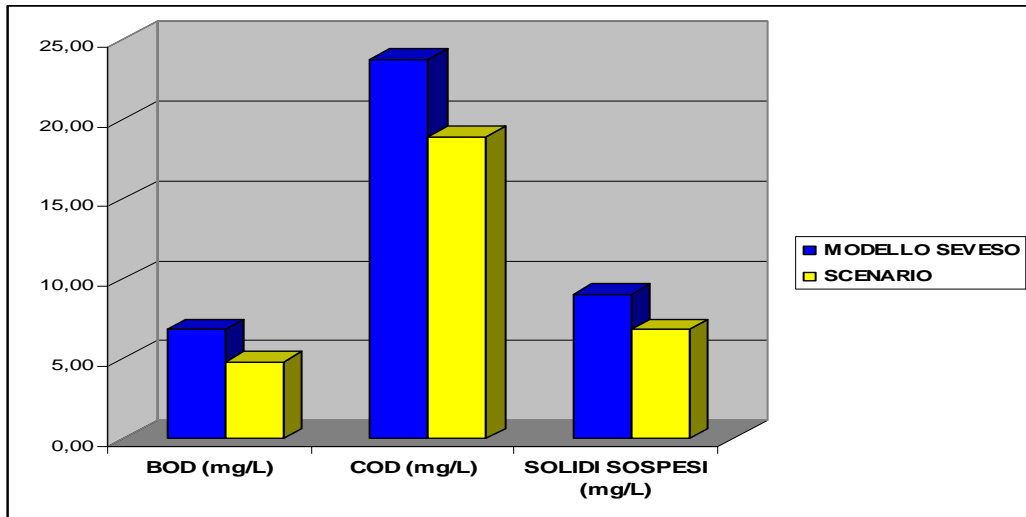


Grafico 5.4 Istogramma di confronto fra i risultati del modello Seveso e lo scenario per le concentrazioni in uscita di BOD, COD e solidi sospesi

5.7.1.2 Fosforo

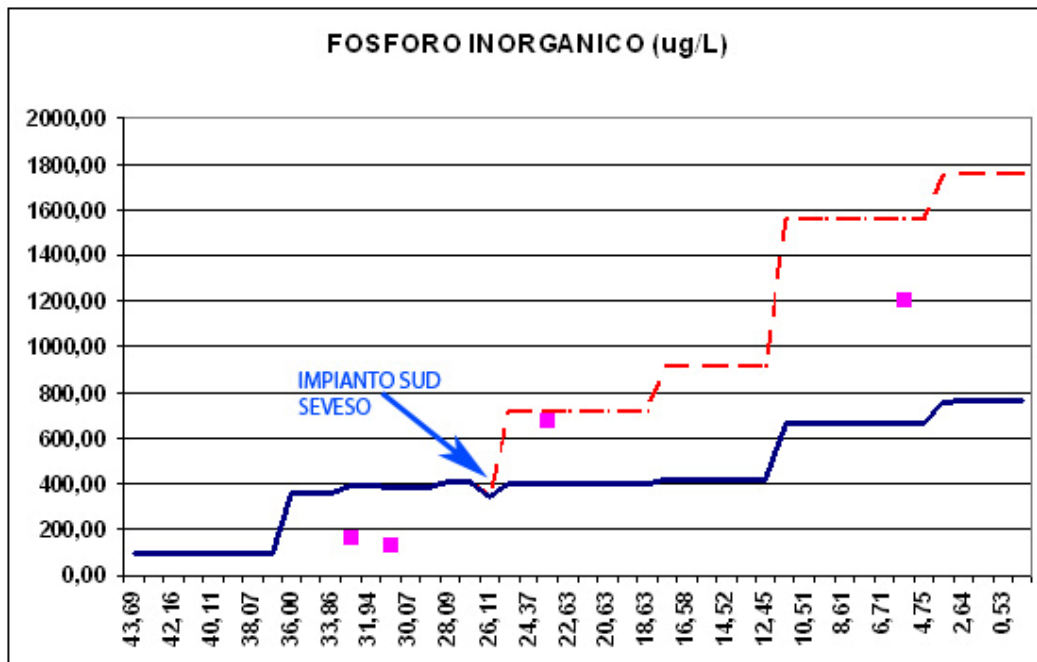


Grafico 5.5 Andamento della concentrazione di fosforo inorganico

Quello precedentemente detto per il COD e i solidi sospesi, vale anche per il fosforo: i miglioramenti delle prestazioni dei depuratori si cominciano a vedere dal punto di ingresso del depuratore di Carimate: i gradini nel grafico prodotti dagli apporti dei vari impianti sono notevolmente diminuiti. Il risultato finale è che la concentrazione di fosforo inorganico è passata da circa 1800 $\mu\text{g/L}$ a 800 $\mu\text{g/L}$.

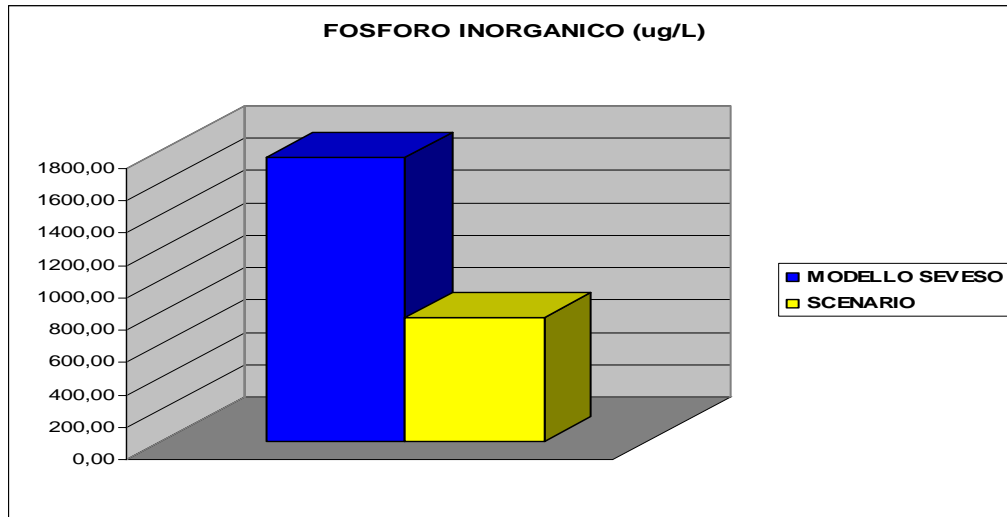


Grafico 5.6 Istogramma di confronto fra i risultati del modello Seveso e lo scenario per le concentrazioni in uscita di fosforo inorganico

5.7.1.3 Azoto

Dalle considerazioni fatte in precedenza, l'azoto è rimosso non a sufficienza in tutti i depuratori. Migliorando di conseguenza tutti gli impianti ci si aspetta un enorme miglioramento e un notevole abbassamento delle concentrazioni di uscita.

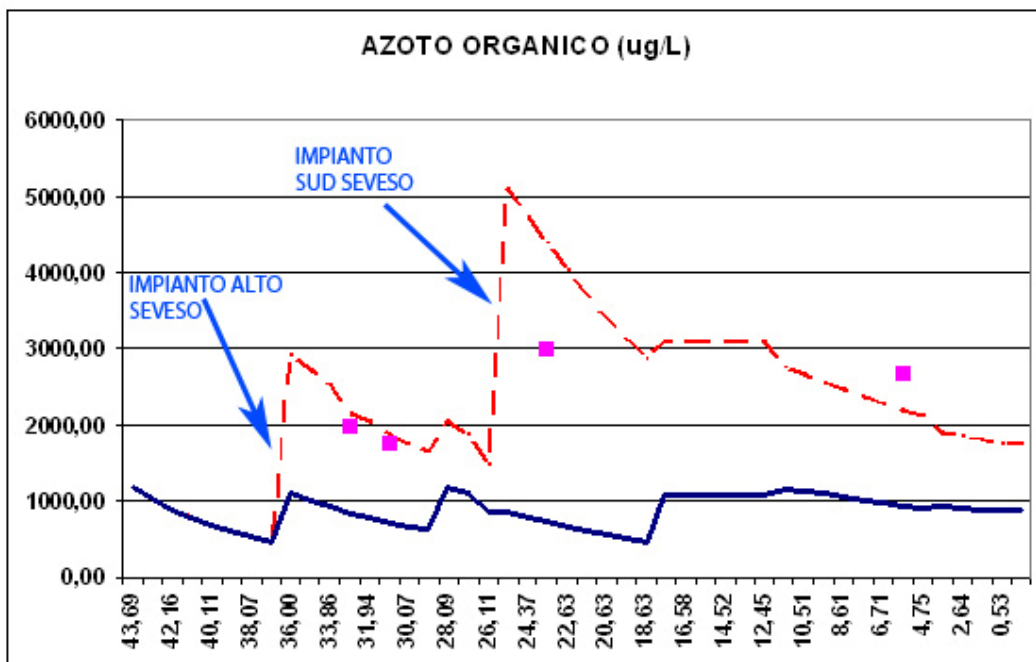


Grafico 5.7 Andamento della concentrazione di azoto organico

Riguardo l'azoto organico si può notare che non compaiono, o meglio sono di minor rilevanza, i contributi dell'impianto Alto Seveso e soprattutto del Sud Seveso: la concentrazione in uscita da quest'ultimo è passata dai 12 mg/L a poco più di 1 mg/L.

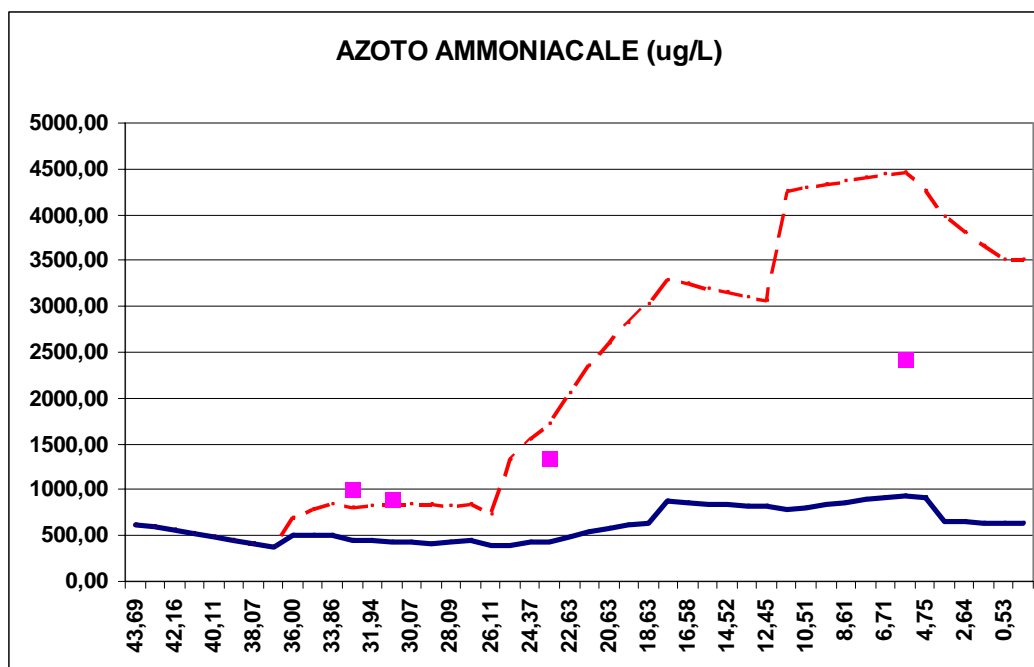


Grafico 5.8 Andamento della concentrazione di azoto ammoniacale

Il miglioramento riscontrato nell'azoto ammoniacale balza subito all'occhio. La concentrazione in uscita ottenuta nello scenario è notevolmente inferiore a quella ricavata con il modello basato sui dati reali.

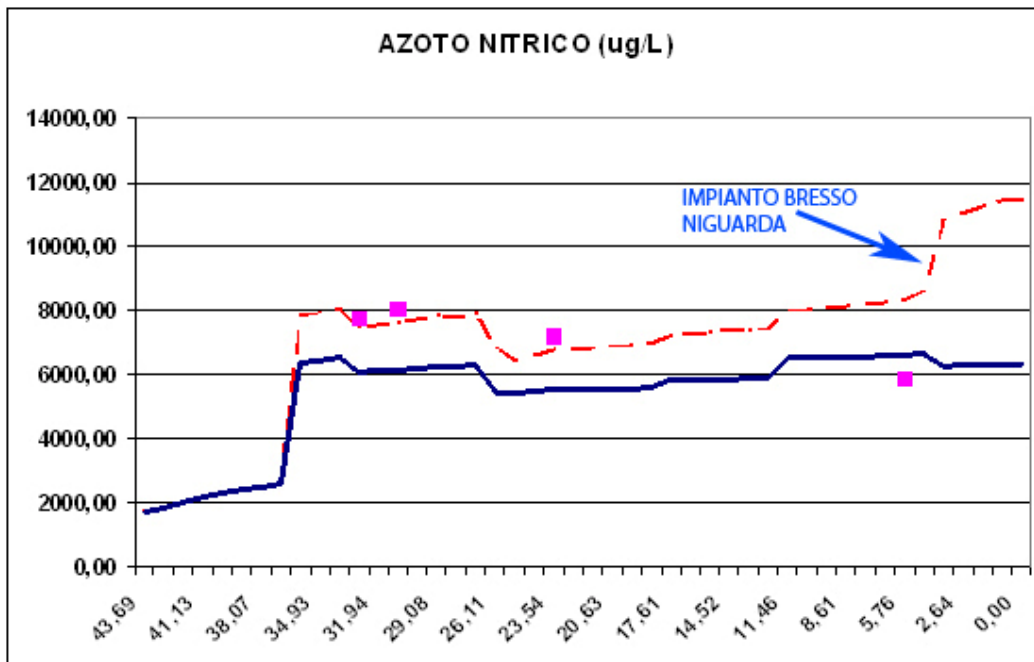


Grafico 5.9 Andamento della concentrazione di azoto nitrico

Anche la concentrazione dell'azoto nitrico diminuisce notevolmente: l'andamento è molto simile, tranne che nel tratto finale, a quella del modello, ma traslata verso il basso di un valore di circa 2 mg/L. Vale la pena far notare come l'apporto dovuto all'impianto Bresso-Niguarda, che causava un forte aumento di concentrazione, ora produce un effetto di diluizione.

Infine viene mostrato come varia l'andamento dell'azoto totale.

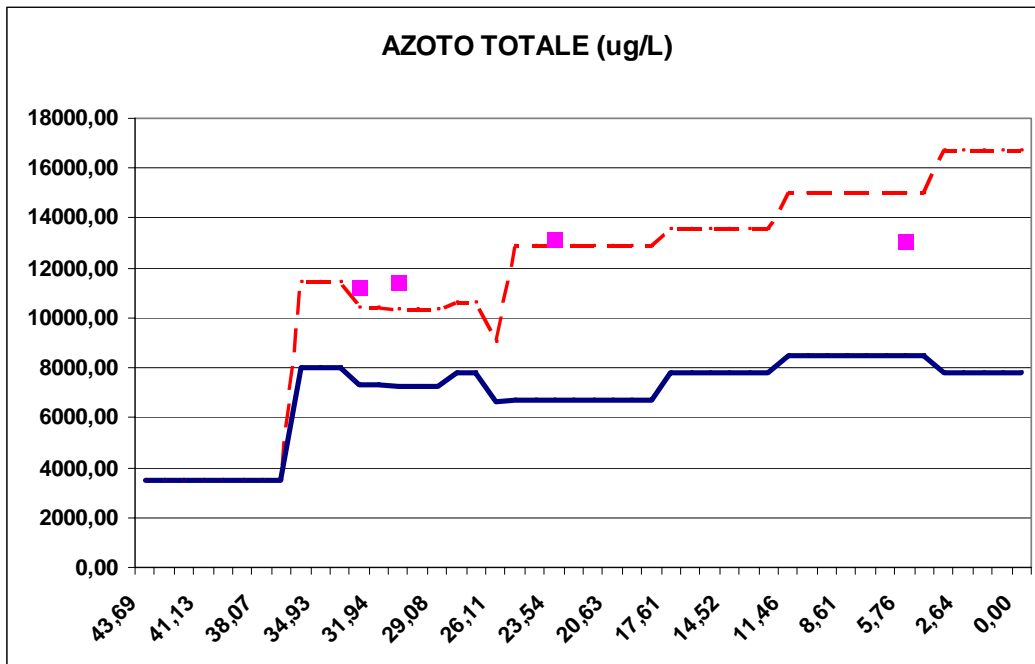


Grafico 5.10 Andamento della concentrazione di azoto totale

Nello scenario la concentrazione in uscita dal Seveso di azoto totale viene più che dimezzata.

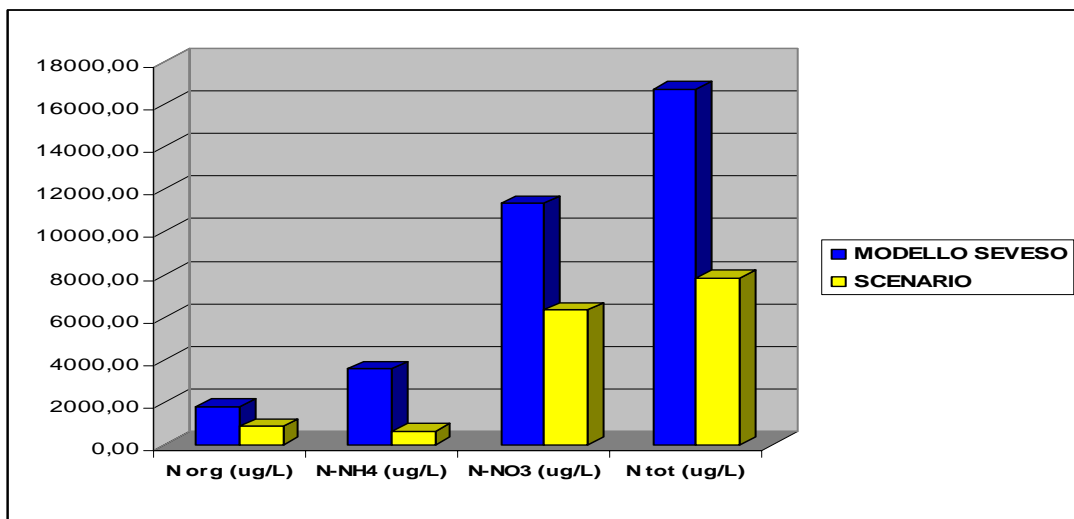


Grafico 5.11 Istogramma di confronto fra i risultati del modello Seveso e lo scenario per le concentrazioni in uscita di azoto

Da queste valutazioni si può capire come la qualità del fiume Seveso possa migliorare enormemente se i depuratori lavorassero efficacemente.

Per BOD, COD e solidi sospesi si ha sicuramente una diminuzione di concentrazione, ma non così elevata: basterebbe un aumento dell'efficienza del depuratore di Varedo per

migliorare le concentrazioni in uscita dal fiume. Per quanto riguarda fosforo e azoto, tutti i depuratori si dovrebbero impegnare a perfezionare e potenziare le tecniche di rimozione di questi due inquinanti.

CONCLUSIONI

Scopo del presente lavoro di tesi è stato la modellazione della qualità del fiume Seveso con particolare riferimento agli Standard di Qualità Ambientale ai sensi dell'Allegato 1, parte III del D.Lgs 152/2006. Obiettivi specifici erano la ricognizione delle sorgenti inquinanti maggiormente caratterizzanti lo stato di qualità attuale del fiume Seveso e l'individuazione delle possibilità di intervento finalizzate al miglioramento della qualità.

Il risultato di questo lavoro ha fatto emergere come un netto miglioramento della qualità delle acque del Seveso possa essere raggiunto solo attraverso il miglioramento delle efficienze di depurazione degli impianti presenti nel bacino: allo stato attuale, infatti, questi non sono in grado di garantire i necessari livelli di rimozione.

Dal confronto fra i risultati del modello e di quelli dello scenario, è possibile capire quanto questi impianti si discostino da una situazione di funzionamento ottimale: esempio emblematico è la differenza fra i valori in uscita dalla sezione di chiusura del Seveso per quanto riguarda il carico di azoto totale. Proprio per l'azoto è stata riscontrata la situazione peggiore: nessuno dei cinque depuratori considerati è in grado raggiungere le efficienze di rimozione (75%) che sarebbero richieste per legge nelle aree sensibili..

Analizzando gli impianti uno per uno, quello più efficiente risulta essere l'Alto Seveso: ha rimozioni molto elevate per il BOD, COD, solidi sospesi e fosforo. Nel caso dell'azoto, la rimozione non raggiunge il 75%, ma con il suo 61% rimane sempre la più efficiente rispetto a quelle degli altri impianti. Dall'analisi dei carichi in uscita di questo impianto si evince come il 30% dell'azoto totale scaricato sia di forma organica e questo fa ritenere che ci siano margini di miglioramento per l'efficienza di rimozione.

Dal punto di vista dei metalli, tale depuratore non contribuisce in maniera significativa sull'andamento di tutti i metalli considerati, pur essendo l'unico nel quale la maggior parte dei reflui trattati è d'origine industriale.

L'impianto Sud Seveso di Carimate presenta efficienze di rimozione di COD e solidi sospesi al di sotto dei valori di un impianto "virtuoso", ma comunque soddisfacenti; tuttavia, mentre rimuove efficacemente il BOD, la situazione appare critica quando si controllano i valori di rimozione dell'azoto e del fosforo, rispettivamente pari al 26% a al

29%. Soprattutto per quanto riguarda l'azoto, l'importante carico di organico scaricato nel Seveso è sintomo di malfunzionamento.

L'impianto di Varedo è quello che presenta la situazione più critica: non rimuove nessun inquinante con un'efficienza di rimozione pari a quella di un impianto "virtuoso". Produce il maggior contributo di carico in termini di BOD, COD e solidi sospesi: soprattutto nel caso del BOD la rimozione è molto bassa. Provoca anche un notevole apporto di fosforo e di azoto ammoniacale. Inoltre è anche responsabile di un importante contributo in termini di piombo. Tutti questi problemi mettono alla luce quanto questo depuratore debba essere rinnovato.

L'impianto Bresso-Niguarda presenta le rimozioni più elevate in termini di BOD, COD e solidi sospesi, non altrettanto si può ritenere per fosforo e azoto. Soffermandosi sulle forme dell'azoto, le situazioni critiche sono riconducibili soprattutto a una eccessiva presenza nello scarico della forma ammoniacale, che rappresenta il 21% dell'azoto totale scaricato. Solo poco più del 30% dell'azoto trattato viene rimosso il che denota come un miglioramento della fase nitrificazione/denitrificazione sia necessario, visto l'incidenza che ha questo impianto sulla qualità delle acque del Seveso.

Infine l'impianto Valbe (Mariano Comense) presenta una situazione simile a quella di Varedo, ossia molto critica. Nessun inquinante è rimosso a sufficienza.

Infine bisogna porre l'attenzione ai risultati ottenuti relativamente ai carichi di metalli considerati. Sicuramente devono essere risolti due problemi per garantire l'affidabilità della modellazione: una misurazione delle concentrazioni uscita dagli scarichi in linea (ovvero con limiti di risoluzione analitica confrontabili con quelli sulle acqua superficiali) con gli standard di qualità e la definizione degli SQA per tutte le sostanze.

Dai risultati ottenuti la sostanza che presenta un andamento al di sopra del suo SQA è il cromo totale. Piombo e nichel superano i rispettivi standard di qualità solo a valle del depuratore di Bresso. Proprio a valle di questo depuratore sarebbe fondamentale per la verifica delle previsioni modellistiche una stazione di monitoraggio: purtroppo, immediatamente dopo lo scarico del depuratore Bresso-Niguarda, il Seveso diventa intombinato e scompare nel sottosuolo della città di Milano, cosa che rende complicata la predisposizione di una stazione di monitoraggio.

Relativamente ai metalli, la modellazione ha permesso di evidenziare come anche per queste sostanze, pur non essendo probabilmente la loro origine di natura completamente civile, tuttavia la fonte principale dei carichi immessi nel Seveso, risultano essere proprio i depuratori. Questo sembrerebbe potersi ricondurre alla presenza di scarichi industriali nelle reti fognarie afferenti agli impianti ma è bene anche ricordare come importanti contributi di carico per alcuni metalli, quali ad esempio piombo e rame, potrebbe essere rappresentato dal deterioramento dei tubi della rete fognaria stessa. Il tema merita sicuramente degli approfondimenti. Gli impianti di depurazione non presentano in genere dei trattamenti di rimozione specifici per i metalli. Peraltro migliorare i loro valori in uscita sembrerebbe poco fattibile in considerazione dell'elevata diluizione che queste sostanze presentano anche in ingresso degli impianti. Se la fonte prevalente di queste sostanze fosse di natura industriale, potrebbe essere opportuno porre un maggiore controllo proprio sugli scarichi industriali collettati dalle reti fognarie afferenti agli impianti ed eventualmente imporre limiti allo scarico più restrittivi che spingano le industrie a trattamenti più spinti di rimozione a piè di fabbrica.

RINGRAZIAMENTI

In conclusione volevo ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutato durante la stesura di questo lavoro.

Innanzitutto volevo ringraziare la mia famiglia che mi ha sostenuto economicamente e moralmente in tutta la durata del corso di studi.

Un ringraziamento speciale va alla Prof.ssa Arianna Azzellino per la sua disponibilità e per avermi dato la possibilità di realizzare questa tesi.

Ringrazio anche la Prof.ssa Valeria Mezzanotte per aver svolto il ruolo di controrelatore.

Volevo anche ringraziare ARPA per aver reso disponibili i dati relativi al Seveso così da permettermi di realizzare questo lavoro.