

Ministero dell' Ambiente  
e della Tutela del Territorio

  
*Autorità di Bacino del Fiume Arno*



REGIONE TOSCANA  
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

## Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

### PROGETTO DEFINITIVO

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi  
Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

**Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio**

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81  
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di  
modifica degli strumenti vigenti

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria

Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale  
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento  
ambientale

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.AM. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,  
selezione e trasporto materiale interte, progettazione viabilità

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento  
ambientale

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecna Progetti S.r.l. :

Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per  
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per  
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche  
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -  
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

**Quadro di Riferimento Ambientale**

COD.

**183**

Redatto da: Università degli Studi di Firenze

Progettisti:

DATA Maggio 2007

183\_SIA\_QR\_AMB.DOC

SCALA varie



*Università degli Studi di Firenze*  
**Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale**

## **QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE**

**PER LO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE DELL'INVASO DELLA  
GIUDEA E DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEI LAGHI PRIMAVERA**

### **RAPPORTO TECNICO**

**Coordinatore:**

*Prof. Ing. Enio Paris*

**Gruppo di Lavoro:**

*Prof. Ing. Enrica Caporali  
Prof. Ing. Lorenzo Domenichini  
Dott. Bruna Gumiero  
Prof. Massimo Rinaldi  
Prof. Ing. Luca Solari  
Prof. Ing. Giovanni Vannucchi*

Firenze, Giugno 2007

# QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

## PER LO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE DELL'INVASO DELLA GIUDEA E DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEI LAGHI PRIMAVERA

### INDICE

1	COMPONENTI INFRASTRUTTURE, ATMOSFERA E RUMORE.....	7
1.1	Premessa.....	7
1.1.1	Bilancio dei materiali.....	7
1.1.2	Cantierizzazione.....	7
1.2	Traffico.....	9
1.2.1	Descrizione dello stato attuale della componente.....	9
1.2.2	Stima del traffico generato dal progetto.....	9
1.2.3	Analisi del traffico.....	10
1.2.4	Identificazione dei fattori di impatto.....	11
1.2.5	Misure di prevenzione e mitigazione degli impatti in fase di cantiere.....	12
1.3	Atmosfera.....	12
1.3.1	Descrizione dello stato attuale della componente.....	12
1.3.2	Identificazione dei fattori di impatto.....	28
1.3.3	Definizione degli ambiti di sensibilità.....	35
1.3.4	Misure di prevenzione e mitigazione degli impatti in fase di cantiere.....	36
1.3.5	Monitoraggio Ambientale.....	37
1.4	Rumore.....	37
1.4.1	Descrizione dello stato attuale della componente.....	37
1.4.2	Identificazione dei fattori di impatto.....	46
1.4.3	Definizione degli ambiti di sensibilità.....	48
1.4.4	Misure di prevenzione e mitigazione degli impatti in fase di cantiere.....	49
1.4.5	Monitoraggio Ambientale.....	50
1.5	Riferimenti relativi al potenziale impatto da vibrazioni.....	51
2	COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI	
2.1	Cassa di espansione "Laghi Primavera"	
2.1.1	Introduzione.....	53
2.1.1.1	Descrizione della cassa di espansione 'Laghi Primavera'.....	53
2.1.1.2	Quadro conoscitivo di base.....	54
2.1.2	Gli scenari analizzati.....	59
2.1.2.1	Premessa.....	59
2.1.2.2	Simulazioni stato attuale.....	59
2.1.2.3	Simulazioni allo stato di progetto.....	67
2.1.2.4	Simulazioni stato di esercizio.....	77
2.1.3	Analisi degli impatti e interventi di mitigazione.....	83
2.1.3.1	Analisi degli impatti.....	83
2.1.3.2	Interventi di mitigazione.....	85
2.2	L'invaso della Giudea.....	87
2.2.1	Descrizione dello stato attuale.....	92
2.2.1.1	Contesto Territoriale.....	92
2.2.1.2	Analisi Idrologica.....	101
2.2.1.3	Schema Idraulico Locale.....	103
2.2.2	Descrizione dello stato di progetto.....	110
2.2.3.1	Descrizione sintetica della diga e dell'invaso.....	111

2.2	L'invaso della Giudea .....	87
2.2.1	Descrizione dello stato attuale.....	92
2.2.1.1	Contesto Territoriale .....	92
2.2.1.2	Analisi Idrologica .....	101
2.2.1.3	Schema Idraulico Locale .....	103
2.2.2	Descrizione dello stato di progetto .....	110
2.2.3.1	Descrizione sintetica della diga e dell'invaso .....	111
2.2.3.2	Schema idrologico e idraulico locale .....	113
2.2.3.3	Portate derivabili.....	115
2.2.3	Descrizione dello stato di esercizio .....	118
2.2.3.1	Gestione del Serbatoio .....	118
2.2.3.2	Controllo interrimento .....	118
2.2.3.3	Sfioro dal serbatoio.....	119
3.	COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE, SUOLO E SOTTOSUOLO	
3.1	Descrizione dello stato attuale.....	121
3.1.1	Assetto idrologico, geologico, morfologico .....	121
3.1.1.1	Inquadramento generale .....	121
3.1.1.2	Caratteristiche geologico-strutturali e lineamenti tettonici .....	122
3.1.2	Acque sotterranee .....	123
3.1.2.1	Stato di qualità ambientale delle acque sotterranee.....	124
3.1.2.2	Classificazione di qualità delle acque sotterranee.....	128
3.1.2.3	Elementi di criticità per la falda.....	130
3.1.3	Terreni affioranti nell'area.....	130
3.1.3.1	Caratterizzazione in campo statico.....	130
3.1.3.2	Caratterizzazione in campo dinamico.....	133
3.1.3.3	Elementi di criticità per il terreno .....	134
3.2	Descrizione dello stato di progetto.....	134
3.2.1	Analisi degli impatti su terreno e falda.....	134
3.2.1.1	Ricettori e impatti potenziali individuati.....	135
3.2.1.2	Stima degli impatti reali .....	138
3.2.2	Prescrizioni, interventi di mitigazione e compensazione, per terreno e falda.....	140
3.2.2.1	Prescrizioni.....	140
3.2.2.2	Interventi di mitigazione e compensazione.....	141
3.3	Monitoraggio del terreno e della falda .....	141
3.4	Considerazioni conclusive .....	142
3.5	Documentazione di riferimento .....	144
4.	COMPONENTE FLORA E VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI .....	145
4.1	Introduzione .....	145
4.1.1	Torrente Ombrone dal ponte di Calciola al ponte sull'autostrada.....	145
4.1.1.1	Suddivisione per tratti omogenei .....	145
4.1.1.2	Stazioni di campionamento .....	151
4.1.2	Torrente Vincio di Brandeglio dall'opera di presa fino alla confluenza .....	154
4.2	Componente flora e vegetazione.....	163
4.2.1	Torrente Ombrone .....	163
4.2.1.1	Vegetazione acquatica .....	163
4.2.1.2	La vegetazione riparia .....	163
4.2.2	Torrente Vincio di Brandeglio .....	176
4.2.2.1	Vegetazione riparia.....	176
4.3	Componente fauna .....	177
4.3.1	Torrente Ombrone .....	177
4.3.1.1	Macroinvertebrati acquatici.....	177
4.3.1.2	Comunità ittica.....	182
4.3.2	Torrente Vincio di Brandeglio .....	185
4.3.2.1	Macroinvertebrati acquatici.....	185

4.4	Componente Ecosistemi .....	191
4.4.1	Torrente Ombrone Pistoiese .....	192
4.4.1.1	Gruppi trofico-funzionali dei macroinvertebrati nei siti di campionamento .....	192
4.4.1.2	capacità di ritenzione dell'ecosistema fluviale .....	198
4.4.2	Torrente Vincio di Brandeglio .....	201
4.4.2.1	Gruppi trofico-funzionali dei macroinvertebrati nei siti di campionamento .....	201
4.4.2.2	capacità di ritenzione dell'ecosistema fluviale .....	204
4.4	Aspetti importanti dal punto di vista conservativo .....	204
4.4.1	Torrente Ombrone Pistoiese .....	204
4.4.2	Torrente Vincio di Brandeglio .....	205
4.5	Analisi degli impatti .....	206
4.5.1	Impatti negativi .....	206
4.5.1.1	Casse di espansione "Laghi Primavera" .....	206
4.5.1.2	Prelievo sul vincio .....	206
4.5.1.3	Diga della Giudea .....	207
4.5.2	Impatti positivi .....	207
4.5.2.1	Casse di espansione "Laghi Primavera" .....	207
4.6	Proposte di mitigazione .....	208
4.6.1	Casse di espansione "Laghi Primavera" .....	208
4.6.1.1	Cantiere .....	208
4.6.1.2	Casse di espansione .....	208
4.6.1.3	Diga della Giudea .....	208
4.7	Proposte di compensazione .....	209
4.7.1	Ombrone pistoiese .....	209
4.7.2	Vincio di Brandeglio .....	211
4.8	Monitoraggio .....	212
4.8.1	Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.) .....	212
4.8.1.1	Torrente Ombrone Pistoiese .....	213
4.8.1.2	Torrente Vincio di Brandeglio .....	213
4.8.2	Indice Biotico Esteso (I.B.E.) .....	216
4.8.2.1	Torrente Ombrone Pistoiese .....	216
4.8.2.2	Torrente Vincio di Brandeglio .....	217

## PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Pistoia è stata individuata, di concerto con la Provincia di Pistoia, con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno, con la Regione Toscana e la Provincia di Prato, quale soggetto attuatore della progettazione e della realizzazione degli interventi strutturali previsti dal Piano di Bacino del Fiume Arno – Stralcio Rischio Idraulico, all'interno del territorio comunale di Pistoia.

Il Comune di Pistoia ha individuato il Consorzio di Bonifica Ombrone P.se – Bisenzio, di seguito indicato come Consorzio, quale Ente attuatore delle progettazioni relative agli interventi strutturali nel tratto del Fiume Ombrone Pistoiese posto ad ovest della città di Pistoia e compreso tra il Ponte Calcaiola e il Ponte sull'autostrada A11, della lunghezza di circa 6 km (Tavola 1).

Gli interventi consistono in tre casse di espansione destinate alla laminazione delle piene del fiume Ombrone P.se e denominate Ponte Calcaiola, S. Piero in Vincio e Laghi Primavera. Tali opere risultano comprese nel programma di interventi di cui all'Allegato 1 dell'Accordo di Programma Integrativo all'Accordo di Programma Quadro del 18.05.1999, sottoscritto in data 18.02.2005 tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, la Regione Toscana e l'Autorità di Bacino del Fiume Arno, per un importo finanziato di complessivi € 9.435.000, 00 suddivisi in due fasi di attuazione.

Nello stesso ambito territoriale è presente sin dal 1973 l'invaso della Giudea, posto in località Gello, di proprietà del Comune di Pistoia ed attualmente in gestione a Publiacqua S.p.A. per uso acquedottistico. Stante l'esigenza di adeguare l'invaso alla normativa vigente, e la conseguente necessità di reperire materiale inerte di origine alluvionale, il Consorzio ha proposto a tal fine il riutilizzo del materiale proveniente dal rimodellamento dell'area destinata a cassa di laminazione Laghi Primavera.

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3376/2004 viene attivato lo stanziamento per i lavori di adeguamento alla diga della Giudea, mentre in data 9 Marzo 2006 il Comune di Pistoia affida al Consorzio la progettazione integrata della cassa di espansione Laghi Primavera, dell'adeguamento dell'invaso della Giudea, nonché della viabilità di collegamento.

Nella stessa data viene stipulata tra Consorzio e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze, di seguito indicato come Dipartimento, una prima convenzione dal titolo "*Attività di studio e ricerca nell'ambito del progetto degli interventi strutturali sull'asta del T.Ombrone P.se in comune di Pistoia*", finalizzata alla definizione degli impatti sulle componenti ambientali delle opere connesse alla realizzazione della cassa di espansione in località Laghi Primavera e al progetto di adeguamento dell'invaso della Giudea, in località Gello (PT).

Nel corso delle attività connesse al suddetto progetto, il Consorzio ha reso noto che la diga dell'invaso della Giudea, per le sue caratteristiche dimensionali, è opera da sottoporre a Valutazione di Impatto Ambientale – VIA ai sensi del DPCM 27.12.88, nell'ambito di competenza del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

A seguito di quanto sopra il Consorzio, in data 28/12/06, ha stipulato con il Dipartimento una seconda convenzione per "*Attività di studio e ricerca nell'ambito dello studio di impatto ambientale dell'invaso della Giudea in località Gello (PT) e degli interventi per la messa in*

sicurezza del T.Ombrone P.se nel comune di Pistoia”, al fine di integrare le attività previste nella prima convenzione.

Nel loro complesso, le attività previste nelle citate convenzioni prevedono la redazione dello Studio di Impatto Ambientale in relazione al progetto integrato Cassa di espansione Laghi Primavera – Invaso della Giudea- Nuova Viabilità , nonché la predisposizione dello studio di *prefattibilità ambientale* (screening ai sensi della L.R. n. 79/ 1999) delle casse di espansione presso Ponte di Calciola e di S. Piero a Vinci.

A questo proposito si evidenzia che, prima del presente studio era già stato predisposto per la cassa di espansione “Lagni Primavera” lo studio di prefattibilità ambientale.

Per lo svolgimento delle suddette attività è stato costituito, all'interno del Dipartimento, un Gruppo di Lavoro costituito dal Prof. Ing. Lorenzo Domenichini, dal Prof. Ing. Giovanni Vannucchi, dal Prof. Ing. E. Caporali dal Prof. Massimo Rinaldi, dal Prof. Ing. Luca Solari, dalla Dott.ssa Bruna Gumiero, e coordinato dal Prof. Ing. Enio Paris.

Il presente studio costituisce pertanto il Rapporto Tecnico del *Quadro di Riferimento Ambientale* in relazione agli interventi dell'invaso della Giudea, della cassa di espansione presso i Laghi Primavera e della viabilità a questi connessa

## **OBIETTIVI DELLO STUDIO**

Il presente studio ha come obiettivo la definizione del Quadro di Riferimento Ambientale connesso alla realizzazione dell'invaso della Giudea in località Gello (PT) e della cassa di espansione sul fiume Serchio in località Laghi Primavera, ai fini dello Studio di Impatto Ambientale che il Consorzio è chiamato a realizzare per la richiesta di pronuncia di compatibilità ambientale al Ministero dell'Ambiente e alla Regione Toscana, della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale.

La diga dell'invaso della Giudea, infatti, per le sue caratteristiche dimensionali, è opera sottoposta a VIA ai sensi del DPCM 27.12.88, nell'ambito di competenza del Ministero dell'Ambiente nel quale sono inclusi gli “... impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acqua in modo durevole di altezza superiore a 15 m o che determinano un volume d'invaso superiore ad 1.000.000 m<sup>3</sup>, nonché impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque ai fini energetici in modo durevole, di altezza superiore a 10 m o che determinano un volume di invaso superiore a 100.000 m<sup>3</sup>”.

Inoltre, il progetto della cassa di espansione “Lagni Primavera” sul Fiume Ombrone Pistoiese, essendo connesso al progetto della Diga della Giudea a Gello in quanto prevede il reperimento di parte del materiale del corpo diga attraverso il rimodellamento del terreno ricompreso all'interno della cassa, risulta conseguentemente inserito nel presente Studio di Impatto Ambientale.

Nel Quadro di Riferimento Ambientale, descritto nel presente Rapporto Tecnico, vengono individuati, classificati e valutati gli impatti ambientali attribuibili alle opere in esame con l'obiettivo di prevedere gli effetti indotti sulle diverse componenti ambientali considerate, per poi identificare e caratterizzare le opere di mitigazione e/o compensazione degli impatti individuati, nonché le tecniche di monitoraggio.

L'individuazione degli impatti ovvero l'individuazione delle interazioni certe o probabili tra le attività elementari del progetto e le componenti ambientali caratteristiche dell'ambito territoriale di riferimento, viene definita a partire dalla situazione attuale e per le diversi fasi temporali della costruzione, dell'esercizio e del post-esercizio delle opere di progetto.

Vengono di volta in volta descritte sinteticamente le metodologie di indagine utilizzate per l'analisi e l'individuazione degli impatti.

## DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI

Nei paragrafi successivi sono illustrate le caratteristiche territoriali delle aree ove sono previsti gli interventi, nonché le caratteristiche tecniche e funzionali degli stessi come previste nel

Le aree oggetto di intervento sono situate ad ovest della città di Pistoia, in destra del torrente Ombrone. Con riferimento alla corografia della Tavola 1, le località specifiche sono Gello, con particolare riferimento all'Invaso della Giudea, e i Laghi Primavera, zona sportiva che si trova a Sud della via di Gora e Barbatole, tra il corso del fiume Ombrone e quello del torrente Torbecchia.

In sintesi, il Progetto Definitivo "*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera*", redatto a cura del Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese Bisenzio, di seguito indicato per brevità Progetto, prevede i seguenti interventi:

- La cassa di espansione dei Laghi Primavera.
- Il consolidamento statico dell'Invaso della Giudea in località Gello;
- La viabilità di connessione della cassa di espansione con le infrastrutture viarie esistenti.
- La viabilità a servizio dell'Invaso della Giudea.
- La viabilità a servizio della cava di prestito esterna alla cassa di espansione.

I suddetti interventi sono finalizzati prioritariamente alla difesa idraulica del territorio e all'approvvigionamento idropotabile della popolazione. Le infrastrutture viarie di collegamento, necessarie per la realizzazione e la gestione degli stessi interventi, sono previste in modo da ottimizzare il collegamento funzionale tra le opere idrauliche, migliorando al contempo l'attuale viabilità e minimizzando l'impatto nella fase di realizzazione.

In particolare:

- Il progetto della cassa di espansione in località Laghi Primavera nasce dall'esigenza di messa in sicurezza dell'asta del Torrente Ombrone, ai fini della salvaguardia del territorio della piana pistoiese e pratese dal rischio idraulico da esondazione. La cassa di espansione è in grado di accumulare un volume massimo dell'ordine di  $600.000 m^3$  ed occupa un'area dell'ordine di  $22 ha$ . Lo sviluppo degli argini perimetrali della cassa è di circa  $2400 m$  con altezza variabile da  $1 m$  a  $7 m$ .
- Il progetto di adeguamento dell'invaso della Giudea (capacità di accumulo di  $760.000 m^3$  con uno sbarramento di altezza massima pari a circa  $32 m$ ) ha come principale finalità quella di ripristinare la funzionalità dell'esistente serbatoio in modo da poter



modulare le portate del Vincio di Brandeglio durante i periodi invernali e primaverili e di accumularle per l'utilizzo durante il periodo estivo.

- I materiali da costruzione: Il progetto di adeguamento dell'invaso della Giudea e della cassa di espansione in località Laghi Primavera prevede il riutilizzo e l'ottimizzazione dei materiali da costruzione. Infatti, per consolidamento della diga della Giudea viene utilizzato il materiale lapideo derivante dalla rimodellazione dell'area della cassa di espansione Laghi Primavera e, contestualmente, l'asportazione del materiale argilloso presente nel corpo diga, ormai degradato, viene utilizzato per la realizzazione degli argini della stessa cassa di espansione.
  
- Le infrastrutture viarie: il progetto di adeguamento dell'invaso della Giudea e della cassa di espansione in località Laghi Primavera prevede un collegamento carrabile per la movimentazione di materiali terrosi e lapidei da un cantiere all'altro. Ciò consentirà, oltre al riutilizzo in situ del materiale movimentato, l'ottimizzazione delle fasi di costruzione delle opere di arginatura della cassa di espansione e di consolidamento della diga della Giudea, riducendo al minimo il reperimento di materiale da cave esterne all'area di intervento e, conseguentemente, l'impatto per la movimentazione dello stesso lungo la viabilità ordinaria e i costi di acquisizione. Il collegamento carrabile prevede oltre all'adeguamento di un tratto di viabilità già esistente, anche la realizzazione di un nuovo tratto di viabilità per collegare l'area della cassa con la S.P. n° 17 Pistoia – Femminamorta.
  
- Il progetto complessivo per la realizzazione della cassa di espansione in località Laghi Primavera e per l'adeguamento dell'invaso della Giudea, insieme con la nuova viabilità ad esso funzionale, cerca inoltre di dare soluzione ad alcune rilevanti questioni di interesse urbanistico ed ambientale:
  - il coerente inserimento del sistema di casse di espansione previsto dal Piano Stralcio rischio idraulico in un progetto di valorizzazione e fruizione del corso dell'Ombrone da Ponte Calcaiola a Pontelungo ed oltre;
  - la realizzazione di una serie di attrezzature per lo sport ed il tempo libero fortemente correlate con gli insediamenti abitativi e con le strutture esistenti o in previsione nella zona ovest della città;
  - la creazione di un sistema di percorsi pedonali e ciclabili che si irradiano dal centro della città verso la campagna e la collina e contribuiscono a riqualificare la periferia urbana;
  - la costituzione del parco fluviale del Torrente Ombrone, già confermata nelle previsioni urbanistiche del Comune di Pistoia. In tal senso, la realizzazione della cassa di laminazione prevedrà l'utilizzo della stessa per attività sportive e per il tempo libero, compatibilmente con le esigenze idrauliche.
  - il miglioramento della viabilità di accesso al Parco dell'Ombrone e la realizzazione di una sistema di parcheggi a servizio delle attrezzature.

## DESCRIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE

Gli interventi previsti interessano l'intero ambito territoriale ad ovest della città di Pistoia, caratterizzato dal corso del Fiume Ombrone nel tratto da Ponte Calcaiola a Pontelungo, per una lunghezza di circa 6 Km, e dei suoi principali affluenti in destra idrografica: il Vincio di Montagnana, il Torbecchia ed il Vincio di Brandeglio (TAVOLA 1).

L'area interessata dalla cassa di espansione in località Laghi Primavera è ubicata nel territorio comunale di Pistoia, in destra idraulica del T. Ombrone e in sinistra idraulica del T. Torbecchia, a Sud della strada del "Ponte alle Tavole".

Il territorio è tipico della piana del fondo valle del T. Ombrone ed ha un andamento degradante da Nord a Sud con pendenza di circa lo 0,8%. L'area, nel passato, è stata in parte oggetto di attività estrattiva per materiali inerti da costruzione. Le tre depressioni esistenti, generate dall'attività di cava, sono state riqualificate, nel recente passato, mediante riconversione a laghetti adibiti ad attività ricreativa e sportiva (pesca).

Le altre porzioni dell'area, attualmente, hanno una utilizzazione agricola e in parte vivaistica. Gli insediamenti poderali, salvo rare eccezioni, non hanno più alcuna funzione agricola: le case coloniche sono abbandonate o sono state trasformate in civile abitazione. Dal punto di vista geologico, l'area interessata si trova in prossimità del margine occidentale della pianura alluvionale, formatasi per il progressivo colmamento del bacino palustre e lacustre che nel Quaternario antico occupava la depressione presente lungo l'asse Pistoia - Firenze.

L'invaso della Giudea, in località Gello nel Comune di Pistoia, si colloca ai piedi delle colline in destra del T. Ombrone a circa 3 Km, in direzione NNO, dal centro città. L'invaso, ricavato sull'incisione determinata dal Rio dei Fontanacci, consente l'accumulo e la regolazione di parte dei deflussi del torrente Vincio di Brandeggio, che vengono poi utilizzati a servizio delle esigenze idropotabili di Pistoia.

La zona dell'invaso della Giudea insiste sulle argilliti con strati e blocchi di calcari e arenarie, praticamente impermeabili, del Complesso eterogeneo, ma confina, oltre la faglia, con gli affioramenti di flysch arenaceo torbiditico con siltiti e argilliti.

Il fiume Ombrone Pistoiese, compreso tra Ponte Calcaiola e Pontelungo, rappresenta un tratto di transizione tra il corso d'acqua quasi naturale con caratteristiche più tipicamente torrentizie posto nella zona collinare–montana del bacino ed il tratto completamente artificiale e degradato della zona di pianura.

Nell'attuale contesto idrografico del bacino dell'Ombrone Pistoiese, esso rappresenta il tratto con le maggiori potenzialità di sviluppo socio-ambientale, soprattutto in una prospettiva di gestione integrata dell'area (ambiente, fruizione sociale, rischio idraulico).

La configurazione morfologica dell'alveo, che raggiunge in questo tratto larghezze relativamente elevate, e la sua dinamica naturale, inducono condizioni relativamente favorevoli da un punto di vista ecologico ed ambientale.

Il fiume, scorrendo in questo tratto in una zona di conoide, presenta un trasporto solido al fondo relativamente elevato. Il corso d'acqua negli ultimi anni ha potuto sviluppare, soprattutto nella zona a valle di Gello, una pregevole fascia di vegetazione ripariale che ha contribuito alla sua riqualificazione.

Da un punto di vista idrogeologico, il F. Ombrone in questo tratto costituisce una zona di ricarica della falda idrica pistoiese ed è soggetta pertanto alle speciali discipline di cui all'articolo 21 comma 9 del D.Lgs 152/99 (e successive modifiche ed integrazioni).

Conviene richiamare la connessione idraulica tra il corso d'acqua e la falda idrica che, già in passato (1964-66), a seguito di variazioni dei livelli piezometrici indotti da modifiche dell'assetto naturale dell'alveo, ha causato dissesti statici dei fabbricati del centro storico di Pistoia (Fancelli et al., 1980).

Importanti sono inoltre gli aspetti socio-ambientali legati all'attuale assetto del corso d'acqua. La vicinanza alla città, la facilità di accesso, la presenza di vasti spazi hanno da sempre ed in misura crescente, indotto i cittadini di Pistoia a frequentare l'area nel tempo libero (passeggio, corsa, mountain bike, ecc.). Tale aspettativa sociale ha avuto come prima risposta istituzionale la realizzazione di un percorso attrezzato di educazione ambientale predisposto dalla LIPU con il Comune di Pistoia, nonché un *percorso salute* predisposto dall'Associazione Silvano Fedi sempre con il Comune di Pistoia.

Le caratteristiche morfologiche di questo tratto di alveo hanno indotto l'Autorità di Bacino del Fiume Arno ad indicare questa area, nel Piano stralcio Rischio Idraulico (D.P.C.M. 05/11/1999), come possibile zona di laminazione delle piene in associazione con altre opere di derivazione poste a lato del corso d'acqua.

**Tavola 1** - Corografia dell'area di studio con indicazione degli interventi.

# 1 COMPONENTI INFRASTRUTTURE, ATMOSFERA E RUMORE

## 1.1 PREMESSA

La tipologia degli interventi compresi nel progetto è tale da non presentare alcun tipo d'influenza, nella fase d'esercizio, sul traffico e sulle componenti ambientali dell'atmosfera, del rumore e delle vibrazioni. Queste componenti saranno influenzate solo nella fase di realizzazione delle opere a causa dei diversi cantieri e del trasporto dei materiali.

In considerazione della particolarità della situazione, si è ritenuto superfluo l'uso di modelli per la valutazione delle emissioni di inquinanti e di rumore. Infatti, la frammentazione geografica dei cantieri, la loro posizione in zone alquanto movimentate dal punto morfologico, l'importante copertura vegetativa e, soprattutto, arborea delle aree limitrofe ai cantieri stessi, tutte condizioni difficilmente rappresentabili in un modello, darebbero luogo a dei risultati non significativi.

La trattazione che segue, di conseguenza, è rivolta ad individuare i fattori d'impatto, relativi allo stato attuale, per ciascuna componente e le misure da mettere in atto al fine di attenuarne gli effetti durante la realizzazione del progetto.

A questo scopo risulta indispensabile procedere alla corretta valutazione dei materiali da movimentare e della cantierizzazione prevista.

### 1.1.1 Bilancio dei materiali

Il progetto in esame, nell'ottica di limitare l'impatto ambientale legato all'approvvigionamento dei materiali dalle cave, è stato studiato in modo tale da ottimizzare le fasi di scavo al fine di consentire un riutilizzo dei materiali stessi. Il nuovo bilancio dei materiali viene così riassunto:

Tabella 1.1.1 Bilancio dei materiali

		Fabbisogni m <sup>3</sup>	da	Scavi riutilizzabili m <sup>3</sup>	a
A	Argini casse d'espansione	208.000	D	0	
B	Casse d'espansione	200.000	E	338.000	D+C
C	Strade	74.000	B+D	0	
D	Diga	324.000	B	268.000	A+C
E	Fosso del Cassero	0		200.000	B
	<b>Totali</b>	<b>806.000</b>		<b>806.000</b>	

### 1.1.2 Cantierizzazione

I cantieri che si possono prevedere, suddivisi per posizione geografica e per tipologia di lavorazioni, sono:

- Cantiere alla diga della Giudea (CG);
- Cantiere ai laghi Primavera e all'opera di derivazione (CL);
- Cantiere per la realizzazione del ponte sulla strada d'accesso ai laghi Primavera (CP);
- Cantieri mobili per la realizzazione delle strade (CS).

Si presuppone che i calcestruzzi siano forniti da preconfezionati da centrali di betonaggio esistenti nella zona.

#### 1.1.2.1 CANTIERE ALLA DIGA DELLA GIUDEA (CG)

In questo cantiere sono previste le seguenti lavorazioni:

- Scavo del paramento di contronucleo di valle;
- Messa in deposito provvisorio per successiva miscelazione con calce, carico per trasporto parte al CS e parte al CL.

- Ricezione, scarico del materiale per contronucleo proveniente da CL e formazione del rilevato.
- Opere di finitura della diga e degli apparati di sfioro e scarico esistenti.

Il parco macchine previsto è il seguente:

- N. 2 escavatori da 22 t
- N. 2 apripista cingolati
- N. 2 rulli compattatori, di cui uno a piede di montone.

#### **1.1.2.2 CANTIERE AI LAGHI PRIMAVERA E ALL'OPERA DI DERIVAZIONE (CL)**

Sono previste le seguenti lavorazioni:

- Scavo dal fondo delle vasche esistenti del materiale per il contronucleo della diga, carico per trasporto al CG;
- Tombamento, con materiale proveniente da cava di prestito, delle cavità generate dal prelievamento di cui sopra;
- Scarico, stesa e formazione dei rilevati compattati degli argini con il materiale proveniente da CG;
- Opere in cls relative alla soglia di sfioro sull'asta dell'Ombrone e alle strutture di scarico delle casse.

Il parco macchine previsto è il seguente:

- N. 1 drag-line
- N. 4 escavatori da 22 t
- N. 1 apripista cingolati
- N. 1 rullo compattatore
- N. 1 pala caricatrice
- N. 2 impianti mobili per selezione/vagliatura

#### **1.1.2.3 CANTIERE PER IL PONTE SULLA STRADA D'ACCESSO AI LAGHI PRIMAVERA (CP)**

Sono previste le seguenti lavorazioni:

- Scavo delle fondazioni delle spalle del ponte;
- Opere in c.a. relative alle spalle e all'impalcato del ponte.

Il parco macchine previsto è il seguente:

- N. 1 escavatore da 22 t

#### **1.1.2.4 CANTIERI MOBILI PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRADE (CS)**

Sono previste le seguenti lavorazioni:

- Scotico del terreno naturale di base del rilevato;
- Formazione del rilevato compattato con materiale proveniente da CG;
- Opere idrauliche per il drenaggio del corpo e della piattaforma stradale;
- Pavimentazione bituminosa dell'infrastruttura.

Il parco macchine previsto è il seguente:

- N. 1 escavatori da 22 t
- N. 1 apripista cingolati
- N. 1 rullo compattatore
- N. 1 motolivellatrice

Le attività relative a questo tipo di cantiere si svolgono in corrispondenza del cosiddetto fronte di avanzamento lavori. Queste attività presentano la caratteristica di essere mobili,

ossia si spostano con continuità lungo l'infrastruttura, man mano che questa viene realizzata. Di converso, le attività previste in CG, CL e CP avvengono in un'area confinata.

## **1.2 TRAFFICO**

### **1.2.1 Descrizione dello stato attuale della componente**

L'area interessata dall'intervento è caratterizzata, dal punto di vista delle infrastrutture, dal Raccordo autostradale Tangenziale di Pistoia, dalla S.S. 66 Pistoiese, dalla S.P. 17 Pistoia Femminamorta e da una viabilità minore, per la quale sono previsti interventi di adeguamento. Inoltre, per le necessità d'approvvigionamento dalla cava di prestito di Fosso del Cassero, oltre alle parte della viabilità già indicata, saranno interessate la S.P. 9, che in parte è stata adeguata su un tracciato nuovo al di fuori dei centri abitati, ed una serie di strade di viabilità minore in zone poco urbanizzate.

Secondo le risultanze del "Piano dei Trasporti Pubblici e Privati della Provincia di Pistoia", realizzato dalla Sintagma S.r.l. nel 2002 per conto della Provincia di Pistoia, la rete interessata dall'intervento non presenta particolari problemi. Anche le proiezioni fatte all'anno 2015 non prevedono, almeno per le infrastrutture sopra menzionate, particolari fenomeni di congestione.

### **1.2.2 Stima del traffico generato dal progetto**

#### **1.2.2.1 DAL BACINO DELLA GIUDEA (DIGA) ALLE CASSE E VICEVERSA**

Per motivi legati alla tempistica dei lavori e con riferimento a quanto indicato al punto 1.1, i trasporti avverranno tramite autocarri con capacità di  $12,5 \text{ m}^3$ , nel seguente modo:

- a)  $218.000 \text{ m}^3$  dalla diga alle casse e alle strade, equivalenti a 17.440 viaggi con carico e altrettanti a vuoto; per un totale di 34.880 viaggi;
- b)  $50.000 \text{ m}^3$  dalla diga alle casse e viceversa, equivalenti a 4.000 viaggi per senso, per un totale di 8.000 viaggi;
- c)  $274.000 \text{ m}^3$  dalle casse alla diga, equivalenti a 21.920 viaggi con carico e altrettanti a vuoto; per un totale di 43.840 viaggi.

Il totale dei viaggi sarà quindi di 86.720 nei due sensi, che suddivisi per 350 giorni di attività del cantiere, danno luogo a circa 248 viaggi/giorno, ovvero circa 31 viaggi/ora, sempre nei due sensi.

#### **1.2.2.2 DALLA CAVA DI PRESTITO ALLE CASSE**

I  $200.000 \text{ m}^3$  saranno trasportati tramite bilici di maggior capacità, circa  $23 \text{ m}^3$ , che daranno luogo a 8.695 viaggi con carico ed altrettanti a vuoto, per un totale di 17.390 viaggi nei due sensi, che suddivisi per 350 giorni d'attività del cantiere, danno luogo a circa 50 viaggi/giorno, ovvero circa 6 viaggi/ora, sempre nei due sensi.

### 1.2.3 Analisi del traffico

#### 1.2.3.1 DAL BACINO DELLA GIUDEA (DIGA) ALLE CASSE E VICEVERSA

Le tratte di rete interessate dal traffico di cantiere, partendo dall'area del bacino della Giudea, sono le seguenti:

- A. tratto da ampliare di viabilità esistente
- B. tratto da realizzare, a carattere temporaneo sino all'innesto con la S.S. 66 Pistoiese
- C. S.S. 66 Pistoiese sino all'innesto con il Raccordo autostradale tangenziale di Pistoia
- D. Raccordo autostradale sino allo svincolo con la S.P. 17 Pistoia Femminamorta
- E. S.P. 17 Pistoia Femminamorta sino all'incrocio con Via S. Piero in Vincio
- F. Via S. Piero in Vincio, in parte da ampliare e da realizzare, sino all'area delle casse di espansione.

Il tragitto in senso inverso ripercorrerà le stesse tratte ad eccezione del passaggio dalla tratta C alla tratta B in quanto, non potendo effettuare una svolta a sinistra, si proseguirà sulla tratta C sino allo svincolo con la Via Vecchia Montanina di Gello, dove, sfruttando lo svincolo, sarà effettuata, con due svolte a sinistra, un'inversione di marcia risalendo sulla S.S. 66 Pistoiese (tratta C') sino all'incrocio con la tratta B.

Le distanze totali di percorrenza sono:

- dalla diga alla cassa 6,8 km
- dalla cassa alla diga 8,0 km

Schematicamente i percorsi sono indicati nella figura seguente.

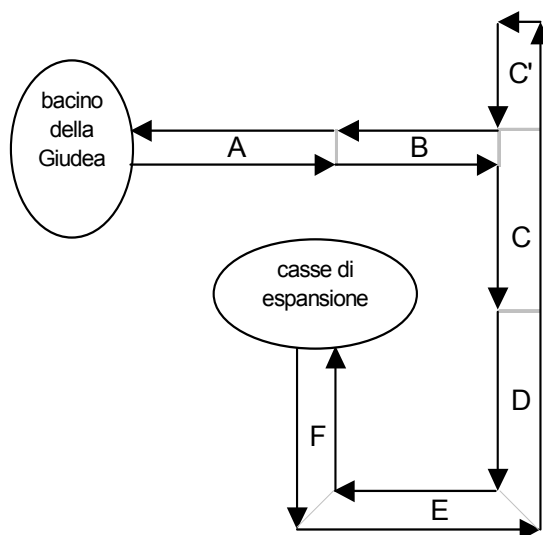


Figura 1.2.3.1 Schema dei percorsi diga - cassa e viceversa

#### 1.2.3.2 DALLA CAVA DI PRESTITO ALLE CASSE

Per quanto riguarda l'approvvigionamento dalla cava di prestito, le tratte di rete interessate dal traffico di cantiere, partendo dall'area della cava, sono le seguenti:

- G. Via Gabbellini, Via Casa Bianca, Via Pantano, Via del Frascone, Via di Ramini sino all'innesto sulla SP 9
- H. SP 9 sino al Raccordo Autostradale di Pistoia

- D. Raccordo Autostradale di Pistoia sino allo svincolo con la S.P. 17 Pistoia Femminamorta
- E. S.P. 17 Pistoia Femminamorta sino all’incrocio con Via S. Piero in Vincio
- F. Via S. Piero in Vincio, in parte da ampliare e da realizzare, sino all’area delle casse di espansione.

Il tragitto in senso inverso ripercorrerà le stesse tratte.

Le distanze totali di percorrenza, nei due sensi, sono circa km 10,4

Sempre schematicamente i percorsi sono indicati nella figura seguente:

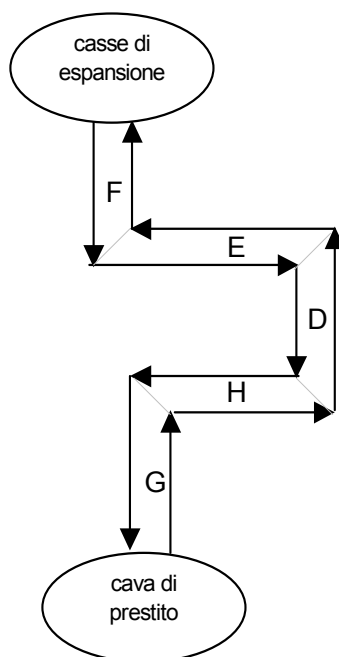


Figura 1.2.3.2 Schema dei percorsi cava di prestito - cassa e viceversa

## 1.2.4 Identificazione dei fattori di impatto

### 1.2.4.1 DAL BACINO DELLA GIUDEA (DIGA) ALLE CASSE E VICEVERSA

Dall’analisi dei dati di traffico ricavati dal “Piano dei Trasporti Pubblici e Privati della Provincia di Pistoia”, realizzato dalla Sintagma S.r.l. nel 2002 per conto della Provincia di Pistoia, il traffico generato dai cantieri per la realizzazione del progetto non influisce sul livello di servizio della rete interessata in quanto l’aumento del traffico è tale da restare all’interno della capacità della rete stessa.

Diverso è l’impatto generato dalle svolte a sinistra che dovranno effettuare gli automezzi:

- nella sezione C’, tagliando due volte a distanza di pochi metri il traffico della Via Vecchia Montanina di Gello (1922 veicoli/ora fra le 6.15 e le 9.15);
- nella sezione da F a E, con una svolta a sinistra e nella sezione da D a E, a causa del particolare disegno dello svincolo che comporta, anche qui, una svolta a sinistra.



### **1.2.4.2 DALLA CAVA DI PRESTITO ALLE CASSE**

La situazione, per l'itinerario indicato al punto 1.2.3.2 appare abbastanza critica, infatti già al momento dello studio menzionato sopra, la SP 9, seppur migliorata, nell'orario di rilevazione (fra le 7.00 e le 9.30) appare in saturazione, con 1.672 veicoli equivalenti in direzione di Pistoia e 1.230 in direzione opposta. Certamente l'incremento dovuto al cantiere non è significativo, ma sicuramente se ne dovrà tener conto nella valutazione dei tempi di percorrenza.

### **1.2.5 Misure di prevenzione e mitigazione degli impatti in fase di cantiere**

Per quanto riguarda il punto 1.2.4.1 si dovrà verificare l'opportunità e fattibilità di installare un impianto semaforico, eventualmente comandato dagli autisti degli autocarri, per rendere più sicura e fluida la doppia svolta a sinistra.

Per quanto riguarda il punto 1.2.4.2 sarà opportuno verificare la possibilità di utilizzare, considerato l'esiguo numero di viaggi, ed almeno nella direzione verso le casse, una viabilità alternativa che non obblighi ad impegnare la SP 9.

## **1.3 ATMOSFERA**

### **1.3.1 Descrizione dello stato attuale della componente**

#### **1.3.1.1 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I primi standard di qualità dell'aria sono stati definiti in Italia dal DPCM 28/03/1983 relativamente ad alcuni parametri, e successivamente modificati dal DPR 203 del 24/05/1988 che, recependo alcune Direttive Europee, ha introdotto, oltre a nuovi valori limite, i valori guida intesi come "obiettivi di qualità" cui le politiche di settore devono tendere.

Con il successivo Decreto del Ministro dell'Ambiente del 15/04/1994 (aggiornato con il Decreto del Ministro dell'Ambiente del 25/11/1994) sono stati introdotti i livelli d'attenzione (situazioni d'inquinamento atmosferico che, se persistenti, determinano il rischio che si raggiunga lo stato d'allarme) ed i livelli d'allarme (situazioni d'inquinamento atmosferico suscettibili di determinare una condizione di rischio ambientale e sanitario), validi per gli inquinanti in aree urbane. Tale decreto ha inoltre introdotto i valori obiettivo per alcuni nuovi inquinanti atmosferici non regolamentati con i precedenti decreti: PM10 (frazione delle particelle sospese inalabile), Benzene e IPA (idrocarburi policiclici aromatici).

Il D.Lgs 351 del 04/08/1999 ha recepito la Direttiva 96/62/CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, rimandando a decreti attuativi l'introduzione dei nuovi standard di qualità.

Il DM 60 del 2 Aprile 2002 ha recepito rispettivamente:

- a) la Direttiva 1999/30/CE concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle ed il piombo;
- b) la Direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. Il decreto ha abrogato le disposizioni della normativa precedente relative a: biossido di zolfo, biossido d'azoto, particelle sospese, PM10, piombo, monossido di carbonio e benzene, ma l'entrata in vigore dei nuovi limiti avverrà gradualmente per completarsi nel gennaio 2010.

Il DM 60/2002 ha introdotto, inoltre, i criteri per l'ubicazione ottimale dei punti di campionamento in siti fissi:

- Per l'ubicazione su macroscala, ai fini della protezione umana, un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo dell'aria in una zona circostante non inferiore a 200 m<sup>2</sup>, in siti orientati al traffico, e non inferiore ad alcuni km<sup>2</sup>, in siti di fondo urbano.
- Per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione i punti di campionamento dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti o da impianti industriali o autostrade; il punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente di un'area circostante di almeno 1.000 Km<sup>2</sup>.

L'Allegato IX del DM 60 riporta i criteri per determinare il numero minimo dei punti di campionamento per la misurazione, in siti fissi, dei livelli di biossido di zolfo, biossido d'azoto, ossidi d'azoto, materiale particolato (PM10), piombo, benzene e monossido di carbonio nell'aria ambiente. Per la popolazione umana vengono dati dei criteri distinti per le fonti diffuse e per le fonti puntuali. Per queste ultime il punto di campionamento va definito sulla base della densità delle emissioni, del possibile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria e della probabile esposizione della popolazione.

Il D.Lgs 183 del 21/05/2004 ha successivamente recepito la Direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria. Con tale Decreto vengono abrogate tutte le precedenti disposizioni concernenti l'ozono e vengono fissati i nuovi limiti.

Nelle tabelle da 1.3.1.1/a a 1.3.1.1/i sono riportati:

- i riferimenti di legge attualmente vigenti e la data della loro abrogazione prevista dal D.M. 60 del 2 Aprile 2002, i valori normativi attualmente vigenti;
- i nuovi limiti ed i criteri per la protezione degli ecosistemi o della vegetazione contenuti nell'Allegato IX del DM 60/2000.

Tabella 1.3.1.1/a Riferimenti normativi e data dell'abrogazione dei limiti da essi fissati come previsto dal DM 60/2002.

Sostanza	Valore Limite Vigente	Entrata in vigore dei limiti del DM 60/2002
Biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> )	DM 60/2002	01/01/2005
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	DPR 203/1988	01/01/2010
Particelle Sospese totali	DPCM 30/1983	Il DM 60/2002 prevede limiti esclusivamente per il PM10
PM <sub>10</sub>	Fase I 01/01/2005	Fase II 01/01/2010
Piombo (Pb)	DM 60/2002	01/01/2005
Monossido di Carbonio (CO)	DM 60/2002	01/01/2005
Benzene	DPCM 30/1983 (prevede un limite sugli idrocarburi totali)	01/01/2010

Tabella 1.3.1.1/b Standard di qualità dell'aria (escluso ozono)

Sostanza	Standard - Valore Limite di Qualità dell'Aria		Normativa
Biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> )	125 µg/m <sup>3</sup> 350 µg/m <sup>3</sup>	• concentrazione su 24 ore da non superare più di 3 volte all'anno • concentrazione oraria da non superare più di 24 volte all'anno	DM 60/2002
Particelle Sospese Totali	150 µg/m <sup>3</sup> 300 µg/m <sup>3</sup>	• media aritmetica annuale (1 aprile - 31 marzo) delle concentrazioni medie di 24 ore • 95° percentile annuale delle concentrazioni medie di 24 ore	DPCM 30/1983
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> 50 µg/m <sup>3</sup>	• concentrazione media annuale • concentrazione su 24 ore da non superare più di 35 volte all'anno	DM 60/2002 – FASE I
Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> )	200 µg/m <sup>3</sup>	• 98° percentile annuale (1 gennaio - 31 dicembre) delle concentrazioni medie di 1 ora	DPR 203/1988
Monossido di Carbonio (CO)	10 mg/m <sup>3</sup>	• media massima giornaliera su 8 ore	DM 60/2002
Piombo (Pb)	0,5 µg/m <sup>3</sup>	• concentrazione media annuale	DM 60/2002
Fluoro (F)	20 µg/m <sup>3</sup> 10 µg/m <sup>3</sup>	• concentrazione media di 24 ore dalle 0 alle 24 • media mensile delle concentrazioni medie di 24 ore	DPCM 30/1983
HC totali* (escluso metano)	200 µg/m <sup>3</sup>	• concentrazione media di 3 ore consecutive in periodi del giorno secondo parere dell'Autorità Regionale	DPCM 30/1983

\* da adottarsi in caso di superamento significativo dello standard dell'ozono

**Nota:** per valori limite di qualità dell'aria si intendono i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e i limiti massimi di esposizione, relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno, destinati a proteggere in particolare la salute umana.

Tabella 1.3.1.1/c Valori guida di qualità dell'aria

Sostanza	Valore Guida di Qualità dell'Aria		Normativa
Biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> )	40-60 µg/m <sup>3</sup> 100-150 µg/m <sup>3</sup>	media aritmetica annuale (1 aprile - 31 marzo) delle concentrazioni medie di 24 ore concentrazione media di 24 ore	DPR 203/1988
Particelle Sospese (misurate col metodo dei fumi neri)	40-60 µg Fumo nero eq./ m <sup>3</sup> 100-150 µg Fumo nero eq./ m <sup>3</sup> 300 µg Fumo nero eq./ m <sup>3</sup>	media aritmetica annuale (1 aprile - 31 marzo) delle concentrazioni medie di 24 ore concentrazione media di 24 ore 95° percentile annuale delle concentrazioni medie di 24 ore	DPR 203/1988
Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> )	50 µg/m <sup>3</sup> 135 µg/m <sup>3</sup>	50° percentile annuale (1 gennaio - 31 dicembre) delle concentrazioni medie di 1 ora 98° percentile annuale (1 gennaio - 31 dicembre) delle concentrazioni medie di 1 ora	DPR 203/1988

**Nota:** per valori guida di qualità dell'aria si intendono i limiti delle concentrazioni e di esposizione, relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno, destinati: alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e di protezione dell'ambiente al miglioramento della protezione della salute e del benessere della popolazione a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria

Tabella 1.3.1.1/d Obiettivi di qualità dell'aria

Sostanza	Obiettivo di Qualità dell'Aria da Rispettare dal 1/01/1999	Normativa
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	DM Ambiente 25/11/1994
Benzene	10 µg/m <sup>3</sup> media annuale	
IPA (idrocarburi policiclici aromatici)	1 ng/m <sup>3</sup> media annuale (riferimento al benzopirene)	

**Nota:** gli obiettivi di qualità individuano il valore medio annuale di riferimento da raggiungere e rispettare a partire da una determinata data

Tabella 1.3.1.1/e Livelli di attenzione e allarme nelle aree urbane

Sostanza	Livelli di Attenzione	Livelli di Allarme		Normativa
Particelle Sospese Totali	150* µg/m <sup>3</sup>	300* µg/m <sup>3</sup>	media giornaliera	DM Ambiente 25/11/1994
Ozono (O <sub>3</sub> )	180* µg/m <sup>3</sup>	360** µg/m <sup>3</sup>	media oraria	
CO	15*** mg/m <sup>3</sup>	30*** mg/m <sup>3</sup>	media oraria	DM 15/04/1994
NO <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup>	400 µg/m <sup>3</sup>	media oraria	
SO <sub>2</sub>	125 µg/m <sup>3</sup>	250**** µg/m <sup>3</sup>	media giornaliera	

\* per il 50% delle stazioni installate di tipo A, B e C

\*\* per una qualsiasi stazione installata di tipo A o D

\*\*\* per il 50% delle stazioni installate di tipo A e C

\*\*\*\* ai sensi del DPR 203/88 il limite non può essere superato per più del 2% delle misure valide su base annua e si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di 3 giorni consecutivi

Tabella 1.3.1.1/f Livelli di concentrazione di ozono

Sostanza	Limite di Qualità dell'Aria per la Protezione della Salute		Normativa
Ozono (O <sub>3</sub> )	110 µg/m <sup>3</sup>	concentrazione media di 8 ore (media mobile trascinata calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori orari relativi agli intervalli h/h-8)	DM Ambiente 16/05/1996***
Ozono (O <sub>3</sub> )	200 µg/m <sup>3</sup>	concentrazione media di 1 ora da non raggiungersi più di una volta al mese	DPCM 30/1983
Ozono (O <sub>3</sub> )	180* µg/m <sup>3</sup> 360** µg/m <sup>3</sup>	media oraria	DM Ambiente 25/11/1994
Ozono (O <sub>3</sub> )	200 µg/m <sup>3</sup> 65 µg/m <sup>3</sup>	concentrazione media di 1 ora concentrazione media di 24 ore	DM Ambiente 16/05/1996***

\* Livello di Attenzione

\*\* Livello di Allarme

\*\*\* Il DM 16/05/1996 sarà abrogato " a decorrere dalla data di entrata in vigore dei pertinenti decreti emanati ai sensi dell'art. 4, comma 1° del D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351, secondo quanto disposto dall'art. 13, comma 2, lettera g) dello stesso D.Lgs 351/99.

Tabella 1.3.1.1/g Valori Bersaglio e Obiettivi a Lungo Termine per l'Ozono

Obiettivi	Valori Bersaglio al 2010		Obiettivi a Lungo Termine		Normativa
Protezione della salute	120 µg/m <sup>3</sup>	media massima giornaliera su 8 ore da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni	120 µg/m <sup>3</sup>	media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	D.Lgs 183/2004
Protezione della vegetazione	18.000 µg/(m <sup>3</sup> .h)	media su 5 anni (AOT40* calcolato sulla base di un'ora tra maggio e luglio)	6.000 µg/(m <sup>3</sup> .h)	AOT40* calcolato sulla base di un'ora tra maggio e luglio	D.Lgs. 183/2004

**Nota:** \* AOT40: somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (uguale a 40 parti per miliardo) e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori di 1 ora rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa Centrale

Tabella 1.3.1.1/h Valori limite di qualità dell'aria del DM 60/2002 (recepimento Direttiva 99/30/CE/1999 e Direttiva 00/69/CE/2000)

Sostanza	Valore limite di Qualità dell'Aria		Entrata in Vigore
NO <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione oraria da non superare più di 18 volte all'anno	01/01/2010
	40 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media annuale	
	400 µg/m <sup>3</sup>	Livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un area uguale o superiore a 100 km <sup>2</sup> o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km <sup>2</sup> )	
NO <sub>x</sub>	30 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione annuale per la protezione della vegetazione (NO+NO <sub>2</sub> ) (da rispettare a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da altre aree edificate o impianti industriali o autostrade)	19/07/2001
	125 µg/m <sup>3</sup> 350 µg/m <sup>3</sup> 500 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione su 24 ore da non superare più di 3 volte all'anno Concentrazione oraria da non superare più di 24 volte all'anno Livello di allarme (definito per 3 ore consecutive per in un area uguale o superiore a 100 km <sup>2</sup> o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km <sup>2</sup> )	01/01/2005
PM10	20 µg/m <sup>3</sup>	Valore limite per la protezione degli ecosistemi (concentrazione media annuale)	19/07/2001
	40 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media annuale	01/01/2005
FASE I	50 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione su 24 ore da non superare più di 35 volte all'anno	01/01/2005
PM10	20 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media annuale	01/01/2010
FASE II*	50 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione su 24 ore da non superare più di 7 volte all'anno	01/01/2010
Pb	0,5 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media annuale	01/01/2005**
Benzene	5 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media annuale	01/01/2010
CO	10 mg/m <sup>3</sup>	Media massima giornaliera su 8 ore	01/01/2005

\* valori limite indicativi da rivedere con successivo decreto

\*\* 01/01/2010 presso le aree industriali

Tabella 1.3.1.1/i Numero minimo di punti di campionamento per la protezione degli ecosistemi o della vegetazione (Allegato IX al DM 60/2002)

Se i livelli superano la soglia di valutazione superiore	1 punto di campionamento per 20.000 km <sup>2</sup>
Se i livelli si situano tra le soglie di valutazione superiore ed inferiore	1 punto di campionamento per 40.000 km <sup>2</sup>

#### 1.3.1.1.1 Cenni sulla normativa nazionale in materia di zonizzazione regionale di qualità dell’aria

Il D.Lgs n. 351/99 recepisce ed attua la Direttiva quadro 96/62/CE della UE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente. Il Decreto contiene i lineamenti per una strategia complessiva e coerente per la gestione della qualità dell’aria a livello regionale, collegandola al controllo delle emissioni e al raggiungimento di obiettivi di qualità dell’aria.

Il decreto nazionale definisce i principi per:

- stabilire gli obiettivi di qualità dell’aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l’ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell’aria ambiente sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni;
- disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell’aria ambiente e far sì che esse siano rese pubbliche, con particolare riferimento al superamento delle soglie di allarme;
- mantenere la qualità dell’aria ambiente, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

L’attuazione del Decreto è demandata allo Stato, alle Regioni, alle Province ed ai Comuni, ciascuno secondo le proprie competenze e nel rispetto delle norme contenute nel Decreto stesso.

Ai sensi del D.Lgs. n°351 del 4 Agosto 1999, le regioni devono provvedere - innanzitutto, sulla base di valutazioni preliminari e successivamente sulla base della valutazione di cui all’art. 6 del suddetto Decreto - ad individuare:

- le zone critiche, per le quali debbono essere posti in essere piani d’azione contenenti le misure da adottare nel breve periodo;
- le zone di risanamento, nelle quali debbono essere adottati programmi di intervento mirati, affinché i livelli di uno o più inquinanti rientrino nei valori limite e nei termini stabiliti nel sopra citato D.M. n° 60/2002;
- le zone di mantenimento, nelle quali devono essere adottati piani di mantenimento al fine di preservare la migliore qualità dell’aria.

I valori limite di qualità dell’aria del DM 60/2002 sono riportati in *Tabella 1.3.1.1.1* Il DM riporta anche, all’Allegato VII, le soglie superiore ed inferiore (cfr. *Tabella 1.3.1.1.1*) per valutare lo stato della qualità dell’aria in una zona o agglomerato per i seguenti inquinanti:

- Biossido di Zolfo;
- Biossido di Azoto;
- Ossidi di Azoto;
- Materiale Particolato (PM<sub>10</sub>);
- Piombo;
- Benzene;
- Monossido di Carbonio.

Il superamento delle soglie di valutazione, superiore ed inferiore, deve essere determinato sulla base delle concentrazioni del quinquennio precedente.

Infine il Decreto n° 261 del 1 Ottobre 2002 ha successivamente stabilito le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell’aria ambiente, nonché i criteri per l’elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.lgs. 351/99.

Tabella 1.3.1.1.1 Soglie di valutazione superiore ed inferiore della qualità dell'aria - Allegato VII DM 60/2002

<b>Biossido di zolfo SO<sub>2</sub></b>			
	Protezione della salute umana Media su 24 ore	Protezione dell'ecosistema Media invernale	
Soglia di valutazione superiore	60% del valore limite sulle 24 ore (75 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile)	60% del valore limite invernale (12 µg/m <sup>3</sup> )	
Soglia di valutazione inferiore	40% del valore limite sulle 24 ore (50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile)	40% del valore limite invernale (8 µg/m <sup>3</sup> )	
<b>Biossido di azoto NO<sub>2</sub> e ossidi di azoto NO<sub>x</sub></b>			
	Protezione della salute umana (NO <sub>2</sub> ) Media oraria	Protezione della salute umana (NO <sub>2</sub> ) Media annuale	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione (NO <sub>x</sub> ) Media annuale
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (140 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile)	80% del valore limite (32 µg/m <sup>3</sup> )	80% del valore limite (24 µg/m <sup>3</sup> )
Soglia di valutazione inferiore	50% del valore limite (100 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile)	65% del valore limite (26 µg/m <sup>3</sup> )	65% del valore limite (19,5 µg/m <sup>3</sup> )
<b>Materiale articolato in aria ambiente PM<sub>10</sub></b>			
	Media su 24 ore	Media annuale	
Soglia di valutazione superiore	60% del valore limite (30 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 7 volte per anno civile)	70% del valore limite (14 µg/m <sup>3</sup> )	
Soglia di valutazione inferiore	40% del valore limite (20 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 7 volte per anno civile)	50% del valore limite (10 µg/m <sup>3</sup> )	
<b>Piombo</b>			
	Media annuale		
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (0,35 µg/m <sup>3</sup> )		
Soglia di valutazione inferiore	50% del valore limite (0,25 µg/m <sup>3</sup> )		
<b>Benzene</b>			
	Media annuale		
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (3,5 µg/m <sup>3</sup> )		
Soglia di valutazione inferiore	40% del valore limite (2 µg/m <sup>3</sup> )		
<b>Monossido di carbonio CO</b>			
	Media su 8 ore		
Soglia di valutazione superiore	70% del valore limite (7 mg/m <sup>3</sup> )		
Soglia di valutazione inferiore	50% del valore limite (5 mg/m <sup>3</sup> )		

### 1.3.1.1.2 Descrizione normativa regionale di riferimento della regione Toscana

La Regione Toscana, applicando i disposti del D.lgs. n° 351/99, ha effettuato, a scopi classificatori, la valutazione della qualità dell'aria ambiente sul territorio regionale a livello comunale. La prima valutazione è stata pubblicata nel 2001 e si riferisce ai dati rilevati dal 1994 al 2000. Con DGR 1325/2003 la Regione ha pubblicato una revisione della classificazione basandola sulle rilevazioni 2000-2002.

I valori limite di qualità dell'aria utilizzati come riferimento per la classificazione sono, come detto, quelli riportati nel DM 60/02. Per l'ozono, non essendo ancora stata recepita la direttiva 2002/3/CE, si è considerato il valore bersaglio (per la classificazione relativa alla protezione della salute), l'AOT40. Per AOT40 si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (circa 40 ppb) e 80 µg/m<sup>3</sup>, in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori rilevati tra le 8:00 e le 20:00.

L'AOT40 è calcolato nel periodo da maggio a luglio (per quanto riguarda la classificazione per la tutela della vegetazione) e come media annuale (per quanto riguarda la classificazione per i materiali).

Di seguito si riportano i valori di riferimento per la classificazione ai fini della salute umana e della protezione degli ecosistemi. Il margine di tolleranza o superamento per le varie sostanze inquinanti riportato nelle tabelle tiene conto della progressiva riduzione temporale prevista dalle norme.

### A) Classificazione ai fini della salute umana

Nelle successiva *Tabella 1.3.1.1.2/a* sono indicati, per ogni inquinante, i limiti e la metodologia di classificazione adottata, per la salvaguardia della salute pubblica.

Tabella 1.3.1.1.2/a Zonizzazione regionale e valori limite di riferimento

Inquinante Valori di riferimento	Classificazione Zona			
	A	B	C	D
<b>SO<sub>2</sub></b>				
Concentrazione su 24 h	$X < 75 \mu\text{g}/\text{m}^3(*)$	$75 (*) \leq X < 125\mu\text{g}/\text{m}^3(**)$	$X \geq 125 \mu\text{g}/\text{m}^3(**)$	
N° Superamenti max	-	3	-	
Concentrazione oraria			$350(*) \leq X < 440 \text{g}/\text{m}^3(**)$	$X \geq 440 \mu\text{g}/\text{m}^3(***)$
N° Superamenti max			24	
<b>NO<sub>2</sub></b>				
Concentrazione oraria	$X < 140 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$140(*) \leq X < 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$200 \leq X < 280 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$X \geq 280 \mu\text{g}/\text{m}^3$
N° Superamenti max	-	-	18	-
Concentrazione annua	$X < 32 \mu\text{g}/\text{m}^3(*)$	$32(*) \leq X < 40\mu\text{g}/\text{m}^3(**)$	$40(**) \leq X < 56 \text{g}/\text{m}^3(***)$	$X \geq 56 \mu\text{g}/\text{m}^3(***)$
<b>PM<sub>10</sub> fase I</b>				
Concentrazione su 24 h	$X < 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$30(*) \leq X < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$50(**) \leq X < 65\mu\text{g}/\text{m}^3$	$X \geq 65 \mu\text{g}/\text{m}^3$
N° Superamenti max	7	7	35	-
Concentrazione annua	$X < 14 \mu\text{g}/\text{m}^3(*)$	$14 (*) \leq X < 40 \mu\text{g}/\text{m}^3(**)$	$40(**) \leq X < 44,8\mu\text{g}/\text{m}^3(***)$	$X \geq 44,8 \mu\text{g}/\text{m}^3(***)$
<b>PM<sub>10</sub> fase II</b>				
Concentrazione su 24 h	$X < 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$30 (*) \leq X < 50\mu\text{g}/\text{m}^3$	$50(**) \leq X < 75\mu\text{g}/\text{m}^3$	$X \geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$
N° Superamenti max	7	7	7	-
Concentrazione annua	$X < 14 \mu\text{g}/\text{m}^3(*)$	$14 (*) \leq X < 20 \mu\text{g}/\text{m}^3(**)$	$20(**) \leq X < 30\mu\text{g}/\text{m}^3(***)$	$X \geq 30\mu\text{g}/\text{m}^3(***)$
<b>Pb</b>				
Concentrazione annua	$X < 0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3(*)$	$0,35(*) \leq X < 0,5\mu\text{g}/\text{m}^3(**)$	$0,5(**) \leq X < 0,8\mu\text{g}/\text{m}^3(***)$	$X \geq 1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3(***)$
<b>CO</b>				
Media trascinata su 8 h	$X < 7 \text{mg}/\text{m}^3(*)$	$7 (*) \leq X < 10 \text{mg}/\text{m}^3(**)$	$10(**) \leq X < 16\mu\text{g}/\text{m}^3(***)$	$X \geq 16 \mu\text{g}/\text{m}^3(***)$
<b>Benzene</b>				
Concentrazione annua	$X < 3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3(*)$	$3.5(*) \leq X < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3(**)$	$5 (** ) \leq X < 10\mu\text{g}/\text{m}^3(***)$	$X \geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3(***)$
<b>Ozono</b>				
Media trascinata di 8 ore nel giorno		$X < 120 \mu\text{g}/\text{m}^3(****)$	$X \geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3(****)$	
N° Superamenti max			25 giorni per anno civile come media su 3 anni	

\* Soglia di valutazione superiore

\*\* Valore limite

\*\*\* Valore limite + Margine di tolleranza al 1/1/2002

\*\*\*\* Valore bersaglio

### B) Classificazione ai fini della protezione degli ecosistemi e della vegetazione

Analogamente al paragrafo precedente, nella successiva *Tabella 1.3.1.1.2/b*, è riportata la metodologia per la classificazione ai fini della protezione degli Ecosistemi e della Vegetazione.

Tabella 1.3.1.2.2/b Zonizzazione regionale valori limite di riferimento

Inquinante Valori di riferimento	Classificazione Zona		
	A	B	C
<b>SO<sub>2</sub></b>			
Anno civile e inverno (1° ottobre 31 marzo)	X < 12 µg/m3(*)	12 (*) ≤ X < 20 µg/m3(**)	X > 20 µg/m3(**)
<b>NO<sub>2</sub></b>			
Concentrazione su 24 ore	X < 24 µg/m3(*)	24 (*) ≤ X < 30 µg/m3(**)	X ≥ 30 µg/m3(**)
<b>O<sub>3</sub></b>			
AOT401 calcolato su base valori 1 ora tra maggio e luglio		X < 18000 µg/m3 come media su 5 anni(***)	X ≥ 18000 µg/m3 come media su 5 anni(***)

\* Soglia di valutazione superiore

\*\* Valore limite

\*\*\* Valore obiettivo

### 1.3.1.2 FONTI DEI DATI

Nel seguito sono citate le principali fonti di dati sulle quali è stato basato lo studio delle caratteristiche meteo-climatologiche e dello stato attuale di qualità dell’aria.

Il censimento delle informazioni disponibili ha portato ad individuare le seguenti fonti:

#### Meteorologia e Climatologia

- Rapporto “Caratteristiche Diffusive dell’Atmosfera”, contenente le serie storiche delle stazioni meteorologiche ENEL – Aeronautica Militare, per tutti i principali parametri meteoroclimatici;
- Il Clima in Italia nell’Ultimo Ventennio” di Mario Giuliacci, per le variazioni climatiche negli ultimi 20 anni nel Centro Italia;
- Rapporto Segnali Ambientali Toscana 2001, riguardo alcune informazioni meteoroclimatiche recenti;

#### Qualità dell’Aria

- D.G.R. della Toscana n° 1325/2003 contenente “Valutazione della Qualità dell’aria Ambiente e la Classificazione del Territorio Regionale, ai sensi degli articoli 6, 7, 8, 9 del D.Lgs 351/99”
- Rapporto Segnali Ambientali 2002 e 2001, edito dalla Regione Toscana;
- Dati sulla qualità dell’aria forniti dalla Rete Regionale della Toscana e dall’ISTAT.

### 1.3.1.3 METODOLOGIA ADOTTATA

Di seguito è riportata l’analisi delle condizioni meteorologiche regionali e locali, che costituiscono un aspetto rilevante per lo studio della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Segue una descrizione dello stato di qualità attuale dell’aria all’interno dell’area di studio. A questo proposito sono state raccolte tutte le più recenti informazioni disponibili, utilizzando come fonti sia i documenti di programmazione regionale (PRQA e Zonizzazione di Qualità dell’aria) sia i dati registrati nelle Reti regionali di qualità dell’aria.

### 1.3.1.4 CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA DELL’AREA DI INTERVENTO

L’analisi delle condizioni meteorologiche è rilevante per lo studio della dispersione degli inquinanti in atmosfera ed è pertanto indispensabile per fornire valutazioni attendibili sulla situazione dell’inquinamento atmosferico.



#### 1.3.1.4.1 Caratteri meteoroclimatologici regionali

In linea generale il clima della Toscana è caratterizzato da un'elevata variabilità, legata alle caratteristiche orografiche della regione ed alla sua particolare disposizione geografica fra catena Appenninica e Mar Tirreno. Le possibilità climatiche sono quindi molteplici e vengono genericamente classificate in letteratura come clima mediterraneo, e più specificamente, secondo la classificazione di Köppen, al clima temperato con estate secca.

Secondo una più dettagliata suddivisione del territorio italiano (Rosini e Mennella) il compartimento climatico del Tirreno viene generalmente suddiviso in tre sezioni che possono essere individuate in: più settentrionale o toscana, media o umbrolaziale e meridionale o campana. L'intero compartimento è caratterizzato dalla protezione montana ad oriente e dall'esposizione al Tirreno. Ne deriva una disposizione anemologica con protezione dai venti settentrionali e libero accesso alle correnti umide occidentali, con conseguente influenza mitigatrice marina.

Nel compartimento tirrenico si possono identificare tre varietà climatiche principali: un clima marittimo lungo la fascia costiera, un clima temperato ad inverno più marcato sulle colline, un clima piuttosto continentale nelle zone temperate più interne.

Si riscontra un clima mite lungo la costa, che si fa sempre più rigido procedendo verso l'interno con temperature prossime a quelle della pianura Padana. La particolare conformazione del territorio, in maggioranza collinare, ma con un'importante porzione di territorio montagnoso, fa sì che si verifichino, anche a breve distanza tra una località ed un'altra, notevoli differenze climatiche.

La classe dei climi mediterranei è caratterizzata da regimi pluviometrici a stagionalità molto marcata: due massimi in primavera ed in autunno ed un minimo in estate; nel semestre invernale le precipitazioni risultano sempre più concentrate nelle zone montane. Tale distribuzione è abbastanza evidente nelle mappe di piovosità climatologiche della Toscana riferite al periodo 1951-1994. La parte subcostiera, con media annua tra i 750 e gli 800 mm, è sensibilmente meno piovosa della parte montana, con media annua tra i 1.200 e i 1.400 mm.

Nell'inverno i periodi più lunghi di maltempo sono provocati dal transito delle perturbazioni atlantiche o da quello delle depressioni del Golfo di Genova. Le depressioni di tipo sottovento alle Alpi tendono a muoversi direttamente attraverso la Toscana e l'Umbria, dando luogo ad episodi piovosi da S-SE.

In primavera si hanno periodi piovosi provocati dalle depressioni mediterranee, le cui traiettorie interessano però più frequentemente la parte settentrionale della regione. Viceversa i periodi di bel tempo sono dati dal prevalere dell'anticiclone dell'Europa Centrale, ma si avvicendano con periodi piovosi dovuti ai venti meridionali.

In estate prevalgono le pressioni livellate, con venti provenienti dal quarto quadrante (tra ovest e nord) e a carattere di brezza lungo le coste. I temporali sono piuttosto frequenti nelle località dell'interno e sulla porzione settentrionale.

In autunno sono abbastanza frequenti le depressioni del tipo sottovento e quelle mediterranee con elevata frequenza di temporali.

La costa è spesso battuta da forti venti, che arrivano anche a 250 giorni l'anno a Livorno contro i 100 giorni di Firenze. Tipiche sono le libecciate che sferzano la costa e che solitamente precedono l'arrivo di un fronte freddo atlantico sul medio e alto Tirreno.

La temperatura superficiale del mare è un parametro significativo, in quanto modula le condizioni di rischio legate all'innescio di fenomeni meteorologici di particolare intensità. Il Rapporto Segnali Ambientali in Toscana 2001, fornisce una serie storica estiva di questo indicatore (1950-1999). Si evidenzia un trend di crescita sostenuta che ha portato ad un incremento della temperatura di circa 1 grado. Lo stesso rapporto sottolinea come quest'andamento anomalo abbia contribuito al verificarsi di recenti eventi estremi sul territorio della Toscana, collocati tra le alluvioni del 1992 sul bacino dell'Arno e del 1996 in Versilia.

I dati meteorologici a piccola scala indicano una significativa variazione del clima negli ultimi 20 anni rispetto al ventennio precedente. In particolare, sulla base di quanti riportato in "Il Clima in Italia nell'Ultimo Ventennio" di Mario Giuliacci, risulta che:

- nel Centro Italia le temperature minime sono aumentate di 0,5°C e quelle massime di 0,2°C;
- le piogge, sempre nel Nord Italia, sono diminuite di circa il 10%, con un incremento della pioggia autunnale del 20%.

#### **1.3.1.5 CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA D'INTERVENTO**

La valutazione delle criticità per la componente atmosfera è stata condotta sulla base delle indicazioni contenute nei principali documenti di classificazione e programmazione del territorio, sui quali vengono basate le politiche regionali di intervento e decisione.

Lo strumento principale è comunque rappresentato dalla "Valutazione di Qualità dell'Aria" e dalle conseguente "Classificazione del Territorio Regionale". Questi due documenti danno risposta alle direttive europee e alle logiche comunitarie, il cui obiettivo è quello di raggiungere livelli di qualità dell'aria che non comportino impatti o rischi inaccettabili per la salute umana o per l'ambiente. In essi sono comprese tutte le indicazioni ed i dati dei precedenti e diversi documenti redatti dagli enti pubblici (ad esempio RSA, rapporto segnali ambientali, rapporti sulla qualità dell'aria ecc.) di cui rappresentano un naturale processo d'omogeneizzazione e di sintesi.

Di seguito è fornita una sintesi delle linee guida per le valutazioni di qualità dell'aria ed una descrizione generale delle singole zonizzazioni.

##### *1.3.1.5.1 Zonizzazione di qualità dell'aria della regione Toscana*

Con riferimento ai disposti del D.lgs n° 351/99 e dgr 1325/2003, la valutazione della qualità dell'aria è stata effettuata utilizzando, in ordine di priorità:

- i risultati delle misurazioni ottenute dai sistemi di rilevamento provinciali;
- le valutazioni preliminari ed i rapporti sulla qualità dell'aria effettuate dalle amministrazioni provinciali e comunali;
- le informazioni sull'entità delle emissioni e la densità emissiva presente nei comuni toscani fornite dall'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione in aria ambiente (I.R.S.E.);
- le informazioni sulla diffusività atmosferica;
- alcune informazioni statistiche relative ai Comuni.

Le informazioni sulla diffusività atmosferica permettono di individuare le aree in cui si possono verificare con maggior frequenza condizioni critiche per la diffusione degli inquinanti. Il territorio è stato suddiviso in tre classi di diffusività (alta, medi, bassa), come rappresentato in *Figura 1.3.1.5.1*

La classificazione dei Comuni rispecchia, relativamente ad ogni singola sostanza inquinante normata, il grado di esposizione della popolazione residente secondo un principio precauzionale (dove la conoscenza non è sufficiente, è stata adottata la classificazione peggiore in analogia con situazioni confrontabili, così come si è esteso a tutto il territorio comunale la stessa classificazione).

Le classi adottate sono state definite come segue:

- Zona A: i livelli di inquinamento esistenti sono al di sotto dei valori limite ed anche della soglia di valutazione superiore e non comportano il rischio di superamento degli stessi;
- Zona B: livelli d'inquinamento rischiano di superare i valori limite e/o le soglie d'allarme a causa di episodi acuti d'inquinamento, in quanto essi si collocano tra le soglie di valutazione superiore ed il valore limite;
- Zona C: i livelli d'inquinamento, pur superando i valori limite, sono al disotto del margine di superamento/tolleranza temporaneo;
- Zona D: i livelli d'inquinamento superano i valori limite oltre il margine di superamento/tolleranza.

Ulteriori classificazioni sono state predisposte:

- ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi in relazione a biossido di zolfo, ossidi di azoto ed ozono;
- ai fini della prevenzione del degrado dei materiali in relazione alla presenza di ozono.

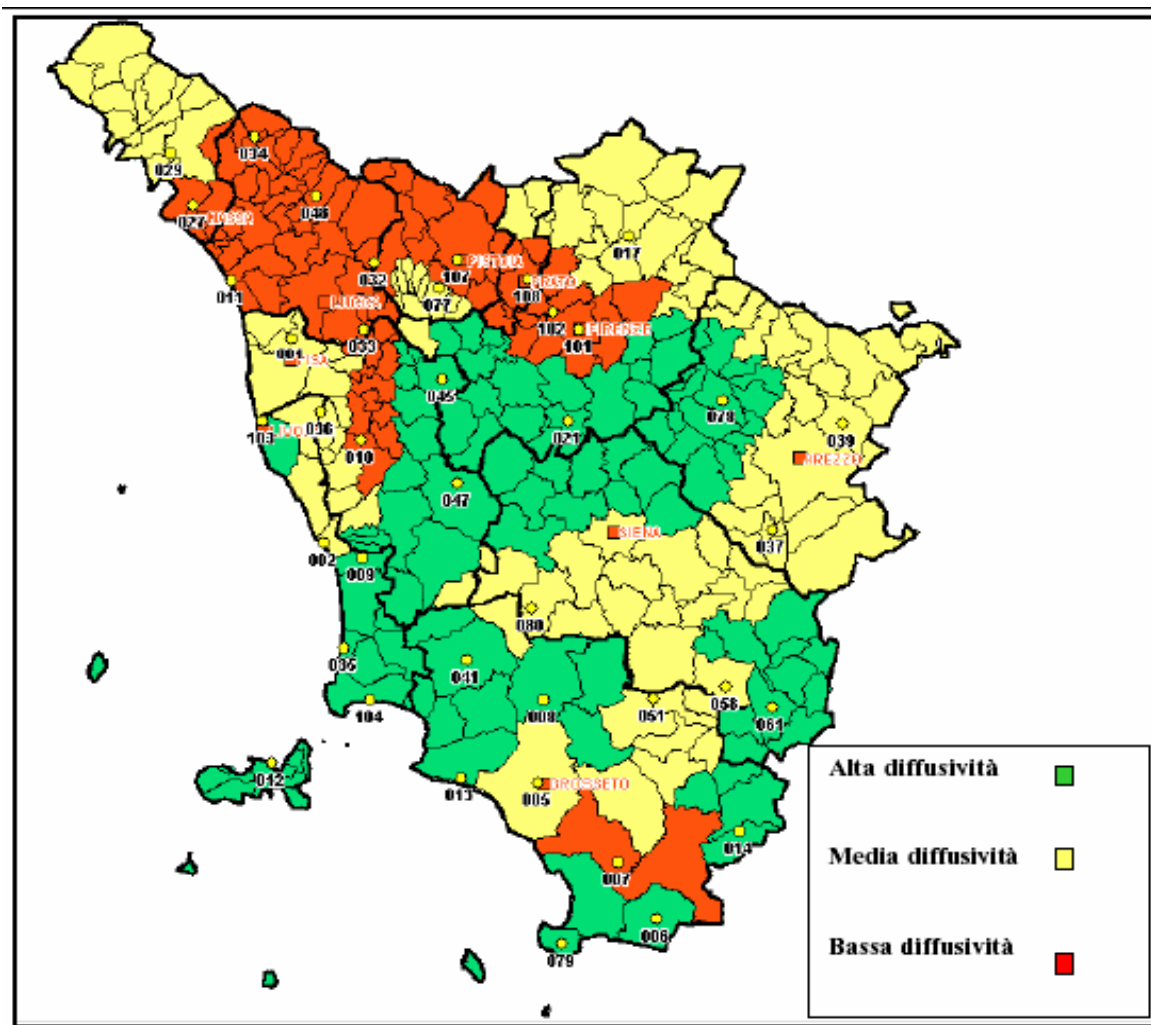


Figura 1.3.1.5.1 Classi di diffusività atmosferica nella regione Toscana

Dal confronto tra i risultati della classificazione del territorio regionale contenuta nel primo documento di valutazione pubblicato nel 2001 ed il secondo, del 2003, è stata prodotta la seguente tabella:

Tabella 1.3.1.5.1 Variazioni di classificazione del territorio Regionale tra il 2001 ed il 2003

N° Comuni	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	Pb	PM <sub>10</sub> FASE 2	CO	Benzene	Ozono
A	+1	-16	0		+7	0	
B	-1	+9		-9	-7	+10	+7
C		+6		+3		-9	-3
D		+1		+6		-1	
NC							-4

Rispetto alla precedente classificazione si notano sostanziali variazioni solo per il biossido di azoto, il PM<sub>10</sub> (il confronto è possibile solo per PM<sub>10</sub> Fase 2 poiché la Fase 1 non era stata valutata in precedenza) ed il benzene. Gli incrementi sono attribuibili, almeno parzialmente, all’incremento del numero di siti di rilevamento.

### 1.3.1.5.2 Inventario delle sorgenti di emissione in aria – regione Toscana

Il decreto 20 maggio 1991 relativo ai “Criteri per l’elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell’aria” ha fornito i criteri per la predisposizione di un

inventario delle sorgenti d'emissione in atmosfera nell'ambito dei piani di risanamento regionali.

In conformità a tali criteri la Regione Toscana ha realizzato l'inventario regionale delle sorgenti di emissione (IRSE) relativo all'anno 1995 (<http://www.rete.toscana.it/sett/pta>).

L'inventario permette anche un suo utilizzo come tecnica/metodo integrativo o sostitutivo per la stima dei livelli in aria ambiente di sostanze inquinanti così come previsto dal citato D.Lgs n° 351/99 di attuazione della Direttiva dell'Unione Europea 96/62/CE.

L'inventario prevede la suddivisione delle sorgenti di emissione in tre tipologie: puntuali, lineari e diffuse.

Per definire e caratterizzare una sorgente come puntuale vengono utilizzate, le seguenti soglie di emissione:

- relativamente al monossido di carbonio: 250 t/anno;
- relativamente agli altri inquinanti principali: 25 t/anno;
- relativamente ai metalli pesanti: 250 kg/anno.

Per la realizzazione dell'inventario delle sorgenti puntuali sono state considerate le domande d'autorizzazione presentate dalle aziende ai sensi del D.P.R. 203/88, con valutazione preliminare delle emissioni per singolo punto d'emissione.

Le emissioni attribuibili al traffico sulle tratte autostradali presenti nel territorio regionale sono state trattate come sorgenti lineari, e stimate, tratto per tratto, mentre quelle attribuibili al traffico urbano ed a quello extraurbano sulle rimanenti strade vengono trattate come sorgenti diffuse.

I dati di base utilizzati per le elaborazioni sono stati:

- immatricolato regionale al 31/12/1994 (fonte ACI);
- traffico giornaliero medio autostradale per tipo di veicolo (fonte Società Autostrade, SALT e SAT) riferito al 1995;
- vendite di carburanti nella regione (fonte Bollettino Petrolifero MICA, 1995);
- temperature medie mensili (fonte ISTAT).

I tratti stradali considerati come sorgenti lineari, in fase di prima applicazione, sono solo:

- A1 dal confine con l'Umbria al confine con l'Emilia Romagna;
- A11 Firenze Pisa Nord;
- A12 dall'inizio dell'autostrada fino ai confini con la Liguria.

Per questi tratti autostradali sono stati utilizzati i dati di flusso di autoveicoli per tipo, relativi al 1995, sulla base del TGM - (fonte Società Autostrade e SALT).

Lo stesso rapporto della Regione indica anche le strade statali come sorgenti lineari che andrebbero considerate, ma la mancanza di dati recenti (per alcune strade l'ultimo dato di TGM si riferiva al 1988) non ha permesso una stima attendibile e pertanto i loro contributi sono stati trattati come sorgenti diffuse, così come il traffico urbano.

La stima delle emissioni diffuse prevede, nei casi più complessi, l'utilizzo di modelli di calcolo (per il traffico su strada, per la vegetazione e per gli incendi boschivi).

Utilizzando le stime delle emissioni in aria ambiente di sostanze inquinanti fornite dall'I.R.S.E., sono state ricavate due serie di indicatori (indicatori di pressione) che provvedono ad una rappresentazione sintetica del carico inquinante presente in un territorio (distribuzione spaziale delle emissioni) riferito ad un determinato periodo temporale (in genere un anno) e della "quota di carico inquinante per persona", sempre riferita ad un dato territorio e periodo temporale.

Il primo indicatore è espresso in tonnellate di sostanza inquinante emessa su di un km<sup>2</sup> di superficie; viene ricavato dividendo la massa della sostanza inquinante emessa nel territorio (regionale, provinciale o comunale) per la relativa superficie, e quindi, si esprime in t/km<sup>2</sup>. Il secondo indicatore è definito in kg di sostanza inquinante emessa attribuibili ad un abitante di un determinato territorio; viene ricavato dividendo la massa in emissione della sostanza inquinante, riferita al territorio regionale, provinciale o comunale, per il numero di abitanti presenti in quel territorio e, quindi, si esprime in kg/ab.

Nelle Figure 1.3.1.5.2a-b sono riportati i grafici che illustrano i risultati degli indicatori di pressione per gli inquinanti principali suddivisi per province.

Figura 1.3.1.5.2.a Indicatori di pressione (t/km<sup>2</sup>) per gli inquinanti principali

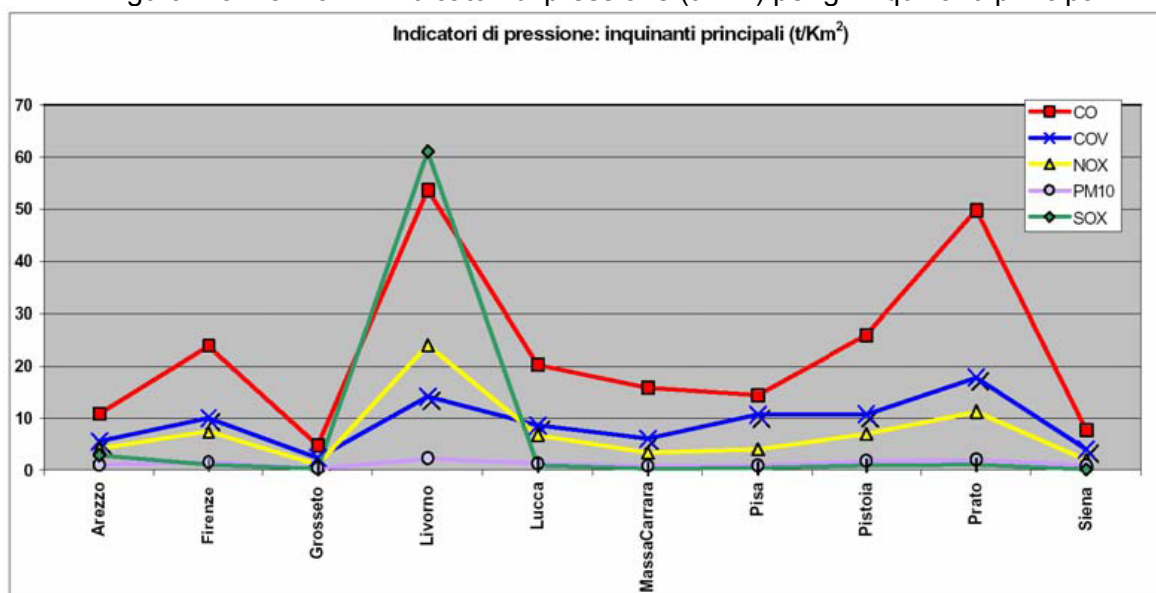
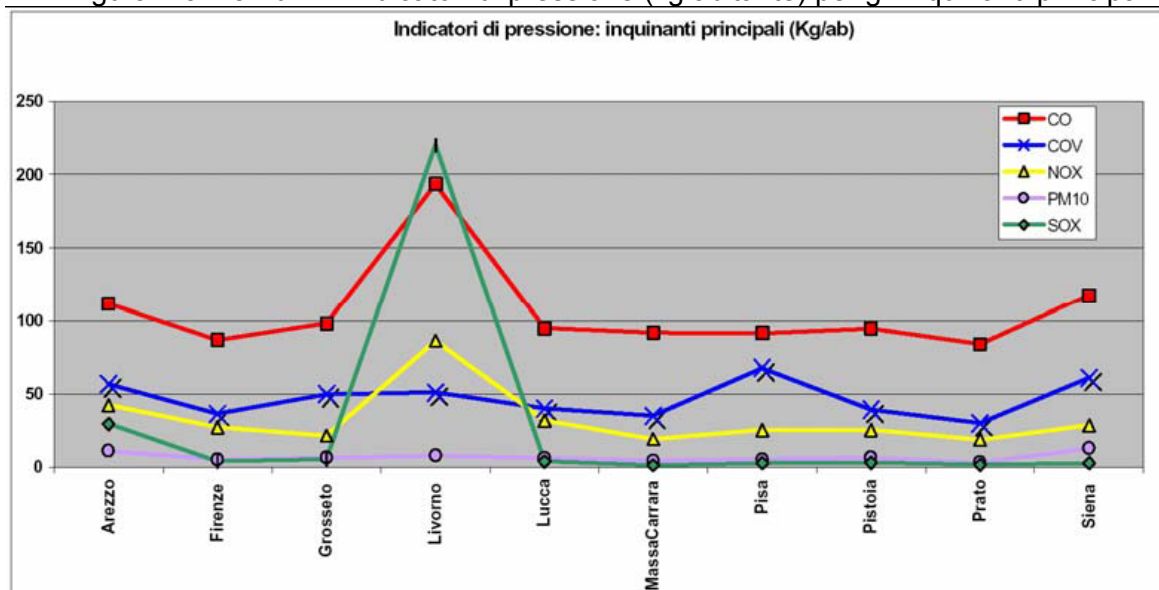


Figura 1.3.1.5.2b Indicatori di pressione (kg/abitante) per gli inquinanti principali



### 1.3.1.5.3 Zonizzazione regionale dei comuni interessati dai lavori

Il solo comune interessato dai lavori è il comune di Pistoia.  
La classificazione regionale della qualità dell’aria, contenuta nei documenti sopra citati, è la seguente:

Tabella 1.3.1.5.3 Classificazione regionale della qualità dell’aria per il comune di Pistoia

Classificazione ai Fini della Salvaguardia della Salute Umana							
CO	NO <sub>2</sub>	PM10 FASE 1	PM10 FASE 2	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	Benzene	Piombo
B	A	n.d.	B	A	NC	C	A
Classificazione ai Fini della Salvaguardia degli Ecosistemi e della Vegetazione							
Ecosistemi SO <sub>2</sub>		Vegetazione NO <sub>x</sub>		Vegetazione O <sub>3</sub>		Materiali O <sub>3</sub>	
A		A		NC		NC	

### 1.3.1.5.4 Analisi dei dati locali di qualità dell’aria rilevati

Per una miglior caratterizzazione della qualità dell’aria nel territorio in esame sono stati raccolti i dati delle reti di monitoraggio dell’atmosfera presenti nell’area interessata dai lavori. Le centraline di rilevamento della qualità dell’aria più prossime al territorio in esame sono riportate nella successiva tabella.

Tabella 1.3.1.5.4a Centraline di rilevamento della qualità dell’aria della provincia di Pistoia

Stazione		Classificazione		
		Tipo di zona	Tipo di stazione	
		2001/752/CE	DM 20.05.91	2001/752/CE
Pistoia	V. Zamenhof	Urbana	Tipo C <sup>(1)</sup>	Traffico
	V. Signorelli	Urbana	Tipo B <sup>(2)</sup>	Fondo
Montecatini T.	V. Merlini	Urbana	Tipo C <sup>(1)</sup>	Fondo
	V. Adua	Periferica	Tipo C <sup>(1)</sup>	Traffico
Montale	V. Pacinotti	Rurale	Tipo B <sup>(2)</sup>	Fondo

(1) Zona ad elevato traffico veicolare

(2) Zona ad elevata intensità abitativa

Tabella 1.3.1.5.4b Centraline di rilevamento della qualità dell’aria della provincia di Pistoia

Stazione		Inquinanti	Parametri meteo
Pistoia	V. Zamenhof	NO <sub>x</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub>	Temperatura, umidità relativa, pressione, radiazione solare incidente, intensità delle precipitazioni
	V. Signorelli	NO <sub>x</sub> , CO	Temperatura, umidità relativa
Montecatini T.	V. Merlini	NO <sub>x</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub>	Temperatura, umidità relativa, pressione, radiazione solare incidente, intensità delle precipitazioni
	V. Adua	NO <sub>x</sub> , CO	Temperatura, umidità relativa
Montale	V. Pacinotti	NO <sub>x</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	Temperatura, umidità relativa, velocità e direzione del vento

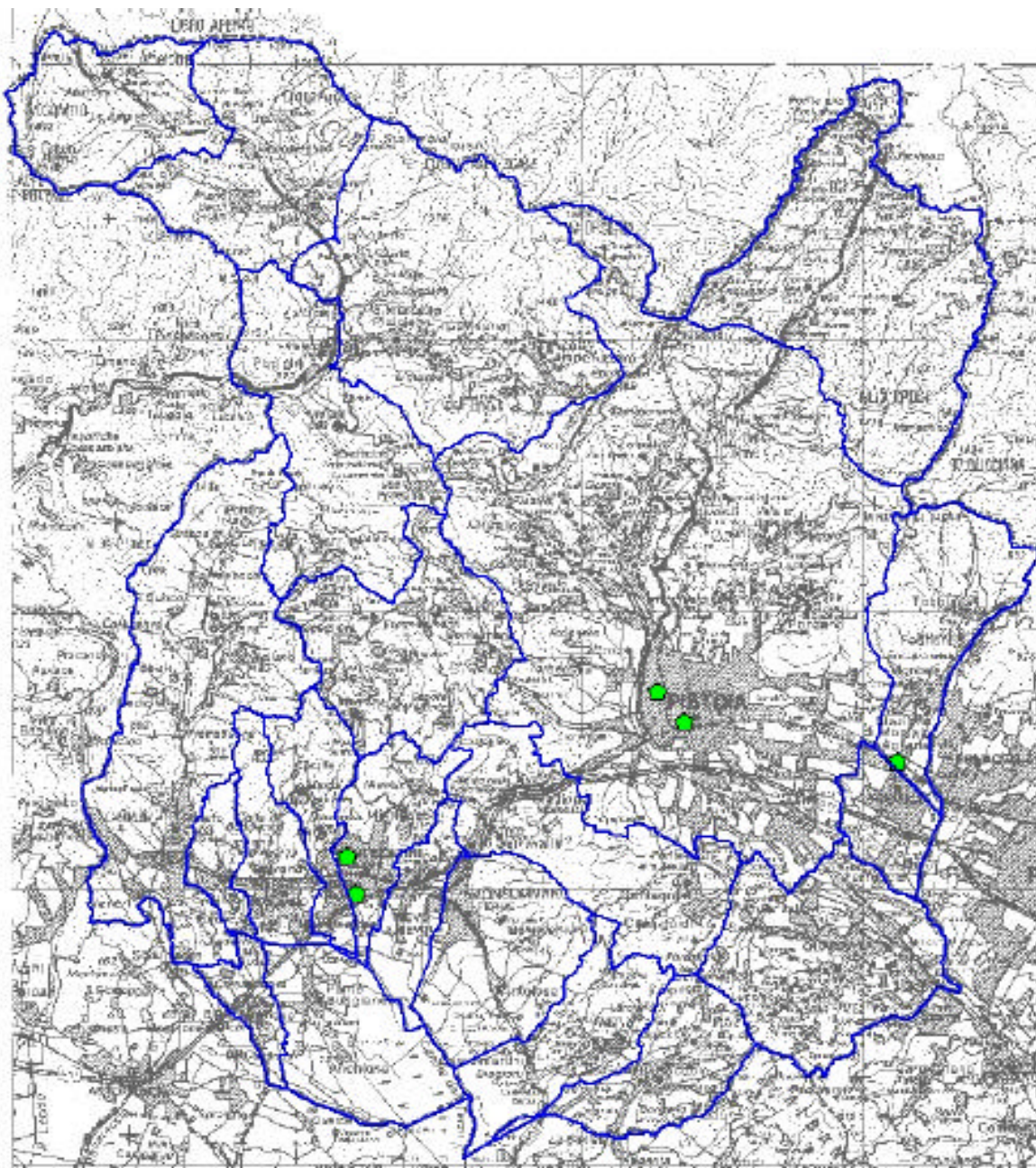


Figura 1.3.1.5.4 Ubicazione delle centraline di rilevamento di qualità dell'aria della provincia di Pistoia

Nelle tabella che segue si riportano, in forma qualitativa, rapportata ai limiti di legge, le elaborazioni eseguite dall'ARPAT nel 2003, sui dati acquisiti dalle singole stazioni di monitoraggio, fornendo un giudizio sintetico. Per gli inquinanti non menzionati, le misurazioni hanno fornito sempre valori tali da essere al di sotto dei valori limite di riferimento e, quindi, il giudizio sintetico per essi è buono.



Tabella 1.3.1.5.4c Centraline di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Pistoia  
– Giudizio sintetico

Inquinante e misurazione		Stazione	Percentuali			
			Buono	Accettabile	Scadente	Pessimo
NO <sub>2</sub>	Concentrazioni massime orarie giornaliere	V. Zamenhof	25%	75%	0%	0%
		V. Signorelli	44%	56%	0%	0%
		V. Merlini	28%	72%	0%	0%
		V. Adua	25%	75%	0%	0%
	Concentrazioni orarie	V. Pacinotti	34%	66%	0%	0%
		V. Zamenhof	74%	26%	0%	0%
		V. Signorelli	87%	13%	0%	0%
		V. Merlini	81%	19%	0%	0%
CO	Concentrazioni massime orarie giornaliere	V. Adua	81%	19%	0%	0%
		V. Pacinotti	82%	18%	0%	0%
		V. Zamenhof	85%	15%	0%	0%
		V. Signorelli	92%	8%	0%	0%
	Concentrazioni orarie	V. Merlini	86%	14%	0%	0%
		V. Adua	86%	14%	0%	0%
		V. Pacinotti	92%	8%	0%	0%
		V. Zamenhof	97,7%	2,3%	0%	0%
O <sub>3</sub>	Concentrazioni massime orarie giornaliere	V. Signorelli	98,7%	1,3%	0%	0%
		V. Merlini	97,1%	2,9%	0%	0%
		V. Adua	98,6%	1,4%	0%	0%
		V. Pacinotti	98,5%	1,5%	0%	0%
	Concentrazioni orarie	V. Zamenhof	21,5%	75,0%	3,5%	0%
		V. Merlini	18,0%	74,3%	7,7%	0%
		V. Adua	56,0%	43,6%	0,4%	0%
		V. Merlini	58,5%	40,7%	0,8%	0%
PM <sub>10</sub>		V. Zamenhof	62%	26%	7%	5%
		V. Merlini	23%	55%	14%	8%
		V. Pacinotti	16%	43%	24%	17%

### 1.3.1.6 VALUTAZIONE DELLO STATO ANTE OPERAM: CONSIDERAZIONI FINALI

Gli inquinanti che mostrano una maggiore criticità sono l'ozono e le polveri fini, in particolare richiedono interventi mirati ad ottenere livelli di concentrazione inferiori a quelli attuali, ed in linea con quelli previsti dalla Direttiva Europea 2000/3/CE per quanto riguarda l'ozono, e dal DM 60/02 per il PM<sub>10</sub>.

Per gli altri inquinanti monitorati non si verificano fenomeni di inquinamento acuto, ed i livelli di concentrazione sono al di sotto dei livelli di riferimento.

### 1.3.2 Identificazione dei fattori di impatto

#### 1.3.2.1 OPERAZIONI DI CANTIERE

L'impatto sul territorio ascrivibile alla fase di costruzione di progetti come quello in esame è variabile in funzione delle specifiche attività svolte in cantiere, dalle installazioni presenti e dall'esercizio dei mezzi.

Nella *Tabella 1.3.2.1* si riassumono sinteticamente le interferenze generate sulla componente in fase di cantiere.

Tabella 1.3.2.1 Cause di impatto

Azione di cantiere	Causa	Impatto
Movimentazione materiali e terreni	traffico pesante	Polveri Emissioni NOx e CO
Lavorazioni di escavazione	macchinario di scavo traffico pesante	Polveri Emissioni NOx e CO
Formazione rilevati	macchinari movimento terra macchinari di compattazione	Polveri Emissioni NOx e CO

### 1.3.2.2 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLO SCENARIO IN FASE DI CANTIERE

#### 1.3.2.2.1 Principali caratteristiche delle opere di cantierizzazione

Ai fini della valutazione degli impatti in fase di cantiere si rinvia alla descrizione delle principali caratteristiche delle opere di cantierizzazione previste, contenuta nel “Quadro di Riferimento Progettuale”.

#### 1.3.2.2.2 Emissioni gassose

Per il calcolo delle emissioni gassose della fase di cantierizzazione si è proceduto alla definizione di due scenari:

- scenario 1, emissioni gassose da mezzi d'opera presenti presso i cantieri fissi;
- scenario 2, emissioni gassose da traffico pesante di cantiere lungo gli itinerari di cantiere.

#### A. Stima delle emissioni gassose da cantieri fissi

Gli inquinanti considerati sono gli ossidi di azoto ed il monossido di carbonio, in quanto sicuramente tra quelli potenzialmente più critici.

È stato ipotizzato un fattore di emissione orario per ogni singolo mezzo pesante presente all'interno del cantiere. Il fattore di emissione è calcolato, per ogni inquinante, come quello medio attribuibile ai vari mezzi potenzialmente presenti nelle varie fasi e nei vari momenti della giornata; questo è calcolato sulla base dei fattori di emissione specifici stimati da ANPA e riportati nella seguente Tabella 1.3.2.2.a.

È stato ipotizzato che i mezzi che saranno presenti in cantiere siano omologati successivamente al 1997; cautelativamente, non si considerano mezzi dotati di sistemi di abbattimento delle emissioni ancora più avanzati.

Per i camion è stato ipotizzato un fattore di emissione orario uguale a quello corrispondente ad una velocità media del mezzo di 15 km/h. La velocità è ritenuta rappresentativa della media oraria: all'interno di tale lasso di tempo ogni mezzo si muoverà, per certi periodi, a velocità nettamente superiori, sino a 50 km/h, ma rispetterà anche dei tempi di attesa, in sosta; alcuni di questi periodi potrebbero trascorrere anche a motore fermo: tale evenienza non è, cautelativamente, considerata. Per i mezzi da cantiere, è stato ipotizzato un fattore di emissione orario analogo a quello dei camion.

Tabella 1.3.2.2.a Fattori di emissione specifici

Tipo Mezzo		NOx (g/km)	CO (g/km)
Comm. Pes. Imm. Fino al 1993 (convenzionali)	Diesel > 3,5 t	6,8087	1,7465
Comm. Pes. Imm. 1993-1996 (91/542/EEC stage I)	Diesel > 3,5 t	4,5052	1,1090
Comm. Pes. Imm. Dal 1997 (91/542/EEC stage II)	Diesel > 3,5 t	4,8678	1,0975
Fattore di Emissione orario ipotizzato per ogni mezzo presente in cantiere		73 g/h	16,5 g/h

Gli impatti sono stati valutati, cautelativamente, a partire dalla concentrazione massima al suolo stimata sottovento al cantiere, a varie distanze da esso, in condizioni meteorologiche critiche per la dispersione degli inquinanti: atmosfera molto stabile (Classe F di Pasquill Gifford) e vento debole.

Gli impatti sono quindi valutati in relazione alle situazioni maggiormente critiche: si ritiene infatti che ipotesi inerenti le concentrazioni medie o la distribuzione statistica delle

concentrazioni stesse siano difficili da determinare, date le inevitabili e notevoli variabilità di assetto del cantiere nel corso della sua vita e delle conseguenti incertezze di calcolo. Risulta invece più sostenibile un approccio che, sulla base di ipotesi cautelative (in termini di numero massimo di mezzi presenti all’interno del cantiere, situazioni meteorologiche critiche per la dispersione degli inquinanti, direzione del vento sfavorevole per il ricettore critico), fornisca una stima della concentrazione massima e su questa basi le valutazioni sulla sostenibilità dell’impatto stesso.

A partire dai dati emissivi precedentemente elencati, sono state quindi stimate le seguenti concentrazioni massime sottovento al cantiere, nelle citate situazioni atmosferiche critiche. Ogni mezzo è stato considerato come una sorgente puntiforme posta ad metro di altezza dal suolo e sostanzialmente ferma. Per gli NO<sub>x</sub> è stato ipotizzato un fattore di conversione in NO<sub>2</sub> assai cautelativo pari al 70%. Per i cantieri fissi, l’emissione di tutti i mezzi presenti è ipotizzata concentrata in solo punto, distante 100 metri dal confine del cantiere stesso. Moltiplicando le precedenti concentrazioni per il numero di mezzi presenti, al massimo, in ogni cantiere, si ottengono le concentrazioni massime presso il ricettore.

La metodologia sopra esposta è applicata per ricettori posti ad certa distanza dal cantiere, presso i quali si può ipotizzare che la concentrazione sia poco influenzata dalla reale distribuzione dei mezzi all’interno del cantiere stesso e che essa sia determinata dalla somma delle emissioni di tutti i mezzi di cantiere.

I ricettori prossimi al cantiere saranno impattati dalle sole emissioni di alcuni mezzi, il cui numero dipende dalla posizione relativa dei ricettori e della direzione del vento, della distribuzione dei mezzi all’interno del cantiere e quindi, in definitiva, delle condizioni che si andranno a verificare, istante per istante.

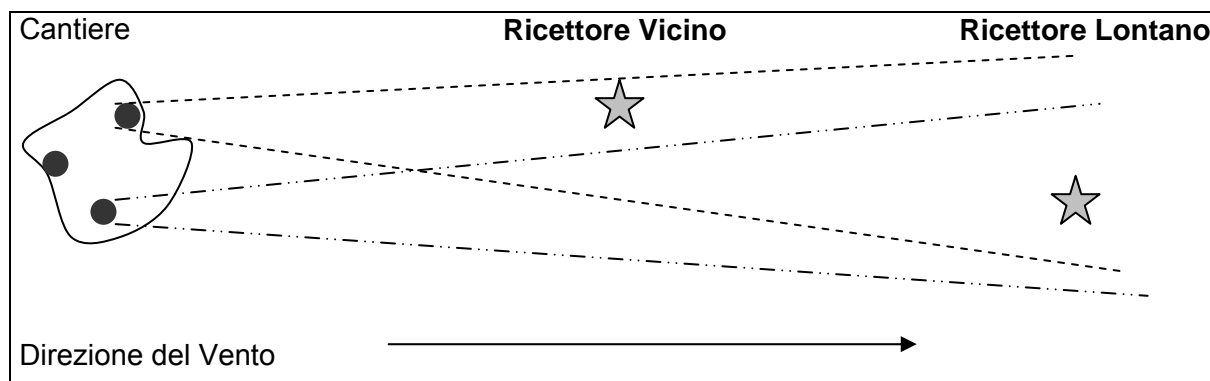


Figura 1.3.2.2.2 Zona di influenza delle emissioni dai vari mezzi di cantiere

Per questi ricettori è quindi ipotizzato che possano venirsi a trovare, in singoli momenti nel corso della vita di cantiere, esattamente sottovento al massimo a tre mezzi distanti 10 metri tra loro (la distanza è misurata ortogonalmente rispetto alla direzione del vento).

Tabella 3.2.2.2b Concentrazioni massime sottovento ai cantieri fissi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Inquinante	Concentrazioni per Singolo Mezzo			
	Distanza dal Cantiere [m]			
	100	200	300	400
NO <sub>x</sub>	14,7	7,2	4,3	2,8
CO	4,8	2,3	1,4	0,9

## **B. Stima delle emissioni da itinerari di cantiere**

Come già indicato precedentemente, gli itinerari di cantiere sono alquanto limitati e tali da non influire in maniera significativa sulle emissioni già presenti dovute al traffico ordinario.

### *1.3.2.2.3 Emissioni di polveri*

La maggior parte delle polveri prodotte in fase di cantiere può essere causata dalle seguenti operazioni:

- polverizzazione ed abrasione delle superfici su cui vengono applicate azioni meccaniche, dovute al traffico di cantiere;
- trascinarsi delle particelle di polvere dovute all'azione del vento, quando si abbiano cumuli di materiale incoerente;
- azione meccanica su materiali incoerenti, scavi, scarico di materiali, movimenti di terra in generale, con l'utilizzo di scraper, bulldozer ed escavatori;
- trasporto, scarico, immagazzinamento di materiale friabile,
- trasporto involontario del fango attaccato alle ruote degli autocarri che, una volta essiccato, può essere rilasciato dalle ruote stesse.

L'impatto sulla qualità dell'aria di una sorgente di emissione di polveri dipende dalla quantità e dalla mobilità potenziale delle particelle immesse nell'atmosfera.

Nel caso di movimento di autocarri l'EPA, Agenzia per la Protezione Ambientale Statunitense, indica che le emissioni sono proporzionali alla velocità dei veicoli e la quantità di polvere emessa dalle superfici non pavimentate varia da 1 a 10 kg per ogni veicolo e per ogni km percorso.

Il Midwest Research Institute (1974) suggerisce un fattore di emissione di 165 kg ogni 1.000 tonnellate di inerte movimentato, in base alla seguente suddivisione:

- carico/scarico del materiale: 19,8 kg/kt;
- traffico veicolare nell'area attorno al materiale stoccato: 66 kg/kt;
- utilizzo del materiale stoccato: 24,75 kg/kt;
- erosione del materiale da parte del vento: 54,45 kg/kt.

I valori sopra indicati sono ad oggi gli unici disponibili. Essi sono particolarmente cautelativi, in quanto non tengono conto delle condizioni meteorologiche locali e degli accorgimenti che saranno utilizzati durante le lavorazioni per ridurre la diffusione di polveri in atmosfera.

Nel caso in esame, poiché i venti medi locali sono molto deboli e poiché è sempre prevista la bagnatura dei cumuli di inerti pulverulenti, il rateo di erosione dei materiali di accumulo da parte del vento può essere ridotto del 50% per i cantieri fissi (area diga e casse d'espansione). Inoltre tale rateo può ritenersi nullo per tutti i cantieri di avanzamento (strade) ove non avviene l'accumulo di materiali.

Il fattore di emissione per 1.000 tonnellate di inerte movimentato per i cantieri oggetto di studio può essere quindi ridotto a:

- cantieri fissi 138 kg/kt;
- cantieri mobili 111 kg/kt.

Conoscendo dunque il volume di materiale movimentato e la sua densità, si può calcolare la quantità di polveri emesse in atmosfera durante il periodo di scavo.

La quantità di terreno e materiali inerti movimentata è così calcolata: per tutti i cantieri, fissi o mobili, si assume che le quantità movimentate siano proporzionali al numero di pale meccaniche presenti in un cantiere e che queste movimentino circa 50 m<sup>3</sup>/h di materiale. La quantità potenzialmente movimentabile in ogni cantiere è moltiplicata per un fattore di efficienza specifico, cantiere per cantiere, per tenere conto che la quantità di materiale effettivamente movimentato sarà inferiore a quella massima potenziale.

Il metodo di stima degli impatti qui proposto, in analogia al metodo utilizzato per la stima della concentrazioni dei gas di scarico prodotti dalle macchine operatrici, fornisce una stima delle concentrazioni massime sottovento al cantiere, in condizioni meteorologiche critiche. Nei calcoli si assume che la velocità del vento sia sempre uguale a 2 m/s. Si osservi che il fattore di emissione specifico stimato da EPA e qui utilizzato è indipendente dalla velocità del vento, e costituisce una stima cautelativa delle situazioni medie. Variazioni della velocità del vento possono quindi modificare la sola modalità di dispersione: velocità limitate riducono l'area impattata, ma aumentano la deposizione di polvere nelle prossimità del cantiere; e viceversa per elevate velocità del vento.

Le emissioni complessive calcolate con il metodo EPA sono ipotizzate distribuite su di un certo fronte lineare, ortogonale alla direzione del vento. Il fronte lineare di emissione è sicuramente in qualche modo correlato alle dimensioni del cantiere: in questa sede si ipotizza, per semplicità di calcolo ed in maniera conservativa, che tale lunghezza di emissione sia pari:

- a 200 metri per i cantieri mobili;
- alla radice quadrata della superficie del cantiere per i cantieri fissi.

I valori sono così giustificati: quale che sia la lunghezza complessiva di un cantiere mobile, l'emissione di polvere è concentrata in prossimità del fronte di avanzamento. Poiché il fattore di emissione è comunque dipendente dal solo numero di pale meccaniche in movimento, una riduzione della lunghezza del fronte di emissione è cautelativa, in quanto incrementa l'emissione specifica per unità di lunghezza del cantiere e quindi massimizza le concentrazioni e le deposizioni di polvere che sono successivamente calcolate sottovento al cantiere, presso il ricettore maggiormente critico. Per i cantieri fissi, occorrerebbe calcolare, in funzione della direzione del vento, la dimensione trasversale del cantiere stesso e quindi ipotizzare una certa distribuzione delle emissioni all'interno di tale lunghezza. Poiché tale dimensione è al momento ignota, anche a causa delle diverse forme che essa assume durante le varie fasi di vita del cantiere stesso, si preferisce un approccio riproducibile in tutti i cantieri, come quello indicato, che ha il vantaggio di fornire una indicazione diretta e certa sulla relativa criticità dei singoli cantieri.

Si ipotizza che le emissioni avvengano ad una altezza variabile tra 0 e 5 m da terra.

I livelli di deposizione delle polveri al suolo sono stimate a partire dalla loro velocità di sedimentazione gravimetrica. Cautelativamente, si ammette che le polveri non subiscano dispersione ("diluizione") in direzione ortogonale a quella del vento.

Le particelle di dimensione significativamente superiore ai 30  $\mu\text{m}$  si depositano, in ogni caso nelle immediate prossimità del cantiere. La fascia dei primi 100 metri attorno ad ogni cantiere è quindi valutata, in relazione alle polveri, come significativamente impattata, indipendentemente da ogni calcolo numerico.

Per il calcolo dell'impatto delle polveri a distanze superiori, si ammette (come risulta in bibliografia) che nel range 1-100  $\mu\text{m}$  la distribuzione dimensionale delle particelle di polvere sollevate da terra sia simile alla distribuzione dimensionale delle particelle che compongono il terreno. Nel caso in esame si può assumere la seguente composizione:

- 10% della massa in particelle con diametro equivalente inferiore a 10  $\mu\text{m}$ ;
- 10% della massa con diametro equivalente compreso tra 10 e 20  $\mu\text{m}$ ;
- 10% della massa con diametro equivalente compreso tra 20 e 30  $\mu\text{m}$ ;
- rimanente massa emessa con granulometria superiore, che si deposita nei primi 100 metri di distanza dal cantiere o all'interno del cantiere stesso, subito dopo la deposizione.

La velocità con cui le particelle di medie dimensioni sedimentano per l’azione della forza di gravità oscilla tra 0,6 e 3,0 cm/s (corrispondente a quella di corpi sferici aventi una densità di 2.000 kg/m<sup>3</sup> e diametro di 10 e 30 µm).

Considerando le suddette velocità di deposizione è possibile calcolare la distanza alla quale si depositano le particelle in funzione della velocità del vento e dell’altezza di emissione; tali distanze risultano (per particelle emesse a 5 metri da terra con vento a 2 m/s):

- particelle da 10 µm: 800 metri sottovento;
- particelle da 20 µm: 550 metri sottovento;
- particelle da 30 µm: 300 metri sottovento.

La deposizione di polvere in fasce di distanza dal cantiere è quindi calcolata sulla base delle ipotesi precedentemente esposte, secondo le seguenti formule:

$$D_{<100m} = \text{rilevante}$$

$$D_{100-300} = \frac{0,10 E}{300L} + \frac{0,10 E}{550L} + \frac{0,10 E}{800L}$$

$$D_{300-550} = \frac{0,10 E}{550L} + \frac{0,10 E}{800L}$$

$$D_{550-800} = \frac{0,10 E}{800L}$$

con E (emissione totale di polvere), in grammi al giorno, calcolata con le formule:

$$E = 138 \times 12 \times N \times \Theta \times 2,0 = 3.312 \times \Theta \times N \quad \text{cantieri fissi}$$

$$E = 111 \times 12 \times N \times \Theta \times 2,0 \times 50 = 146.520 \times \Theta \times N \quad \text{cantieri mobili}$$

Dove:

$D_{x-y}$  = deposizione, in g/m<sup>2</sup> x giorno all’interno delle fasce di distanza x-y;

N = numero di pale meccaniche all’interno dei singoli cantieri;

Θ = fattore di efficienza con cui le pale sono utilizzate;

2,0 = densità del materiale in t/m<sup>3</sup> (valore conservativo);

138 e 111 = fattori di emissione (in g/t o kg/kt);

12 = ore lavorate al giorno.

L = 200 m per i cantieri mobili, ovvero

$L = A^{1/2}$ , per i cantieri fissi, con A = superficie del cantiere in m<sup>2</sup>.

L’impatto della deposizione delle polveri è valutato confrontando il tasso di deposizione gravimetrico con i valori riportati nel Rapporto Conclusivo del gruppo di lavoro della “Commissione Centrale contro l’Inquinamento Atmosferico” del Ministero dell’Ambiente, che permettono di classificare un’area in base agli indici di polverosità riportati nella *Tabella 1.3.2.2.3.a*

Tabella 1.3.2.2.3.a Classi di polverosità in funzione del tasso di deposizione

Classe di Polverosità	Polvere Totale Sedimentabile (mg/m <sup>2</sup> /giorno)	Indice Polverosità
I	< 100	Praticamente assente
II	100 – 250	Bassa
III	251 – 500	Media
IV	501 – 600	Medio-alta
V	> 600	Elevata

### 1.3.2.3 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Nelle seguenti tabelle si riportano le valutazioni degli impatti derivanti dalle tipologie di cantieri descritte nel paragrafo introduttivo. Le tipologie di impatto previste, in relazione a quanto indicato al punto 3.2 "Identificazione dei Fattori di Impatto", sono due:

- tipologia 1: alterazione della qualità dell'aria per emissioni di polveri da mezzi e impianti di cantiere;
- tipologia 2: alterazione della qualità dell'aria per emissioni di gas da mezzi di cantieri e traffico ordinario sulla rete stradale limitrofa.

Le stime delle concentrazioni sono state effettuate sempre per la situazione più impattante, in base alle seguenti assunzioni:

- emissioni di polveri da mezzi impiegati in cantieri fissi (CD e CL). Nei cantieri, come mezzi fissi in azione contemporanea impiegati in movimenti terra (i più impattanti), si è stimata la presenza di almeno due escavatori. Nel cantiere del ponte (CP), di dimensioni ridotte, si è ipotizzata la presenza di un solo escavatore;
- emissioni di polveri da mezzi d'opera lungo i cantieri mobili (CS). A tal proposito per il tronco di strada a nord, di lunghezza assai modesta per la parte da realizzare in provvisorio, mentre la restante parte è un adeguamento di viabilità esistente, si è ipotizzata l'emissione di un solo escavatore in fase di movimento terra (assieme ai camion a suo servizio); per il tratto a sud, in cui il cantiere mobile avrà dimensioni maggiori, si è ipotizzata l'emissione di polveri da due escavatori (ovvero 1 escavatore e 1 ruspa) in fase contemporanea di movimento terra (sempre associata alle emissioni di polvere dai camion a loro servizio);
- emissioni di gas di scarico da cantieri fissi. Si è stimato un numero minimo di mezzi d'opera presenti in contemporanea in accordo con le principali operazioni che verranno svolte nei cantieri stessi;
- emissioni di gas di scarico da cantieri mobili.

I valori indicati nelle tabelle sono cautelativi in quanto non tengono conto di tutte le misure aggiuntive che saranno impiegate per l'abbattimento delle polveri. In particolare per distanze inferiori ai 100 m, fascia di immediatamente a ridosso dei cantieri, la deposizione di polvere viene sempre indicata come rilevante, oltre gli 800 m non viene calcolato alcun valore in quanto l'impatto è considerato come trascurabile.

Tabella 1.3.2.3a Valutazione qualitativa del livello di impatto da emissioni di polveri da cantieri fissi e mobili. Valori di deposizione in  $\text{mg}/\text{m}^2 \times \text{giorno}$

Cantiere	Area (ha)	Mezzi d'opera	Deposizione			Ricettori sensibili entro 1.000 m	Impatto
			Distanza (m) 100 - 300	Distanza (m) 300 - 550	Distanza (m) 550 - 800		
CG	15	6	4,0	2,1	0,9	Cascine isolate	Praticamente assente
CL	40	9	10,9	5,2	2,1	Cascine isolate e nuclei abitati	Praticamente assente
CP	0,25	1	0,5	0,2	0,1	Cascine isolate	Praticamente assente
CS (nord)		3	61,3	29,4	12,0	Cascine isolate	Praticamente assente
CS (sud)		3	61,3	29,4	12,0	Cascine isolate	Praticamente assente

Dai dati in tabella si evince che gli impatti da polveri, anche avendo considerato in contemporaneo funzionamento tutte le macchine movimento terra, siano praticamente assenti.

L'estensione areale di tali impatti è, inoltre, limitata in considerazione delle ridotte dimensioni dei singoli cantieri e delle misure di mitigazione standard che normalmente si applicano in cantiere. In relazione alla distribuzione dei ricettori sensibili, anche il perdurare delle interferenze, qualora se ne manifestassero, è considerabile limitato.

Nella seguente tabella si riportano i valori di emissione di gas da cantieri fissi e mobili.

Tabella 1.3.2.3b Valutazione del livello di impatto da emissioni gassose da cantieri fissi e mobili. Concentrazioni massime in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Cantiere	Nr. Mezzi d'opera	Inquinante	Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Distanza dal cantiere				Presenza ricettori sensibili	Valutazione impatto
			100	200	300	400		
CG	6	NO <sub>x</sub>	88,2	43,2	25,8	16,8	NO	Nei limiti
		CO	28,8	13,8	8,4	5,4		Nei limiti
CL	9	NO <sub>x</sub>	132,3	64,8	38,7	25,2	SI	Nei limiti
		CO	43,2	20,7	12,6	8,1		Nei limiti
CP	1	NO <sub>x</sub>	14,7	7,2	4,3	2,8	SI	Nei limiti
		CO	4,8	2,3	1,4	0,9		Nei limiti
CS (nord)	3	NO <sub>x</sub>	44,1	21,6	12,9	8,4	SI	Nei limiti
		CO	14,4	6,9	4,2	2,7		Nei limiti
CS (sud)	3	NO <sub>x</sub>	44,1	21,6	12,9	8,4	SI	Nei limiti
		CO	14,4	6,9	4,2	2,7		Nei limiti

I valori di concentrazione massimi stimati presso i ricettori sensibili sono confrontati con i limiti di legge inerenti le concentrazioni massime assolute ammissibili, che per il biossido di azoto valgono:

- 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : livello di attenzione;
- 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : livello di allarme;

mentre per il monossido di carbonio sono rispettivamente uguali a 15 e 30  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Nel commentare i risultati ottenuti con la precedente metodologia, si osserva che essi sono ritenuti rappresentativi della concentrazione massima istantanea che può verificarsi nel caso che le peggiori situazioni meteorologiche possibili si verificano in concomitanza con la peggiore distribuzione possibile di mezzi in movimento all'interno del cantiere. Si tratta quindi di concentrazioni assolutamente istantanee.

### 1.3.3 Definizione degli ambiti di sensibilità

Il livello di sensibilità del territorio interessato dal progetto è stato definito in base ai seguenti indicatori:

- stato attuale della qualità dell'aria derivato dalla zonizzazione regionale della Toscana descritta al punto 3.1, stato attuale della componente;
- la carta della diffusività atmosferica, impiegata per la zonizzazione di cui sopra, che permette, tramite una classificazione in tre classi (alta, media, bassa) di individuare le aree in cui si possono verificare con maggior frequenza condizioni critiche per la diffusione degli inquinanti (Figura 1.3.1.5.1);
- presenza entro i 1.000 m (distanza massima entro la quale, per progetti come quello in esame, si hanno potenziali ricadute di inquinanti) di ricettori sensibili quali nuclei abitati.

La zonizzazione regionale di qualità dell'aria inserisce il Comune di Pistoia in classi caratterizzate da livelli di inquinamento che, seppur al di sotto dei valori limite, presentano rischi di superamento per quanto riguarda il CO, il PM<sub>10</sub> ed il benzene, si tratta di 3 inquinanti strettamente legati al traffico veicolare.



Per la definizione degli ambiti di sensibilità si è infine tenuto conto dei seguenti aspetti progettuali.

### **1.3.3.1 INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI CRITICI**

Tenuto conto dei risultati mostrati nelle tabelle 1.3.2.3a e 1.3.2.3b, si indicano qui di seguito, in quanto ricadenti nella fascia di 100 m, i ricettori sensibili per ogni cantiere:

a) Cantiere CG

Grazie alla sua posizione isolata e incassata, non si rilevano ricettori sensibili.

b) Cantiere CL

Il cantiere CL ha una superficie assai importante, in quanto si deve considerare come delimitazione della sua area il perimetro individuato dagli argini più esterni. Gli ambiti critici sono individuati in:

- Nucleo abitativo posto a nord del cantiere;
- Nucleo abitativo in località San Biagio in Cascheri, che comunque appare protetto dagli argini in muratura dell'Ombrone;
- Podere all'Ombrone, che a causa della vicinanza ai futuri argini, appare come il ricettore più esposto, in particolare alle polveri;
- Serie di poderi isolati come Villa Farnia, Colombaia, Edilizia, Ombrone.

c) Cantiere CP

In considerazione del basso valore delle emissioni di questo cantiere, l'unico ricettore sensibile è il Podere Edilizia, già indicato per il CL.

d) Cantiere CS nord

Per questo cantiere è stata rilevata la presenza di 2 ricettori sensibili, posti, entrambi, ai margini della strada da ampliare ed uno anche ad una distanza di circa 100 m del tratto da realizzare. Si tratta di 2 abitazioni site al civico 11 di via di Gello e al civico 30 di via di San Giorgio.

e) Cantiere CS sud

Per questo cantiere è stata rilevata la presenza di un solo ricettore sensibile, posto nei pressi dell'intersezione fra la parte di via S. Pietro in Vincio da adeguare e via di Femmina morta.

### **1.3.4 Misure di prevenzione e mitigazione degli impatti in fase di cantiere**

Sono riportati i criteri standard e le prescrizioni ai contrattisti per una gestione ambientalmente compatibile dei cantieri che di fatto costituiscono misure di mitigazione delle interferenze identificate al punto 1.3.3.

In riferimento agli impatti relativi alle attività di cantiere, le seguenti misure di mitigazione si configurano come disposizioni che dovranno essere incluse nei capitolati d'appalto per le imprese e che dovranno essere messe in atto operativamente da parte delle stesse. A tale scopo, prima dell'inizio dei lavori l'impresa dovrà predisporre un piano, da concordare con gli Enti interessati, per l'organizzazione dei cantieri. Il piano dovrà prendere atto delle disposizioni indicate in capitolato e riportate nei seguenti paragrafi. Il piano dovrà inoltre a sua volta essere rivisto sulla base dei risultati del piano di monitoraggio, che includa i rilevamenti ambientali sia durante l'installazione dei cantieri, sia durante lo svolgimento delle lavorazioni.

Qualora le emissioni risultanti dal monitoraggio risultassero al di sopra dei valori di norma, l'impresa esecutrice dovrà provvedere alla realizzazione di opportune barriere di protezione, realizzate con dune formate con il terreno di scotico, ovvero, nei casi più severi, con barriere tipo New Jersey sormontate da pannelli di schermo.

#### **1.3.4.1 EMISSIONE DI POLVERI**

Per quanto riguarda l'impatto correlabile alla dispersione di polveri durante le attività di cantiere, l'impresa esecutrice dovrà adottare, quali misure di mitigazione, tutti gli accorgimenti atti a ridurre la produzione e la propagazione di polveri, quali:

- una costante bagnatura delle strade utilizzate, pavimentate e non, entro 100 m da edifici o fabbricati;
- un lavaggio dei pneumatici di tutti i mezzi di cantiere in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento dei materiali prima dell'inserimento sulla viabilità ordinaria;
- utilizzazione di motospazzatrici dotate d'impianto d'annaffiatura per la costante pulizia della viabilità ordinaria;
- una bagnatura e copertura con teloni dei materiali trasportati con autocarri;
- una costante bagnatura dei cumuli di materiale stoccati nelle aree di cantiere.

#### **1.3.4.2 EMISSIONE DI GAS DI SCARICO**

Apposite procedure, imposte alle ditte operanti, permetteranno la verifica dell'impiego di mezzi a norma e sottoposti a regolare manutenzione dai contrattisti.

#### **1.3.5 Monitoraggio Ambientale**

Come accennato nei paragrafi precedenti, si dovrà mettere in atto un piano di monitoraggio della componente atmosfera che, rilevati i parametri caratteristici ante operam, nel corso dei lavori esegua dei rilievi soprattutto in corrispondenza dei ricettori sensibili indicati al punto 1.3.3.1.

### **1.4 RUMORE**

#### **1.4.1 Descrizione dello stato attuale della componente**

##### **1.4.1.1 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa di riferimento per quanto attiene l'inquinamento acustico è costituita da:

- DPCM 1° marzo 1991 Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi nell'ambiente esterno;
- Legge 26 ottobre 1995 n. 447, Legge quadro sull'inquinamento acustico;
- DPCM 14 novembre 1997 Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore;
- Ministero dell'Ambiente, Decreto 16 marzo 1998, Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico;
- Ministero dell'Ambiente, Decreto 29 novembre 2000, Criteri per la predisposizione, da parte degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore;
- D.P.R. 142/2004 Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26/10/1995, n° 447.

A tale normativa di livello nazionale si aggiunge quella della Regione Toscana, in attuazione della Legge 26 ottobre 1995 n. 447, costituita dalla Legge Regionale del 1/12/98, n. 89 Norme in materia di inquinamento acustico (B.U.R. n. 42 del 10/12/1998) e dalle relative delibere applicative.

## DPCM 1° MARZO 1991

Il DPCM 1° marzo 1991 fornisce, in particolare, specifici riferimenti in ordine ai limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno in funzione della classe di destinazione d'uso del territorio alla quale appartiene la zona in esame (art. 2, comma 1). Il Decreto esclude dal proprio campo di applicazione le aree e le attività aeroportuali che verranno regolamentate da un altro decreto.

Per quanto riguarda le modalità tecniche di rilevamento del rumore, il DPCM prescrive la misura del Livello sonoro continuo equivalente [Leq espresso in dB(A)].

Per stabilire l'accettabilità o meno del rumore, il DPCM fissa i limiti massimi da non superarsi su tutto il territorio nazionale. Introduce inoltre un criterio di valutazione differenziale da applicarsi in zone non esclusivamente industriali. Tale criterio prevede il calcolo dell'eccedenza del rumore ambientale (rumore della sorgente disturbante) sul rumore residuo (rumore di fondo con la sorgente disturbante disattivata). In questo caso il livello equivalente deve essere misurato all'interno delle abitazioni disturbate ad un metro dalle finestre aperte. Tuttavia, come specificato dalla successiva legge quadro sull'inquinamento, il criterio differenziale non si applica alle infrastrutture di trasporto.

Considerando l'ambiente esterno non confinato, la tabella dei valori massimi (tabella 8.1/2) ammessi prevede limiti diversi a seconda della tipologia di zona e della destinazione d'uso delle diverse aree. Il DPCM affida ai Comuni la suddivisione in classi del territorio, con conseguente determinazione dei limiti di riferimento, e la stesura di piani di risanamento.

I limiti del livello equivalente e le relative classi di destinazione d'uso del territorio sono riuniti in tabella. Le classi II, III e IV sono definite anche in base alla tipologia di infrastrutture di trasporto e del traffico che su di esse insiste, le cui emissioni sonore concorrono ad innalzare i valori massimi di accettabilità.

La applicabilità dei limiti suddetti è subordinata alla zonizzazione del territorio, che compete ai singoli comuni. In assenza di tale zonizzazione valgono comunque i limiti provvisori, basati sulla zonizzazione urbanistica, di seguito indicati in tabella 4.1.1a e riferiti alle sorgenti sonore fisse.

Il D.P.C.M. non contiene alcuna specifica definizione di sorgenti fisse e mobili. Esse sono invece correttamente definite nella nuova legge quadro.

Infine, di seguito si riportano alcune definizioni contenute nell'Allegato A del Decreto.

### Livello continuo equivalente ponderato "A" Leq(A)

È il parametro fisico adottato per la misura del rumore. Esso esprime il livello energetico medio del rumore ponderato secondo la curva fonometrica "A" nell'intervallo di tempo considerato e viene normalmente misurato con fonometri integratori su di un arco di tempo T prestabilito.

### Livello di rumore residuo Lr

È il livello continuo equivalente misurato in dB(A) che si rileva in assenza delle specifiche sorgenti sonore disturbanti.

### Livello di rumore ambientale La

È il livello sonoro continuo equivalente misurato in dB(A) generato da tutte le sorgenti sonore esistenti in un dato luogo in un determinato tempo; esso comprende, dunque, anche il rumore prodotto dalle sorgenti disturbanti.

### Tempo di riferimento Tr

È il parametro che rappresenta la collocazione del fenomeno acustico nell'arco delle 24 ore, individuando un periodo diurno, convenzionalmente inteso dalle ore 6:00 alle ore 22:00, e un periodo notturno, convenzionalmente inteso dalle ore 22:00 alle ore 6:00.

**Tempo di osservazione To**

È un periodo di tempo, compreso entro uno dei tempi di riferimento, durante il quale l'operatore effettua il controllo e la verifica delle condizioni di rumorosità.

**Tempo di misura Tm**

È il periodo di tempo, compreso entro il tempo di osservazione, durante il quale vengono effettuate le misure di rumore.

Il Decreto fornisce inoltre istruzioni circa la metodologia di rilievo del rumore, con particolare riferimento alla qualità della strumentazione di misura da utilizzare che deve essere conforme alle norme IEC per gli strumenti di misura.

Tabella 1.4.1.1a Valori dei limiti massimi del livello sonoro equivalente (Leq, A) relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento (DPCM 1° marzo 1991)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Limiti massimi [Leq in dB(A)] Tempi di riferimento	
	Diurno	Notturno
I Aree particolarmente protette Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.	50	40
II Aree prevalentemente residenziali Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente al traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.	55	45
III Aree di tipo misto Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.	60	50
IV Aree di intensa attività umana Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.	65	55
V Aree prevalentemente industriali Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.	70	60
VI Aree esclusivamente industriali Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive d'insediamenti abitativi.	70	70

Tabella 1.4.1.1b Limiti massimi provvisori del livello sonoro equivalente (Leq,A) relativi a sorgenti sonore fisse (DPCM 1° marzo 1991)

Fascia oraria	Dalle 6 alle 22	Dalle 22 alle 6
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona urbanistica A (D.M. 1444/68)	65	55
Zona urbanistica B (D.M. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

**LEGGE 26 OTTOBRE 1995 N. 447**

La legge 447/95 ha le caratteristiche di legge quadro in materia di acustica ambientale. Per quanto attiene le infrastrutture di trasporto la legge diverrà pienamente operativa soltanto dopo l'emanazione dei decreti attuativi previsti dall'art. 11. Tale articolo prevede 4 Regolamenti d'Esecuzione, da emanarsi mediante appositi D.P.R., sulla disciplina dell'inquinamento acustico prodotto dalle sorgenti: stradali, ferroviarie, marittime ed aeree. L'art. 15 della legge riguarda il regime transitorio. Fino all'emanazione dei Regolamenti di Esecuzione di cui all'art. 11, si applica il D.P.C.M. 1 marzo 1991, fatta eccezione per le infrastrutture di trasporto, limitatamente al disposto di cui agli art. 2, comma 2, e 6, comma 2.

Ciò significa che il criterio differenziale non va applicato alle infrastrutture di trasporto (strade, ferrovie, aeroporti); esse tuttavia, essendo state comprese esplicitamente nella definizione di sorgenti fisse (art. 2 della legge) sono fin da ora soggette ai limiti assoluti provvisori.

#### **DPCM 14 NOVEMBRE 1997**

Il DPCM 14 novembre 1997, in attuazione dell'art. 3, comma 1 della legge 26 ottobre 1995 n. 447, precisa:

- i limiti di emissione (art. 2), i cui valori limite sono determinati secondo le indicazioni della tabella B allegata al citato D.P.C.M. in funzione della classificazione acustica del territorio comunale;
- i limiti assoluti di immissione (art. 3) i cui valori limite sono determinati secondo le indicazioni della tabella C allegata al citato D.P.C.M. in funzione della classificazione acustica del territorio del comune comunale;
- i limiti differenziali di immissione (art. 4); i cui valori limite sono fissati pari a 5 dB(A) per il tempo di riferimento diurno e 3 dB(A) per quello notturno (si evidenzia che tali valori non si applicano, oltre alle altre eccezioni previste dalla legislazione in materia, nelle aree classificate nella classe VI).

In particolare per quanto riguarda le infrastrutture dei trasporti, all'art. 5 il decreto prevede che i valori limite assoluti di immissione e di emissione relative alle diverse infrastrutture, all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, nonché la relativa estensione, siano fissati con specifici decreti attuativi.

Per quanto attiene i valori limiti assoluti di immissione (art. 3), riferiti al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti, sono riprese la classificazione del territorio ed i livelli indicati dal D.P.C.M. 1/3/91. Tali limiti non si applicano all'interno delle fasce di pertinenza, da determinarsi con decreti attuativi, delle infrastrutture stradali e ferroviarie.

Analogamente non si applicano alle infrastrutture stradali i valori limite differenziale di immissione (art. 4). Sono, infine indicati i valori di attenzione (art. 6) ed i valori di qualità (art. 7).

#### **DECRETO MINISTRO DELL'AMBIENTE 16 MARZO 1998**

Il decreto stabilisce le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento da rumore, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera c), della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

In particolare, sono definite le caratteristiche e i requisiti che devono essere rispettati dalla strumentazione di misura da utilizzare per i rilievi acustici (art. 2) e le norme tecniche per l'esecuzione delle misure (Allegato B.).

#### **DECRETO MINISTRO DELL'AMBIENTE 29 NOVEMBRE 2000**

Il decreto stabilisce i criteri tecnici per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, ivi comprese le autostrade, dei piani degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture stesse. Il decreto è promulgato in attuazione dell'art. 10, comma 5 della legge 26 ottobre 1995, n. 447. Nell'ambito vengono definiti gli obblighi del gestore (art. 2), i criteri di priorità degli interventi di risanamento (art. 3) e gli obiettivi delle attività di risanamento. Sono inoltre indicate le modalità di risanamento e precisate le competenze in merito agli oneri derivanti dalle attività di risanamento (art. 5) ed in merito alle attività di controllo (art. 6).

Il decreto è completato da quattro allegati relativi a:

- indice di priorità degli interventi di risanamento,

- criteri di progettazione degli interventi di risanamento,
- caratterizzazione e indice dei costi di intervento di bonifica acustica,
- criterio di valutazione delle percentuali delle attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono umore in un punto.

**D.P.R. 142/2004 REGOLAMENTO RECANTE DISPOSIZIONI PER IL CONTENIMENTO E LA PREVENZIONE DELL’INQUINAMENTO ACUSTICO DERIVANTE DAL TRAFFICO VEICOLARE, A NORMA DELL’ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 26/10/1995, N° 447**

Il Consiglio dei Ministri del 25 luglio 2003 ha approvato un decreto presidenziale che definisce le soglie di inquinamento acustico provocato dal traffico veicolare. Il provvedimento è stato deliberato dallo stesso in data 19 marzo 2004.

Preliminarmente, dopo aver esplicitato un complesso di definizioni necessarie all’applicazione del decreto (art. 1), viene individuato il campo di applicazione del regolamento (art. 2): le autostrade, le strade extraurbane principali e secondarie, le strade urbane, quelle di quartiere e le strade locali.

Viene quindi individuata la fascia di pertinenza acustica relativa alle diverse tipologie di strade; con riferimento ai ricettori presenti all’interno di tale fascia devono essere individuate ed adottate le opere di mitigazione. In particolare per le autostrade e le strade extraurbane di nuova realizzazione viene individuata una fascia di 250 metri.

Per le infrastrutture di nuova realizzazione tale fascia è definita unitariamente, mentre per le infrastrutture esistenti viene suddivisa in due parti: la prima, più vicina all’infrastruttura e della larghezza di 100 metri, denominata fascia A, la seconda, più distante dall’infrastruttura e della larghezza di 150 m, denominata fascia B. Per le infrastrutture di nuova realizzazione, in caso di presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo, la fascia di pertinenza acustica ha estensione doppia.

Vengono poi definiti i criteri di applicabilità ed i valori limite di immissione. Per le infrastrutture stradali di nuova realizzazione corrispondenti a strade extraurbane principali e strade extraurbane secondarie di tipo C1, i valori limite di immissione riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stesse sono i seguenti:

- 50 dB(A) Leq diurno, 40 dB(A) Leq notturno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale il solo limite diurno;
- 65 dB(A) Leq diurno, 55 dB(A) Leq notturno per gli altri ricettori

Di seguito sono riportate le tabelle in allegato al decreto.

Tabella 1.4.1.1c Limiti normativi Allegato 1 - (strade di nuova realizzazione)

TIPO DI STRADA	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo*		Altri Ricettori	
			Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]
A – autostrade		250	50	40	65	55
B – extraurbana principale		250	50	40	65	55
C – extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	160	50	40	65	55
D – urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come previsto dall’articolo 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

\*per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 1.4.1.1d Limiti normativi Allegato 2 - (strade esistenti e assimilabili)

TIPO DI STRADA	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]
A – autostrade		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca	100 (fascia A)	50	40	65	55
		150 (fascia B)				
	Cb	100 (fascia A)	50	40	65	55
		150 (fascia B)				
D – urbana di scorrimento	Da	100	50	40	65	55
	Db	100				
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come previsto dall’articolo 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

### NORMATIVA REGIONE TOSCANA

- L. R. 1 dicembre 1998, n. 89 "Norme in materia di inquinamento acustico" (B.U.R.T. n. 42 del 10/12/1998).
- Legge Regionale n. 67 del 29-11-2004: Modifiche alla legge regionale 1 dicembre 1998, n. 89 (Norme in materia di inquinamento acustico). (B.U.R.T. n. 48 del 3 dicembre 2004)

#### 1.4.1.2 CARATTERISTICHE FISICHE DEL RUMORE

L’indicatore di rumore utilizzato per caratterizzare l’impatto è il livello sonoro equivalente continuo Leq espresso in dB(A).

Il livello sonoro equivalente di un dato rumore variabile nel tempo è il livello di un ipotetico rumore costante che, se sostituito al rumore reale per lo stesso intervallo di tempo, comporterebbe la stessa quantità totale di energia sonora. L’espressione matematica che definisce il livello sonoro equivalente Leq è:

$$Leq = 10 \lg \frac{1}{T_0} \int (p(t)^2 / p_{2rif}^2) \cdot dt$$

con:

- $T_0$  = tempo considerato
- $p(t)$  = pressione sonora del rumore in esame
- $p_{rif}$  = pressione sonora di riferimento assunta uguale a 20  $\mu$ Pa (corrispondente al valore di pressione sonora minimo percepibile alla frequenza di 1000 Hz)

La curva di ponderazione utilizzata per prevedere i possibili effetti sull’uomo è la curva “A” definita da Fletcher e Munson, e il risultato ottenuto con tale curva di ponderazione è espresso in dB(A). La curva “A” è risultata in media meglio correlata con la risposta soggettiva umana a rumori generici a larga banda, se a ciò si aggiunge la facilità di una misurazione fonometrica in dB(A), si capisce il perché questa curva sia stata adottata in molte norme e leggi a livello nazionale e internazionale.

Per ciò che riguarda gli effetti del rumore sulla popolazione, numerose ricerche hanno evidenziato che il rumore prodotto dai mezzi di trasporto può avere effetti negativi non solo sugli operatori e sugli utenti, ma anche sulle popolazioni che vivono in prossimità di strade, ferrovie, aeroporti.

In base a studi condotti da Cosa e Vicoli (cfr. M.Cosa, "Il rumore urbano e industriale", Istituto italiano medicina sociale, 1980) è possibile definire una scala di lesività in cui sono caratterizzati 6 campi di intensità sonora:

- 0÷35 dB(A): rumore che non arreca fastidio né danno.
- 36÷65 dB(A): rumore fastidioso e molesto che può disturbare il sonno e il riposo.
- 66÷85 dB(A): rumore che disturba e affatica, capace di provocare danno psichico e neurovegetativo e in alcuni casi danno uditivo.
- 86÷115 dB(A): rumore che produce danno psichico e neurovegetativo e può indurre malattia psicosomatica.
- 116÷130 dB(A): rumore pericoloso: prevalgono gli effetti specifici su quelli psichici e neurovegetativi.
- 131÷150 dB(A): rumore molto pericoloso: impossibile da sopportare senza adeguata protezione; insorgenza immediata o rapida del danno.

È stata inoltre codificata una gerarchia di effetti sull'uomo attribuibili al rumore:

- danno a carico dell'organo uditivo (specifico);
- danno a carico di altri organi e sistemi o della psiche (non specifico);
- disturbo del sonno e del riposo;
- interferenza sulla comprensione delle parole o di altri segnali acustici;
- interferenza sul rendimento, sull'efficienza, sull'attenzione e sull'apprendimento;
- sensazione generica di fastidio (annoyance).

Mentre esiste una letteratura molto vasta sui rischi di danno uditivo ed extra-uditivo negli ambienti di lavoro, non altrettanto si può dire per quanto riguarda il rumore ambientale non confinato. Poiché non esistono allo stato attuale delle conoscenze evidenze che i danni all'apparato uditivo possano essere attribuiti al rumore da traffico, le normative e le politiche di controllo del rumore ambientale sono sostanzialmente finalizzate alla prevenzione del disturbo e dell'annoyance.

#### **1.4.1.3 CARATTERISTICHE DEL RUMORE INDOTTO DAL TRAFFICO STRADALE**

Le emissioni sonore correlate al traffico veicolare sono caratterizzate da sorgenti di differenti natura che contribuiscono in maniera diversa a definire i livelli di rumorosità di un'infrastruttura stradale.

In particolare si individuano le seguenti fonti:

- Rotolamento – l'interazione pneumatico e superficie stradale, rappresenta la principale sorgente di rumore, particolarmente significativa in condizioni di traffico extraurbano con velocità di percorrenza superiori ai 50 km/h;
- Motore e sistema di scarico dei gas combustibili – tali sorgenti rappresentano la componente principale in corrispondenza di sistemi semaforici ed in condizioni di collasso del sistema viabilistico;
- Segnalatori acustici;
- Componente aerodinamica – gli effetti dovuti alle mutue azioni dinamiche tra carrozzeria ed aria circostante risultano trascurabili sia a velocità contenute, sia in condizioni di traffico extraurbano.

Lo spettro di emissione del rumore di origine veicolare è caratterizzato principalmente da basse frequenze, con una distribuzione dei picchi sonori che varia in funzione della tipologia del veicolo: gli autocarri e le macchine agricole presentano dei livelli di rumorosità più elevati rispetto a quelli dei veicoli leggeri.



La velocità dei veicoli rappresenta un importante parametro per la definizione dei livelli di rumorosità, in quanto l'incremento delle emissioni acustiche varia in maniera direttamente proporzionale all'aumento della velocità di percorrenza e dell'accelerazione dei veicoli.

#### **1.4.1.4 CARATTERISTICHE DEL RUMORE INDOTTO DA IMPIANTI INDUSTRIALI**

Le emissioni sonore correlate ad impianti industriali, ai quali si possono assimilare i cantieri, sono caratterizzate da sorgenti di natura differente che contribuiscono in maniera diversa a definire i livelli di rumorosità.

In particolare si individuano le seguenti fonti:

- Macchinari dotati di motori a combustione interna;
- Segnalatori acustici e di sicurezza;
- Frantoi;
- Tranciaferri troncatrice;
- Martelli perforatori e demolitori;
- Seghe circolari e a nastro.

La particolarità delle emissioni sonore dovute ai cantieri risiede nella non continuità e non contemporaneità delle emissioni stesse.

#### **1.4.1.5 CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ATTUALE**

Il Comune di Pistoia ha provveduto alla redazione del Piano Comunale di Classificazione Acustica (P.C.C.A.). Dalle figure 1.4.1.5a e 1.4.1.5b, rappresentanti un estratto della Tav. 4 del P.C.C.A., si deduce che il territorio interessato dai cantieri ricade, quasi esclusivamente, nella Classe III, così come definita nella Tabella 1.4.1.1a.

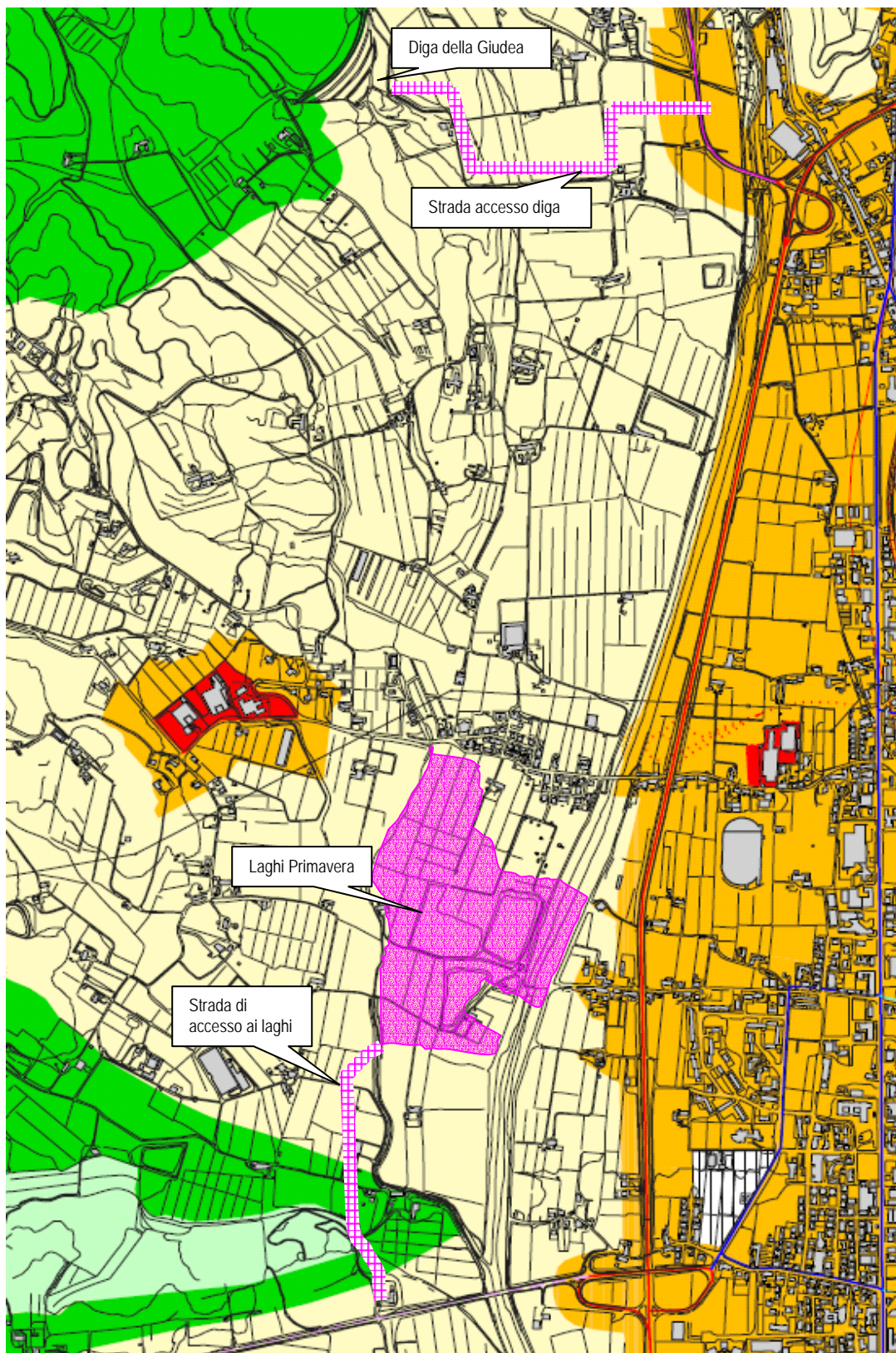


Figura 1.4.1.5a Classificazione acustica del Comune di Pistoia



Figura 1.4.1.5b Classificazione acustica del Comune di Pistoia – Legenda

## 1.4.2 Identificazione dei fattori di impatto

Come specificato in premessa, non si prevede alcun impatto, in fase d'esercizio, dovuto alla realizzazione del progetto, pertanto di seguito si procede all'individuazione dei fattori di impatto connessi alla fase di realizzazione dello stesso.

I potenziali impatti durante la fase di costruzione sono analizzati considerando le emissioni generate:

- dalle attività costruttive sui fronti di avanzamento lavori, per quanto riguarda la costruzione delle due strade;
- dalle attività condotte presso i cantieri, in diga, ai laghi Primavera e al ponte stradale;
- dai flussi di mezzi pesanti indotti dalla fase di costruzione.

### 1.4.2.1 CANTIERI MOBILI PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRADE (CS)

I ricettori presenti lungo il tracciato sono interessati dalle emissioni acustiche di queste attività solamente per un periodo di tempo limitato, la cui entità è funzione della tipologia costruttiva prospiciente il ricettore. Questa caratteristica determina una situazione di temporaneità degli impatti acustici ad esse ascrivibili.

### 1.4.2.2 CANTIERI FISSI (CG, CL E CP)

I ricettori presenti all'intorno dei tre cantieri sono interessati dalle emissioni acustiche di queste attività per tutto il tempo di esecuzione dei lavori (previsto in 26 mesi, di cui 3 di cantierizzazione). L'entità delle emissioni acustiche è funzione della tipologia costruttiva prospiciente il ricettore.

Al fine di analizzare l'impatto indotto dai cantieri descritti precedentemente, è necessario preventivamente individuare le attività e i cicli di lavorazione svolti in ciascuna tipologia di cantiere, secondo lo schema seguente.

#### 1.4.2.2.1 Identificazione attività di cantiere

L'identificazione delle principali attività viene effettuata prendendo in considerazione il complesso delle attività legate alla tipologia di cantiere. Sono analizzate solamente quelle attività che si svolgono essenzialmente all'interno del confine dei cantieri e che comportano impatti acustici significativi.

#### 1.4.2.2.2 Identificazione delle azioni progettuali

In generale, per azione progettuale si intende una qualsiasi attività che costituisce una sorgente di interferenza sull'ambiente circostante e che ne è quindi causa di perturbazione. Le attività di cantiere individuate nel paragrafo precedente sono generalmente svolte per mezzo di una serie di lavorazioni, ciascuna delle quali è in grado di produrre una serie di effetti sull'ambiente circostante in modo più o meno rilevante. Effettuando un'analisi delle attività di cantiere, delle relative lavorazioni e della struttura dello stesso, è possibile determinare le azioni progettuali che possono comportare un impatto acustico significativo, trascurando le azioni i cui effetti possono essere considerati irrilevanti.

#### 1.4.2.2.3 Caratterizzazione delle emissioni acustiche

Ciascuna delle azioni progettuali individuate determina la produzione di impatti acustici su eventuali ricettori esterni all'area di cantiere, la cui entità è funzione in generale dei seguenti elementi:

- livello di potenza sonora;
- ciclo di lavorazione / durata di emissione;
- posizione all'interno del cantiere.

Di seguito sono elencate le attività lavorative individuate ed il relativo livello di potenza acustica:

- Betonaggio - L'azione progettuale betonaggio rappresenta essenzialmente l'insieme delle operazioni legate alla miscelazione degli inerti ed al confezionamento del calcestruzzo. Queste operazioni sono da considerarsi localizzate in corrispondenza dell'impianto di betonaggio ed il relativo ciclo di lavorazione è considerato continuo per un periodo pari all'intera giornata lavorativa (8 ore). Il livello di potenza sonora previsto per questa azione progettuale è di 103 dB(A)
- Movimentazione, scarico e stoccaggio inerti e materiali vari – L'azione progettuale di movimentazione e scarico inerti si riferisce sia allo scarico degli inerti per il betonaggio in corrispondenza del sito predisposto a deposito inerti, sia allo stoccaggio provvisorio del materiale scavato. Sono inoltre considerate le attività di movimentazione delle diverse tipologie di materiali da costruzione o di consumo. Il livello di potenza sonora previsto è stato assunto pari a 103 dB(A). La durata media giornaliera delle sorgenti in azione è stata stimata fra 1.5 e 2 ore.
- Manovra e operatività – Officina, manutenzione e lavaggio mezzi di cantiere - È stata assunta una potenza acustica pari a 109 dB(A), con durata rispettivamente pari a 8 e 4 ore per le attività di manovra/operatività e per le attività di officina.
- Installazioni di servizio ai lavori: quadro elettrico, gruppo di ventilazione, centrale di produzione aria compressa, gruppo di pompaggio acqua - È stata assunta una potenza acustica pari a 105 dB(A), con durata media di 8 ore nella giornata.

Si evidenzia peraltro che non sono previste attività lavorative nel periodo notturno.

### **1.4.2.3 IMPATTO ACUSTICO GENERATO DALLA VIABILITÀ DI CANTIERE**

I ricettori, presenti lungo il tracciato dei trasporti, sono interessati dalle emissioni acustiche di queste attività in maniera discontinua, la cui entità è funzione della frequenza dei passaggi. Questa caratteristica determina una situazione di non continuità degli impatti acustici ad esse ascrivibili e quindi più tollerabili.

Anche in questo caso non sono previste attività lavorative nel periodo notturno.

### **1.4.3 Definizione degli ambiti di sensibilità**

Nella definizione degli ambiti di sensibilità, si devono individuare i cosiddetti ricettori sensibili che possano essere sensibili ai diversi fattori d'impatto.

#### **1.4.3.1 CANTIERI MOBILI PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRADE (CS)**

L'ambito territoriale di indagine è costituito da una fascia di 500 metri per lato dal ciglio delle strade in progetto. Nella fascia di 250 m per lato è stata individuata la totalità dei ricettori.

Nella fascia estesa fino a 500 m sono stati rilevati ricettori di maggiore sensibilità. Tale estensione delle suddette fasce di indagine è stata definita in accordo al quadro normativo ed alle assunzioni adottate, così come descritte al punto 1.4.1.1.

Per la definizione della sensibilità dei ricettori si è anche fatto riferimento alle zonizzazioni acustiche predisposte dal comune.

#### **1.4.3.2 CANTIERI FISSI (CG, CL E CP)**

L'ambito territoriale di indagine è costituito da una fascia di 1.000 metri di raggio dal centro geografico del cantiere, in accordo al quadro normativo ed alle assunzioni adottate, così come descritte al punto 1.4.1.1.

Per la definizione della sensibilità dei ricettori si è anche fatto riferimento alle zonizzazioni acustiche predisposte dal comune.

#### **1.4.3.3 DEFINIZIONE DEGLI AMBITI CRITICI**

Come rilevabile dalla cartografia di progetto, il territorio sul quale si sviluppa il progetto è caratterizzato da una certa presenza di ricettori all'interno della fascia di pertinenza acustica. Si tratta prevalentemente di insediamenti sparsi a carattere residenziale e residenziale – rurale.

a) Cantiere CG

Grazie alla sua posizione isolata e incassata, non si rilevano ricettori sensibili.

b) Cantiere CL

Il cantiere CL ha una superficie assai importante, in quanto si deve considerare come delimitazione della sua area il perimetro individuato dagli argini più esterni. Gli ambiti critici sono individuati in:

- Nucleo abitativo posto a nord del cantiere;
- Nucleo abitativo in località San Biagio in Cascheri, che comunque appare protetto dagli argini in muratura dell'Ombrone;

- Podere all'Ombrone, che a causa della vicinanza ai futuri argini, appare come il ricettore più esposto;
  - Serie di poderi isolati come Villa Farnia, Colombaia, Edilizia, Ombrone.
- c) Cantiere CP  
In considerazione del basso valore delle emissioni di questo cantiere, l'unico ricettore sensibile è il Podere Edilizia, già indicato per il CL.
- d) Cantiere CS nord  
Per questo cantiere è stata rilevata la presenza di 2 ricettori sensibili, posti, entrambi, ai margini della strada da ampliare ed uno anche ad una distanza di circa 100 m del tratto da realizzare. Si tratta di 2 abitazioni site al civico 11 di via di Gello e al civico 30 di via di San Giorgio.
- e) Cantiere CS sud  
Per questo cantiere è stata rilevata la presenza di un solo ricettore sensibile, posto nei pressi dell'intersezione fra la parte di via S. Pietro in Vincio da adeguare e via di Femmina morta.

#### **1.4.4 Misure di prevenzione e mitigazione degli impatti in fase di cantiere**

Qualora i livelli indotti presso i ricettori, quando le attività costruttive sono poste a distanza ridotta, siano superiori ai limiti relativi alle classi della zonizzazione acustica, si dovrà richiedere, al Comune di Pistoia, l'autorizzazione temporanea in deroga per attività di cantiere prevista dalla legge 447/1995. In tale sede si identificherà la possibilità di localizzare eventuali interventi di mitigazione, consistenti, ad esempio, in barriere acustiche mobili, del tipo dei pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti montati su new jersey

##### **1.4.4.1 CANTIERI MOBILI PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRADE (CS)**

Le attività relative al fronte avanzamento lavori sono caratterizzate da un continuo spostamento lungo il tratto di intervento. Questa caratteristica determina una situazione di temporaneità degli impatti acustici ad esse ascrivibili.

Tenendo conto della velocità di spostamento del cantiere, il tempo di esposizione risulta essere molto limitato per i ricettori potenzialmente soggetti al rumore proveniente dalle attività di costruzione.

In merito occorre osservare che una ridotta durata delle emissioni acustiche si associa in genere ad un aumento della soglia di accettabilità da parte della popolazione esposta.

##### **1.4.4.2 CANTIERI FISSI (CG, CL E CP)**

Gli interventi per la mitigazione del rumore prodotto durante la fase di costruzione sono rappresentati da:

- misure di mitigazione attiva,
- misure di mitigazione passive.

Le misure di mitigazione attive, ossia gli interventi eseguiti direttamente sulle sorgenti, possono essere ricondotte, nelle eventuali situazioni di impatto elevato, ai seguenti interventi:

- ridistribuzione planimetrica delle attività di cantiere;
- rideterminazione dei cicli di lavorazione;
- definizione di percorsi di lavoro alternativi delle diverse macchine operatrici presenti in cantiere;
- manutenzione più accurata e programmata nel tempo delle macchine operatrici.

Tra le misure di mitigazione passive troviamo invece, il posizionamento di schermi acustici tra le attività di cantiere più impattanti ed il ricettore da salvaguardare.

Gli schermi acustici possono essere di vario tipo, ma sovente si è confrontati al difficile problema di posizionare schermi acustici in vicinanza delle sorgenti di rumore, senza ostacolare il movimento delle macchine operatrici.

Tra questo tipo di misure, in via preliminare particolare attenzione viene prestata all'utilizzo del materiale di scotico dell'area di cantiere per la formazione di dune perimetrali, con funzione di contenimento del rumore, di abbattimento delle polveri e, soprattutto nel caso di presenza di copertura vegetale, di schermo visivo.

#### **1.4.5 Monitoraggio Ambientale**

Come accennato nei paragrafi precedenti, si dovrà mettere in atto un piano di monitoraggio della componente rumore che, rilevati i parametri caratteristici ante operam, nel corso dei lavori esegua dei rilievi soprattutto in corrispondenza dei ricettori sensibili indicati al punto 1.4.3.3.

## 1.5 RIFERIMENTI RELATIVI AL POTENZIALE IMPATTO DA VIBRAZIONI

In assenza di specifici riferimenti legislativi concernenti l'impatto vibrazionale, la normativa di riferimento riguarda esclusivamente norme tecniche, che nel caso specifico sono costituite da:

- norma ISO2631/ DAD1;
- norma UNI 9614;
- norma UNI 9916.

In linea generale si può assumere come limite di riferimento per la valutazione del disturbo dovuto a vibrazioni con carattere di costanza della sorgente, il livello di 74 Db corrispondente alle abitazioni in periodo notturno. Tale livello corrisponde ad un'accelerazione complessiva ponderata in frequenza pari a  $5 \text{ mm/s}^2$ .

Per vibrazione indotta da traffico stradale e/o da attività di cantiere si intende il fenomeno fisico che un individuo (ricettore), che si trova all'interno di un edificio, avverte in concomitanza con l'esecuzione delle opere o con il transito di mezzi, per effetto della propagazione della sollecitazione meccanica attraverso il terreno e le strutture.

Per valutare puntualmente l'entità della vibrazione devono quindi essere prese in considerazione:

- le sorgenti che generano la vibrazione (macchine di cantiere e traffico per la fase di costruzione);
- il mezzo in cui la vibrazione si propaga (terreno) e le sue caratteristiche (rigidezza e smorzamento);
- i ricettori (in termini di ubicazione, caratteristiche dell'edificio e dell'attività ospitata).

Nel caso specifico, sulla base del censimento dei ricettori effettuato, si evidenzia che le attività di riferimento sono costituite da residenze.

Le emissioni di vibrazioni da parte del traffico stradale dipendono da numerosi fattori. In generale il livello di vibrazioni emesso da mezzi pesanti è sensibilmente maggiore di quello dei veicoli leggeri. Inoltre il fattore determinante è lo stato della pavimentazione stradale: emissioni sensibili si hanno essenzialmente in corrispondenza di irregolarità della superficie. La velocità di transito influenzano il livello di emissione e parzialmente anche il contenuto in frequenza. Quest'ultimo è in genere dominante nella banda tra 8 e 20 Hz.

Dati disponibili in letteratura confermano che le vibrazioni indotte da traffico leggero sono al di sotto della soglia di percezione ad una decina di metri di distanza. Secondo alcuni autori un automezzo pesante produce velocità particellari inferiori a  $0,1 \text{ mm/s}$  a 15m.

Dati sperimentali dei livelli di vibrazioni lungo autostrade, rilevati con misura puntuale mediante vibrometro calibrato posizionato in piazzola di sosta a circa 4 metri dal bordo esterno della prima corsia, in momenti di traffico elevato e scorrevole (misura ripetuta nei due sensi di marcia), evidenziano che le velocità di vibrazione misurate (in registrazioni da circa 30 secondi ciascuna) sono decisamente sotto i livelli previsti dalla normativa, con valori oscillanti e su massimi di  $0,04 \text{ mm/s}$ , picchi dell'ordine di  $0,1 \text{ mm/s}$  (rilievo effettuato nel marzo 2004 lungo la tangenziale di Torino, con livelli di traffico superiori a 50.000 veicoli/giorno, percentuale di traffico pesante 22% circa). In base allo spettro in frequenza dell'accelerazione misurata, i massimi livelli di accelerazione complessiva ponderati sono risultati essere pari a 50 dB, valore ampiamente inferiore al limite normativo citato.



Relativamente alla fase di costruzione il livello di soglia di riferimento è teoricamente raggiungibile fino a circa 70 metri per lavorazioni riguardanti la realizzazione la trivellazione per fondazioni pile di ponti o viadotti. In questo caso occorre tuttavia considerare la natura intermittente della vibrazione, che assume le intensità descritte solo in caso di simultanea azione delle macchine, e provvedere ad una conseguente attenuazione dei valori. Ipotizzando 6 ore al giorno di azione simultanea dei mezzi, secondo la norma UNI 9614, Appendice A. 2, tale riduzione è pari a 6dB. Sotto queste ipotesi, la distanza a cui si raggiunge la soglia risulta inferiore a 50 m nelle ipotesi peggiori. Tenendo conto che la soglia di riferimento si riferisce al periodo notturno, eventuali situazioni puntuali di questa natura potrebbero essere affrontate evitando lavorazioni in tale fascia oraria.

Con riferimento al rischio di danneggiamento strutturale, si osserva che le soglie di danneggiamento non prendono in considerazione il livello di accelerazione ponderata bensì il valore di velocità di vibrazione (trasformabile in accelerazione) in funzione della frequenza. Il confronto tra gli spettri di accelerazione caratteristici delle sorgenti costituite dai macchinari impiegati in fase di costruzione e la soglia di danneggiamento fornita dalla normativa tecnica mostrano come già in corrispondenza della sorgente stessa si sia sempre al di sotto di tale soglia. Verifiche sull'attenuazione delle singole componenti in frequenza, effettuate a favore di sicurezza con riferimento a situazioni che producono un livello di attenuazione minore, mostrano come in pochi metri anche le componenti che in corrispondenza della sorgente sono superiori al livello di danneggiamento, si portino al di sotto di tale livello.

## 2.1.1 Introduzione

### 2.1.1.1 DESCRIZIONE DELLA CASSA DI ESPANSIONE 'LAGHI PRIMAVERA'

La cassa di espansione denominata 'Laghi Primavera' (si veda lo schema in Figura 2.1) è ubicata nel territorio comunale di Pistoia, in destra idraulica del T. Ombrone e in sinistra idraulica del T. Torbecchia, a Sud della strada del "Ponte alle Tavole". Il territorio interessato è tipico della piana del fondo valle del T. Ombrone ed ha un andamento degradante da Nord a Sud con pendenza dello 0,8% circa. L'area, nel passato, è stata in parte oggetto di attività estrattiva per materiali inerti da costruzione. Le tre depressioni esistenti, generate dall'attività di cava, sono state riqualificate, nel recente passato, mediante riconversione a laghetti adibiti ad attività ricreativa e sportiva (pesca). Le altre porzioni dell'area, attualmente, hanno una utilizzazione agricola e in parte vivaistica.

La superficie totale della cassa di espansione, comprensiva delle arginature perimetrali, è pari a circa 22 ha; il volume di invaso statico è pari a circa 630'000 m<sup>3</sup>. Per ricavare tale volume il progetto in esame prevede la creazione di un invaso al di sopra del piano campagna (senza escavazione), ad eccezione della porzione più a Nord, dove è previsto di deprimere il piano campagna fino a quota 81 m.s.m., con conseguente escavazione di circa 150.000 m<sup>3</sup> di terreno. La lunghezza totale delle arginature previste è pari a 2.35 Km e la quota sommitale a 84 m.s.m.

Circa 400 metri a valle del "ponte alle Tavole", in fregio alla sponda destra del T. Ombrone, è stato previsto un manufatto di derivazione a soglia fissa (quota 82 m.s.m., larghezza 50 m) che, durante le piene del torrente, consentirà di derivare parte delle portate defluenti nella cassa di espansione.

Per regolarizzare e rendere efficiente la derivazione, immediatamente a valle del manufatto di derivazione, è stata prevista un'opera trasversale costituita da una briglia (quota della gàveta 82 m.s.m., larghezza 50 m) in cui è presente una fessura centrale larga 6 m e di altezza pari alla briglia.

Immediatamente a valle della briglia è stato previsto uno sfioratore di sicurezza (quota 83 m.s.m., larghezza 50 m), necessario per evitare che nella cassa si generino livelli liquidi di invaso indesiderati; lo sfioratore di sicurezza infatti restituisce le acque di troppo pieno nell'alveo del T. Ombrone, a valle della briglia.

Complessivamente il tratto in esame del T. Ombrone interessato dal progetto della cassa di espansione risulta delimitato a monte da Ponte Calcaiola e a valle dal Ponte dell'Autostrada A11 per una lunghezza complessiva di circa 7.5 km.

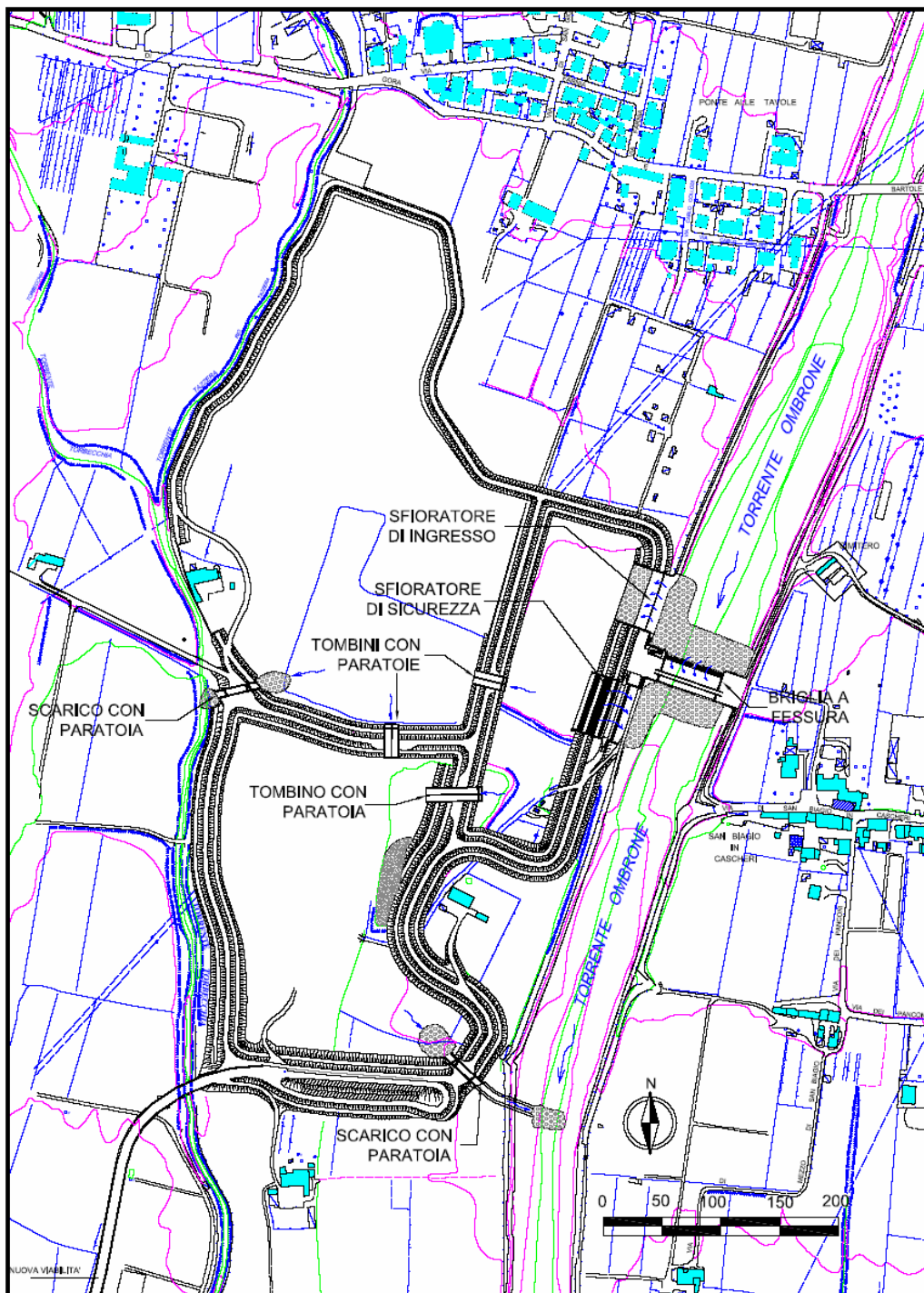


Figura 2.1 - Planimetria della cassa di espansione 'Laghi Primavera'.

### 2.1.1.2 QUADRO CONOSCITIVO DI BASE

Vengono qui sinteticamente descritti i dati utilizzati nel presente studio funzionali all'analisi degli impatti sulla dinamica fluviale nel tratto del T. Ombrone in esame. I dati sono costituiti dalle sezioni del corso d'acqua, dagli idrogrammi delle portate per vari tempi di ritorno e dalla sedimentologia del materiale costituente l'alveo.

#### 2.1.1.2.1 Le sezioni fluviali

Le sezioni fluviali adottate sono quelle già utilizzate nello studio eseguito da Pagliara (2005) e fanno riferimento a due diverse campagne di rilevazioni topografiche: la prima con restituzione in scala 1:2'000, eseguita dall'Ufficio del Genio Civile di Pistoia negli anni '90 principalmente sull'Ombrone Pistoiese, appoggiandosi alla rete di capisaldi posta in opera all'inizio degli anni '80 per conto dell'Amministrazione Provinciale; la seconda campagna, consistente in un minor numero di sezioni, eseguita nel 2001 dal raggruppamento di imprese facenti capo alla ditta Hydea srl di Firenze nell'ambito dello studio "Progettazione preliminare degli interventi previsti nei Bacini Idrografici dei torrenti Ombrone Pistoiese e Bisenzio". Complessivamente il tratto in esame risulta rappresentato tramite 71 sezioni comprese tra la "Sezione 900-Rilievo Hydea (900-915)" e la "Sezione GC16-Rilievo Hydea (1-95)". Nel tratto in esame sono presenti 10 ponti; ai fini dello studio idraulico ogni ponte è caratterizzato da due sezioni (filo-monte e filo-valle); così facendo il numero complessivo delle sezioni che descrivono la geometria del tratto in esame risulta pari a 91. Le condizioni al contorno utilizzate nelle simulazioni idrauliche sono state poste sufficientemente a monte e valle rispetto al tratto in esame in modo da ottenere dei risultati praticamente indipendenti dalle condizioni imposte; in particolare la sezione di chiusura di valle è stata posta ad una distanza pari a 887.4 m a valle rispetto al Ponte dell'Autostrada A11 ed in corrispondenza di un salto di fondo. Il tratto del T. Ombrone oggetto delle simulazioni idrauliche presenta pertanto una lunghezza di circa 8.5 km. In tale tratto il T. Ombrone presenta una larghezza dell'alveo attivo nell'intervallo di circa 10-15m e pendenze medie del fondo comprese tra circa 0.5% e 1%.

#### 2.1.1.2.2 Gli idrogrammi di progetto

Per quanto riguarda le portate liquide, gli idrogrammi di piena adottati sono quelli elaborati nello studio Pagliara (2005) per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni (si veda la Figura 2.2 e la Figura 2.3). Nel caso del tempo di ritorno pari a 200 anni è stato scelto lo scenario denominato 'Tr200D04A100' avente una portata di picco pari  $198 \text{ m}^3/\text{s}$ , per il tempo di ritorno di 30 anni è stato considerato lo scenario 'Tr30D04A100' con una portata di picco pari  $113 \text{ m}^3/\text{s}$ . Gli scenari prescelti sono quelli più gravosi per il funzionamento idraulico del corso d'acqua sia in termini di picco della portata sia in termini di volumi d'acqua coinvolti. Ad ognuno dei 2 scenari idrologici presi in esame corrispondono 4 idrogrammi posti in 4 diverse sezioni del tratto in esame. Le sezioni dove risultano presenti gli idrogrammi sono costituite dalla sezione in ingresso al tratto in esame (corrispondente al nodo J1 secondo la denominazione adottata nello studio Pagliara del 2005) e dalle 3 confluenze con gli affluenti principali presenti in destra idrografica costituiti dal Vincio di Brandeglio, Torbecchia, Vincio di Montagnana.

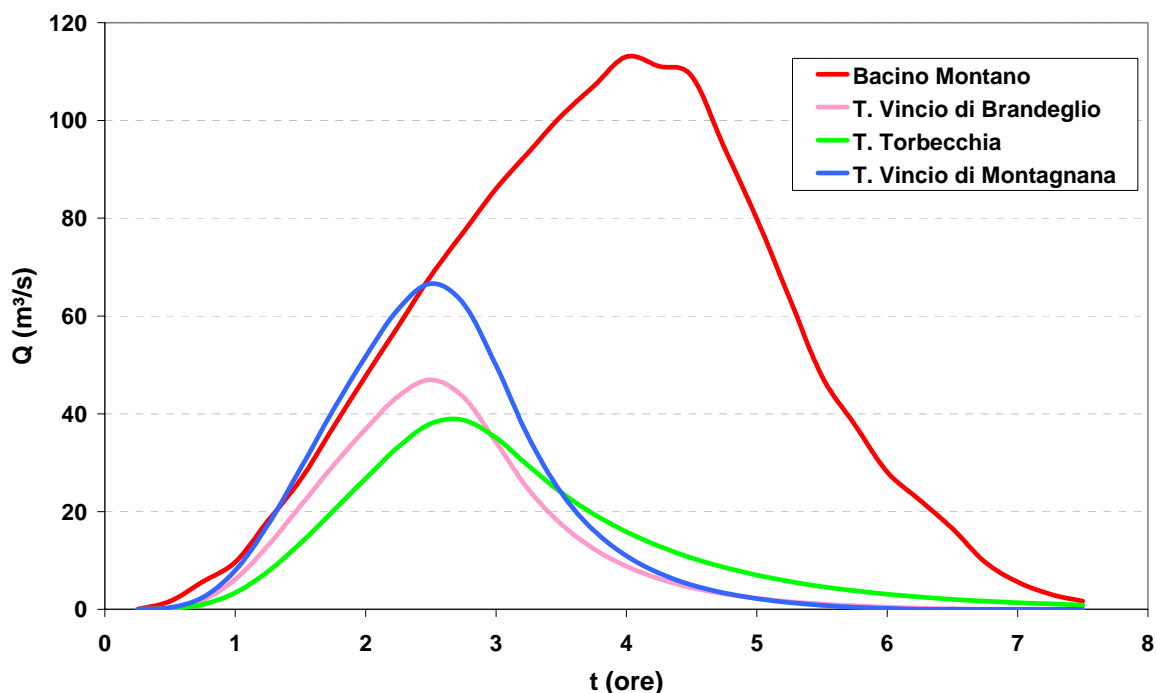


Figura 2.2 - Idrogrammi di piena in ingresso al tratto in esame per tempi di ritorno 30 anni secondo lo studio Pagliara del 2005 (la denominazione adottata per i diversi scenari idrologici è tale per cui ad es. 'Tr=30D04A100' indica l'idrogramma di piena per un tempo di ritorno pari a 30anni, per una durata di pioggia pari a 4 ore ed un coefficiente di ragguaglio dell'area pari a 100).

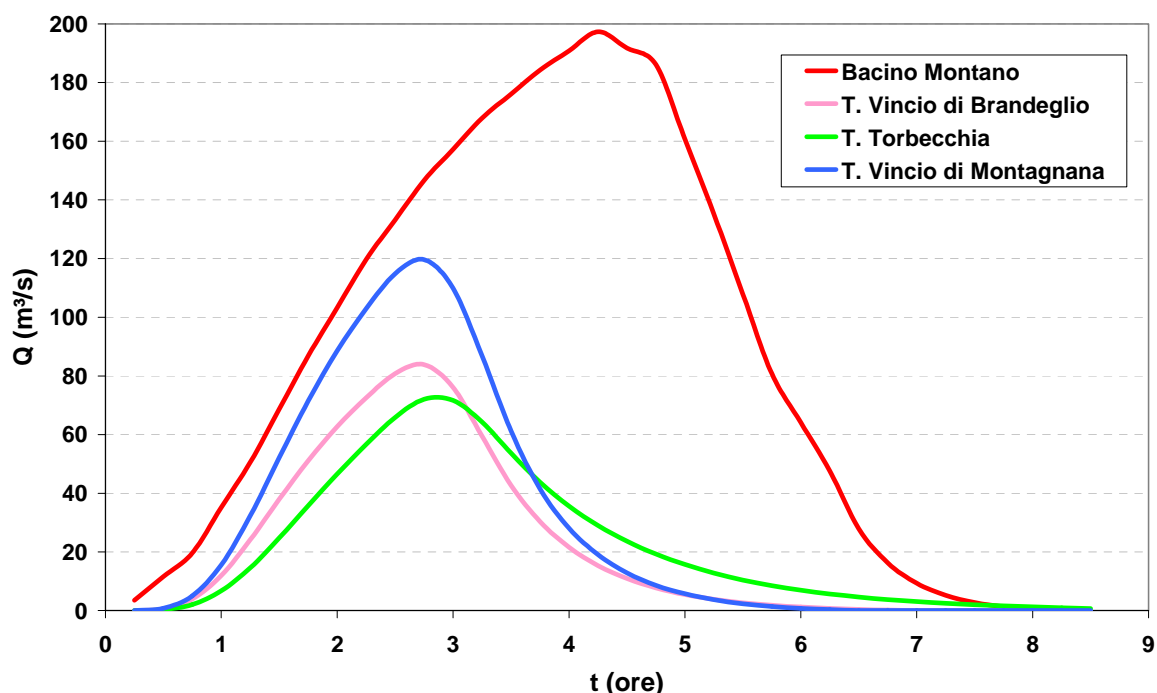


Figura 2.3 - Idrogrammi di piena in ingresso al tratto in esame per tempi di ritorno 200 anni secondo lo studio Pagliara del 2005

### 2.1.1.2.3 Rilievi sedimentologici morfologici

Per quanto riguarda gli aspetti morfologici e sedimentologici, si è fatto riferimento allo “Studio dei processi geomorfologici, del trasporto solido e degli aspetti ecologici del Torrente Ombrone nel tratto compreso tra Ponte Calcaiola e il Ponte sull'Autostrada”, redatto nell'anno 2005 a seguito di una Convenzione tra la Provincia di Pistoia e il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze coordinato dal prof. Rinaldi. Da tale studio emerge che il tratto in esame è costituito da un alveo da rettilineo a poco sinuoso, con barre alternate presenti sporadicamente e con morfologia del fondo a riffle e pool. L'alveo di piena è delimitato da mura storiche verticali che ne limitano la mobilità planimetrica all'interno di una fascia relativamente stretta. La piana inondabile è piuttosto rimaneggiata soprattutto dal punto di vista della vegetazione, a causa del frequente taglio (cadenza circa biennale) operato dal Consorzio di Bonifica.

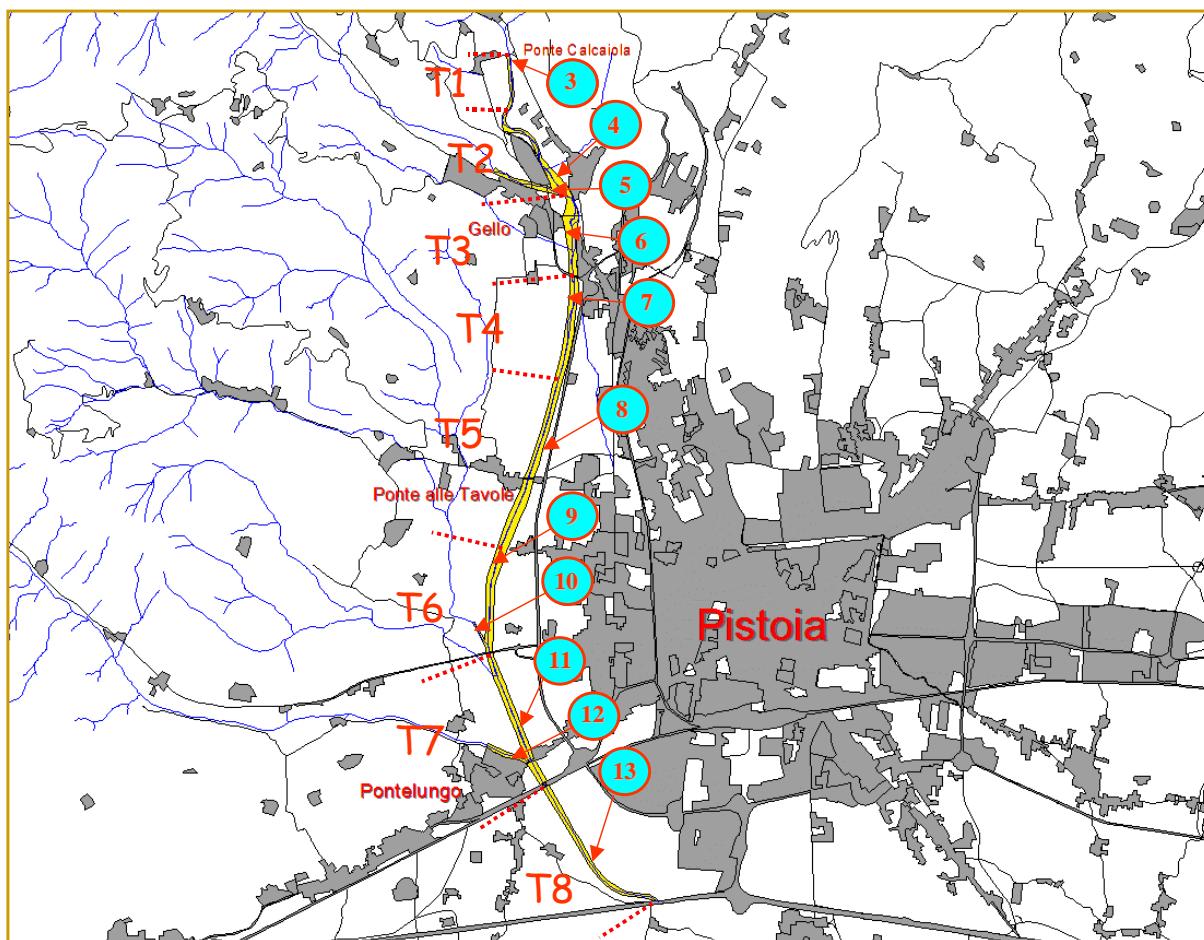


Figura 2.4 – Ubicazione delle stazioni di campionamento del materiale d'alveo (dallo studio Rinaldi, 2005).

Per quanto riguarda la dinamica evolutiva il T. Ombrone si presenta nel tratto in esame fortemente inciso a causa di una intensa attività erosiva avvenuta nella metà del secolo scorso. Tale fenomeno, sebbene sia in alcuni punti assai rilevante e quantificabile in un'erosione di circa 5m, risulta in parte attenuato poiché, negli anni recenti, il corso d'acqua ha sviluppato una propria dinamica sedimentaria caratterizzata in alcuni tratti da zone di deposito.

Il tratto del T. Ombrone in esame presenta in alcuni tratti il fenomeno del corazzamento tale per cui in una stessa sezione i sedimenti presenti nello strato superficiale risultano

mediamente più grossolani di quelli presenti nello strato al di sotto dello strato superficiale denominato sottostrato. Per poter cogliere questa differenza i campionamenti del materiale d’alveo hanno interessato sia lo strato superficiale sia il sottostrato.

Complessivamente sono stati individuate 13 stazioni di campionamento sedimentologico la cui ubicazione è illustrata in Figura 2.4.

I risultati dei campionamenti sono illustrati in Tabella 2.1, tratta dallo studio del prof. Rinaldi del 2005.

Tabella 2.1 - Parametri caratteristici delle distribuzioni granulometriche. N: numero della stazione di campionamento; A: armour (strato superficiale), S: subarmour (sottostrato); D16, ..., D90: percentili caratteristici; D<sub>medio</sub>: diametro medio;  $\sigma$ : deviazione standard; sk: skewness; ku: kurtosis (dallo studio Rinaldi del 2005).

N	Tipo	D <sub>16</sub> [mm]	D <sub>35</sub> [mm]	D <sub>40</sub> [mm]	D <sub>50</sub> [mm]	D <sub>75</sub> [mm]	D <sub>84</sub> [mm]	D <sub>90</sub> [mm]	D <sub>medio</sub> [ $\phi$ ]	$\sigma$ [mm]	sk	ku
1	A	19.6	46.7	53.3	70.9	144.2	182.2	232.9	-5.92	1.85	1.14	5.72
2	A	20.7	29.1	31.5	38.1	72.8	113.4	172.0	-5.50	1.24	0.73	3.12
3	A	13.3	25.0	28.7	38.4	111.5	167.5	218.7	-5.21	1.75	0.25	3.92
	S	0.6	6.6	12.5	23.7	61.5	80.0	97.3	-3.36	3.14	0.68	2.12
4	A	23.2	48.6	54.5	68.6	116.8	146.1	175.0	-5.63	2.15	2.44	9.71
	S	4.7	40.8	50.6	70.3	136.0	162.7	185.7	-5.10	2.84	1.45	4.25
5	A	12.8	23.3	25.3	29.8	48.2	60.0	73.6	-4.59	1.95	2.24	9.31
6	A	17.5	31.6	36.4	48.1	99.7	139.8	173.5	-5.51	1.62	1.33	7.80
7	A	16.6	30.7	36.7	54.7	127.4	172.9	215.0	-5.40	2.40	1.72	6.46
8	A	16.0	43.9	52.2	76.1	143.2	175.2	207.6	-5.86	1.72	1.11	4.86
9	A	17.5	37.0	43.5	53.7	83.3	99.0	113.4	-5.42	1.35	1.51	7.14
	S	0.6	2.8	4.9	10.4	34.8	47.8	59.7	-2.65	2.79	0.44	2.00
10	A	18.6	37.9	44.1	56.0	96.7	114.6	128.8	-5.58	1.40	1.60	9.77
11	A	21.9	38.3	43.9	53.8	81.8	96.6	114.2	-5.44	1.51	2.52	12.40
12	A	9.6	22.4	27.4	38.2	79.6	99.5	114.7	-4.83	1.98	1.25	4.30
13	A	19.7	34.1	37.8	46.3	75.3	89.5	104.4	-5.36	1.26	2.02	11.22

Dall’analisi della Tabella 2.1 emerge che il  $D_{50}$  dello strato superficiale varia in un intervallo compreso tra 38 mm e 76.1 mm. In particolare i risultati non hanno mostrato un significativo processo di raffinamento delle granulometrie verso valle (*downstream fining*), ciò è dovuto sia alla limitata estensione del tratto sia agli apporti solidi dei 3 affluenti ed infine ai

numerosi fattori antropici locali. Relativamente ai campioni volumetrici del sottostrato (si veda la Tabella 2.1), si osserva che in due casi (stazioni di campionamento 1 e 6) il sottostrato presenta dimensioni significativamente inferiori a quelle dello strato superficiale, denotando la presenza di corazzamento, mentre nel terzo caso (stazione di campionamento 2) le dimensioni sono fra loro all'incirca uguali (addirittura il sottostrato risulta più grossolano del superficiale), indicando invece assenza di corazzamento. Questo ultimo risultato è spiegabile con il fatto che in questo tratto il T. Ombrone è stato recentemente risistemato, determinando un rimaneggiamento dello strato superficiale.

Per quanto riguarda gli affluenti, i risultati dell'analisi sedimentologica contenuti nel citato studio (Rinaldi 2005) sono illustrati in Tabella 2.2 dove sono riportati il diametro mediano della distribuzione granulometrica dello strato superficiale insieme con la larghezza (B) e la pendenza media (S) in tratti situati in prossimità della confluenza con il T. Ombrone.

Tabella 2.2 - Larghezza caratteristica (B), pendenza media (S) e diametro mediano dello strato superficiale degli affluenti del T. Ombrone nel tratto in esame in prossimità della confluenza.

AFFLUENTE	Sezione	Progressiva (m)	B (m)	S	D <sub>50</sub> (m)
Vincio Brandeglio	OMBR030	1670.38	11	0.0124	0.0298
Fosso Torbecchia	OMBR055	5201.15	8	0.006	0.0560
Vincio Montagnana	OMBR061	6097.62	13	0.01	0.0382

## 2.1.2 Gli scenari analizzati

### 2.1.2.1 PREMESSA

Lo studio della dinamica d'alveo per tutti gli scenari analizzati è stato effettuato attraverso simulazioni di moto vario utilizzando un modello numerico unidimensionale sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Firenze (Catella et al., 2005; Catella & Bechi, 2006; Catella et al., 2006). Lo schema numerico integra le equazioni di de Saint Venant – Exner per mezzo di una procedura disaccoppiata, ed è in grado di riprodurre il comportamento della corrente liquida e le variazioni morfodinamiche dell'alveo del corso d'acqua in presenza di opere trasversali (ponti, traverse, briglie, etc.), e di opere longitudinali (sfioratori laterali, etc.). Maggiori dettagli riguardo al modello numerico sono riportati in Allegato 2A.

### 2.1.2.2 SIMULAZIONI STATO ATTUALE

Lo studio della dinamica d'alveo allo stato attuale è stato effettuato attraverso simulazioni di moto vario utilizzando gli idrogrammi di piena relativi ad eventi con tempi di ritorno di 30 e 200 anni, valutando le variazioni morfodinamiche che si verificano durante il passaggio dell'onda di piena.

Il corso d'acqua è stato schematizzato mediante un maggiore numero di sezioni, ottenute per interpolazione, pari a 160 sezioni ( $\Delta x_{max} = 177.8$  m,  $\Delta x_{min} = 1.0$  m). Il diametro mediano,  $D_{50}$ , del materiale costituente l'alveo è stato assunto pari a 0.05 m, mentre la porosità dei sedimenti è stata posta pari a 0.3. Il coefficiente di Manning è stato assunto pari a  $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Nelle simulazioni condotte utilizzando il modello proposto, il valore del numero di Courant,  $N_{CFL}$ , è stato posto pari a 0.7, e, per semplicità e senza perdita di generalità, il coefficiente di contrazione in corrispondenza della sezione contratta a valle di ponti,  $c_c$ , è



stato posto pari a 1, pertanto l'area nella sezione contratta di un ponte coincide con l'area della luce del ponte stesso.

#### 2.1.2.2.1 Risultati simulazioni stato attuale per evento di piena $Tr = 30$ anni

Nelle Figura 2.5 – Figura 2.6 – Figura 2.7 – Figura 2.8 sono riportati rispettivamente i profili del thalweg iniziale, finale, e gli inviluppi dei massimi e dei minimi valori della quota del fondo, i profili longitudinali della massima quota degli argini in sponda sinistra e destra, e dell'inviluppo dei massimi livelli della superficie libera ottenuti nel corso della modellazione di moto vario.

I risultati possono essere sintetizzati nel modo seguente:

- **tratto 1:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 0 e 1200 m.*  
il pelo libero non risulta contenuto all'interno delle sommità arginali in un tratto, caratterizzato da una lunghezza di circa 100 m, compreso tra le sezioni OMBR002 ( $x = 345.4$  m) e OMBR003 ( $x = 415.6$  m), dove il battente medio dei livelli della superficie libera rispetto alle corrispondenti quote della sponda in sinistra idrografica è di circa 0.3 m;
- **tratto 2:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 1200 e 3000 m.*  
in questo tratto il pelo libero risulta ovunque contenuto all'interno delle sommità arginali;
- **tratto 3:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 3000 e 5400 m.*  
in questo tratto il pelo libero risulta ovunque contenuto all'interno delle sommità arginali;
- **tratto 4:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 5400 e 8400 m.*  
in questo tratto il pelo libero risulta ovunque contenuto all'interno delle sommità arginali;

L'analisi mostra un generale equilibrio del fondo, essendo l'entità delle variazioni riscontrate nelle simulazioni numeriche di natura fisiologica per diversi tratti nonostante gli elevati valori delle portate modellate. Ovvero le variazioni morfologiche del fondo rientrano nella normale dinamica del corso d'acqua e non sono significative di specifiche tendenze evolutive.

Le sezioni che al termine della simulazione sono caratterizzate da altezze di deposito o da profondità di scavo superiori a 0.5 m sono rispettivamente pari al 13 % e all'6 % del totale corrispondente a 160 sezioni, e nella maggior parte dei casi i valori dei massimi scavi e depositi si mantengono comunque inferiori al metro di altezza. Solamente 9 sezioni sono interessate dalla presenza di variazioni del fondo marcate e sono di seguito elencate:

- OMBR002 ( $x = 345.41$  m): altezza massimo deposito 2.07 m;
- OMBR007 ( $x = 493.24$  m): profondità massimo scavo 1.11 m;
- OMBR008 ( $x = 574.70$  m): profondità massimo scavo 2.61 m;
- OMBR009 ( $x = 579.32$  m): altezza massimo deposito 2.28 m;
- OMBR010 ( $x = 665.79$  m): altezza massimo deposito 1.37 m;
- OMBR023 ( $x = 1182.42$  m): profondità massimo scavo 2.11 m;
- OMBR035 ( $x = 1813.38$  m): altezza massimo deposito 1.29 m;
- OMBR045 ( $x = 2352.34$  m): profondità massimo scavo 1.21 m;
- OMBR073 ( $x = 6338.54$  m): profondità massimo scavo 1.73 m.

Sempre in riferimento alla Figura 2.5 – Figura 2.6 – Figura 2.7 – Figura 2.8, risultati possono essere sintetizzati nel modo seguente:

- **tratto 1:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 0 e 1200 m.*

questo tratto è caratterizzato dalla presenza delle variazioni morfologiche più intense, che si concentrano in particolare nelle seguenti porzioni di corso d'acqua.

E' possibile definire un primo tratto, compreso tra le sezioni OMBR003 e OMBR008 (estensione circa 160 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di erosione (profondità media erosione 0.40 m); un secondo tratto, compreso tra le sezioni OMBR009 e OMBR019 (estensione circa 500 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di deposito (altezza media deposito 0.90 m). Le rimanenti sezioni alternano tratti in deposito e tratti in erosione;

- **tratto 2:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 1200 e 3000 m.*

è possibile definire un tratto, compreso tra le sezioni OMBR028 e OMBR035b (estensione circa 300 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di deposito (altezza media deposito 0.70 m); Le rimanenti sezioni alternano tratti in deposito e tratti in erosione;

- **tratto 3:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 3000 e 5400 m.*

è possibile definire un tratto, compreso tra le sezioni OMBR052d e OMBR058b (estensione circa 700 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di deposito (altezza media deposito 0.20 m); Le rimanenti sezioni alternano tratti in deposito e tratti in erosione;

- **tratto 4:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 5400 e 8400 m.*

In questo tratto si osserva successioni di fenomeni erosivi e di deposito che mediamente assumono valori inferiori rispettivamente a 0.40 m e a 0.50 m;

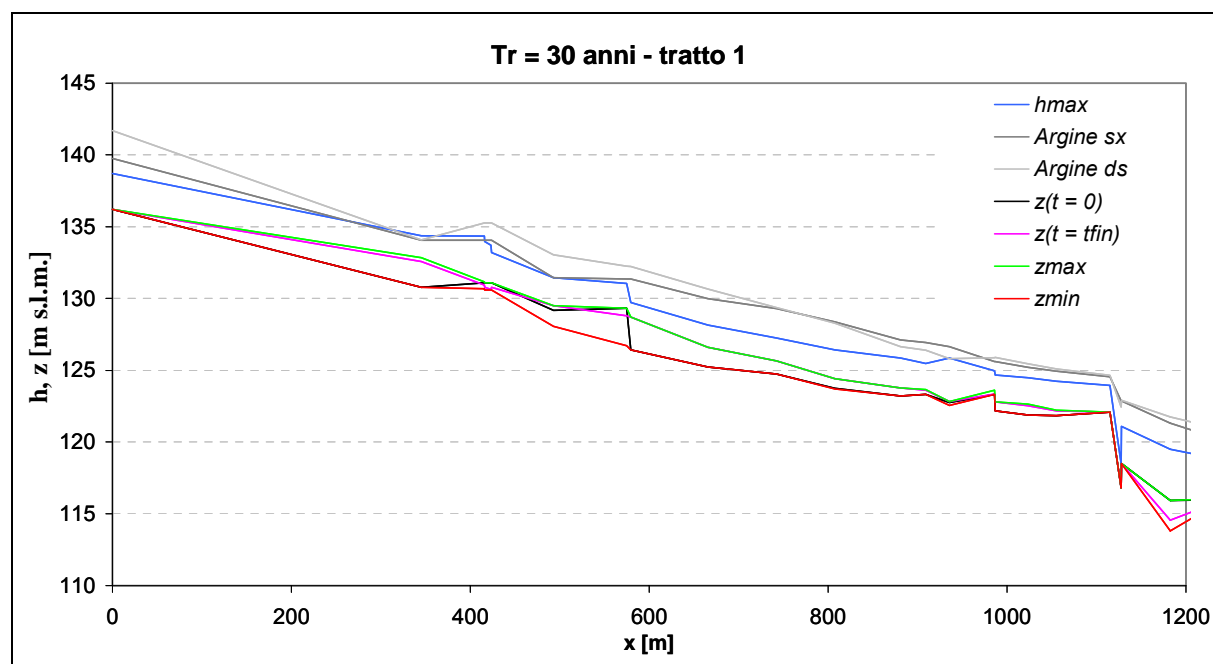


Figura 2.5 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 30$  anni per il *tratto 1*

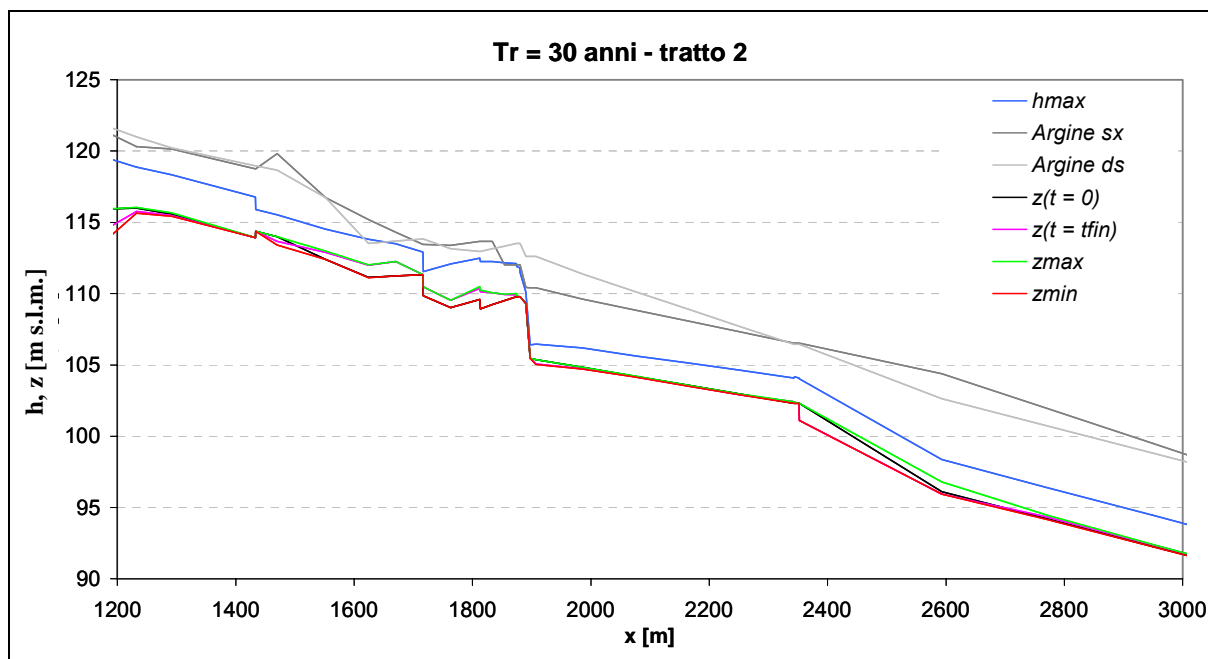


Figura 2.6 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 30$  anni per il tratto 2

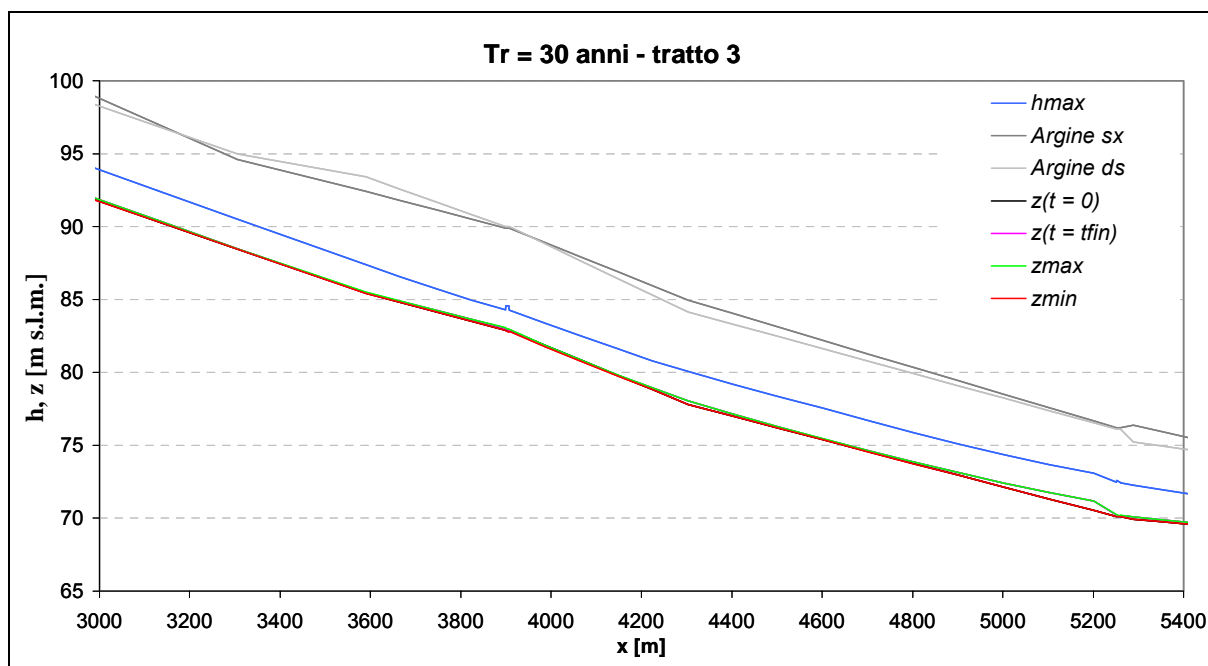


Figura 2.7 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 30$  anni per il tratto 3

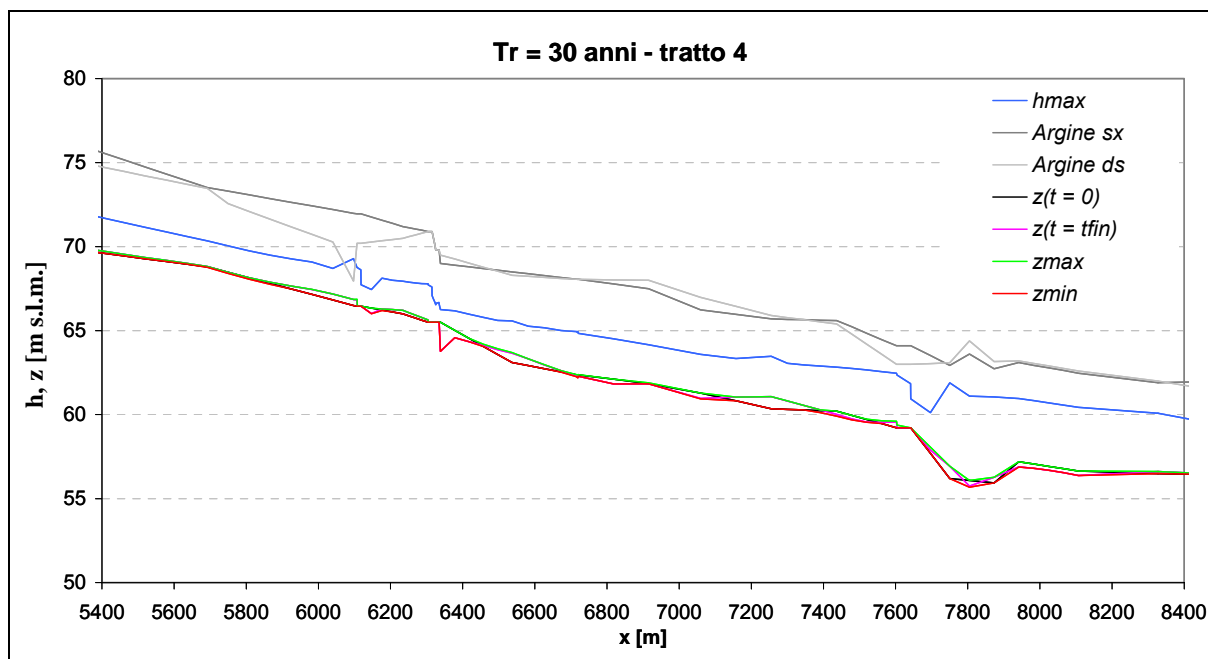


Figura 2.8 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 30$  anni per il *tratto 4*

#### 2.1.2.2.2 Risultati simulazioni stato attuale per evento di piena $Tr = 200$ anni

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni in moto vario per lo scenario corrispondente al tempo di ritorno di 200 anni.

Nella Figura 2.9 – Figura 2.10 – Figura 2.11 – Figura 2.12 sono riportati rispettivamente i profili del thalweg iniziale, finale, e gli involucri dei massimi e dei minimi valori, i profili longitudinali della massima quota degli argini in sponda sinistra e destra, e dell'involucro dei massimi livelli della superficie libera ottenuti nel corso della modellazione di moto vario.

I risultati possono essere sintetizzati nel modo seguente:

- **tratto 1:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 0 e 1200 m.*  
il pelo libero non risulta contenuto all'interno delle sommità arginali in un tratto, caratterizzato da una lunghezza di circa 150 m, compreso tra le sezioni OMBR002 ( $x = 345.4$  m) e OMBR003 ( $x = 415.6$  m), dove il battente medio dei livelli della superficie libera rispetto alle corrispondenti quote della sponda in sinistra idrografica è di circa 0.5 m;
- **tratto 2:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 1200 e 3000 m.*  
in questo tratto il pelo libero risulta ovunque contenuto all'interno delle sommità arginali;
- **tratto 3:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 3000 e 5400 m.*  
in questo tratto il pelo libero risulta ovunque contenuto all'interno delle sommità arginali;
- **tratto 4:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 5400 e 8400 m.*  
in questo tratto il pelo libero risulta ovunque contenuto all'interno delle sommità arginali;

L'analisi mostra, anche in questo caso, un generale equilibrio del fondo. Le sezioni che al termine della simulazione sono caratterizzate da altezze di deposito o da profondità di scavo superiori a 0.5 m sono rispettivamente pari al 17 % e all'8 % del totale corrispondente

a 160 sezioni, e nella maggior parte dei casi i valori dei massimi scavi e depositi si mantengono comunque inferiori al metro di altezza. Solamente 13 sezioni sono interessate dalla presenza di variazioni del fondo marcate e sono di seguito elencate:

- OMBR002 ( $x = 345.41 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 2.44 m;
- OMBR007 ( $x = 493.24 \text{ m}$ ): profondità massimo scavo 1.38 m;
- OMBR008 ( $x = 574.70 \text{ m}$ ): profondità massimo scavo 2.61 m;
- OMBR009 ( $x = 579.32 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 2.61 m;
- OMBR010 ( $x = 665.79 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 1.65 m;
- OMBR011 ( $x = 742.41 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 1.17 m;
- OMBR023 ( $x = 1182.42 \text{ m}$ ): profondità massimo scavo 2.82 m;
- OMBR029a ( $x = 1624.45 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 1.24 m;
- OMBR030 ( $x = 1670.38 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 1.28 m;
- OMBR035 ( $x = 1813.38 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 1.2 m;
- OMBR045 ( $x = 2352.34 \text{ m}$ ): profondità massimo scavo 1.78 m;
- OMBR073 ( $x = 6338.54 \text{ m}$ ): profondità massimo scavo 2.19 m.
- OMBR081 ( $x = 7255.04 \text{ m}$ ): altezza massimo deposito 1.04 m.

Sempre con riferimento alla Figura 2.9 – Figura 2.10 – Figura 2.11 – Figura 2.12, i risultati possono essere sintetizzati nel modo seguente:

- **tratto 1:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 0 e 1200 m.*

Anche in questo caso è questo il tratto caratterizzato dalla presenza delle variazioni morfologiche più intense. E' possibile definire un primo tratto, compreso tra le sezioni OMBR003 e OMBR008 (estensione circa 160 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di erosione (profondità media erosione 0.20 m); un secondo tratto, compreso tra le sezioni OMBR009 e OMBR019 (estensione circa 500 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di deposito (altezza media deposito 1.00 m). Le rimanenti sezioni alternano tratti in deposito e tratti in erosione;

- **tratto 2:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 1200 e 3000 m.*

è possibile definire un tratto, compreso tra le sezioni OMBR029 e OMBR035b (estensione circa 300 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di deposito (altezza media deposito 0.50 m); Le rimanenti sezioni alternano tratti in deposito e tratti in erosione;

- **tratto 3:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 3000 e 5400 m.*

è possibile definire un tratto, compreso tra le sezioni OMBR052d e OMBR055 (estensione circa 1000 m), che risulta caratterizzato da fenomeni omogenei di deposito (altezza media deposito 0.30 m); Le rimanenti sezioni alternano tratti in deposito e tratti in erosione;

- **tratto 4:** *T. Ombrone Pistoiese tra le progressive 5400 e 8400 m.*

in questo caso è possibile definire una successione di 3 tratti con caratteristiche omogenee:

- OMBR058a – OMBR061a (estensione circa 750 m): altezza media deposito 0.25 m;
- OMBR073 – OMBR073b (estensione circa 80 m): profondità media erosione 1.00 m;
- OMBR087 – OMBR090 (estensione circa 500 m): profondità media scavo 0.35 m;

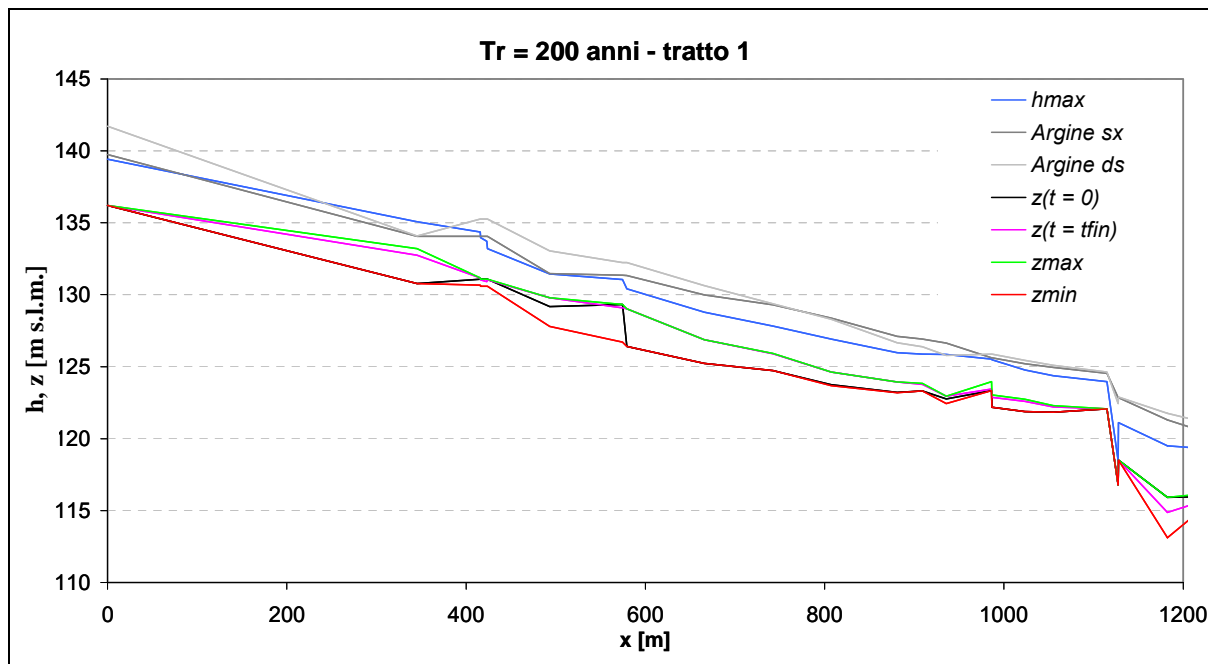


Figura 2.9 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 200$  anni per il *tratto 1*

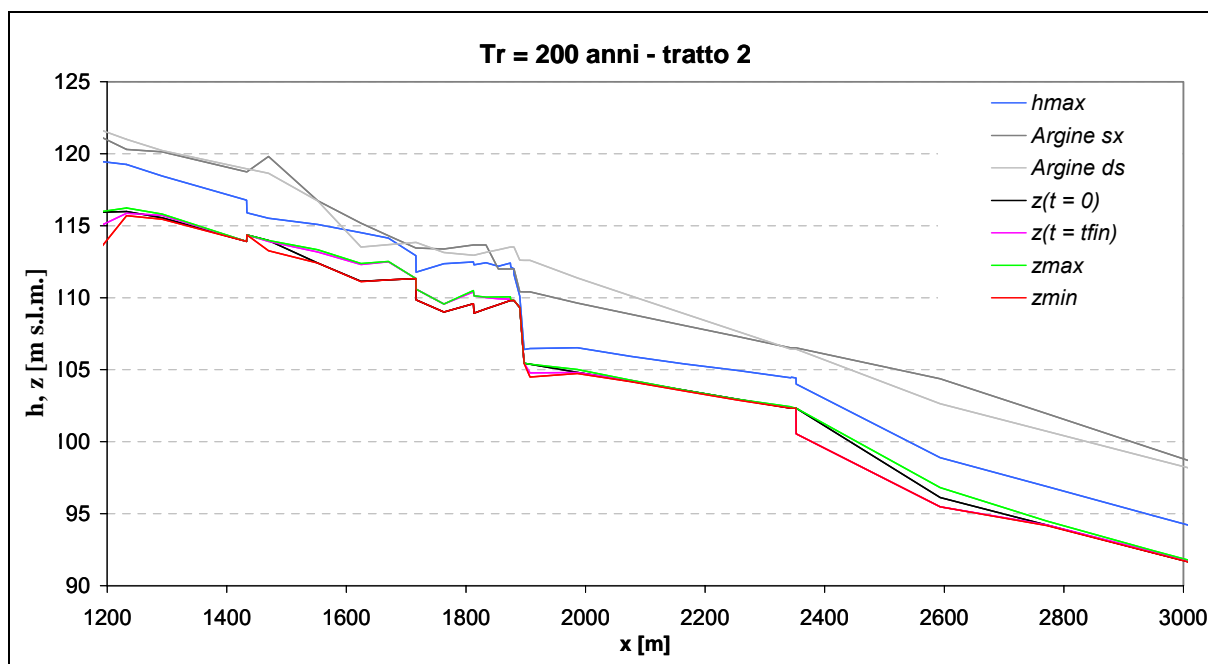


Figura 2.10 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 200$  anni per il *tratto 2*

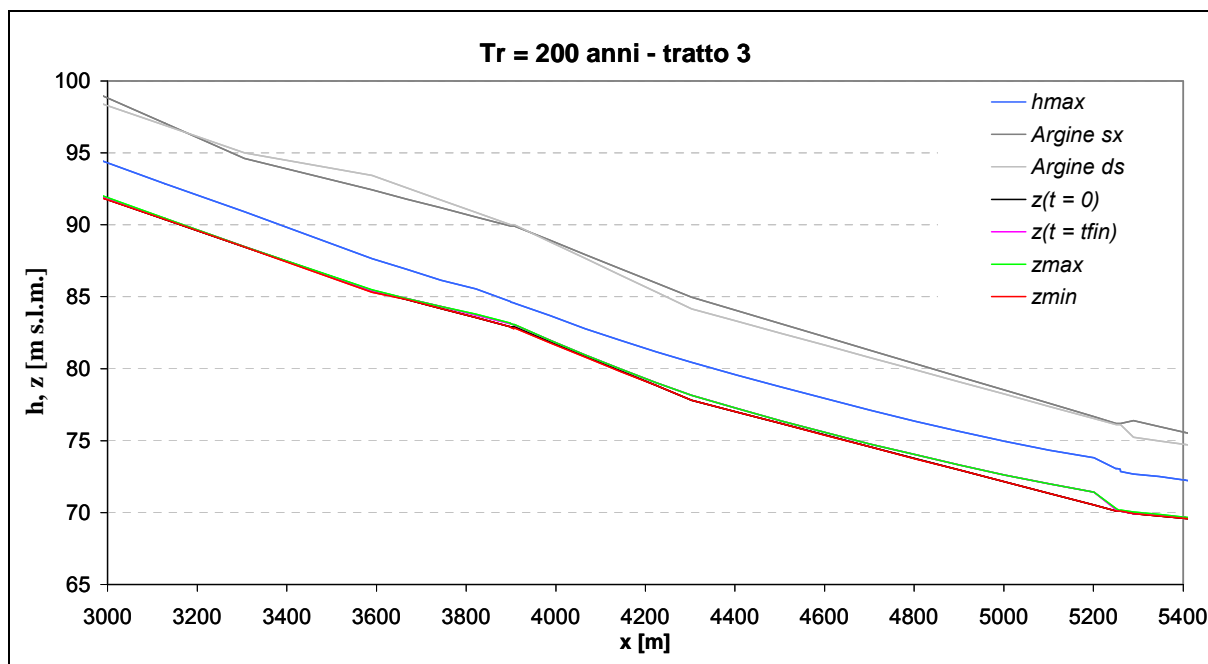


Figura 2.11 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 200$  anni per il *tratto 3*

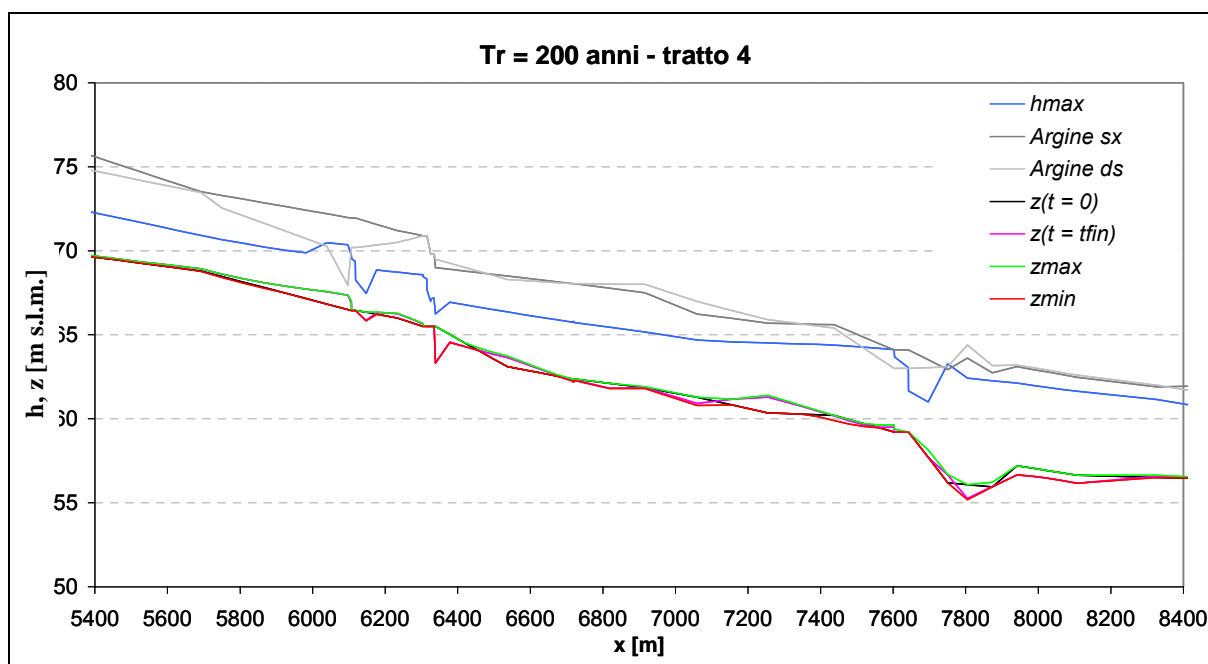


Figura 2.12 - Profili longitudinali del pelo libero, degli argini sinistro e destro, della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo per  $Tr = 200$  anni per il *tratto 4*

### 2.1.2.2.3 Confronto con l'analisi di Rinaldi (2005)

In questo paragrafo si propone un confronto indicativo tra i risultati ottenuti utilizzando il modello numerico morfodinamica 1-D e lo studio effettuato da Rinaldi (2005). Il confronto ha carattere indicativo, poiché, la presente analisi riguarda risultati di simulazioni a scala di evento, al contrario l'analisi svolta da Rinaldi conduce al bilancio sedimentologico su scala medio annua, utilizzando una divisione in tratti omogenei, sulla base di osservazioni di campo. Le conclusioni a cui giungeva erano le seguenti: il tratto a valle di Gello (tratto 4) è caratterizzato da una marcata tendenza all'erosione, fino a circa 500 m a valle del Ponte dello Svincolo della Strada Statale, da cui aveva inizio il tratto 5, tendente al deposito. Per il resto, benché le analisi attraverso le formule di trasporto solido (Meyer Peter & Müller (1948), Parker (1990), Schoklitsch) distinguessero chiaramente tratti in erosione e deposito, osservava che l'alveo poteva essere considerato sostanzialmente in equilibrio, eccezion fatta per i fenomeni localizzati. Nella Figura 2.13 vengono riportate le quote del fondo iniziale e finale, dopo il passaggio della piena duecentennale, come risultano dalla simulazione a fondo mobile effettuata. Nella stessa Figura si ricalca la suddivisione in tratti operata da Rinaldi, distinguendo in tratti in erosione (colore rosso) ed in deposito (colore verde); con gli stessi colori vengono evidenziati tutti i cambiamenti di tendenza risultanti dalla simulazione, con l'eccezione di un tratto (in giallo) considerato in equilibrio, dove non si osservano variazioni di rilievo dal fondo iniziale. I risultati appaiono sostanzialmente in accordo tra loro, specialmente se si tiene conto delle differenze di metodo e delle osservazioni conclusive di Rinaldi citate poco sopra.

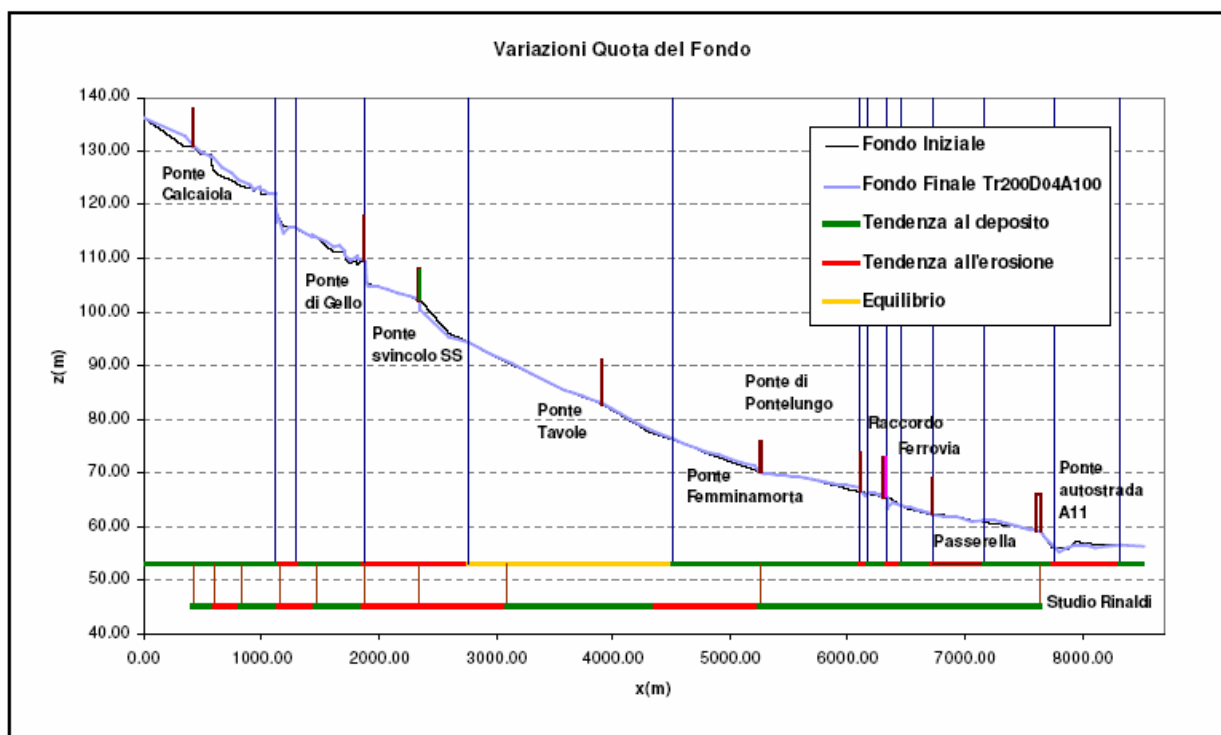


Figura 2.13 – Confronto con i risultati ottenuti da Rinaldi (2005)

### 2.1.2.3 SIMULAZIONI ALLO STATO DI PROGETTO

In questo capitolo viene affrontato lo studio del funzionamento della cassa di espansione prevista in località "Laghi Primavera" e le modifiche alla dinamica d'alveo derivanti dalla sua messa in opera.



Il tratto di studio è stato ridotto a circa 1.5 km in prossimità dell'opera di progetto, interessando le 55 sezioni che vanno dall'ascissa longitudinale 3127.57 m all'ascissa longitudinale 4616.81m. La distanza massima tra le sezioni è di 77.4 m, la minima è di 0.4 m, con una media di 27.6 m.

La geometria delle sezioni è stata opportunamente modificata in base alle tavole del Progetto Preliminare relativo ad "Opere di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in Loc. Gello e Laghi Primavera". La legge d'invaso della cassa è stata calcolata a partire dallo stesso Progetto, ipotizzando una precisa scelta gestionale.

Il diametro mediano,  $D_{50}$ , del materiale costituente l'alveo è stato assunto pari a 0.05 m, mentre la porosità dei sedimenti è stata posta pari a 0.3. Il coefficiente di Manning è stato assunto pari a  $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Il valore  $N_{CFL}$  è stato posto pari a 0.9, nelle simulazioni condotte utilizzando il modello proposto.

Gli idrogrammi di piena immessi sono stati estrapolati da quelli determinati dal prof. Pagliara (2005), nel caso di progetto P2.

#### 2.1.2.3.1 Scelta gestionale della cassa di espansione

La cassa di espansione oggetto del presente studio è articolata in tre moduli interconnessi tra loro mediante tre coppie di tombini scatolari (4m x 3m) attrezzati con paratoie piane. E' previsto che le acque derivate dal T. Ombrone Pistoiese, transitando attraverso il primo modulo, invasino successivamente il secondo e terzo modulo, defluendo attraverso i tombini di alimentazione previsti nei corpi arginali di separazione degli stessi moduli. Inoltre è previsto un manufatto di interconnessione tra secondo e terzo modulo, in modo tale da rendere più flessibile la gestione della cassa di espansione.

Per svuotare la cassa di espansione sono previsti due tombini di scarico, attrezzati con paratoia, asserviti al secondo e al terzo modulo della cassa di espansione, con recapito rispettivamente negli alvei del T. Torbecchia e del T. Ombrone Pistoiese. Lo svuotamento del primo modulo avviene soltanto attraverso i tombini di interconnessione con gli altri due moduli.

Si presentano quindi più possibilità di gestione della cassa, di cui andrà valutata l'opportunità caso per caso a seconda dei livelli in alveo e di quelli in Arno.

Nelle simulazioni allo stato di progetto è stato scelto il seguente tipo di gestione degli scarichi e dei tombini di interconnessione:

- tombini di scarico chiusi per tutta la durata dell'evento di piena;
- tombini di interconnessione aperti per tutta la durata dell'evento di piena.

La prima ipotesi è realistica e coincide con quella proposta nel Progetto Preliminare; la seconda permette di considerare invasabile il volume totale della cassa fin dall'inizio della simulazione: infatti, dai calcoli effettuati, mantenendo aperti i tombini del primo modulo della cassa, tutta la portata in ingresso nel primo modulo dallo sfioratore laterale è facilmente smaltibile, istante per istante, negli altri due moduli. Entrambe le ipotesi sottopongono la cassa ad uno scenario di verifica conservativo

#### 2.1.2.3.2 La legge di invaso della cassa di espansione

In virtù di tali ipotesi la legge di invaso della cassa è stata valutata come somma dei contributi volumetrici dei tre moduli, in contemporanea all'aumentare della portata in ingresso, e quindi delle altezze invasate.

In base alla planimetria del progetto, riportato su una carta topografica dell'area in esame in scala 1:2000, e alle altre tavole di progetto, in particolare dei rilevati arginali, attraverso il software AUTOCAD 2004, è stato calcolato il volume in cassa corrispondente ad una data altezza d'acqua, con il seguente procedimento: a partire dalla quota inferiore

rilevabile all'interno della cassa, pari a 76 s.l.m., e fino alla quota della sommità arginale, 84 s.l.m., è stata associata ad ogni variazione di quota la corrispondente area di ogni modulo interna agli argini, tenendo conto della pendenza variabile delle sponde del manufatto arginale e dei passaggi di quota del terreno, come rilevabile dai punti noti e dalle curve di livello. La quota massima del terreno è stata fissata pari a 81 s.l.m., in quanto il progetto prevede lo sbancamento delle volumetrie a quote superiori. Ogni area così ricavata è stata utilizzata come base per calcolare il volume corrispondente al prefissato intervallo di quota all'interno del singolo modulo. Associando poi ad ogni altezza d'acqua la somma sui moduli dei volumi corrispondenti, si è ottenuto la seguente legge di invaso:

$$V = 11162.33 (h_c - 76)^{2.1243}$$

### 2.1.2.3.3 Risultati simulazioni stato di progetto

Per quanto riguarda la scelta degli idrogrammi da verificare, in conseguenza della riduzione del tratto di studio, si è deciso di adottare in ingresso quelli calcolati da Pagliara nel nodo J2, posizionato alla confluenza del T. Vincio di Brandeglio con il T. Ombrone P.se, e non sono stati inseriti quelli degli altri affluenti, localizzati più a valle dell'ultima sezione di progetto. Gli idrogrammi così scelti sono stati confrontati con quelli calcolati dal modello nella simulazione dello stato attuale per la stessa sezione, ottenendo un ottimo accordo (v. paragrafo 2.1.2.2).

La simulazione è stata condotta in moto vario per tempi di ritorno  $Tr = 200$  anni e  $Tr = 30$  anni, ed idrogrammi del tipo Tr200D04A100 e Tr30D04A100.

Confrontando a fine simulazione il volume invasato dalla cassa di espansione con i volumi in ingresso a monte dello sfioratore (sezione OMBR022) ed in uscita a valle dello sfioratore di sicurezza (sezione OMBR052), si può affermare che il volume totale viene conservato nel corso della simulazione.

Si riassumono brevemente i principali risultati ottenuti nelle simulazioni dello stato di progetto:

- Per il  $Tr = 30$  anni si ha una laminazione della portata portata di picco molto accentuata.
- Per il  $Tr = 200$  anni una buona laminazione dell'onda di piena in arrivo da monte.
- Il profilo di rigonfiamento provocato dalla presenza della briglia a servizio della cassa di espansione è caratterizzato da valori molto bassi di velocità e di tensioni tangenziali al fondo, implicando un'accentuata diminuzione della capacità di trasporto della corrente, ed impedisce quindi quasi completamente il passaggio dei sedimenti, provocando una marcata erosione a valle del manufatto, particolarmente accentuata dopo l'esaurimento dell'idrogramma di piena duecentennale.
- Il deposito che si viene a formare a monte della briglia a fessura durante il passaggio dell'onda di piena è situato in corrispondenza delle sezioni dove si attesta il risalito idraulico, indotto dalla presenza della briglia stessa, e, quindi, circa 150 metri a monte rispetto a quest'ultima; di conseguenza si ha un moderato innalzamento della quota del thalweg nelle sezioni in corrispondenza dello sfioratore laterale nelle presenti simulazioni.
- E' ipotizzabile che il succedersi di periodi di morbida, con profili di rigurgito che iniziano con una transizione supercritica-subcritica a pochi metri dalla briglia a fessura, causi invece un graduale riempimento dei volumi a monte di quest'ultima, portando la quota dello sfioratore praticamente a coincidere con quella del fondo, e peggiorando il funzionamento della cassa, che si andrebbe a riempire a partire da portate molto basse.

### 2.1.2.3.4 Risultati simulazioni stato di progetto per un evento di piena $Tr = 30$ anni

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni in moto vario per lo scenario corrispondente al tempo di ritorno di 30 anni.

In Figura 2.14 sono riportati i profili della superficie libera per il tratto di corso d'acqua analizzato a diversi istanti della simulazione. Si può notare, come già precedentemente osservato, che i profili di rigurgito indotti dalla presenza della briglia a fessura si propagano verso monte per un'estensione piuttosto elevata, e la transizione tra corrente supercritica e subcritica si attesta generalmente piuttosto a monte rispetto allo sfioratore laterale di servizio alla cassa di espansione.

In Figura 2.15 sono riportati l'andamento della quota del fondo agli istanti di inizio e di fine simulazione e l'involuppo dei minimi e dei massimi valori per la quota del fondo. Si può osservare quindi un'accentuata tendenza al deposito nel tratto in cui si attesta la transizione di corrente, e cioè a monte dello sfioratore laterale, e, a causa della quasi totale intercettazione dei sedimenti da parte del manufatto, una tendenza all'erosione nel tratto a valle della briglia a fessura (Figura 2.16).

In Figura 2.17 sono mostrati gli idrogrammi delle portate liquide nelle sezioni di ingresso al tratto di corso d'acqua in esame, di monte dello sfioratore, di valle dello sfioratore, e di valle dello sfioratore di sicurezza. E' inoltre riportato l'idrogramma dei volumi di acqua in cassa. Per questo idrogramma la cassa di espansione genera un effetto di laminazione molto accentuato abbattendo il picco di portata in modo sostanziale.

In Figura 2.18 sono riportati gli idrogrammi del pelo libero nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle dello sfioratore e di valle dello sfioratore di sicurezza, e le quote della superficie libera in cassa. Si può osservare che in questo caso la quota della superficie libera in cassa non è mai tale da cimentare lo sfioratore di sicurezza.

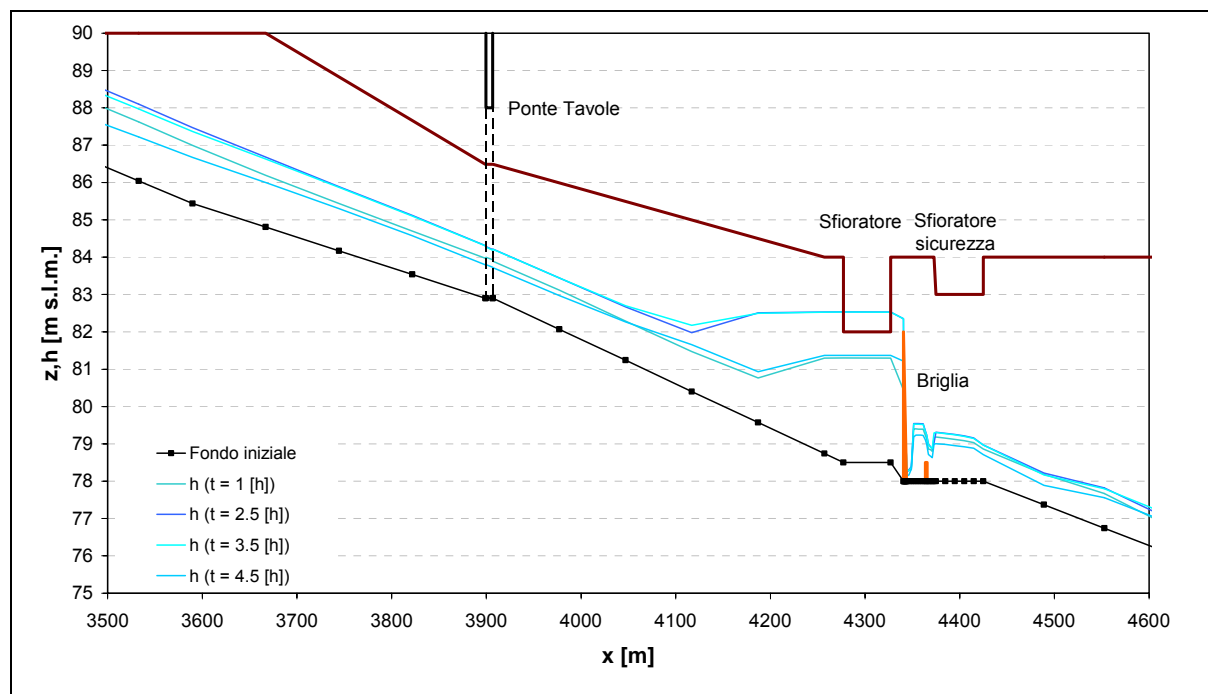


Figura 2.14 - Profili longitudinali del pelo libero valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni.

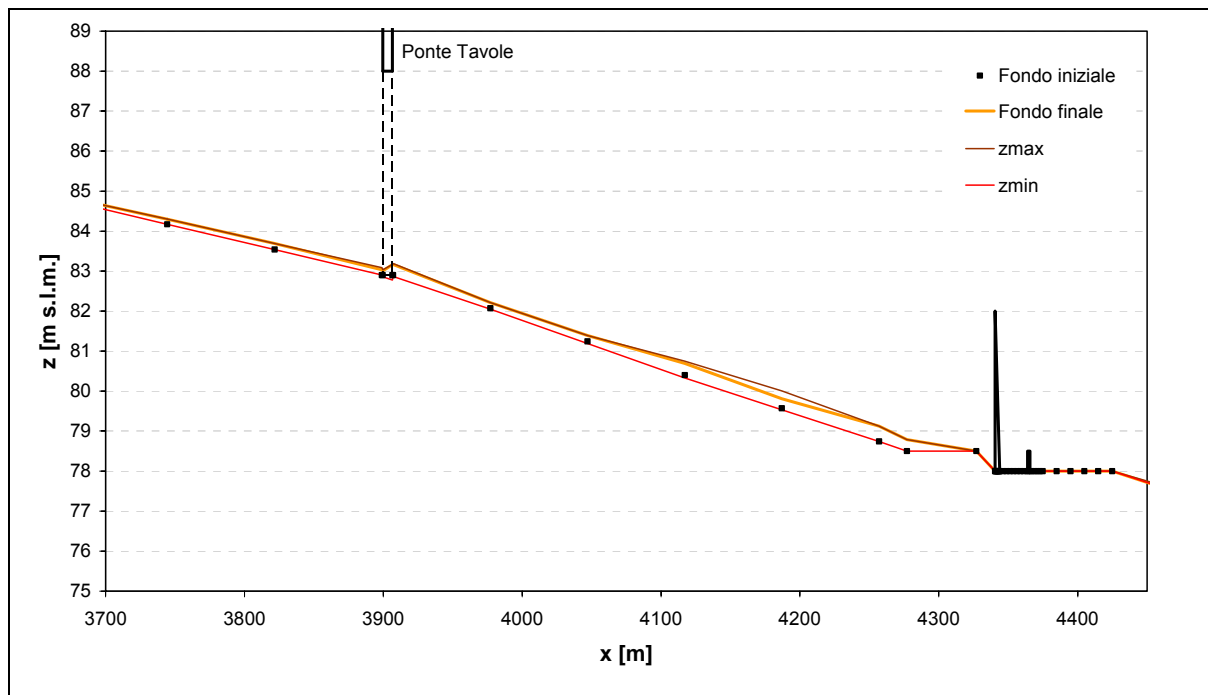


Figura 2.15 - Profili longitudinali della quota del fondo iniziale e finale, e degli involuipi della quota minima e massima del fondo valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni

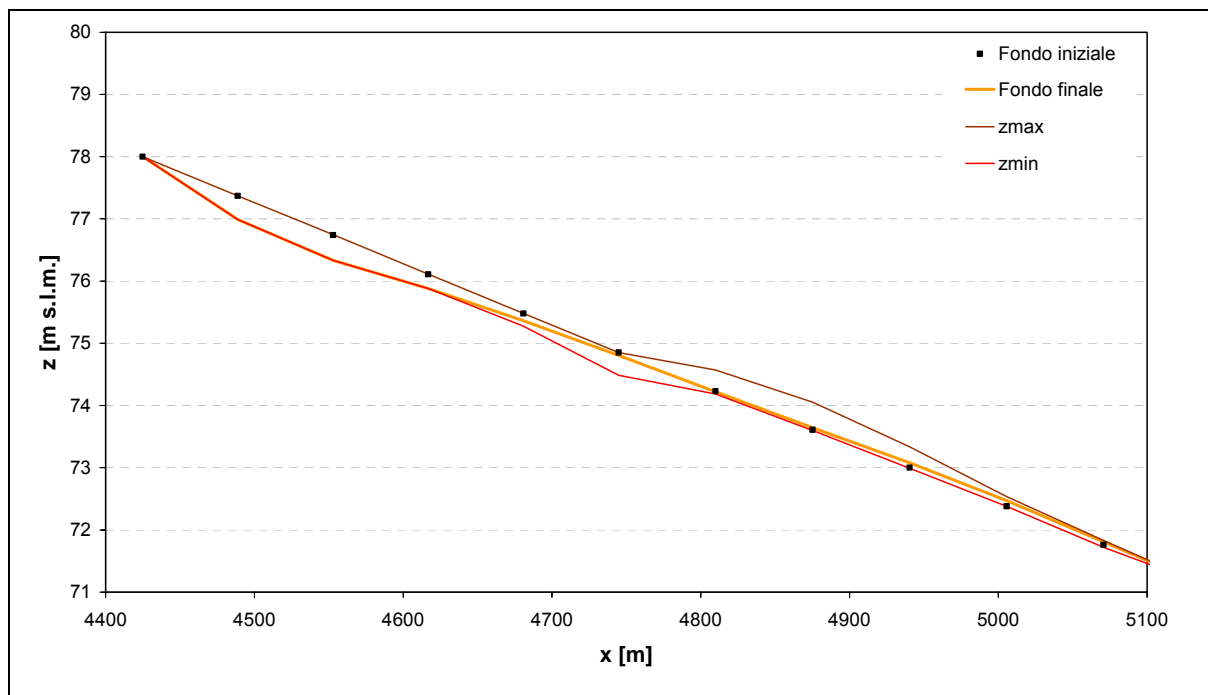


Figura 2.16 - Profili longitudinali della quota del fondo iniziale e finale, e degli involuipi della quota minima e massima del fondo valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni, per il tratto a valle della cassa di espansione.

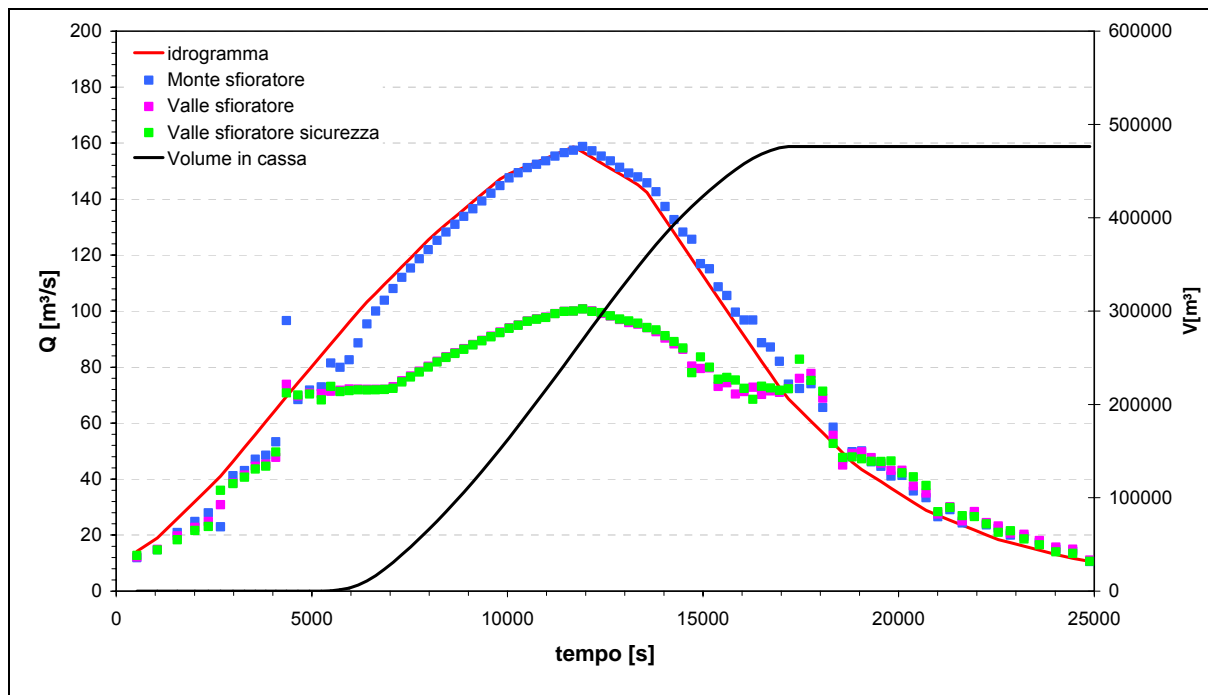


Figura 2.17 - Idrogrammi delle portate a monte e a vale dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e volume d'acqua in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni.

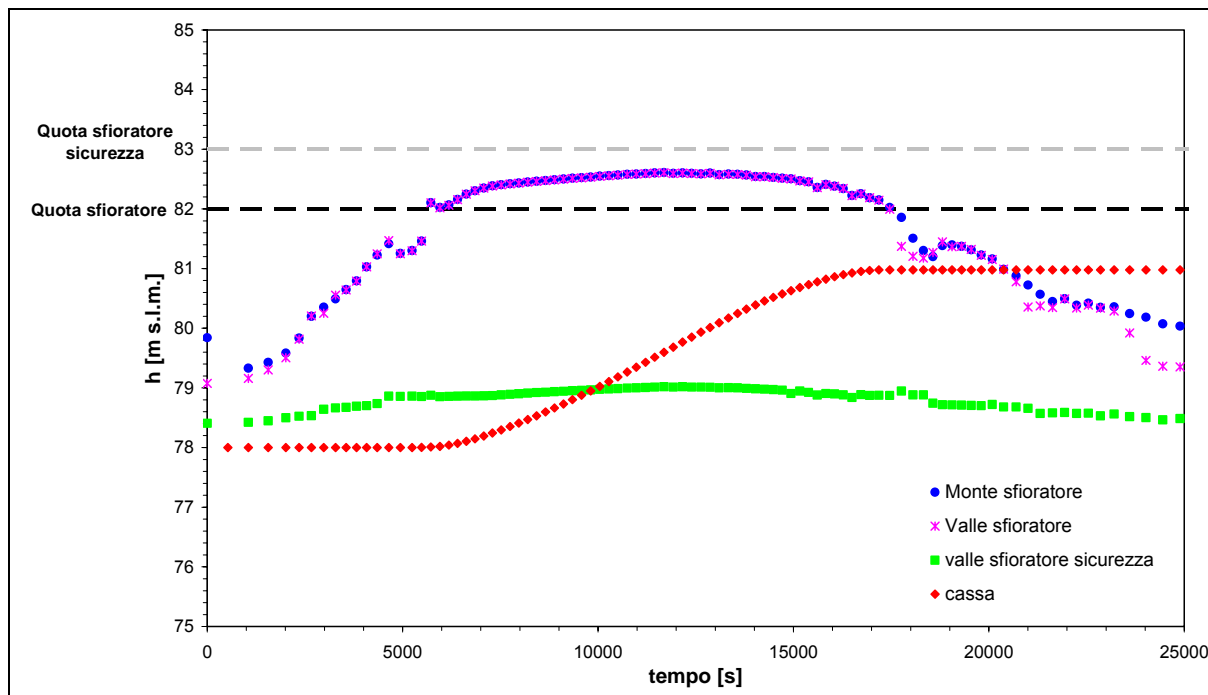


Figura 2.18 - Idrogrammi delle quote della superficie libera a monte e a vale dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e quota della superficie libera in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni.

### 2.1.2.3.5 Risultati simulazioni stato di progetto per un evento di piena $Tr = 200$ anni

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti nelle simulazioni in moto vario per lo scenario corrispondente al tempo di ritorno di 200 anni.

In Figura 2.19 sono riportati i profili della superficie libera per il tratto di corso d'acqua analizzato a diversi istanti della simulazione. Anche in questo caso si osserva che durante tutta la durata della simulazione la transizione tra corrente supercritica e subcritica si attesta a monte rispetto allo sfioratore laterale di servizio alla cassa di espansione.

In Figura 2.20 sono riportati l'andamento della quota del fondo agli istanti di inizio e di fine simulazione e l'involuppo dei minimi e dei massimi valori per la quota del fondo. Si può osservare quindi un'accentuata tendenza al deposito a monte dello sfioratore laterale, con un'estensione del deposito di circa 600 m e un'altezza media pari a 0.5 m. Di nuovo, a causa della presenza dell'opera trasversale, i sedimenti convogliati dalla corrente sono pressoché totalmente intercettati, provocando una marcata tendenza all'erosione nel tratto di valle (Figura 2.21).

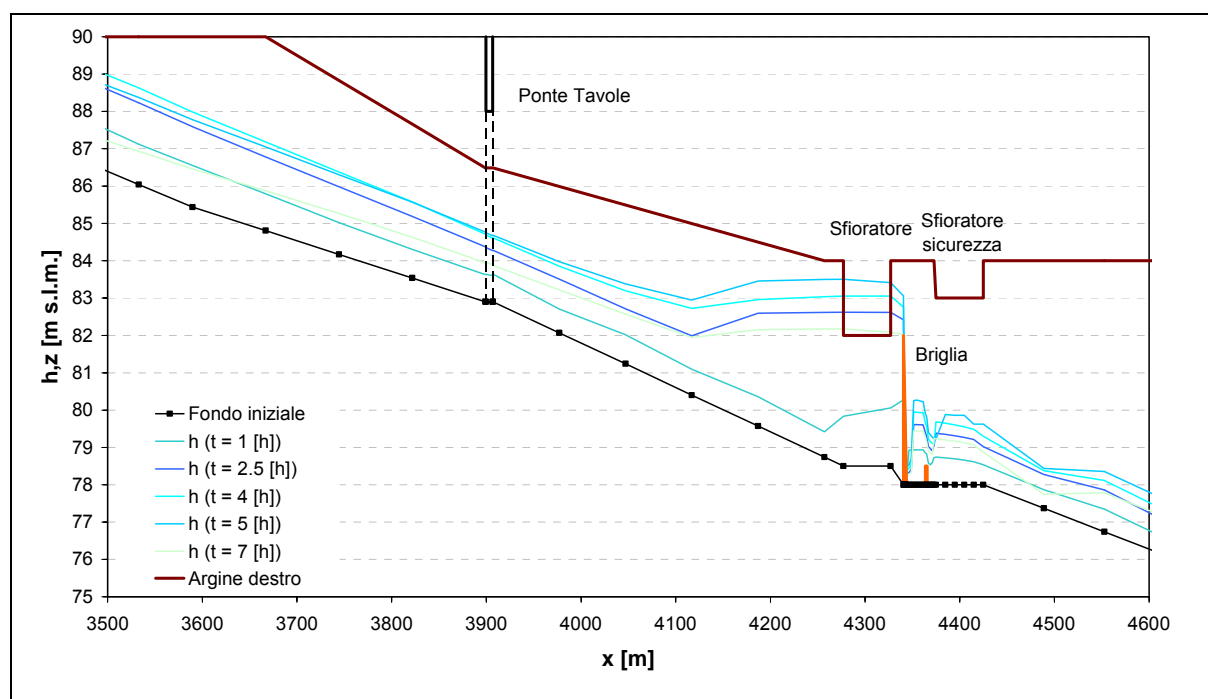


Figura 2.19 - Profili longitudinali del pelo libero valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

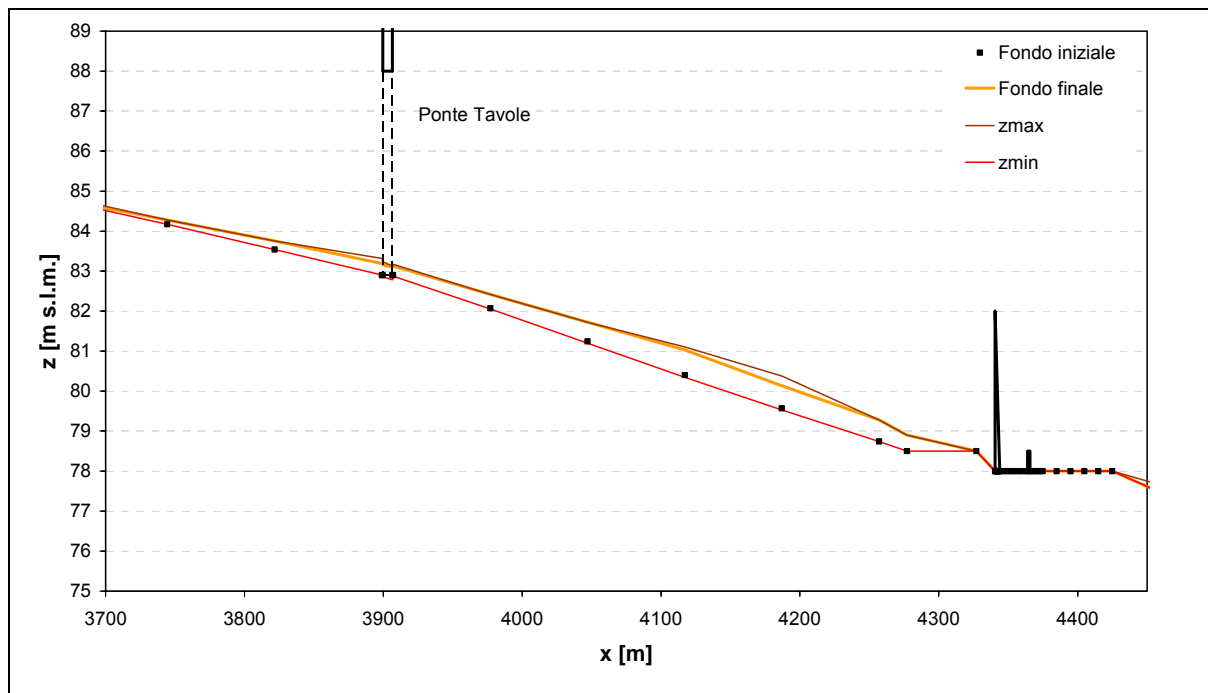


Figura 2.20 - Profili longitudinali della quota del fondo iniziale e finale, e degli involuipi della quota minima e massima del fondo valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

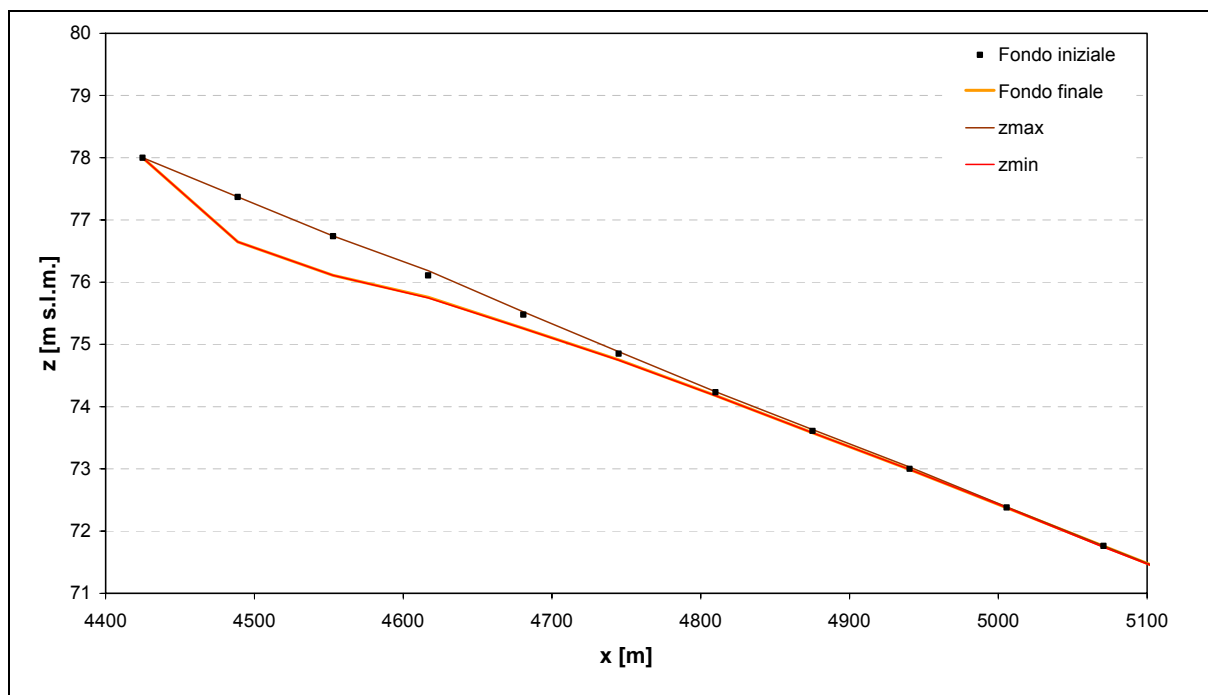


Figura 2.21 - Profili longitudinali della quota del fondo iniziale e finale, e degli involuipi della quota minima e massima del fondo valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni, per il tratto a valle della cassa di espansione.

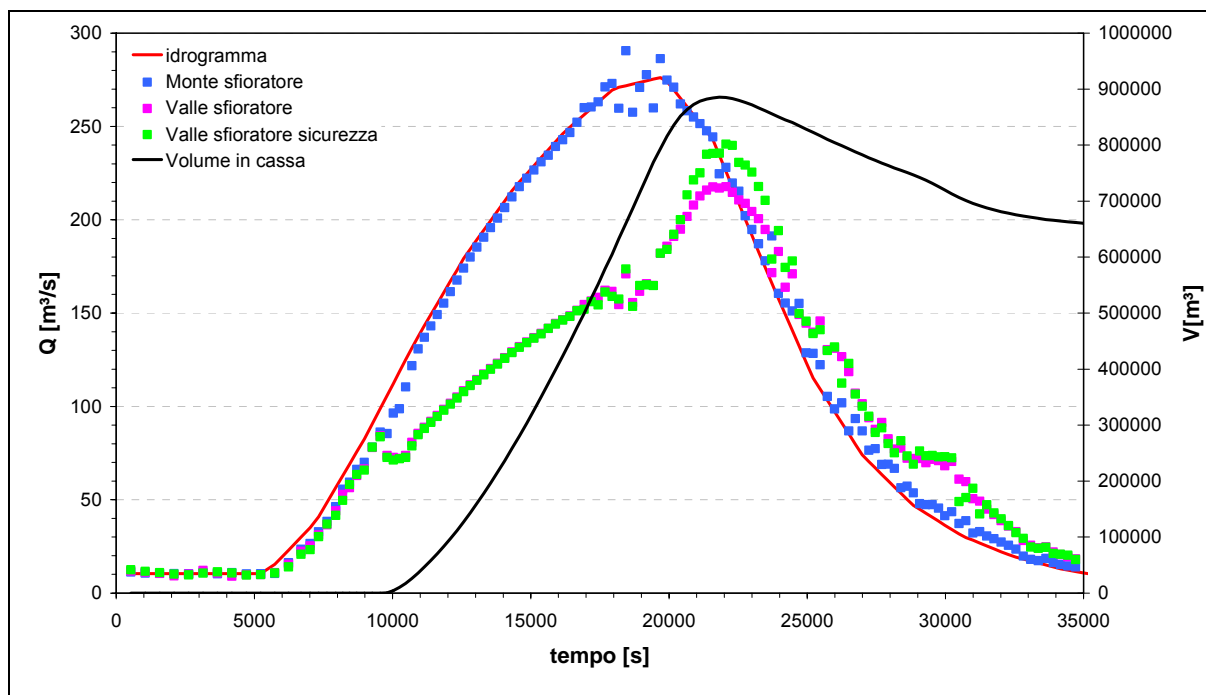


Figura 2.22 - Idrogrammi delle portate a monte e a valle dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e volume d'acqua in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

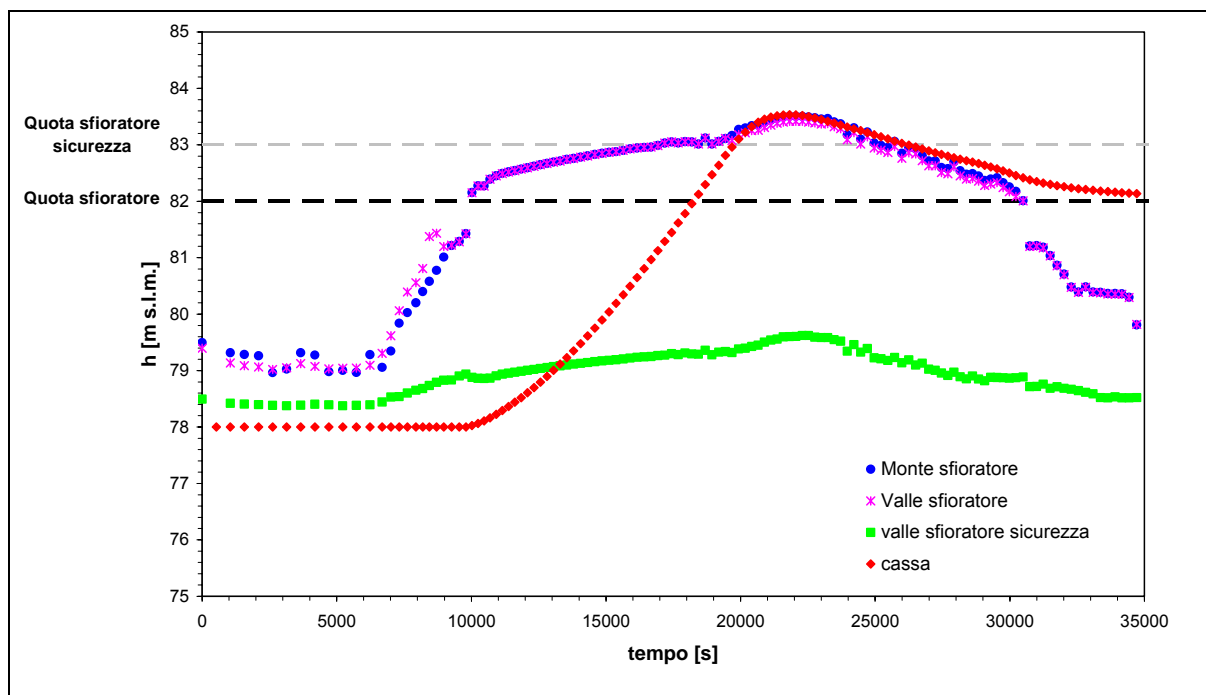


Figura 2.23 - Idrogrammi delle quote della superficie libera a monte e a vale dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e quota della superficie libera in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

In Figura 2.22 sono mostrati gli idrogrammi delle portate nelle sezioni di ingresso al tratto di corso d'acqua in esame, di monte dello sfioratore, di valle dello sfioratore, e di valle dello sfioratore di sicurezza, mentre in Figura 2.23 sono riportati gli idrogrammi del pelo



libero nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle dello sfioratore e di valle dello sfioratore di sicurezza, e le quote della superficie libera in cassa. I risultati ottenuti dalle simulazioni a fondo mobile evidenziano quindi un discreto abbattimento della portata in transito verso valle, per la scelta gestionale riprodotta. Tuttavia, per l’idrogramma di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, il profilo di rigonfiamento provocato dalla briglia a fessura cimenta la casse di espansione e lo sfioratore laterale a servizio di questa a partire da portate piuttosto basse. Quindi lo sfioratore di troppo pieno a servizio alla cassa entra in funzione, a partire da circa 20000 s dall’inizio della simulazione, restituendo in alveo parte della portata che contemporaneamente viene invasata per mezzo dello sfioratore laterale a monte della briglia a fessura.

#### 2.1.2.3.6 Valutazione dell’efficienza della cassa di espansione

Nel Quaderno n°9 dell’ Autorità di Bacino del Fiume Arno, “Linee guida per la progettazione di casse di espansione nel bacino del Fiume Arno” (2000), viene definito il rapporto di laminazione  $e$ , come il rapporto tra i colmi delle portate uscente ed entrante ( $e = Q_{\max v} / Q_{\max m}$ ), mentre per *efficienza di laminazione*  $\varepsilon$  si intende la seguente grandezza:

$$\varepsilon = 1 - e = 1 - \frac{Q_{\max v}}{Q_{\max m}} \quad (29)$$

Occorre osservare che entrambe le definizioni sopra richiamate non appaiono del tutto adeguate per valutare l’efficienza di una cassa di espansione, in quanto, essendo riferite alla portata di picco, l’efficienza massima si otterrebbe quando la portata a valle dello sfioratore tende a zero, condizione evidentemente non realistica. Infatti ciò corrisponderebbe all’assurda condizione di alveo “prosciugato” a valle della cassa e con tutta la portata in arrivo da monte deviata nell’area di laminazione.

Una definizione fisicamente basata, considerando cioè che almeno una quota parte di portata continui a transitare verso valle, mentre solo la “eccedente” tale valore sia da attribuire alla cassa di espansione, è data, in termini di portate, dal *grado di efficienza intrinseca EF*:

$$EF = \frac{Q_{\max m} - Q_{\max v}}{Q_{\max m} - Q_s} \quad (30)$$

dove, oltre ai termini noti,  $Q_s$  indica la portata alla quale inizia lo sfioro nella cassa.

Il parametro  $EF$  tende ad 1 quando la massima portata a valle tende al valore della portata di inizio sfioro, condizione teorica assimilabile nella pratica al caso di soglia rapidamente abbattibile. Per questo il parametro  $EF$  esprime il rendimento, o l’efficienza, di una cassa di espansione rapportando l’abbattimento delle portate tra monte e valle a quello ottenibile mediante una cassa “ideale” che tagli l’idrogramma di monte non appena abbia inizio lo sfioro.

Tale parametro, i cui valori sono compresi tra 0 e 1, evidenzia pertanto il funzionamento intrinseco della cassa, che è esclusivamente connesso al corretto dimensionamento idraulico, in relazione all’utilizzo ottimale del volume disponibile nei confronti dell’evento di progetto.

I valori riportati in Tabella 2.3 sottolineano quanto affermato in precedenza, cioè che la cassa in esame dà un discreto effetto di attenuazione del picco dell’onda di piena per l’idrogramma corrispondente a  $Tr = 200$  anni.

Tabella 2.3 - Quadro riassuntivo dell'efficacia della cassa di espansione valutata per gli eventi con tempi di ritorno di 30 e 200 anni considerando il fondo mobile in condizioni di moto vario.

Scenario	Volume sfiorato [m <sup>3</sup> ]	Q <sub>max</sub> monte sfioratore [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>max</sub> valle sfioratore [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>inizio</sub> sfioro [m <sup>3</sup> /s]	Rapporto laminazione	Efficienza laminazione	Efficienza intrinseca
Progetto Tr = 30 anni	476434	158.3	100.7	73.2	0.636	0.364	0.767
Progetto Tr = 200 anni	885566	277.5	240.5	73.5	0.867	0.133	0.147

## 2.1.2.4 SIMULAZIONI STATO DI ESERCIZIO

### 2.1.2.4.1 Premessa

Come è stato già osservato nel commentare i risultati ottenuti nelle simulazioni dello stato di progetto, il succedersi di periodi di morbida, con profili di rigurgito che iniziano con una transizione supercritica-subcritica a pochi metri dalla briglia a fessura, provoca il graduale riempimento dei volumi a monte di quest'ultima, portando progressivamente la quota del fondo praticamente a coincidere con quella dello sfioratore.

A questo proposito è stata effettuata una stima del tempo necessario al totale riempimento della briglia da parte dei sedimenti trasportati in alveo, ipotizzando che il manufatto impedisca del tutto il passaggio di sedimenti verso valle. Dal bilancio sedimentologico effettuato nello studio di Rinaldi (2005) risulta che alla sezione di chiusura del quarto tratto fluviale considerato in tale studio, ovvero subito a monte del tratto fluviale considerato nella presente analisi, si ha una situazione di forte deposito, con portata solida media annua di 14.672 [T/anno]. In base al calcolo dei volumi delle sezioni a monte della briglia, attraverso la formula di Schoklitsch, risulta che il completo riempimento si avrebbe in soli 7,6 anni.

Di conseguenza è molto probabile che sia la piena duecentennale che quella trentennale si verifichino quando il deposito a monte della briglia a fessura sia almeno in parte avvenuto, e quindi in condizioni di efficienza di laminazione della cassa modificata rispetto alle simulazioni dello stato di progetto. Pertanto si è ritenuto opportuno studiare l'efficienza di laminazione della cassa di espansione considerando un ulteriore scenario, nel quale prudenzialmente si ipotizza già completato il riempimento della briglia a fessura da parte dei sedimenti provenienti da monte.

### 2.1.2.4.2 Risultati simulazioni stato di esercizio per un evento di piena Tr = 30 anni

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti nelle simulazioni in moto vario per lo scenario corrispondente al tempo di ritorno di 30 anni.

In Figura 2.24 sono riportati i profili della superficie libera per il tratto di corso d'acqua analizzato a diversi istanti della simulazione. La transizione di corrente supercritica-subcritica si attesta subito a valle del ponte alle Tavole e avviene per mezzo di numeri di Froude che passano in modo non brusco da valori superiori all'unità a valori inferiori.

In Figura 2.25 sono riportati l'andamento della quota del fondo agli istanti di inizio e di fine simulazione e l'involuppo dei minimi e dei massimi valori per la quota del fondo. Essendo

riempito il bacino a monte della briglia a fessura, l'influenza del profilo di rigurgito, provocato dalla variazione di pendenza così generatasi, causa la formazione di un deposito che tende a uniformare la pendenza e a stabilire su tutto il tratto a monte della briglia a fessura la medesima capacità di trasporto. Nel tratto finale si nota ancora una tendenza all'erosione.

In Figura 2.26 sono mostrati gli idrogrammi delle portate nelle sezioni di ingresso al tratto di corso d'acqua in esame, di monte dello sfioratore, di valle dello sfioratore, e di valle dello sfioratore di sicurezza, mentre in Figura 2.27 sono riportati gli idrogrammi del pelo libero nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle dello sfioratore e di valle dello sfioratore di sicurezza, e le quote della superficie libera in cassa. Le figure mostrano che il comportamento non si discosta molto da quanto già osservato per la simulazione dello stato di progetto considerando l'idrogramma di piena corrispondente ad un tempo di ritorno di 30 anni. Infatti anche in questo caso il livello della superficie libera in cassa risulta inferiore alla quota dello sfioratore sicurezza durante tutta la durata della simulazione, consentendo un marcato abbattimento del picco di portata.

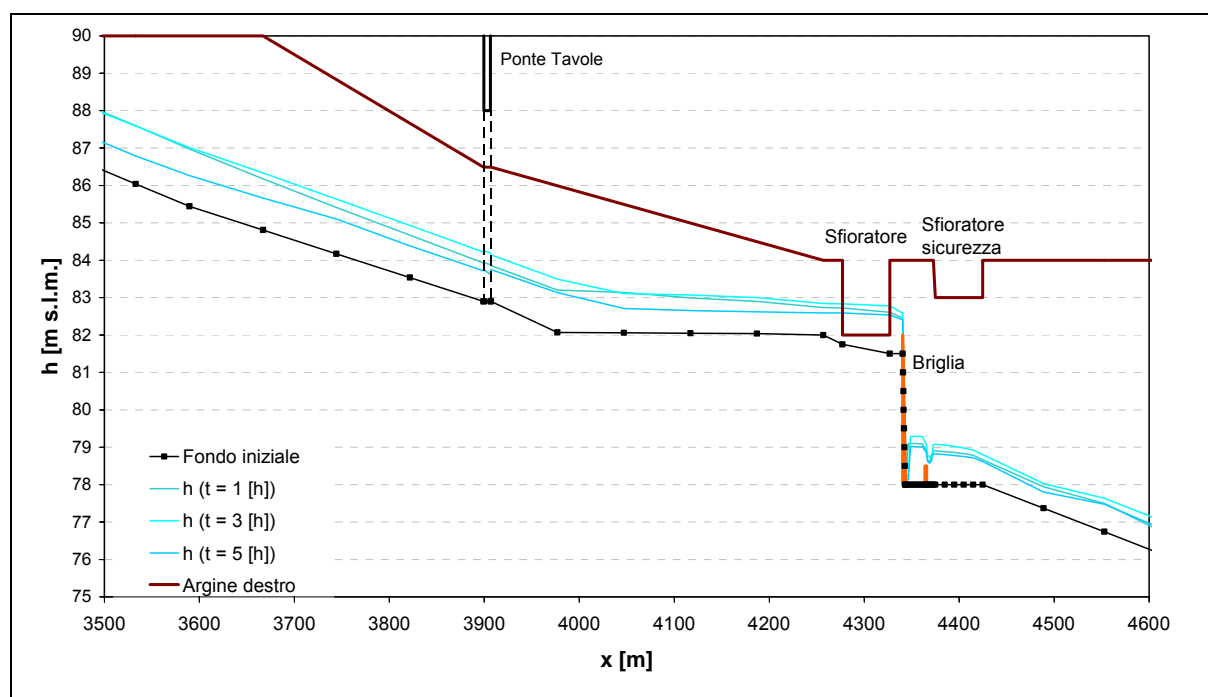


Figura 2.24 - Profili longitudinali del pelo libero valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni.

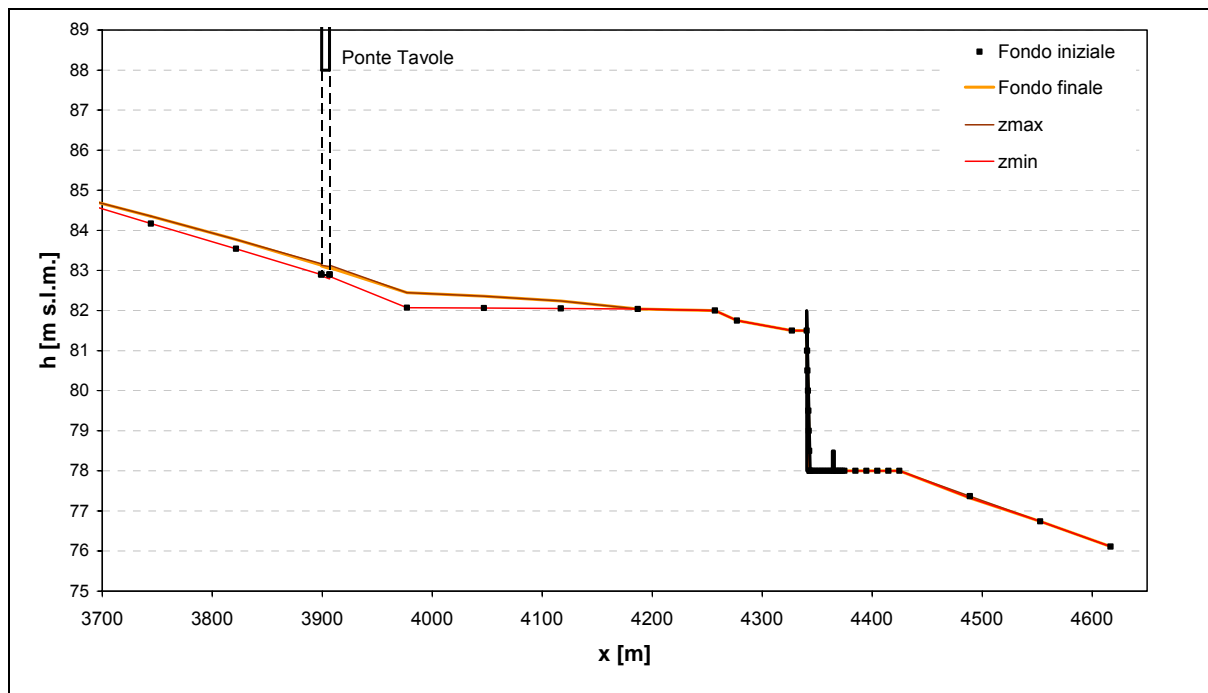


Figura 2.25 - Profili longitudinali della quota del fondo iniziale e finale, e degli involupei della quota minima e massima del fondo valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni.

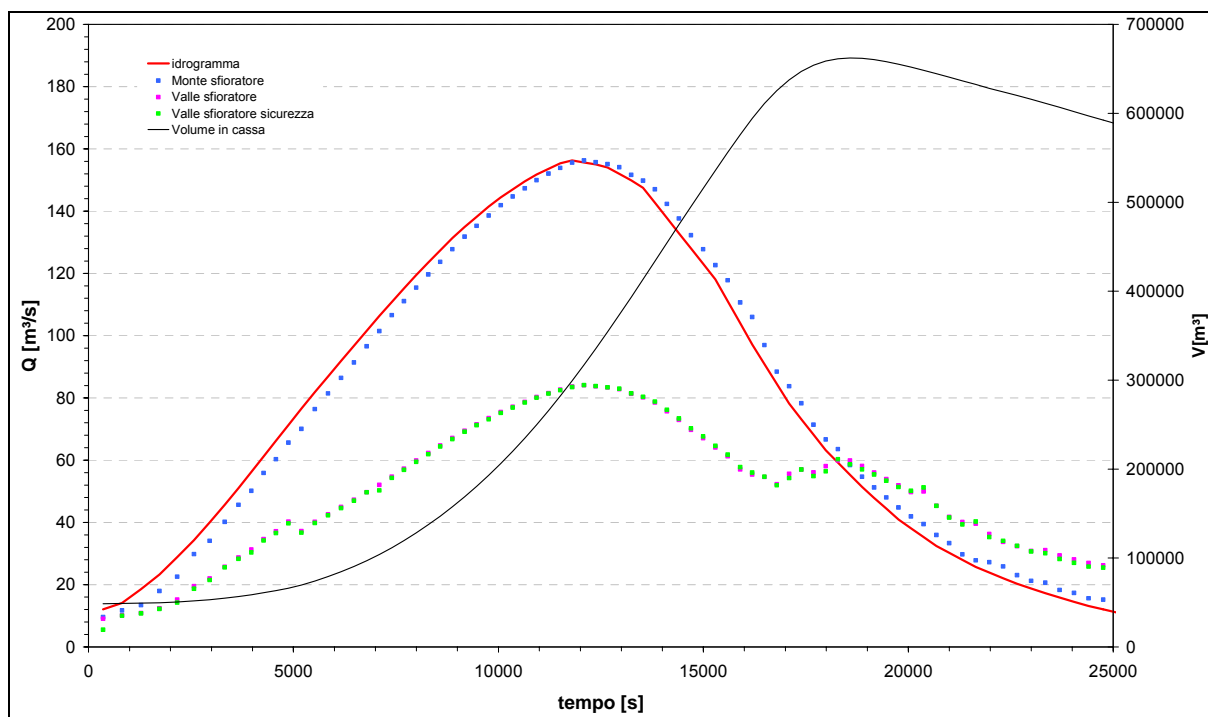


Figura 2.26 - Idrogrammi delle portate a monte e a valle dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e volume d'acqua in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni.

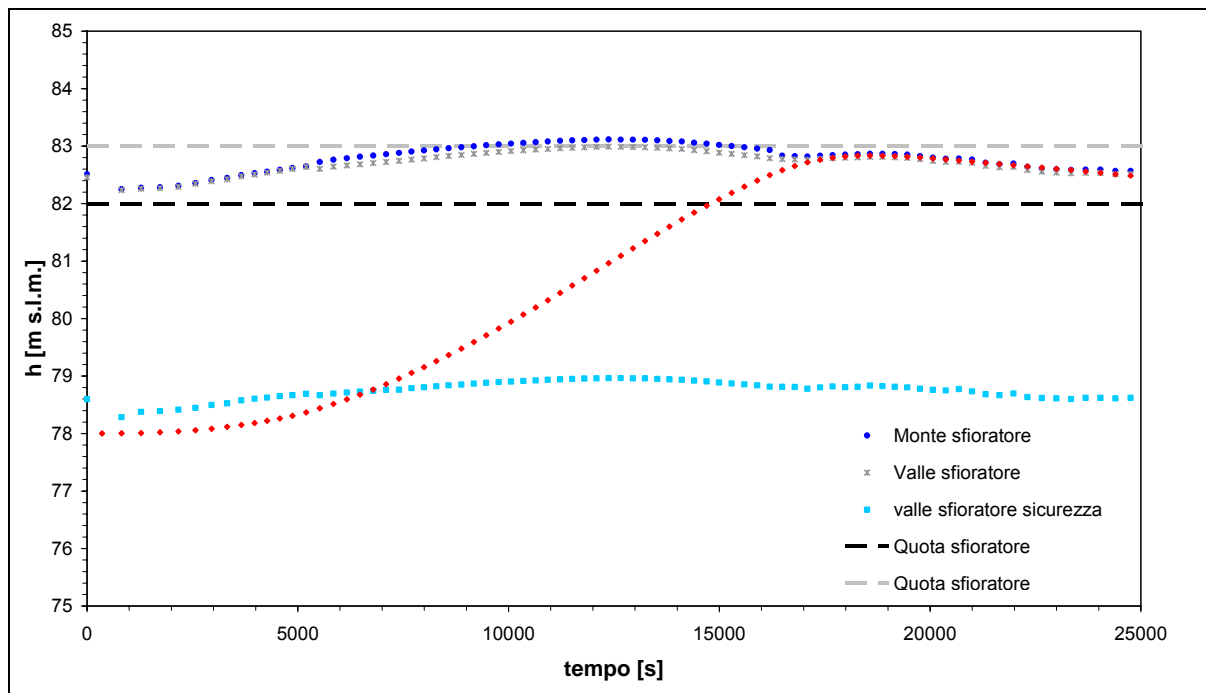


Figura 2.27 - Idrogrammi delle quote della superficie libera a monte e a valle dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e quota della superficie libera in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 30 anni.

#### 2.1.2.4.3 Risultati simulazioni stato di esercizio per un evento di piena $Tr = 200$ anni

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti nelle simulazioni in moto vario per lo scenario corrispondente al tempo di ritorno di 200 anni.

In Figura 2.28 sono riportati i profili della superficie libera per il tratto di corso d'acqua analizzato a diversi istanti della simulazione. Anche in questo caso si osserva che la transizione di corrente avviene in modo graduale.

In Figura 2.29 sono riportati l'andamento della quota del fondo agli istanti di inizio e di fine simulazione e l'involuppo dei minimi e dei massimi valori per la quota del fondo. Si può osservare quindi un'accentuata tendenza al deposito a monte dello sfioratore laterale, con un'estensione del deposito di circa 400 m e un'altezza media pari a 0.5 m.

In Figura 2.30 sono mostrati gli idrogrammi delle portate nelle sezioni di ingresso al tratto di corso d'acqua in esame, di monte dello sfioratore, di valle dello sfioratore, e di valle dello sfioratore di sicurezza, mentre in 2.31 sono riportati gli idrogrammi del pelo libero nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle dello sfioratore e di valle dello sfioratore di sicurezza, e le quote della superficie libera in cassa. In questo caso si nota un sostanziale annullamento dell'efficienza di laminazione della cassa in esame. Infatti, per l'idrogramma di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, la corrente in alveo cimenta la cassa di espansione e lo sfioratore laterale a servizio di questa a partire da portate molto basse. Quindi la cassa risulta già completamente invasata in corrispondenza del transito della portata di picco dell'idrogramma, e la portata invasata dallo sfioratore laterale a monte della briglia a fessura viene quasi completamente restituita dallo sfioratore di troppo pieno.

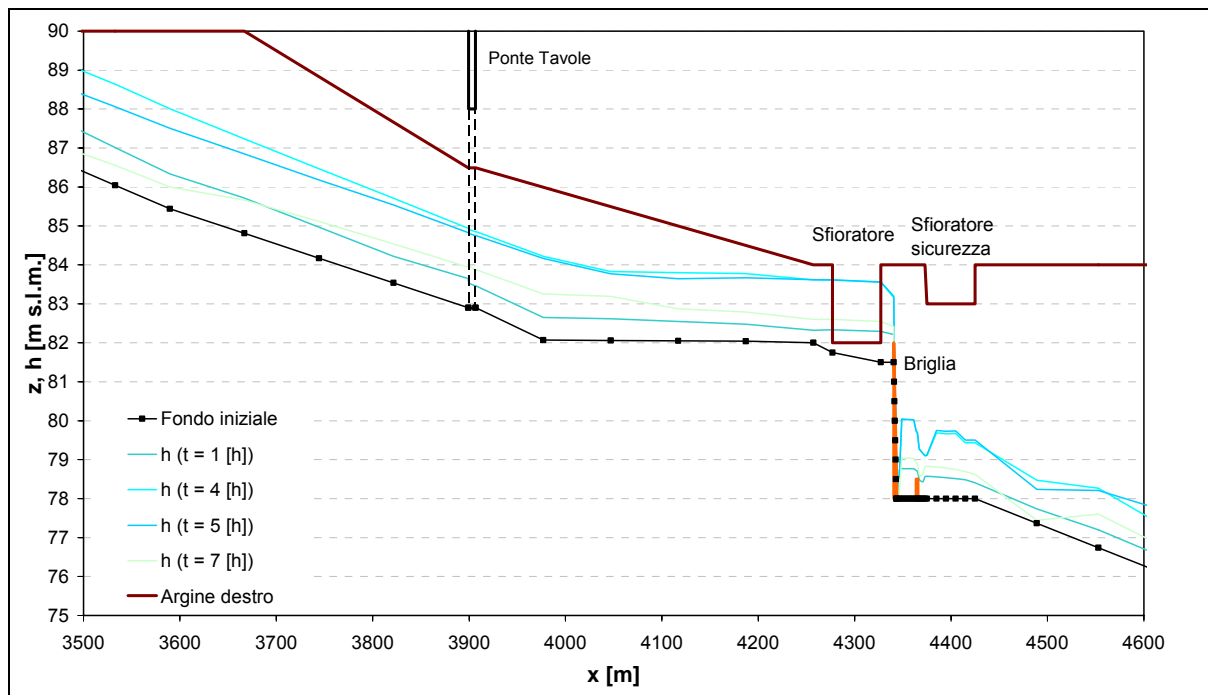


Figura 2.28 - Profili longitudinali del pelo libero valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

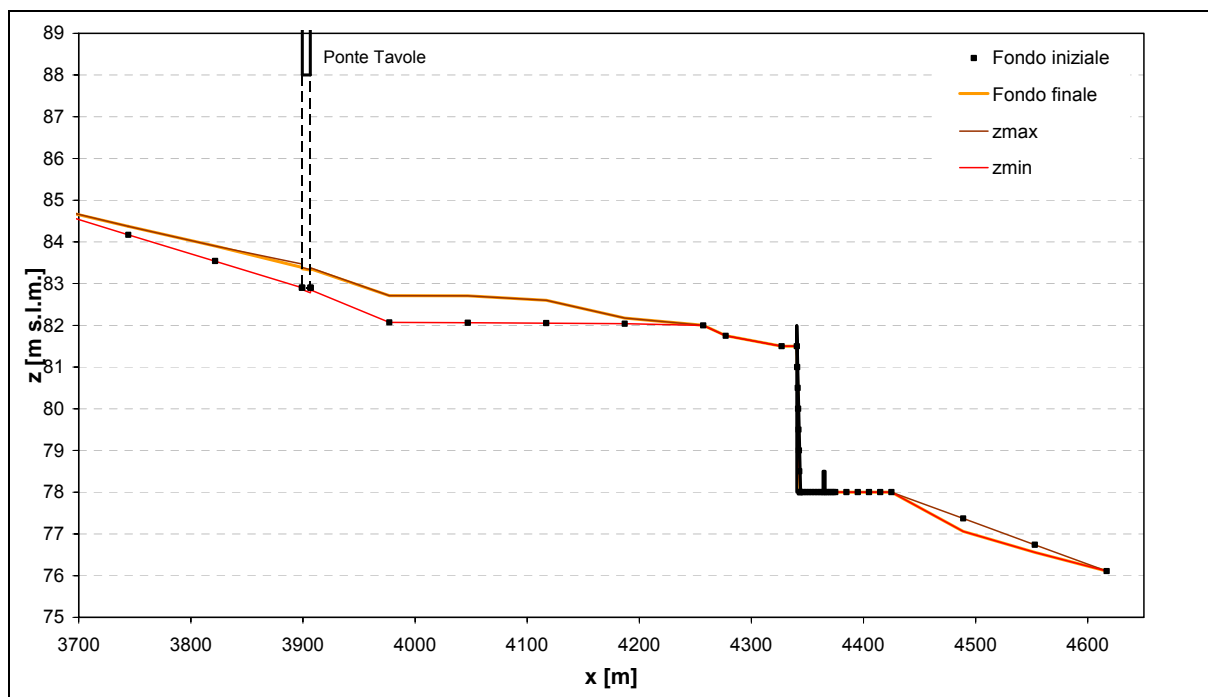


Figura 2.29 - Profili longitudinali della quota del fondo iniziale e finale, e degli involucri della quota minima e massima del fondo valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

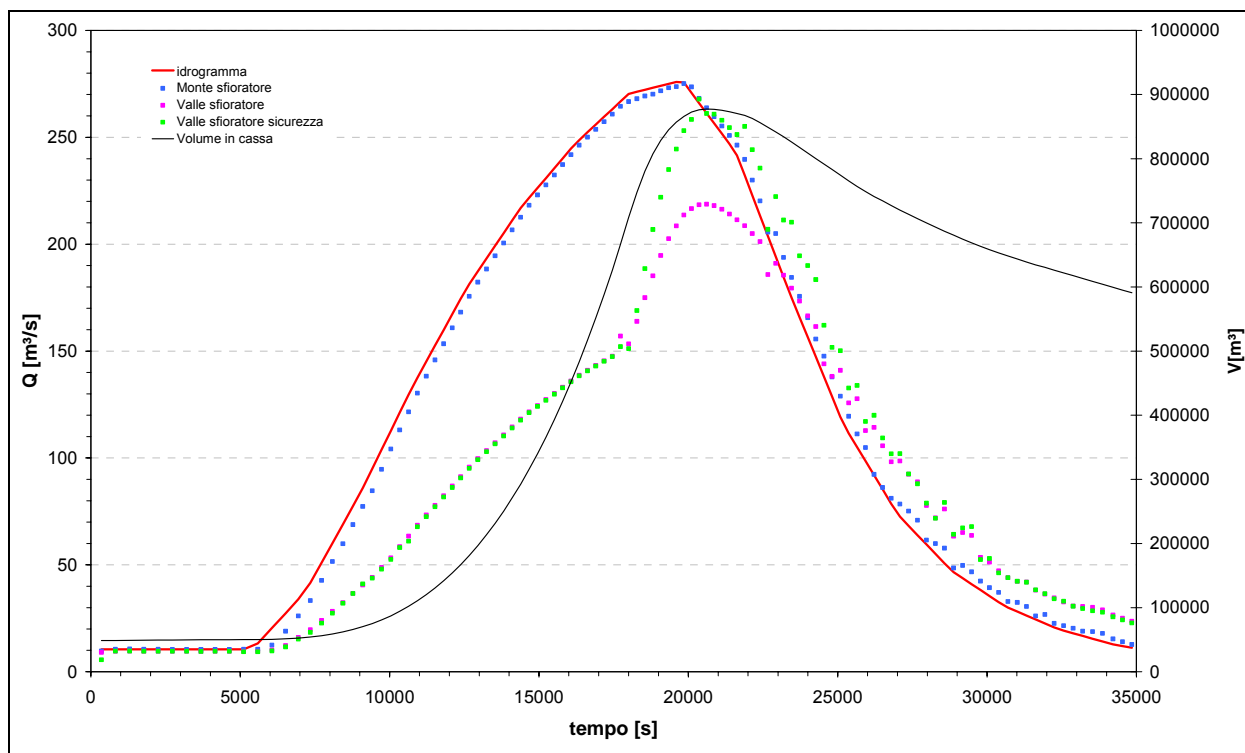


Figura 2.30 - Idrogrammi delle portate a monte e a valle dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e volume d’acqua in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

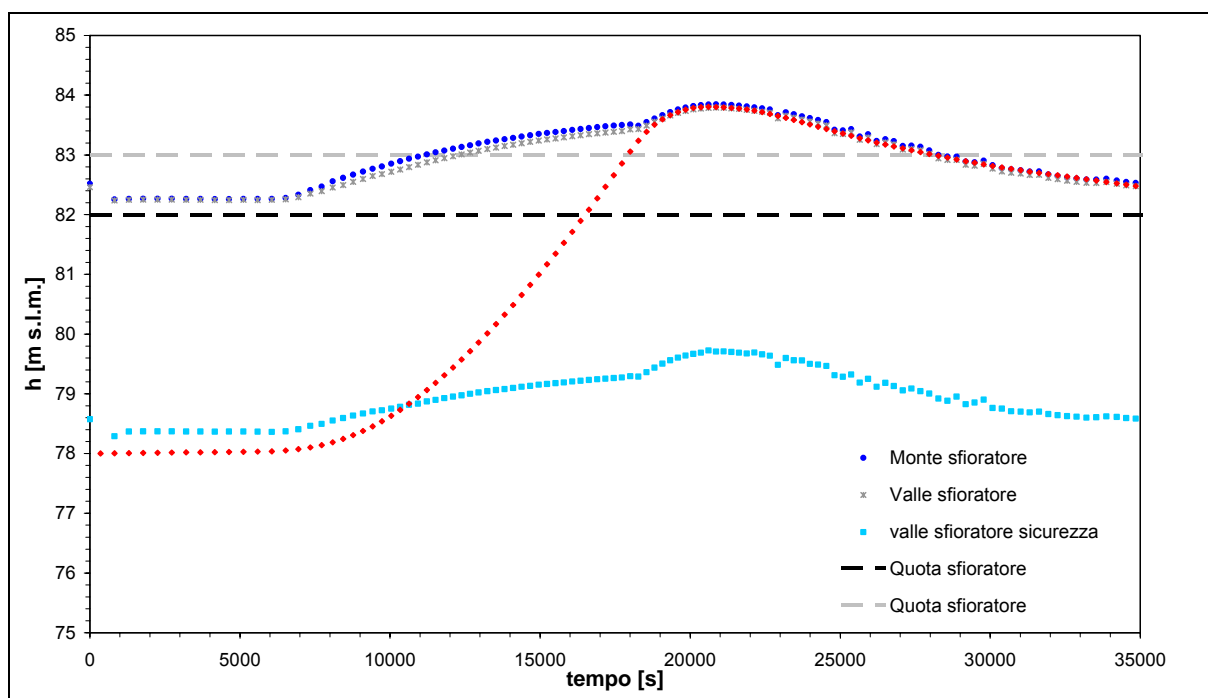


Figura 2.31 - Idrogrammi delle quote della superficie libera a monte e a valle dello sfioratore, a valle dello sfioratore di sicurezza e quota della superficie libera in cassa valutati per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

#### 2.1.2.4.4 Valutazione dell’efficienza della cassa di espansione per lo stato di esercizio

I valori riportati in Tabella 2.4 evidenziano che per lo stato di esercizio la cassa in esame dà un trascurabile effetto di attenuazione del picco dell’onda di piena per l’idrogramma corrispondente a  $T_r = 200$  anni.

Tabella 2.4 - Quadro riassuntivo dell’efficacia della cassa di espansione valutata per gli eventi con tempi di ritorno di 30 e 200 anni considerando il fondo mobile in condizioni di moto vario.

Scenario	Volume sfiorato [m <sup>3</sup> ]	$Q_{max}$ monte sfioratore [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{max}$ valle sfioratore [m <sup>3</sup> /s]	$Q$ inizio sfioro [m <sup>3</sup> /s]	Rapporto laminazione	Efficienza laminazione	Efficienza intrinseca
Esercizio $T_r = 30$ anni	662268	158.3	84.1	5	0.531	0.469	0.500
Esercizio $T_r = 200$ anni	877425	277.5	268	5	0.966	0.034	0.035

### 2.1.3 Analisi degli impatti e interventi di mitigazione

#### 2.1.3.1 ANALISI DEGLI IMPATTI

La realizzazione della cassa di espansione Laghi Primavera ha come obiettivo primario la riduzione del rischio idraulico per i tratti a valle del Fiume Ombrone, tratti che interessano aree densamente urbanizzate, fino alla confluenza con il Fiume Arno, posta a circa 20 km a valle della cassa.

Pertanto come impatto positivo rilevante occorre considerare l’abbattimento delle condizioni di rischio per vaste superfici di territorio, sia con riferimento all’evento di piena trentennale che a quello con tempo di ritorno 200 anni.

Il tratto fluviale interessato dalla realizzazione della cassa di espansione è ubicato in prossimità della città di Pistoia. La vicinanza alla città, la facilità di accesso, la presenza di vasti spazi hanno da sempre, ed in misura crescente, indotto i cittadini di Pistoia a frequentare l’area nel tempo libero (passeggio, corsa, mountain bike, ecc.). Tale aspettativa sociale ha avuto come prima risposta istituzionale la realizzazione di un percorso attrezzato di educazione ambientale predisposto dalla LIPU con il Comune di Pistoia, nonché un percorso salute predisposto dall’Associazione Silvano Fedi sempre con il Comune di Pistoia.

La realizzazione della cassa di espansione costituisce un’ulteriore e significativa opportunità di valorizzazione e fruizione del tratto del Fiume Ombrone Pistoiese tra Ponte Calcaiola fino ad oltre Pontelungo (circa 10 km), rappresentando pertanto un impatto positivo per quanto riguarda gli aspetti socio-ambientali legati all’attuale assetto del corso d’acqua, mediante:

- la realizzazione di una serie di attrezzature per lo sport ed il tempo libero fortemente correlate con gli insediamenti abitativi e con le strutture esistenti o, in previsione, nella zona ovest della città;
- la creazione di un sistema di percorsi pedonali e ciclabili che si irradiano dal centro della città verso la campagna e la collina e contribuiscono a riqualificare la periferia urbana;



- la costituzione del parco fluviale del Fiume Ombrone, già confermata nelle previsioni urbanistiche del Comune di Pistoia. In tal senso, la realizzazione della cassa di laminazione prevede l'utilizzo della stessa per attività sportive e per il tempo libero, compatibilmente con le esigenze idrauliche.
- il miglioramento della viabilità di accesso al Parco dell'Ombrone e la realizzazione di un sistema di parcheggi a servizio delle attrezzature.

Altro impatto positivo è rappresentato dall'associazione del progetto della cassa di espansione al progetto dell'adeguamento della vicina diga di Gello o della Giudea, posta a circa 2 km di distanza dalla cassa. Tale integrazione consente il riutilizzo e l'ottimizzazione dei materiali da costruzione, limitando al minimo il reperimento di materiali da cave esterne e, al contempo, riducendo gli impatti connessi alla movimentazione del materiale stesso. Infatti, per il consolidamento della diga di Gello verrà utilizzato il materiale lapideo derivante dalla rimodellazione dell'area della cassa di espansione Laghi Primavera e, contestualmente, l'asportazione del materiale argilloso attualmente presente nel corpo diga, ormai degradato, consentirà l'utilizzo di tale materiale per la realizzazione degli argini della stessa cassa di espansione.

Gli impatti negativi comprendono:

- gli effetti indotti dalla realizzazione del manufatto in alveo destinato a regolare l'immissione delle portate di piena verso la cassa di espansione. Tale manufatto, costituito da una traversa in calcestruzzo armato con luce centrale della larghezza di 6 metri, produce un'alterazione del regime dei deflussi liquidi e solidi provenienti da monte.
  - Regime dei deflussi liquidi: per quanto riguarda i deflussi liquidi, questi sono ovviamente modificati in relazione allo stesso obiettivo della cassa, che tuttavia interviene solo in occasione delle portate di piena producendo su queste l'effetto di laminazione verso valle. Nessuna interferenza si rileva viceversa sul regime delle portate di magra e di morbida.
  - Regime dei deflussi solidi: per quanto riguarda i deflussi solidi, la realizzazione della traversa costituisce una modifica della capacità di trasporto solido a monte della struttura, inducendo un fenomeno di deposito che tende ad accrescersi nel tempo fino al raggiungimento di una nuova condizione di equilibrio tra materiale solido proveniente da monte e capacità di trasporto del tratto stesso. Per quanto riguarda il tratto a valle della traversa, il deficit di materiale solido dovuto al deposito a monte induce un fenomeno erosivo che, anch'esso, tenderà a esaurirsi una volta raggiunta la condizione di equilibrio tra capacità di trasporto solido e materiale in arrivo da monte.
- gli effetti indotti dalla realizzazione della cassa di espansione comprendenti:
  - la modifica della frequenza di allagamento nelle aree. Attualmente l'area interessata dalla cassa non è allagabile fino ad eventi con tempo di ritorno 200 anni. La realizzazione della cassa produrrà viceversa condizioni di allagamento più frequenti a partire da portate dell'ordine di 80 m<sup>3</sup>/s (portata di piena circa annuale).

- l'immissione di materiale solido in sospensione e successiva decantazione nell'area della cassa. Tale effetto è significativo per le piene di una certa entità, considerate le dimensioni piuttosto grossolane del materiale d'alveo.
- l'interazione tra i volumi idrici accumulati in cassa durante il funzionamento della stessa e l'acqua della falda sottostante. Anche in tal caso, l'effetto è significativo solo per gli eventi di piena di una certa entità, ove ai battenti idrici più elevati sono associati tempi di permanenza dell'acqua in cassa più lunghi.

### 2.1.3.2 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

La mitigazione degli effetti indotti dagli impatti negativi può essere perseguita attraverso:

- **le attività di monitoraggio:** tali attività dovranno riguardare

- il controllo della dinamica evolutiva dell'alveo del Fiume Ombrone per un tratto di circa 1 km a monte e a valle della traversa di progetto, mediante periodici rilievi topografici (almeno ogni due anni e comunque dopo ogni evento di piena significativo) in sezioni prefissate (circa 10 sezioni).
- Il controllo dell'interrimento della cassa, mediante rilievo topografico dopo ogni evento di piena significativo.
- Il controllo dei livelli di falda e della qualità dell'acqua attraverso i piezometri già installati nell'area di progetto.

- **le attività di manutenzione:** tali attività dovranno riguardare:

- la corretta gestione dei depositi di materiale a monte della traversa mediante rimozione del deposito e trasferimento del materiale a valle della struttura. La periodicità dell'intervento sarà da definirsi anche in base alle risultanze del monitoraggio.
- La gestione degli eventuali depositi all'interno della cassa, da definirsi in base alle risultanze delle attività di monitoraggio.

## Bibliografia

- Austria, P.M. (1987). Catastrophe model for the forced hydraulic jump. *Journal of Hydraulic Research*, 25(3): pp. 269-279.
- Baines, P.G. (1984). A unified description of two-layer flow over topography. *Journal of Fluid Mechanics*, 146: pp. 127-167.
- Baines, P.G. and Whitehead, J.A. (2003). On multiple states in single-layer flows. *Physics of Fluids*, 15(2): pp. 298-307.
- Capart, H., Eldho, T. I., Huang, S. Y., Young, D. L., e Zech, Y. (2003). Treatment of natural geometry in finite volume river flow computations. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(5), pp. 385-393.
- Catella, M., Paris, E. e Solari, L. (2004). Modellazione idrodinamica 1-D di alvei naturali. *XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*. Trento, Settembre 7-10.
- Catella, M. and Solari, L. (2005). Conservative scheme for numerical modeling of flow in natural geometry. *XXXI Int. Congress, Int. Association for Hydraulic Research*. Seoul (Korea), September 11-16.
- Catella, M., Paris, E. and Solari, L. (2005). 1D Morphodynamic model for natural rivers. *4th Conf. on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*. Urbana, Illinois (USA), October 4-7.
- Catella, M., and Bechi, G. (2006). Conservative scheme for flow numerical modeling of submerged bridges. *River Flow 2006, Int. Conf. on Fluvial Hydraulics*. Lisbon (Portugal), September 6-8.
- Catella, M., Bechi, G. e Paris, E. (2006). Modellazione morfodinamica dell'interazione di una corrente in pressione con un'opera di attraversamento. *XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*. Roma, Settembre 10-15.
- Defina, A. and Susin, F.M. (2003). Hysteretic behavior of the flow under a vertical sluice gate. *Physics of Fluids* 15(9): pp. 2541-2548.
- Lawrence, G.A. 1987. Steady flow over an obstacle. *Journal of Hydraulic Engineering*, 113(8): pp. 981-991.
- Manciola, P., Castelli, F. e Piragino, F. (1998). Criteri di intervento distribuito per la difesa idraulica. Un caso di studio. *XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*. Catania, Settembre 9-12.
- Meyer-Peter, and E. Müller, R. (1948). Formulas for bed load transport. *2nd Int. Congress, Int. Association for Hydraulic Research*. Stockholm, Sweden.
- Muškatirović, D. and Batinić, B. (1977). The influence of abrupt change of channel geometry on hydraulic regime characteristics. *17th Int. Congress, Int. Association for Hydraulic Research*, Baden-Baden, Federal Republic of Germany.
- Natale, A., Petaccia, G. e Savi, F. (2004). Il deflusso di onde a fronte ripido attraverso singolarità idrauliche. *XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*. Trento, Settembre 7-10.
- Pagliara, S., “*Studio idrologico-idraulico finalizzato alla riduzione del rischio idraulico e alla sistemazione del tratto del T. Ombrone a monte del Ponte di Bonelle in Comune di Pistoia*” (2005), Pisa.
- Parker, G. (1990). Surface-based bedload transport relation for gravel rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 28(4), pp. 417-436.
- Rinaldi, M., coordinato da., “*Studio dei processi geomorfologici, del trasporto solido e degli aspetti ecologici del Torrente Ombrone nel tratto compreso tra Ponte Calciola e il Ponte sull'Autostrada*” (2005); Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Firenze.
- Schipa, L., e Valiani, A. (2002). Un metodo per la trattazione del termine sorgente per la propagazione in alvei naturali a geometria complessa. *28th Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche*, Potenza, Settembre 16-19.
- Sieben, J. (1999). A theoretical analysis of discontinuous flow with mobile bed. *Journal of Hydraulic Research*, 37(2), pp. 199-212.
- de Vries, M. (1965). Considerations about non-steady bed-load transport in open channels. *11th Int. Congress, Int. Association for Hydraulic Research*. Leningrad, URSS.

## 2.2 L'Invaso della Giudea

L'invaso artificiale della Giudea, posto in località Gello (PT) è realizzato tramite la costruzione di uno sbarramento in terra zonata di altezza pari a circa 32 m, che sottende un bacino imbrifero di 0.15 Km<sup>2</sup>, essenzialmente costituito dallo specchio liquido medesimo che ricade interamente nel bacino del Rio Fontanacci. La principale fonte di alimentazione dell'invaso è in realtà costituita, data l'esiguità dell'area drenata, dalla derivazione sul Torrente Vincio di Brandeglio, uno degli affluenti del T. Ombrone Pistoiese, con bacino sotteso all'opera di presa di circa 12 Km<sup>2</sup>.

L'invaso della Giudea è in sostanza un vaso in derivazione e costituisce in sostanza la parte cruciale di un più ampio sistema comprendente la presa sul Torrente Vincio di Brandeglio, l'acquedotto di adduzione e l'impianto di potabilizzazione. L'intero sistema, privato dell'invaso della Giudea, non sarebbe più in grado né di modulare le portate invernali e primaverili del Vincio di Brandeglio, né tanto meno, di accumularle per l'utilizzo estivo. In tale situazione resterebbe, quindi, disponibile una risorsa idrica, peraltro irregolare in un periodo dell'anno in cui la richiesta è relativamente bassa.

Il sistema di approvvigionamento idrico così concepito, ultimato e collaudato alla fine del 1973, ha funzionato regolarmente fino al 1990, anno in cui si sono verificate, prima sul rinfianco di monte della diga, poi sulla sponda sinistra del serbatoio, alcuni dissesti per i quali è stato ordinato lo svuotamento del lago. Dopo una preliminare fase di studio, l'Amministrazione Comunale, nel 1991, ha dato in affidamento la progettazione di massima degli interventi di ripristino della Giudea. Prevedendo, con l'occasione, anche l'adeguamento delle opere alla vigente normativa sulla progettazione e costruzione delle dighe (DM 24.3.82). Nello stesso ambito, con il parere favorevole del Servizio Dighe, è stata anche progettata e realizzata una impermeabilizzazione provvisoria, posta a monte dello sbarramento, per mezzo della quale, in attesa del ripristino generale, si è potuto realizzare un vaso parziale provvisorio.

Con l'intervento di progetto il rilevato verrà parzialmente demolito e ricostruito al fine di migliorarne la stabilità e la sicurezza statica sostituendo il materiale di cui è costituito. La tenuta idraulica, dopo l'intervento di ripristino, sarà affidata ad una membrana impermeabile posta sul paramento di monte anziché, come adesso, al nucleo.

L'invaso è di proprietà del Comune di Pistoia ed è attualmente in gestione a Publiacqua S.p.A. uso acquedottistico. In particolare Publiacqua, l'ente gestore del Servizio Idrico Integrato del distretto Medio Valdarno, che comprende anche la provincia di Pistoia, è titolare della gestione dell'acquedotto di adduzione e dell'impianto di potabilizzazione di Gello a Pistoia, ovvero di tutto il sistema di approvvigionamento idrico di cui è parte integrante l'invaso della Giudea.

Il ripristino dell'invaso della Giudea è stato considerato proprio come intervento strutturale di rilievo all'interno del Piano Operativo Triennale 2005-2007 di Publiacqua: *“...tra gli investimenti più importanti, in termini economici, è da rilevare il progetto per la risistemazione dell'invaso di Gello. Nell'area pistoiese è stato ritenuto opportuno reperire una risorsa alternativa rappresentata da un accumulo di acqua superficiale di adeguata capacità e a quota idonea per garantire la distribuzione a gravità verso il centro cittadino e le zone adiacenti. Il Bacino della Giudea, in località di Gello, nel comune di Pistoia, si presta bene a questo ruolo, essendo situato a monte della città di Pistoia ed alimentato da acqua di buona qualità. Tale bacino sarà utilizzato come riserva di acqua grezza stagionale, per sopperire al deficit del periodo estivo. La funzione strategica è legata alla costituzione di una riserva idonea, in caso di fallanza delle altre fonti di approvvigionamento.”*

La diga dell'invaso della Giudea, per le sue caratteristiche dimensionali, è opera da sottoporre a Valutazione di Impatto Ambientale – VIA ai sensi del DPCM 27.12.88,

nell'ambito di competenza del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Nell'ambito di competenza del Ministero sono infatti inclusi gli "... impianti destinati a trattenerne, regolare o accumulare le acqua in modo durevole di altezza superiore a 15 m o che determinano un volume d'invaso superiore ad 1.000.000 m<sup>3</sup>, nonché impianti destinati a trattenerne, regolare o accumulare le acque ai fini energetici in modo durevole, di altezza superiore a 10 m o che determinano un volume di invaso superiore a 100.000 m<sup>3</sup>".

Gli ambiti interessati dalla realizzazione di uno sbarramento fluviale ovvero di un invaso artificiale, quale quello della Giudea a Gello (PT), sono di tipo socio – economico, di sicurezza e di tipo ambientale.

Nell'analisi dell'ambito socio – economico, vengono considerati essenzialmente i rapporti costi di investimento – benefici derivanti dalla realizzazione dell'opera. Di questo è stato detto brevemente nella premessa al presente quadro di riferimento, e fa parte in ogni caso delle motivazioni generali e del riferimento programmatico legati alla realizzazione dell'opera.

Competono al Registro Italiano Dighe (RID) gli aspetti di sicurezza idraulica e anche ambientali, derivanti dalla gestione del sistema costituito dall'invaso, dal relativo sbarramento e da tutte le opere complementari e accessorie, nonché la vigilanza sulle opere di derivazione e di adduzione all'utilizzazione, comprese le condotte forzate. Il progetto di ripristino dell'invaso della Giudea prevede dunque l'adeguamento delle opere di sbarramento e scarico alla vigente normativa e necessita dell'approvazione del RID preposto appunto alla vigilanza ed al controllo di queste grandi opere.

Il contesto ambientale, ovvero gli effetti fisico – biologici di rilievo che possono essere determinati dalla realizzazione e dall'esercizio di uno sbarramento, del quale ci occuperemo qui di seguito, per le caratteristiche peculiari dell'invaso in derivazione della Giudea, sono riconducibili essenzialmente alla tutela della risorsa idrica ovvero alla riduzione della portata a valle dell'opera di presa che può causare impatti agli ecosistemi acquatici, la pesca, il paesaggio, e al fenomeno dell'interrimento del serbatoio ovvero la riduzione della sua capacità di accumulo. In realtà tali effetti vedremo possono essere adeguatamente tenuti sotto controllo predisponendo adeguati sistemi monitoraggio e definendo opportune regole di gestione.

Dopo la descrizione del contesto normativo essenziale di riferimento, la relazione riporta un'analisi del contesto idrologico del bacino in cui ricadono le opere del progetto dell'invaso della Giudea, con particolare attenzione alla stima dei deflussi nella sezione dove si trova l'opera di presa sul Torrente Vincio di Brandeglio.

L'ambito normativo di riferimento della descrizione del contesto ambientale di uno sbarramento fluviale è riconducibile essenzialmente alla tutela della risorsa idrica ovvero sia al minimo deflusso vitale a valle, ovvero anche alla qualità delle acque superficiali, di competenza in questo dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, sia agli aspetti ambientali e di sicurezza idraulica della progettazione, costruzione ed esercizio, di competenza del Registro Italiano Dighe.

La legge 183/89 recante "Norme per il riassetto funzionale e organizzativo della difesa del suolo" ha praticamente introdotto per la prima volta il termine di Minimo Deflusso Vitale in maniera esplicita, proponendo di garantire un "deflusso minimo costante vitale" tale da non provocare danni alle biocenosi acquatiche dei corsi d'acqua soggetti a captazione, portandolo all'attenzione critica anche dei non addetti ai lavori ed evidenziandone soprattutto il carattere di parametro vincolo per la fattibilità di qualsiasi derivazione antropica.

Successivamente la legge 36/94 (Legge Galli) introduce una chiave di lettura dell'argomento apparentemente più flessibile, infatti, dal concetto piuttosto rigido di portata minima costante da garantire al corso d'acqua, si passa a parlare di derivazioni che vanno

regolate al fine di garantire un livello di deflusso che sia compatibile con la vita degli alvei sottesi e tale da non provocare danni agli equilibri degli ecosistemi interessati.

Il D.L. 152/99, all'art. 22 comma 1, pone in evidenza tutta la complessità del problema, infatti enunciando che "La tutela quantitativa della risorsa concorre al raggiungimento degli obiettivi di qualità attraverso una pianificazione delle utilizzazioni delle acque volta ad evitare ripercussioni sulla qualità delle stesse e a consentire un consumo idrico sostenibile" sottolinea in pratica lo stretto e scontato legame di dipendenza quantità-qualità. Pertanto l'elaborazione dei piani di tutela dovrà necessariamente contenere delle chiare indicazioni in proposito, che coinvolgeranno necessariamente anche il concetto di DMV.

Recentemente il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha definito, nel DM 28 luglio 2004 (GU n. 268 del 15/11/04), le linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, ovvero "La portata istantanea che deve garantire la salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corpo idrico, chimico-fisiche delle acque nonché il mantenimento delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali". In particolare si può osservare come concettualmente si pone in evidenza lo stretto rapporto quantità-qualità.

Ai sensi dell'art. 22, del D. Lgs. 152/99 è compito delle Autorità di Bacino definire l'equilibrio del bilancio idrico all'interno del bacino per assicurare l'equilibrio tra le disponibilità di risorse reperibili ed i fabbisogni per i diversi usi, nel rispetto dei criteri di solidarietà, risparmio e rinnovo delle risorse "per non pregiudicare il patrimonio idrico, la vivibilità dell'ambiente, l'agricoltura, la fauna e la flora acquatiche, i processi geomorfologici e gli equilibri idrologici" (Regione Toscana, 2005).

L'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha predisposto lo schema di progetto di Piano Stralcio "Bilancio Idrico", indicando, in attesa di determinazioni più specifiche, come indice del deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua del bacino dell'Arno, un valore di portata minima statisticamente valido, per le sezioni fluviali munite di misure di portata, pari alla  $Q_{7,10}$  ovvero alla minima portata media settimanale con tempo di ritorno 10 anni. Il calcolo è stato condotto sia con i deflussi misurati sia con quelli "naturali" stimati tenendo conto di prelievi e scarichi. Il  $Q_{7,10}$  naturale è risultato generalmente inferiore alla portata calcolata in base alla formula  $1,6 \text{ l/s per Km}^2$  di area di bacino.

Nell'ambito di una completa caratterizzazione dei sistemi idrici deve essere posta attenzione anche alla qualità delle acque superficiali al fine di individuare i corpi già a grave criticità ambientale qualitativa e quelli in condizioni discrete o buone per i quali gli impatti dovuti agli scarichi di acque di piattaforma potrebbero essere particolarmente dannosi. La qualità delle acque viene individuata sulla base degli studi condotti in fase *ante operam*. Gli studi devono raccogliere i dati delle analisi chimico-fisiche e biologiche condotte in diverse stazioni ubicate sui corsi d'acqua interessati dalle opere dalle quali è possibile definire l'Indice Biotico (IBE) e la classe di qualità biologica correlata. La caratterizzazione qualitativa dei corpi idrici avviene, in conformità con quanto stabilito dalla normativa di riferimento già citata, D.Lgs 152/99 e D.Lgs 183/2000, in relazione alla definizione di:

- Stato ecologico: è l'espressione della complessità degli ecosistemi acquatici e della natura fisica e chimica delle acque e dei sedimenti, delle caratteristiche del flusso idrico e della struttura fisica del corpo idrico, considerando prioritario lo stato degli elementi biotici dell'ecosistema.
- Stato chimico: è definito in base alla presenza di macroinquinanti ovvero di sostanze chimiche pericolose individuate per tipologia e valori soglia in apposito elenco nella direttiva 76/464/CEE e seguenti.
- Stato ambientale: è definito in relazione al grado di scostamento rispetto alle condizioni di un corpo idrico di riferimento ovvero quello con caratteristiche biologiche, idromorfologiche e fisico-chimiche tipiche di un corpo idrico relativamente immune da impatti antropici classificato come stato ambientale elevato.

Dal punto di vista della compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio degli sbarramenti di ritenuta (dighe traverse) di riferimento è il DPR n° 1363 del 1.11.1959 (G.U. n° 72 del 24 Marzo 1960), che per la parte seconda (Norme Tecniche) è stato modificato dal DM 24 Marzo 1982 (G.U. 4 agosto 1982. n. 212 supplemento), e sulle successive Leggi e Circolari in materia di dighe.

Infatti con la legge 183/89 di Difesa del Suolo è stata definita la competenza tra lo Stato e le Regioni in materia di dighe. Il Servizio Dighe insieme agli altri Servizi Tecnici Nazionali è stato trasferito alla Presidenza del Consiglio dei Ministri e chiamato Servizio Nazionale Dighe. Le più recenti modifiche all'organizzazione dello Stato hanno visto il Servizio Nazionale Dighe trasformato in Registro Italiano Dighe (RID), quale ente pubblico non economico vigilato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Ente dove anche le Regioni hanno i loro rappresentanti. L'organizzazione dei controlli sul territorio è rimasta la stessa.

I compiti del RID attengono, fra l'altro, anche agli aspetti ambientali e di sicurezza idraulica derivanti dalla gestione del sistema costituito dall'invaso, dal relativo sbarramento e da tutte le opere complementari e accessorie, nonché la vigilanza sulle opere di derivazione e di adduzione all'utilizzazione, comprese le condotte forzate.

Il RID provvede, ai fini della tutela della pubblica incolumità, all'approvazione tecnica dei progetti delle grandi dighe (quelle che superano i 15 metri di altezza o che determinano un volume superiore al 1.000.000 di metri cubi), tenendo conto anche degli aspetti ambientali e di sicurezza idraulica derivanti dalla gestione del sistema costituito dall'invaso, dal relativo sbarramento e da tutte le opere complementari e accessorie; provvede inoltre, alla vigilanza sulla costruzione delle dighe di competenza e sulle operazioni di controllo e gestione spettanti ai concessionari.

L'attività istituzionale del RID è disciplinata, per gli aspetti procedurali ed autorizzativi, dal D.P.R. 10.11.1959, n.1363 "Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta" nonché, per quanto concerne la normativa tecnica di settore, dal D.M. LL.PP. 24.3.1982.

Il RID provvede :

- all'approvazione dei progetti delle opere di derivazione dai serbatoi e di adduzione all'utilizzazione, comprese le condotte forzate nonché alla vigilanza sulle operazioni di controllo che i concessionari saranno tenuti ad espletare sulle medesime opere (art.6, comma 4 bis, della legge 1.8.2002, n.166, come integrato dall'art.5 bis, comma 1, della legge 24.11.2003, n.326; art.10, comma 2, del D.P.R. 24.3.2003, n.136);
- al monitoraggio delle grandi dighe concernenti, fra l'altro, gli aspetti di sicurezza idraulica, anche nell'interesse del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri (art.3, comma 3, del decreto legge 29.3.2004, n.79 convertito con legge 28.5.2004, n.139);
- all'esame delle rivalutazioni delle condizioni di sicurezza sismica ed idraulica delle grandi dighe, presentate dai concessionari in conseguenza della variata classificazione sismica dei siti ovvero dei ridotti franchi di sicurezza (art.4 del decreto legge 29.3.2004, n.79 convertito con legge 28.5.2004, n.139);
- all'affiancamento tecnico-scientifico delle Autorità di Protezione Civile, per il governo delle piene nei corsi d'acqua (Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27.2.2004);
- all'assistenza tecnica, alla consulenza e perizia tecnica per le opere non soggette alla successiva approvazione da parte del RID, su richiesta di amministrazioni, enti pubblici o privati (art.10, comma 4, lettera "b" del D.P.R. 24.3.2003 n.136);
- all'organizzazione di corsi di formazione ed aggiornamento su argomenti interessanti il campo delle dighe (art.10, comma 4, lettera "a" del D.P.R. 24.3.2003 n.136);

- alla promozione di studi e conferenze ed alla stipula di accordi con organismi, anche esteri, nelle materie di proprio interesse (art.10, comma 4, lettera "d" del D.P.R. 24.3.2003 n.136);
- all'individuazione dei codici di calcolo automatico di verificata attendibilità per la definizione e lo sviluppo dei progetti e l'indicazione delle modalità di rappresentazione dei relativi risultati (art.10, comma 5, lettera "b" del D.P.R. 24.3.2003 n.136);
- alla definizione dei requisiti tecnici, costruttivi e funzionali per l'omologazione della strumentazione per il controllo delle dighe (art.10, comma 5, lettera "d" del D.P.R. 24.3.2003 n.136);
- all'individuazione delle modalità di trattamento e archiviazione informatica dei dati sperimentali e della loro trasmissione alla banca dati del RID (art.10, comma 5, lettera "e" del D.P.R. 24.3.2003 n.136).

L'articolo 40 del D.lgs. 152/99 riguardante le dighe stabilisce, al comma 2, che «al fine di assicurare il mantenimento della capacità di invaso e la salvaguardia sia della qualità dell'acqua invasata, sia del corpo recettore, le operazioni di svaso, sghiaimento e sfangamento delle dighe sono effettuate sulla base di un progetto di gestione di ciascun impianto. Il progetto di gestione è finalizzato a definire sia il quadro previsionale di dette operazioni connesse con le attività di manutenzione da eseguire sull'impianto sia le misure di prevenzione e tutela del corpo ricettore, dell'ecosistema acquatico, delle attività di pesca e delle risorse idriche invasate e rilasciate a valle dello sbarramento durante le operazioni stesse».

In questo decreto legislativo, pur facendo riferimento ad un progetto di gestione degli impianti, non venivano fornite delle linee guida per la sua redazione; queste sono state definite successivamente nel D.lgs. del 30 Giugno 2004 che stabilisce i “*Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi*”.

Il documento, dopo aver indicato le proprie finalità ed i tipi di opere che vi devono essere soggette, dà alcune definizioni. Negli articoli successivi definisce la natura del progetto di gestione che “*predisposto dal gestore e approvato dalle regioni, previo parere preventivo dell'amministrazione competente a vigilare sulla sicurezza dell'invaso e dello sbarramento, è finalizzato a definire il quadro previsionale delle operazioni di svaso, sfangamento e spurgo connesse con le attività di manutenzione dell'impianto, da eseguirsi anche per stralci, per assicurare il mantenimento ed il graduale ripristino della capacità utile propria dell'invaso, e per garantire prioritariamente in ogni tempo il funzionamento degli organi di scarico e di presa, nonché a definire i provvedimenti da porre in essere durante le suddette operazioni per la prevenzione e la tutela delle risorse idriche invasate e rilasciate a valle dello sbarramento, conformemente alle prescrizioni contenute nei piani di tutela delle acque e nel rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici interessati*”.



## **2.2.1 Descrizione dello stato attuale**

Il serbatoio della Giudea, in località Gello, nel Comune di Pistoia, si colloca ai piedi delle colline in destra del Torrente Ombrone Pistoiese a circa 3 km, in direzione NNO, dal centro della città. L'opera venne concepita per la modulazione e l'accumulo, ad uso acquedottistico, delle portate invernali e primaverili del T. Vincio di Brandeglio.

L'invaso della Giudea è un tipico vaso in derivazione, presenta infatti un manufatto di presa sul Torrente Vincio di Brandeglio, appartenente ad un bacino limitrofo, da cui preleva una certa portata e un bacino direttamente sotteso trascurabile almeno ai fini della portata affluente media annua.

Il sistema di approvvigionamento idrico, ultimato e collaudato alla fine del 1973, ha funzionato regolarmente fino al 1990, anno in cui si sono verificate, prima sul rinfianco di monte della diga, poi sulla sponda sinistra del serbatoio, alcuni dissesti per i quali è stato ordinato lo svuotamento del lago. Successivamente, con il parere favorevole del Servizio Dighe, è stata progettata e realizzata una impermeabilizzazione provvisoria, posta a monte dello sbarramento, per mezzo della quale, in attesa del ripristino generale, si è potuto realizzare un vaso parziale provvisorio.

### **2.2.1.1 CONTESTO TERRITORIALE**

Di seguito si riporta un'analisi del contesto territoriale e idrologico del bacino idrografico in cui ricadono le opere in progetto dell'invaso della Giudea (Figura 2.2.1). Oltre alla caratterizzazione idrologica verrà poi presentata una descrizione delle opere in alveo presenti.

L'invaso si trova su bacino del Rio Fontanacci. Tuttavia i bacini che vengono interessati dalla costruzione dello sbarramento e dalle opere accessorie sono essenzialmente quello del Torrente Vincio di Brandeglio nonché i bacini dei torrenti Tazzera su cui insiste lo scarico di superficie e quello dello stesso Rio Fontanacci ove versa lo scarico di fondo. Una descrizione del funzionamento idraulico verrà illustrato più avanti.

La descrizione del contesto territoriale e idrologico è stata effettuata per l'intero territorio del Torrente Ombrone Pt.se fino alla sezione idrometrica di Pontelungo posta a valle della cassa di espansione "Laghi Primavera". I dati e le informazioni ricostruite fanno parte di un Sistema Informativo Georeferenziato di tipo idrologico (Figura 2.2.2) costruito *ad hoc* e possono essere utilizzati anche per altre esigenze di pianificazione e progettazione.

Il sistema informativo idrologico è stato costruito utilizzando il pacchetto *software* HEC-GeoHMS ovvero l'estensione "Geospatial Hydroloc Modeling" del GIS ArcView della ESRI, sviluppato e reso disponibile gratuitamente dall'U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Hydrologic Engineering Center (2003) (<http://www.hec.usace.army.mil/>). La versione numero 1.1. è quella utilizzata.

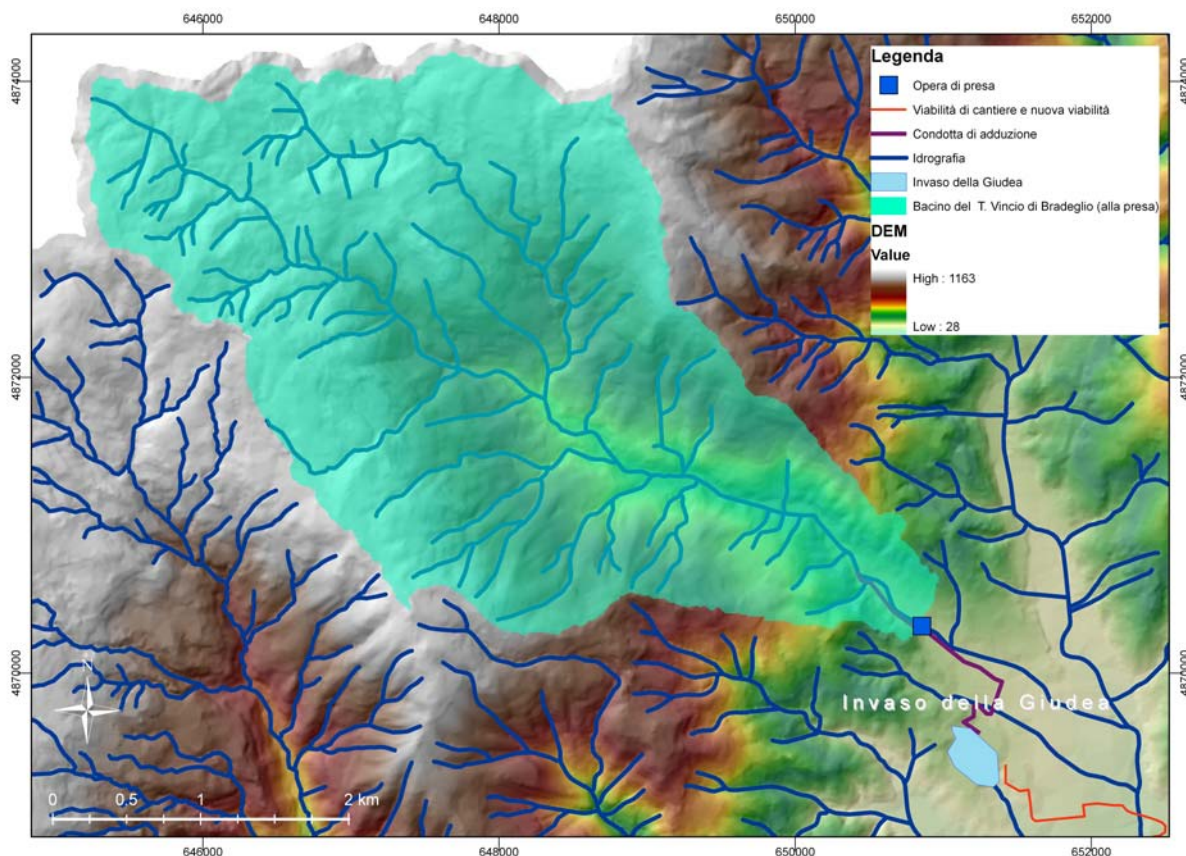


Figura 2.2.1 – Inquadramento dell’area dell’invaso della Giudea e localizzazione delle opere.

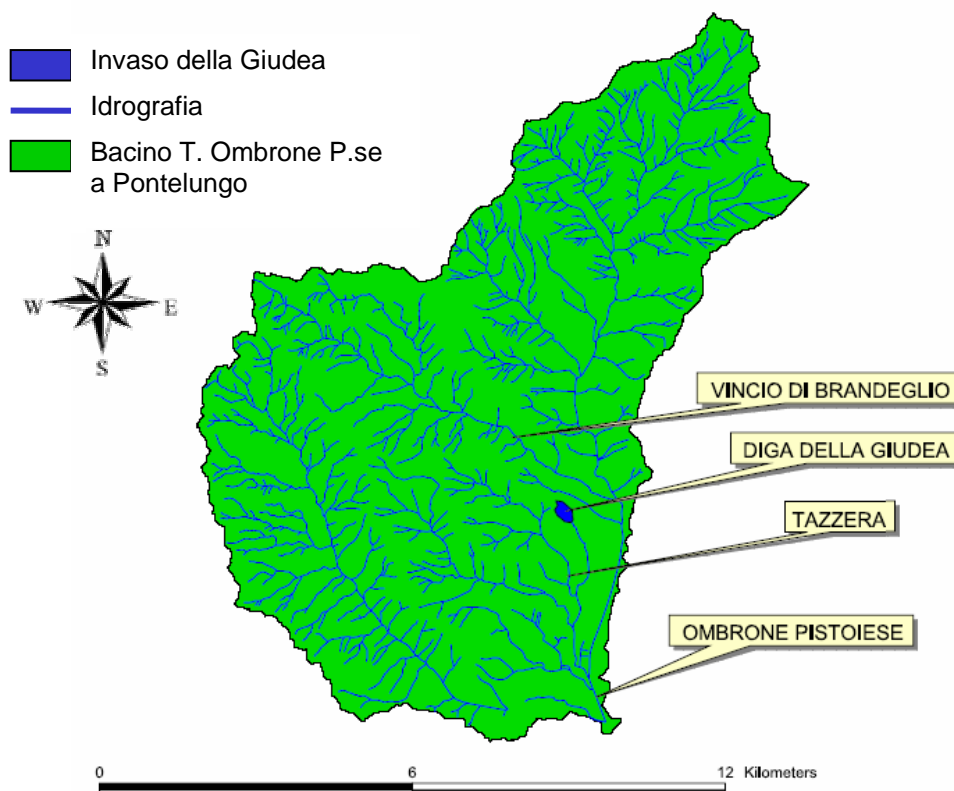


Figura 2.2.2 – Bacino e reticolo idrografico del T. Ombrone Pistoiese con la localizzazione dell’invaso della Giudea e dei corsi d’acqua interessati dalla realizzazione dell’opera.

La caratterizzazione idromorfologica dei bacini idrografici interessati dalla costruzione delle opere si basa su un Modello Digitale di Elevazione del terreno o DEM in formato GRID o griglia. Il software HEC-GeoHMS permette infatti, sulla base dell’analisi spaziale, svolta cella per cella, del modello di elevazione del terreno in formato *raster/grid*, di interpretare i dati di elevazione del terreno e di generare un modello rappresentativo del bacino e del reticolo idrografico, compatibile con i canoni utilizzati dal modello idrologico HEC-HMS, e contenente le informazioni fisiche relative ai singoli elementi del modello.

La definizione del modello di bacino e l’analisi spaziale, si basano fondamentalmente sul processo di determinazione delle caratteristiche di *flow direction* e di *flow accumulation*, per ogni cella della griglia del DEM. Per mezzo di queste caratteristiche, il programma simula il movimento del deflusso idrico sulla superficie del bacino idrografico ed individua le celle che compongono il reticolo idrografico, suddividendo il bacino in sottobacini (Figura 2.2.3).

Qui di seguito si descrivono sinteticamente i bacini idrografici dei Torrenti Ombrone Pistoiese e Vincio di Brandeglio.



Figura 2.2.3 – Bacino idrografico del Torrente Pistoiese a Pontelungo; bacino idrografico del T. Vincio di Brandeglio all’opera di presa e alla confluenza; bacino idrografico del T. Tazzera.

### 2.2.1.1.1 Il Torrente Ombrone Pistoiese a Pontelungo

Il bacino del Torrente Ombrone Pistoiese, affluente di destra del Fiume Arno, in corrispondenza della sezione di chiusura posta a Pontelungo, si estende per circa 84 km<sup>2</sup>. Esso ricade interamente nella Provincia di Pistoia.

Il bacino è compreso tra una quota massima di 1105 m s.l.m. e una quota minima di 65 m s.l.m.. L’asta principale dell’Ombrone Pistoiese, il cui profilo altimetrico, ottenuto dal Modello Digitale di Elevazione del Terreno (Figura 2.2.4), utilizzando il GIS ArcView, è riportato in Figura 2.2.5, misura a Pontelungo circa 14 km.

Per ottenere la curva ipsografica (Figura 2.2.6) è stato invece utilizzata l’estensione “Basin” di Arcview resa disponibile gratuitamente dell’EPA. che fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche a partire dal Modello Digitale di Elevazione del terreno o DEM del bacino.

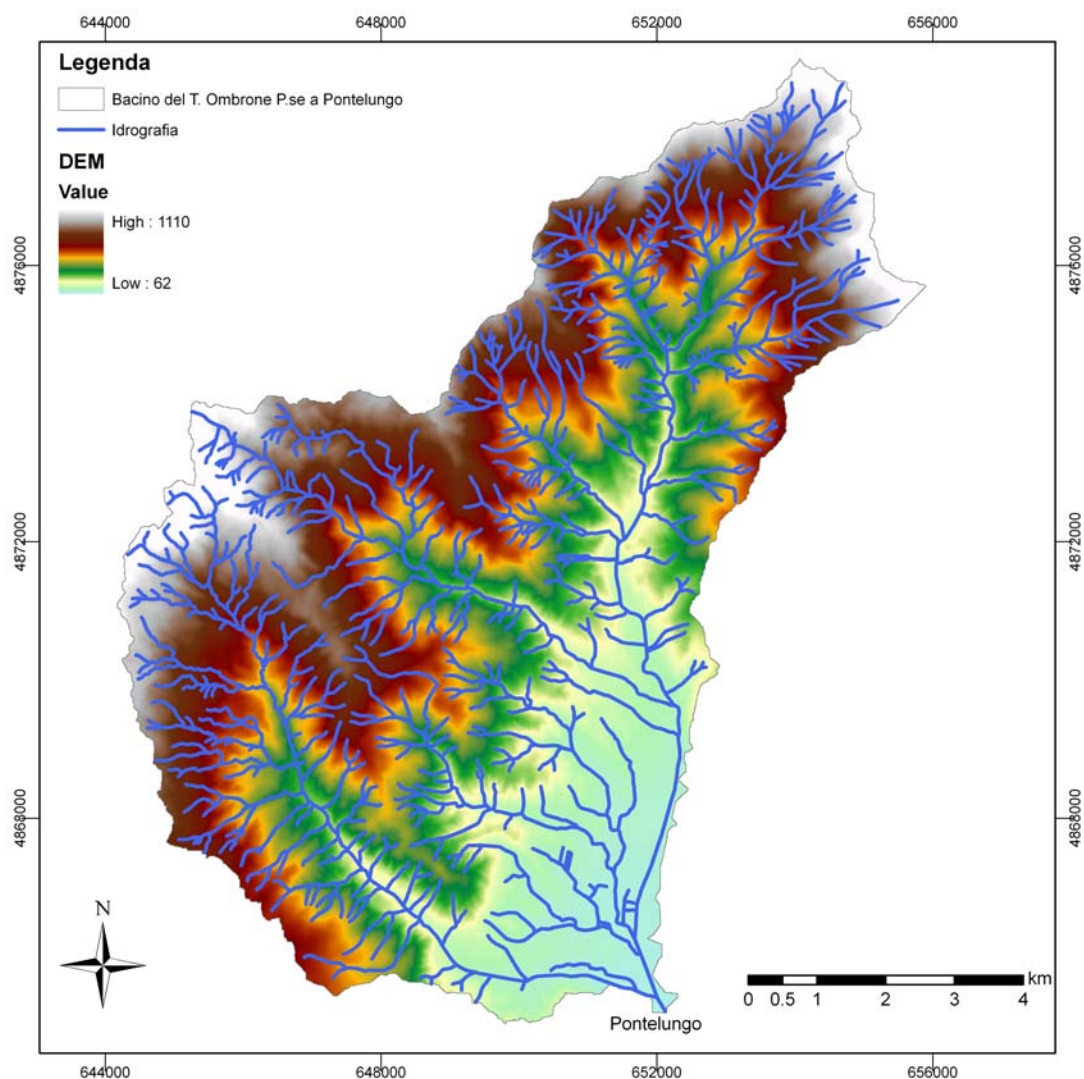


Figura 2.2.4 – Modello Digitale di Elevazione del terreno del Bacino del Torrente Ombrone Pistoiese a Pontelungo e reticolo idrografico.

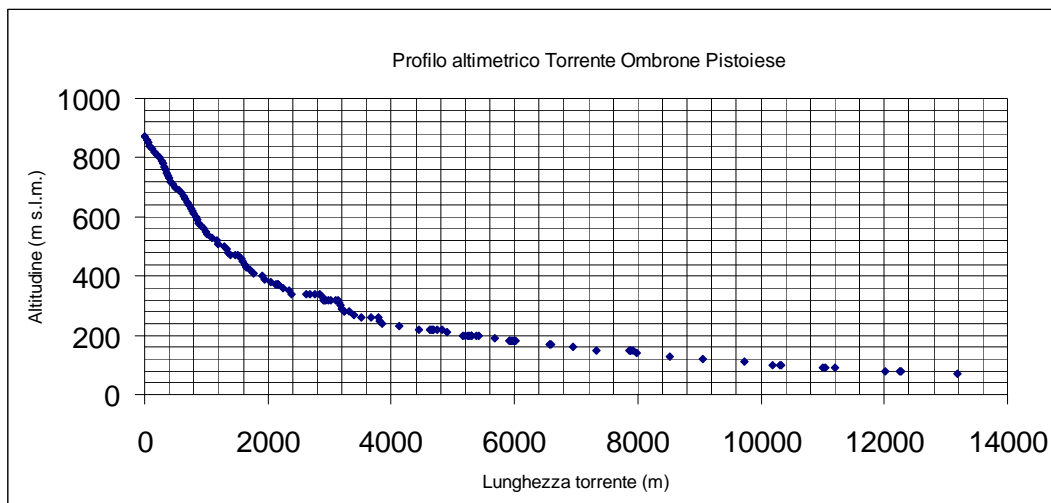


Figura 2.2.5 – Profilo altimetrico del Torrente Ombrone Pistoiese ricostruito con ArcView dal Modello Digitale di Elevazione del terreno.

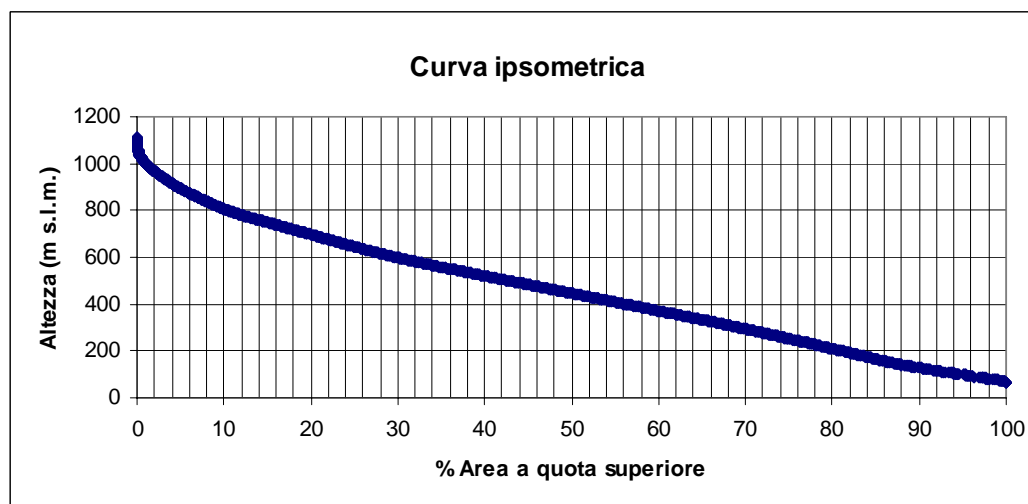


Figura 2.2.6 – Curva ipsometrica del bacino del Torrente Ombrone Pistoiese ricostruita con l’estensione “Basin” di Arcview dal Modello Digitale di Elevazione del terreno.

#### 2.2.1.1.2. Il Torrente Vincio di Brandeglio all’opera di presa

All’invaso della Giudea arrivano i contributi idrici derivati dalla presa sul Torrente Vincio di Brandeglio che sottende un bacino imbrifero di circa  $12.4 \text{ km}^2$ .

Il Vincio di Brandeglio è uno dei numerosi torrenti che, con un corso breve, scendono dalle colline verso la pianura pistoiese. Nasce dai monti posti a nord-ovest di Pistoia, tra cui Poggiobello che supera i  $1000 \text{ m}$  d’altitudine, che dividono la valle dell’Ombrone da quelle della Liesina e del Reno e dopo un percorso di circa  $8 \text{ km}$  confluisce, a Gello, nell’Ombrone di cui costituisce uno dei principali affluenti.

Il Vincio di Brandeglio si forma in località Mulino della Sega, nei pressi dell’abitato di Cucciano, dopo la confluenza dei suoi due principali rami: il Vincio delle Piagge e il Vincio di Cireglio, due corsi d’acqua che scorrono racchiusi tra strette pareti. Dopo la confluenza la valle diviene più ampia, con i pendii meno scoscesi e con un fondovalle a tratti ampio e pianeggiante. Il fitto manto boscoso che ricopre i versanti si fa più rado e cominciano a comparire, in particolare sul versante settentrionale esposto a mezzogiorno, ampie aree

coltivate con olivi ed alberi da frutto. Via via che si scende verso la pianura il versante settentrionale diviene sempre più coltivato mentre quello meridionale mantiene ampi spazi coperti da un fitto bosco ceduo alternato a residue selve di castagni.

Al fine del progetto, è stato assunto come bacino contribuente il bacino sotteso alla presa sul Torrente Vincio di Brandeglio, del quale si riportano qui di seguito le principali caratteristiche idrologiche (Tabella 2.2.1).

Tabella 2.2.1 – Caratteristiche del Bacino idrografico del Torrente Vincio di Brandeglio.

<b>Proprietà</b>	<b>valore</b>
Area imbrifera	12.4 km <sup>2</sup>
Altitudine media	580 m s.l.m.
Precipitazione media	1750 mm
Lunghezza asta principale	7 km

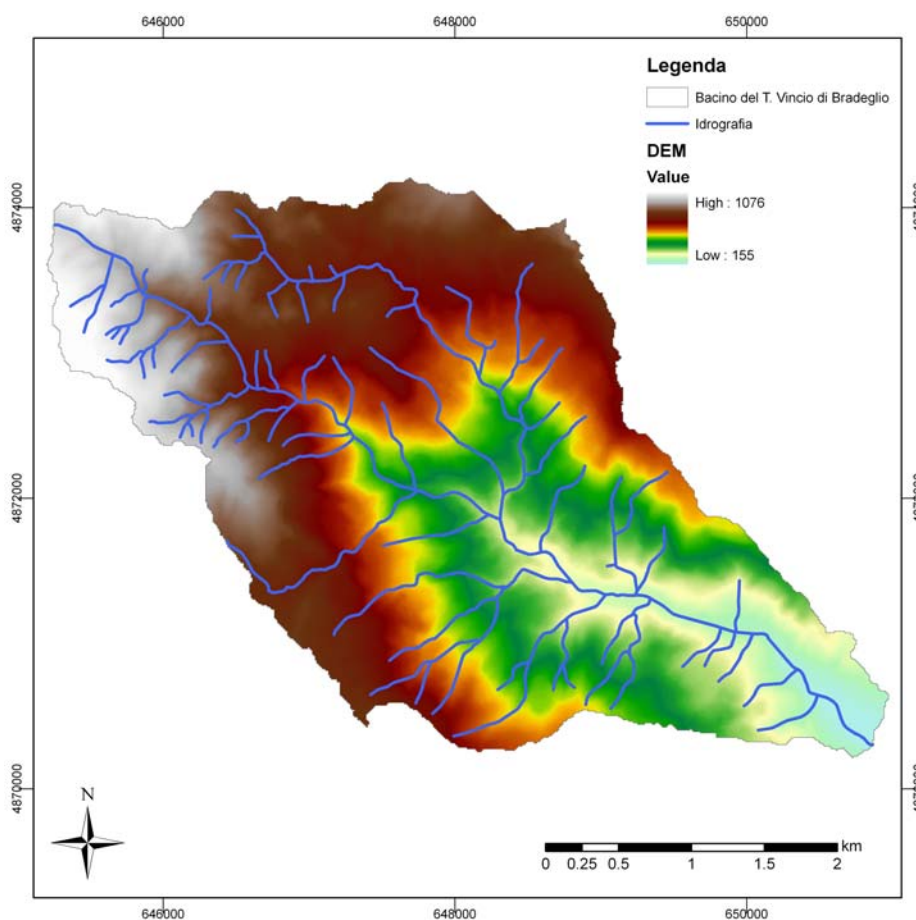


Figura 2.2.7 – Modello Digitale di Elevazione del terreno del Bacino del Torrente Vincio di Brandeglio alla presa per l’invaso della Giudea e reticolo idrografico.

Analogamente a quanto fatto per il Torrente Ombrone P.se con Arcview ed estensioni di Arcview a partire dal DEM sono stati ricavati il profilo altimetrico (Figura 2.2.8) e la curva ipsografica (2.2.9) del bacino del Torrente Vincio di Brandeglio

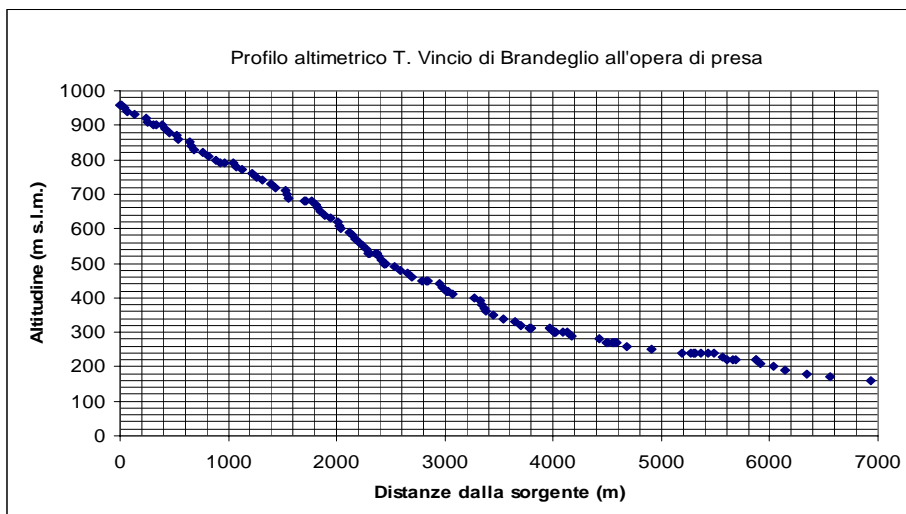


Figura 2.2.8 – Profilo altimetrico del Torrente Vincio di Brandeglio ricostruito con ArcView, dal Modello Digitale di Elevazione del terreno.

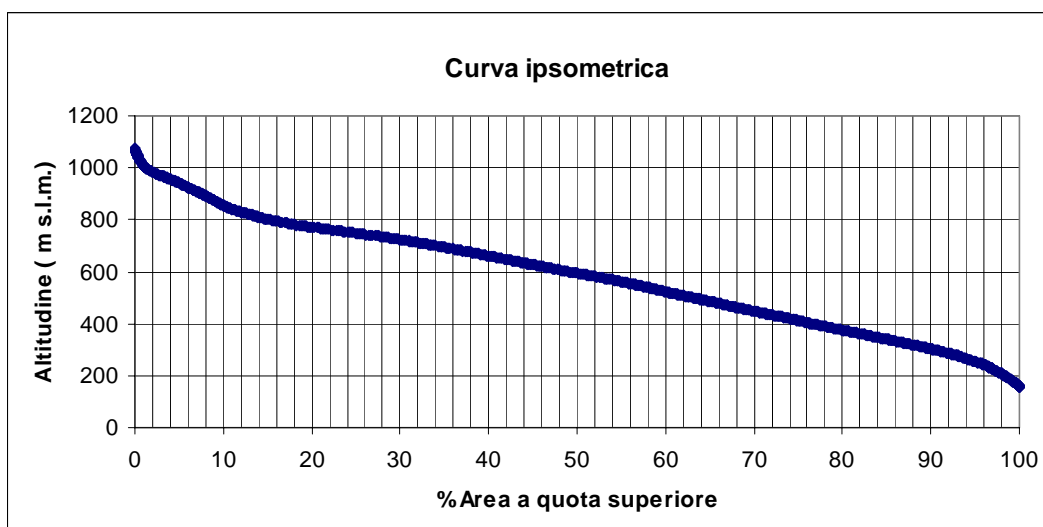


Figura 2.2.9 – Curva Ipsometrica del bacino del T. Vincio di Brandeglio ricostruita, con l'estensione "Basin" di Arcview, dal Modello Digitale di Elevazione del terreno.



Figura 2.2.10 – Fotografie di sezioni del tratto montano del Torrente Vincio di Brandeglio.

### 2.2.1.1.3. Caratterizzazione dello stato delle opere in alveo

Il tratto di alveo più dettagliatamente analizzato inizia dalla località La Sega nel comune di Pistoia a circa 300 m s.l.m. di altezza, fino ad una briglia poco a monte della confluenza con l'Ombrone Pistoiese, per una di circa 4800 m.

Più a monte il Torrente Vincio di Brandeglio presenta una pendenza e una morfologia a gradinata (tipo *cascade*) molto irregolare (Figura 2.2.10).

La campagna di rilievi sul torrente Vincio di Brandeglio è stata anche l'occasione per caratterizzare lo stato delle opere in alveo. Nel tratto studiato sono presenti infatti undici briglie e tre ponti.

Lo stato dell'alveo presenta numerose opere trasversali che negli anni sono state realizzate a servizio delle attività locali. Le numerose soglie e briglie infatti sono riconducibili più a esigenze di derivazione della risorsa che per stabilizzazione dell'alveo. Eventuali risistemazioni e riqualificazioni ambientali non potranno tuttavia prescindere dal profilo altimetrico attuale del torrente.

Si riportano di seguito le situazioni più critiche così come rilevate al momento dei sopralluoghi.

#### Briglia a monte dell'opera di presa

La briglia, alta 8 m, si trova circa 200 m a monte dell'opera di presa per l'invaso della Giudea. Dalle fotografie nelle Figure 2.2.11 e 2.2.12 si possono vedere i principali effetti morfologici prodotti:

- *deposito a monte*: viene diminuita la pendenza nel letto fluviale a monte dell'opera, creando un fenomeno di deposito (Figura 2.2.11);
- *erosione a valle*: la briglia induce incisione verso valle. Infatti interrompendo la continuità nel trasporto solido si induce un deficit di sedimenti a valle. Come risultato dell'incisione appare evidente il danneggiamento oltre ai fenomeni localizzati di scavo al piede della briglia (Figura 2.2.12).



Figura 2.2.11 – Fotografie del deposito di sedimenti nel tratto immediatamente a monte della briglia a monte dell'opera di presa.





Figura 2.2.12 – Fotografie dello scavo al piede della briglia a monte dell'opera di presa dell'invaso della Giudea.

Briglia immediatamente a valle dell'opera di presa

La briglia, alta 6 m, si trova immediatamente a valle della presa per l'invaso della Giudea. Dalle fotografie in Figura 2.2.13 si possono vedere i principali effetti morfologici prodotti:

- *erosione a valle;*
- *instabilità laterale:* l'incisione è accompagnata dall'instabilità laterale e da cambiamenti nella larghezza del canale che hanno innescato l'erosione di sponda.

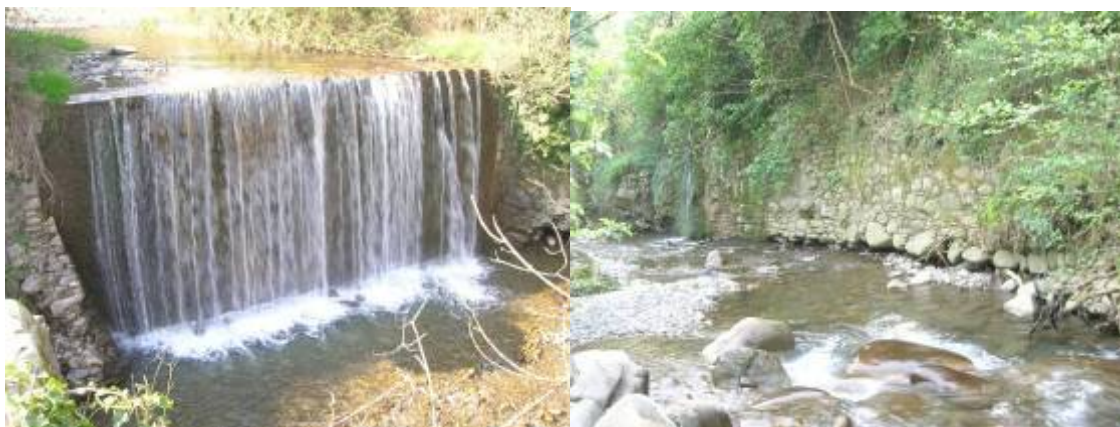


Figura 2.2.13 – Fotografie dello scavo e dell'instabilità laterale di sponda immediatamente a valle della briglia a valle dell'opera di presa.

Briglia a valle di ponte Agnolo

La briglia, alta 3 m, si trova circa 300 m a valle di ponte Agnolo.

Dalle fotografie in Figura 2.2.14 si possono vedere i principali effetti morfologici prodotti:

- *erosione a valle;*
- *instabilità laterale.*



Figura 2.2.14 – Fotografie dello scavo e dell’instabilità laterale di sponda al piede della briglia a valle di ponte Agnolo.

### 2.2.1.2 ANALISI IDROLOGICA

L’analisi idrologica è stata effettuata mediante un modello idrologico distribuito descritto nell’allegato 2.F che ha permesso la ricostruzione del bilancio idrologico alla scala di bacino idrografico, per il Torrente Ombrone P.se e il sottobacino del T. Vincio di Brandeglio. Sono stati esaminati i dati di precipitazione e di temperatura, per periodi mediamente di circa 30 anni, di alcune stazioni ricadenti nei bacini studiati o limitrofi.

Mediante il modello idrologico è stato possibile ricostruire la curva di durata delle portate per caratterizzare il regime idrologico e definire le risorse idriche disponibili, quale contributo conoscitivo alla valutazione del minimo deflusso vitale.

I risultati ottenuti dal bilancio idrologico, su base mensile, utilizzati in modo congiunto con un modello probabilistico dei deflussi, hanno permesso di ricostruire le curve di durata delle portate confrontate con quelle rese disponibili dall’Autorità di Bacino del Fiume Arno. In particolare la curva di durata delle portate del bacino idrografico dell’Ombrone Pistoiese è servita anche per la calibrazione del modello.

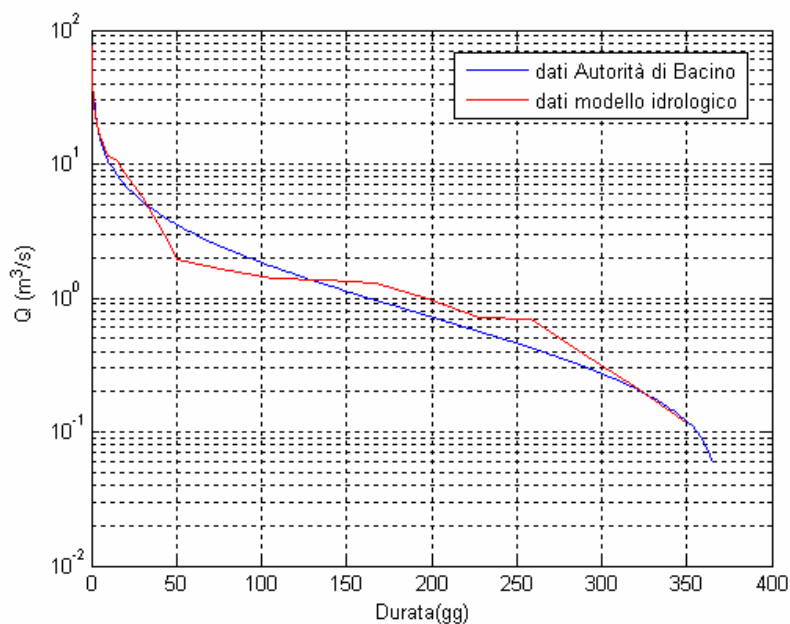


Figura 2.2.15 – Curva di durata del Torrente Ombrone Pistoiese a Pontelungo.

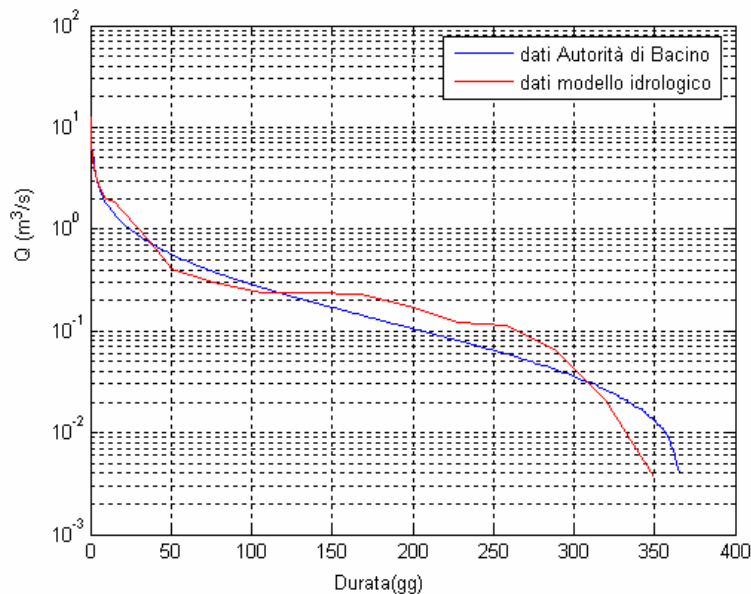


Figura 2.2.16 – Curva di durata del Torrente Vincio di Brandeglio alla confluenza con il Torrente Ombrone Pistoiese.

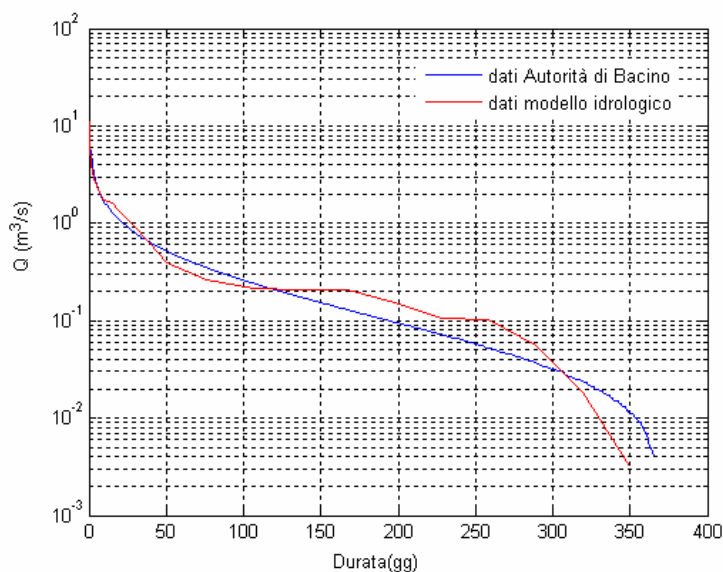


Figura 2.2.17 – Curva di durata del Torrente Vincio di Brandeglio all’opera di presa per l’invaso della Giudea.

Dal confronto emerge globalmente un buon risultato della modellazione nonostante la semplicità nella schematizzazione delle componenti del bilancio idrologico. Il modello probabilmente sovrastima leggermente i volumi totali di deflusso, tendendo a sovrastimare il deflusso di base. In ogni caso anche le curve di durata di riferimento, rese disponibili dall’Autorità di Bacino del Fiume Arno, non appaiono basate su misure dirette essendo disponibili solo i dati idrometrici della stazione di Pontelungo a partire da 1992.

L’utilizzo dell’approccio distribuito scaturisce dall’esigenza di stimare le curve di durata in altre due sezioni del bacino, ossia all’opera di presa del Vincio di Brandeglio e alla

confluenza del Vincio sull'Ombrone. Confrontate con i valori dell'Autorità di Bacino del F. Arno, anche queste curve riescono a riprodurre bene i deflussi nelle sezioni di chiusura. Pertanto la modellazione effettuata è in grado di riprodurre il comportamento idrologico del bacino idrografico del fiume Ombrone ed è di notevole utilità nella pianificazione della gestione della risorsa idrica.

L'approccio utilizzato è per di più di carattere completamente generale e può essere applicato in altri contesti, con la cautela di calibrare il modello mediante misurazioni, o in assenza mediante considerazioni legate al comportamento di corsi d'acqua con analoghe caratteristiche.

### **2.2.1.3 SCHEMA IDRAULICO LOCALE**

L'invaso della Giudea è posto quasi adiacente alla linea di spartiacque del bacino del Rio Fontanacci. La superficie totale del bacino allacciato è di  $0.15 \text{ km}^2$  costituito, alla quota di massimo vaso, principalmente dal lago stesso. L'esiguità del bacino sotteso ci permette di considerare l'invaso, ai fini del calcolo delle portate derivabili, come un serbatoio la cui unica fonte di approvvigionamento sia costituita dalla portata derivata tramite l'opera di presa sul torrente Vincio di Brandeglio. L'invaso della Giudea si presenta quindi come un serbatoio in derivazione la cui portata affluente è limitata dalla portata della condotta di adduzione fissata dal progetto in  $0.7 \text{ m}^3/\text{sec}$ . La situazione dei deflussi uscenti dall'invaso è leggermente più complessa e riguarda in dettaglio:

- lo scarico di fondo;
- lo scarico di superficie;
- l'opera di presa dell'impianto di potabilizzazione.

Per rendere più chiara la descrizione dello schema di funzionamento delle opere idrauliche in oggetto è utile immaginarsi le tre vallate parallele interessate dal sistema idraulico:

- Valle del Torrente Vincio di Brandeglio;
- Valle del Rio Fontanacci;
- Valle del Torrente Tazzera.

L'invaso è situato nella valle centrale del Rio Fontanacci nella quale versa anche lo scarico di fondo. Le portate vengono derivate dalla valle superiore del Torrente Vincio di Brandeglio mentre lo scarico di superficie insiste sul Torrente Tazzera.

Si riportano di seguito brevemente, le caratteristiche salienti delle opere dello schema idraulico locale, quali risultano dagli atti di collaudo del 1973.

#### **2.2.1.3.1. Opera di presa sul Torrente Vincio di Brandeglio**

Circa  $3 \text{ km}$  a monte della confluenza del Vincio di Brandeglio con l'Ombrone Pistoiese si trova l'opera di presa dell'invaso della Giudea. La presa si colloca a quota  $177.2 \text{ m s.l.m.}$ .

La presa è costituita da un canale posto trasversalmente all'alveo, protetto da una griglia con pendenza superiore a quella del fondo alveo. Le barre della griglia sono orientate come la corrente come visibile nelle Figure 2.2.18 e 2.2.19. Il canale è regolato da una paratoia per modulare la derivazione.

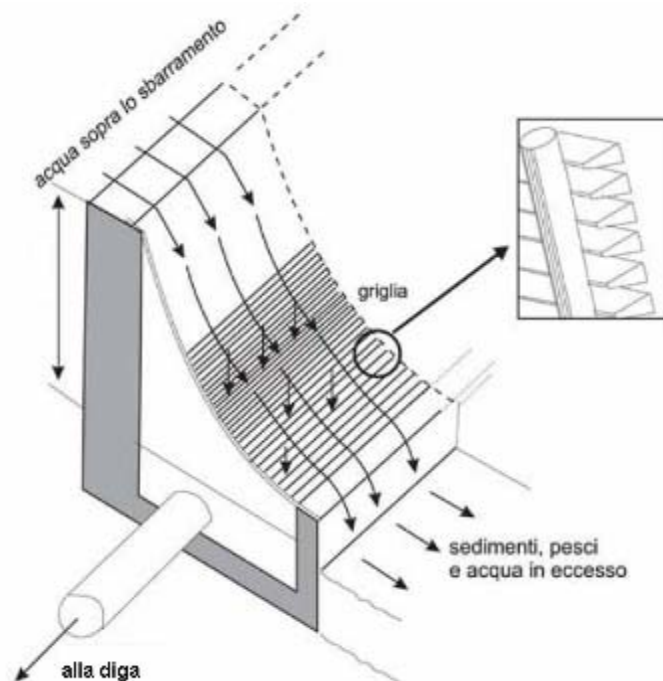


Figura 2.2.18 – Schema dell’opera di derivazione sul torrente Vincio di Bradeglio.



Figura 2.2.19 – Fotografia dell’opera di presa sul Torrente Vincio di Brandeglio.

L’acqua cade attraverso la griglia mentre i pesci e il materiale trasportato dall’acqua passano sopra la griglia.

Dal canale di derivazione posto in fregio alla sponda destra (Figura 2.2.20) ha inizio una tubazione in polietilene con diametro di 800 mm che raggiunge l’invaso della Giudea. Il funzionamento della condotta avviene a gravità.

La presa continua ancora oggi a derivare acqua dal Vincio di Brandeglio, tuttavia non è possibile avere informazioni certe sulla quantità e la modalità dei prelievi.



Figura 2.2.20 – Fotografia del canale di derivazione posto a lato dell’opera di presa.

#### 2.2.1.2.2. Opera di sbarramento sul Rio Fontanacci – Diga della Giudea

L’opera di sbarramento ha una struttura omogenea in materiali impermeabili con protezione del paramento di monte in scogliera e tappeto filtrante al piede di valle. Le caratteristiche della diga sono riportate in Tabella 2.2.2.

Tabella 2.2.2 – Caratteristiche dell’opera di sbarramento sul Rio Fontanacci ricavate dal progetto esecutivo (1965) e dai documenti del collaudo (1973).

<b>Caratteristiche della diga</b>	
Lunghezza al coronamento	295 m
Larghezza coronamento	6,1 m
Quota coronamento	150,06 m s.l.m.
Quota minima piede di monte	125,0 m s.l.m.
Quota minima piede di valle	118,2 m s.l.m.
Altezza massima	31,9 m
Quota di massima regolazione	147,76 m s.l.m.
Quota di massimo invaso	148,26 m s.l.m.
Franco netto	1,80 m

#### 2.2.1.2.3. Invaso della Giudea in località Gello (PT)

L’invaso della Giudea è posto quasi adiacente alla linea di spartiacque del bacino del Rio Fontanacci. La superficie totale del bacino sotteso allo sbarramento è di 0.15 km<sup>2</sup> costituito, alla quota di massimo invaso, principalmente dal lago stesso (Figura 2.2.21). L’invaso si presenta in sostanza come un serbatoio in derivazione la cui portata affluente è limitata dalla portata della condotta di adduzione fissata in 0.7 m<sup>3</sup>/sec. Qui di seguito alcune delle caratteristiche salienti dell’invaso artificiale (Tabella 2.2.3).



Figura 2.2.21 – Stato attuale dell’Invaso della Giudea in località Gello (PT).

Tabella 2.2.3 – Caratteristiche dell’invaso della Giudea in località Gello (PT).

<b>Caratteristiche dell’invaso</b>	
Capacità morta (al di sotto della quota 134,0 m s.l.m.)	90830 m <sup>3</sup>
Volume utile di regolazione	759534 m <sup>3</sup>
Volume totale di invaso	870000 m <sup>3</sup>

#### 2.2.1.2.4. Scarico di superficie

Lo scarico di superficie attuale posto sulla sponda in destra idraulica dell’invaso è costituito da una soglia sfiorante con sviluppo di circa 10 m in calcestruzzo (Figura 2.2.22; Tabella 2.2.4), mentre manca totalmente il canale fugatore che avrebbe dovuto convogliare la portata sfiorata al Torrente Tazzera.

La soglia sfiorante attuale ormai inutilizzata da anni, insiste in sostanza su di un versante boscato del bacino del torrente Tazzera.

Nella documentazione di collaudo il canale di scarico risulta ricavato in un’incisione del versante sinistra della valle del Rio Tazzera nel quale confluisce dopo aver attraversato il pianoro di fondovalle, in realtà però, questa opera non venne mai realizzata.



Figura 2.2.22 Scarico di superficie attuale.

Tabella 2.2.4 – Caratteristiche della soglia sfiorante rettificata in sponda destra.

<b>Caratteristiche della soglia sfiorante</b>	
Quota della soglia	147,76 m s.l.m.
Sviluppo della soglia	10,80 m
Portata massima	6,8 m <sup>3</sup> /s
Altezza max sulla soglia	0,50 m

#### 2.2.1.2.5. Scarico di fondo

Lo scarico di fondo, costituito da tubazioni in acciaio, manovrato tramite valvole site in un piccolo manufatto ai piedi del corpo diga, convogliava l'eventuale portata nel Rio Fontanacci mentre ad oggi non è possibile verificarne il funzionamento (Tabella 2.2.5; Figura 2.2.23).

Tabella 2.2.5 – Caratteristiche dello scarico di fondo.

<b>Caratteristiche</b>	
Quota di imbocco	126,26 m s.l.m
Tubazione acciaio $\Phi = 450 \text{ mm}$ , sottopassante la fondazione della diga	195 m
Organo di manovra:	saracinesca $\Phi 450 \text{ mm}$ ad azionamento manuale
Restituzione	Rio Fontanacci al piede della diga



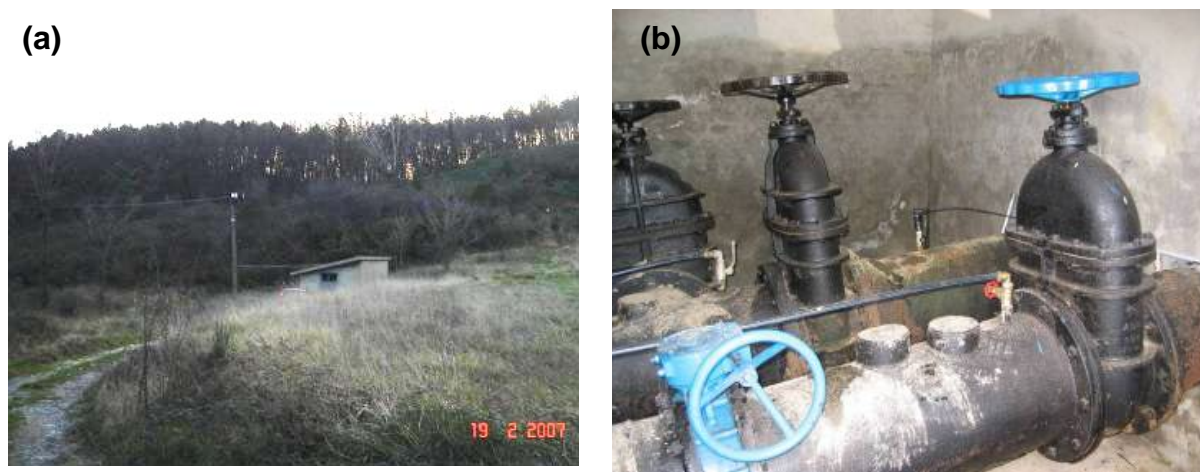


Figura 2.2.23 (a) Edificio di manovra dello scarico di fondo. (b) Valvole di manovra.

L'opera di derivazione all'impianto di potabilizzazione

Attualmente l'invaso è mantenuto ad un livello molto basso per non compromettere minimamente la stabilità del corpo diga. Tuttavia il volume a disposizione viene utilizzato per effettuare una seppur minima funzione di accumulo e compenso.

L'approvvigionamento è garantito sempre dalla derivazione dal torrente Vincio di Brandeglio tuttora funzionante, mentre il prelievo è effettuato tramite una pompa sommersa nell'invaso.

Di seguito si riporta i dati degli organi di regolazione dell'invaso riportati nel progetto del 1963.

Tabella 2.2.6 – Caratteristiche della derivazione all'impianto di potabilizzazione.

<b>Caratteristiche della derivazione</b>	
Quota di imbocco	134,00 m s.l.m.
Tubazione acciaio affiancata a quella dello scarico di fondo	$\Phi$ 400 mm
Sviluppo fino alla cabina di manovra	195 m
Sviluppo dalla cabina al serbatoio della potabilizzazione	160 m
Organo di manovra ad azionamento manuale	saracinesca $\Phi$ 400 mm
Quota di massima regolazione della vasca di potabilizzazione	134,00 m s.l.m.

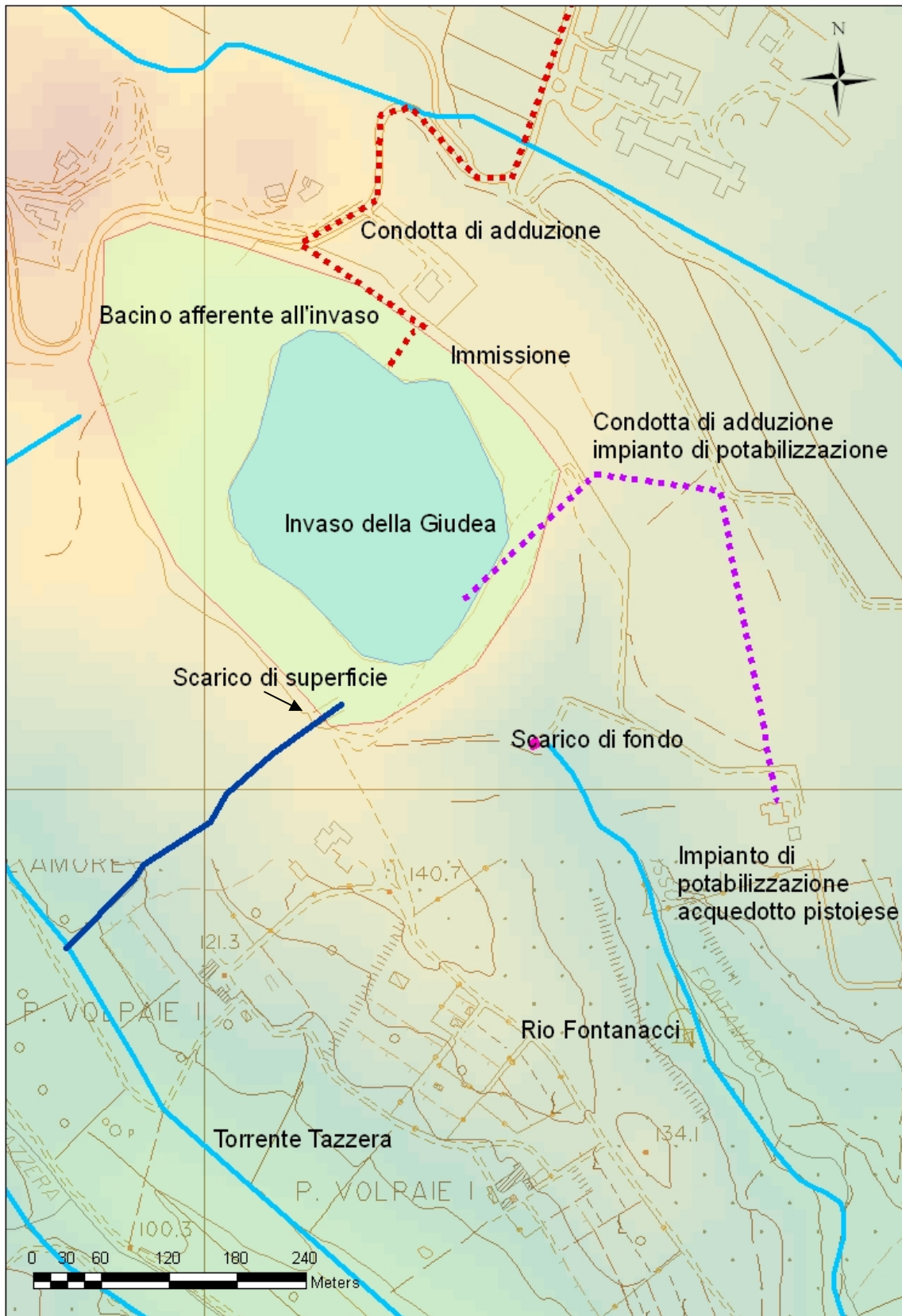


Figura 2.2.24 – Schema idraulico dell'invaso della Giudea.

## **2.2.2 Descrizione dello stato di progetto**

Il progetto esecutivo dell'Invaso della Giudea, approvato dalla IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. con voto n.437 del 17.3.1966, venne redatto in data 20.9.1965.

Il serbatoio, ricavato sull'incisione del Rio Fontanacci, consente l'accumulo e la regolazione di parte dei deflussi del Torrente Vincio di Brandeglio, e il loro utilizzo a servizio delle esigenze idropotabili della città di Pistoia.

L'invaso, della capacità utile dichiarata di circa 759500 m<sup>3</sup> ricade in una formazione di argille scagliose inglobante arenarie e calcari grigi fortemente rimaneggiati e fratturati. La formazione venne giudicata idonea ad assicurare l'impermeabilità del serbatoio e non furono segnalati problemi per la stabilità delle sponde.

I lavori di costruzione ebbero inizio nel Maggio 1965 e si conclusero il 13.11.1970.

Gli invasi sperimentali, autorizzati nell'inverno 1971 dopo il completamento di alcuni lavori suppletivi di sistemazione richiesti dal Servizio Dighe, consentirono alla Commissione di Collaudo, di procedere al collaudo dello sbarramento ai sensi dell'Art.14 del Regolamento Dighe 1.11.1959 n.1363. Il certificato di collaudo porta la data del 15.11.1975.

L'opera venne eseguita secondo il progetto approvato, salvo adattamenti resisi necessari in corso d'opera e regolarmente approvati. Il sistema di approvvigionamento idrico, ultimato e collaudato alla fine del 1973, ha funzionato regolarmente fino al 1990. Successivamente a causa di alcuni dissesti è stato ordinato lo svuotamento del lago e dopo una preliminare fase di studio, l'Amministrazione Comunale, nel 1991, ha dato in affidamento la progettazione di massima degli interventi di ripristino della Giudea. L'invaso della Giudea costituisce infatti la parte cruciale del più ampio sistema comprendente la presa sul Torrente Vincio di Brandeglio, l'acquedotto di adduzione e l'impianto di potabilizzazione. Lo stesso sistema, privato dell'invaso della Giudea, non sarebbe più in grado né di modulare le portate invernali e primaverili del Vincio di Brandeglio, né tanto meno, di accumularle per l'utilizzo estivo. In tale situazione resterebbe, quindi, disponibile una risorsa idrica, peraltro irregolare in un periodo dell'anno in cui la richiesta è relativamente bassa.

Sulla base delle suddette considerazioni, l'Amministrazione Comunale, l'indomani dell'interruzione dell'esercizio, decise di ripristinare la funzionalità del serbatoio. Prevedendo, con l'occasione, anche l'adeguamento delle opere alla vigente normativa sulla progettazione e costruzione delle dighe (DM 24.3.82). Al termine degli studi preliminari e, più ancora, alla conclusione del progetto di massima, non solo venne definitivamente assodata la fattibilità e la validità degli interventi di ripristino, ma, addirittura, risultò possibile incrementare leggermente il volume utile del serbatoio. Tutto questo apparve convenientemente attuabile non appena individuati i materiali adatti per la ricostituzione della diga nei pressi dei Laghi Primavera dove è prevista la realizzazione di una cassa di espansione.

Con l'approvazione del progetto di massima, il Servizio Dighe condivise gli interventi sopra descritti e contestualmente prescrisse che, nella progettazione esecutiva, si desse adempimento a quanto segue:

- che fossero studiate attentamente le forme e le modalità costruttive del collegamento con il rilevato esistente ed il "nucleo impermeabile";
- che fossero studiate le modalità costruttive degli imbocchi della galleria;
- che la tenuta idraulica dello sbarramento fosse affidata alla membrana sul paramento di monte o al nucleo centrale, ma non ad entrambi;
- che fosse verificata la stabilità della nuova profilatura del versante Nord dell'invaso;
- che venissero installati più piezometri sul versante Nord e sulla dorsale in destra.
- Il Servizio Dighe, inoltre raccomandò che il progetto esecutivo comprendesse gli adempimenti alle circolari 1125/86 e 352/87 del Ministero LL.PP..

### 2.2.3.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELLA DIGA E DELL'INVASO

L'invaso artificiale di Gello è realizzato tramite la costruzione di uno sbarramento in terra zonata. Con l'intervento in progetto il rilevato verrà parzialmente demolito e ricostruito al fine di migliorarne la stabilità e la sicurezza statica sostituendo il materiale di cui è costituito. La tenuta idraulica, dopo l'intervento di ripristino, sarà affidata ad una membrana impermeabile posta sul paramento di monte anziché, come attualmente, al nucleo. Di seguito si riportano i dati di progetto dell'invaso della Giudea.

#### 2.2.2.3.1. Caratteristiche principali della diga

Rispetto alla configurazione di partenza il progetto prevede di apportare, essenzialmente, le seguenti integrazioni e modifiche (Tabella 2.2.7):

- innalzare la quota di coronamento della diga da 150 m s.l.m. a 153.40 m s.l.m.;
- aumentare la quota di massima regolazione da circa 147.76 m s.l.m. a 149.15 m s.l.m., sicché il volume utile, che all'atto del collaudo si valutava in circa 759000 m<sup>3</sup> viene aumentato a circa 802000 m<sup>3</sup>; in effetti, però, secondo i rilievi topografici del 1993, il dato dei collaudo risulta sovrastimato di quasi 100000 m<sup>3</sup>, pertanto l'effettivo incremento di volume utile deve ritenersi dell'ordine dei 140000 m<sup>3</sup>;
- aumentare il franco del serbatoio da 1,80 m a 3,85 m;
- progettare nuovamente lo scarico di fondo e l'opera di derivazione, le cui tubazioni attraversano la fondazione dello sbarramento, con un nuovo edificio di presa ed una specifica galleria che attraversa la sponda destra senza interferire con lo sbarramento.

Tabella 2.2.7 – Caratteristiche dell'opera di sbarramento sul Rio Fontanacci di progetto.

<b>Caratteristiche dello sbarramento</b>	
Lunghezza al coronamento	295 m
Larghezza al coronamento	7 m
Quota coronamento	153,40 m s.l.m.
Altezza massima	33,40 m
Quota di massima regolazione	149,15 m s.l.m.
Quota di massimo invaso	149,65 m s.l.m.
Franco netto	3,45 m
Pendenza paramento di monte	3/1
Pendenza paramento di valle	2/1,2,6/1
Quote banchine a valle (larghezza =4 m)	143, 134, 127 m s.l.m.
Capacità morta (sotto quota 134,0 m s.l.m.)	~ 55000 m <sup>3</sup>
Volume utile di regolazione	802000 m <sup>3</sup>
Volume totale di invaso	895000 m <sup>3</sup>

#### 2.2.2.3.2. Scarico di superficie

Per quanto riguarda lo scarico di superficie viene attuato lo schema progettuale originario che prevedeva il deflusso delle acque sfiorate lungo il versante sinistro della valle del Torrente Tazzera mediante un canale non rivestito che attraversando il pianoro di fondo valle si immette nel T. Tazzera in corrispondenza della quota 103 m s.l.m.

Fermi restando:

- la portata di massima piena di progetto (6,8 m<sup>3</sup>/s);
- il battente idraulico ad essa riservato (50 cm);

– il tipo di sfioratore a soglia libera;  
è stata prevista la ricostruzione dello sfioratore alla nuova quota di sfioro di 149,15 m s.l.m., con una larghezza di 11,50 m. Il manufatto, da realizzarsi con strutture (muri, platee, taglioni) in c.a. è stato progettato in modo da risultare raccordato adeguatamente con l'estremità destra dello sbarramento con il quale si interfaccia mediante dispositivi atti a realizzare la continuità della tenuta idraulica dei serbatoio.

Con livello al massimo invaso (149,65 m s.l.m.) la portata scaricata di 6,8 m<sup>3</sup>/s ruscellerà sul versante sinistro attraverso il canale fagatore, come indicato in Figura 2.2.25, costituito dall'impluvio naturale caratterizzato da terreno argilloscistoso fortemente inerbato.

Al piede del versante, le acque di scarico verranno convogliate in un pozzetto di dissipazione posto in testa al canale di restituzione; quest'ultimo, con una sezione tipo trapezia non rivestita, potrà far defluire, in moto uniforme, la portata di progetto con un tirante di circa 0,88 m ed una velocità di circa 3,2 m/s, pertanto è previsto un franco di 40 cm rispetto al bordo superiore del canale.

#### 2.2.2.3.3. Lo scarico di fondo

La galleria dello scarico di fondo venne ubicata in sponda destra già nella precedente fase di progettazione e tale scelta viene ora confermata dal momento che, in rapporto alla condizioni geomorfologiche dell'invaso e alla consistenza dei terreni attraversati, la dorsale presenta caratteristiche di stabilità migliori di quella in sinistra.

D'altra parte, però, lo strato di copertura della galleria rimane comunque limitato ed, in particolare, le opere di imbocco ricadono entro la coltre superficiale della formazione argillitica di base. Per le suddette ragioni è previsto l'impiego di paratie a tutela degli scavi di approccio agli imbocchi.

Complessivamente la tratta in naturale avrà uno sviluppo di 186 m ed una pendenza, verso valle, dell'uno per mille. L'imbocco dello scarico di fondo sarà costituito da una luce rettangolare raccordata alla parete verticale che chiude l'estremità di monte della galleria. Poco a valle dell'imbocco è previsto una valvola a farfalla DN 800 mm, ad azionamento manuale, che presidia il condotto.

All'estremità di valle la modulazione dello scarico avverrà per mezzo di una valvola a cono motorizzata, DN 600 mm, ad asse verticale. Dal pozzo di dissipazione le acque dello scarico di fondo vengono convogliate in un emissario, a sezione circolare DN 1,20 m in CAP, che con uno sviluppo di circa 25 m restituisce le acque nell'impluvio naturale già impiegato per il convogliamento dello scarico di superficie.

La massima portata dello scarico di fondo, facendo riferimento alla quota di massima regolazione del serbatoio risulta di 3,0 m<sup>3</sup>/s.

Il tempo di svuotamento dell'invaso, fino alla quota di 134,00 m s.l.m. in assenza dei contributi dalla presa e con il solo impiego dello scarico di fondo, risulta di circa 4.2 giorni.

#### 2.2.2.3.4. Condotta di derivazione all'impianto di potabilizzazione

Nel progetto esecutivo, è stato attentamente riconsiderato lo schema della derivazione pervenendo attraverso alcune modifiche ed integrazioni, ad una soluzione che, rispetto al progetto di massima, appare semplificata e potenziata.

La condotta di derivazione destinata all'alimentazione dell'impianto di potabilizzazione, segue nella parte iniziale il tracciato dello scarico di fondo fino al pozzo di dissipazione.

La coincidenza del livello di minimo invaso dei serbatoio della Giudea con il massimo livello (134 m s.m.) dei serbatoio, impone il ricorso, almeno per i livelli medio-bassi del lago, ad un impianto di pompaggio. La funzionalità della condotta è dunque di tipo misto con deflusso a gravità per livelli dell'invaso medio - alti e con pompaggio per le condizioni di invaso medio - basse. La portata massima convogliabile in condotta del diametro DN 800

mm è pari a 460 l/s. A valle dell'impianto di sollevamento la condotta prosegue con una condotta di 450 mm verso l'impianto di potabilizzazione. L'impianto di sollevamento è ubicato in prossimità del pozzo di dissipazione e consente di avere un tracciato più diretto della derivazione e quindi con espropri decisamente minori.

#### *2.2.2.3.5. Impianto di sollevamento*

E' prevista, in una prima fase, l'installazione di due elettropompe centrifughe ad asse orizzontale. Le apparecchiature idrauliche ed elettromeccaniche installate consentiranno, a seconda dei livelli del lago, di derivare sul by-pass a gravità, su una sola pompa o su entrambe.

A valle della cabina pompe, la condotta DN 450 mm si svilupperà per circa 350 m fino a ricongiungersi, al piede dello sbarramento, alla preesistente derivazione di pari diametro che, con un ultimo tratto di circa 155 m raggiunge il serbatoio dell'impianto di potabilizzazione, così come, peraltro, già previsto nel progetto di massima.

#### **2.2.3.2 SCHEMA IDROLOGICO E IDRAULICO LOCALE**

Il funzionamento idraulico e lo schema degli afflussi e deflussi dell'invaso della Giudea è leggermente diverso rispetto alla situazione di partenza. Come si può vedere nella tavola di progetto, schematicamente riportata di seguito, le modifiche apportate sono lo spostamento dello scarico di fondo dal corpo diga e l'inserimento di un drenaggio del rilevato. Queste due modifiche si rendono necessarie sia per migliorare il funzionamento ed ottimizzare gli interventi sia per una questione di sicurezza delle nuove opere.

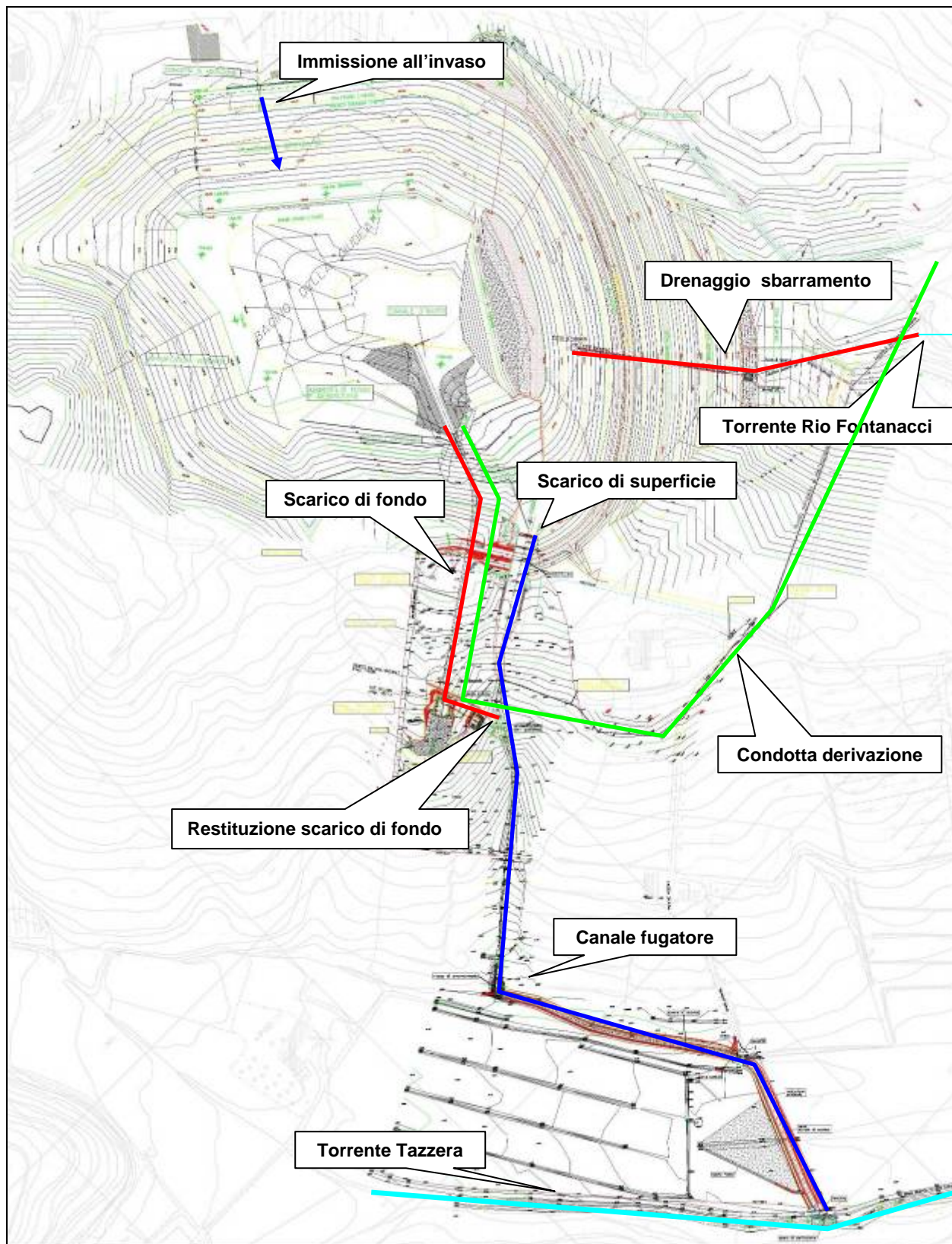


Figura 2.2.25 Schema idraulico invaso della Giudea stato di progetto.

Per quanto riguarda il volume di invaso utile occorre tenere presente che il recente rilievo topografico del serbatoio ha registrato circa 745000  $m^3$  alla quota 148,26 m s.l.m (quota di massimo invaso attuale) contro i circa 870000  $m^3$  desumibili dalla documentazione di collaudo del 1973.

D'altra parte, al livello di massima regolazione attuale (147,76 m s.l.m. ), risulta un invaso di 705000  $m^3$ , per cui dedotto, il volume morto di circa 40000  $m^3$  (sotto il livello 134,0 m s.l.m.), si stima che allo stato attuale il volume utile sia attorno ai 665000  $m^3$ .

Già nel progetto di massima venne studiata la possibilità di aumentare detta capacità elevando la quota di massima regolazione; i condizionamenti morfologici e l'insorgenza di interferenze con le infrastrutture preesistenti suggerirono di limitare a 149,15 m la suddetta quota.

Un ulteriore innalzamento della capacità si rivelò però attuabile con la riprofilatura delle sponde del serbatoio; lo stesso ampliamento viene definito anche sulla base di quelle verifiche di stabilità richieste dal Servizio Dighe.

Il volume utile di regolazione, a seguito degli interventi citati, salirà a circa 802000  $m^3$  con un incremento di 137000  $m^3$  rispetto a quello attuale.

In conclusione la realizzazione degli interventi di adeguamento e ripristino di un'importante opera idraulica, consentiranno di:

- migliorare l'efficienza del sistema idrico/potabile interprovinciale gestito da Publiacqua a servizio pubblico di un'ampia parte della Regione Toscana ed in particolare dello stesso Comune di Pistoia e Comuni limitrofi;
- recuperare un'opera che, in via di abbandono per scarso o nullo rendimento dell'impianto, determinerebbe, giorno dopo giorno, un indubbio impatto negativo sull'area dalla stessa sottesa;
- vivificare una porzione di territorio a vocazione boschiva con un manufatto di interessante valenza ambientale.

### **2.2.3.3 PORTATE DERIVABILI**

Nell'area pistoiese, l'invaso della Giudea in località Gello, nel comune di Pistoia, è stato individuato come una risorsa alternativa, rappresentata da un accumulo di acqua superficiale di adeguata capacità e a quota idonea a garantire la distribuzione a gravità verso il centro cittadino e le zone adiacenti. L'invaso, si prestava bene a questa funzione, essendo situato a monte della città di Pistoia ed alimentato da acqua di buona qualità. Tale invaso avrebbe costituito riserva di acqua grezza stagionale, per sopperire al deficit del periodo estivo.

Il progetto dell'invaso della Giudea, trattandosi di un ripristino di funzionalità e non di una nuova opera, presenta alcuni dati interessanti in merito al suo rifornimento dal Torrente Vincio di Brandeglio. L'invaso, infatti, è fuori alveo, ovvero servito da una risorsa prelevata da un bacino limitrofo; questo fatto rende minore il problema del trasporto solido e del conseguente interrimento dell'invaso.

Sotto il profilo idrologico il Vincio di Brandeglio, alla sezione di chiusura posizionata laddove esiste il manufatto di presa, risulta così caratterizzato:

- Precipitazione media 1750 mm/anno (Stazione pluviometrica di Cireglio)
- Portata media annua 0,31  $m^3/sec$
- Portata massima di derivazione 0,700  $m^3/sec$
- Deflusso naturale medio  $9,72 \times 10^6 m^3/anno$



L'invaso della Giudea si presenta in sostanza come serbatoio di accumulo per la regolazione delle portate dell'acquedotto pistoiese, con un volume di invaso di circa  $800000 \text{ m}^3$ . L'invaso si presta bene come riserva stagionale consentendo di effettuare una funzione di regolazione delle portate da distribuire in rete. Data la notevole disponibilità di risorsa proveniente dalla presa sul torrente Vincio di Brandeglio l'invaso funziona durante tutto l'anno come vasca di transito delle portate derivate. Di seguito si riporta un'ipotesi di gestione delle portate derivabili così come desunta dall'analisi idrologica e compatibile con le considerazioni biologiche sulla fauna e flora esistenti.

Se da un lato l'invaso in derivazione consente la mitigazione di alcuni problemi connessi con la gestione dell'invaso, come ad esempio la riduzione dell'interrimento, da un lato questo tipo di opere sottraggono definitivamente risorsa al torrente. Dalle stime seguenti si cercherà di definire un regime di deflusso che possa garantire il mantenimento degli habitat naturali ad ora esistenti. Come strumento indispensabile di analisi si riportano di seguito la curva di durata delle portate ricavate dal modello idrologico per il torrente Vincio di Brandeglio nel tratto dove insiste l'opera di presa.

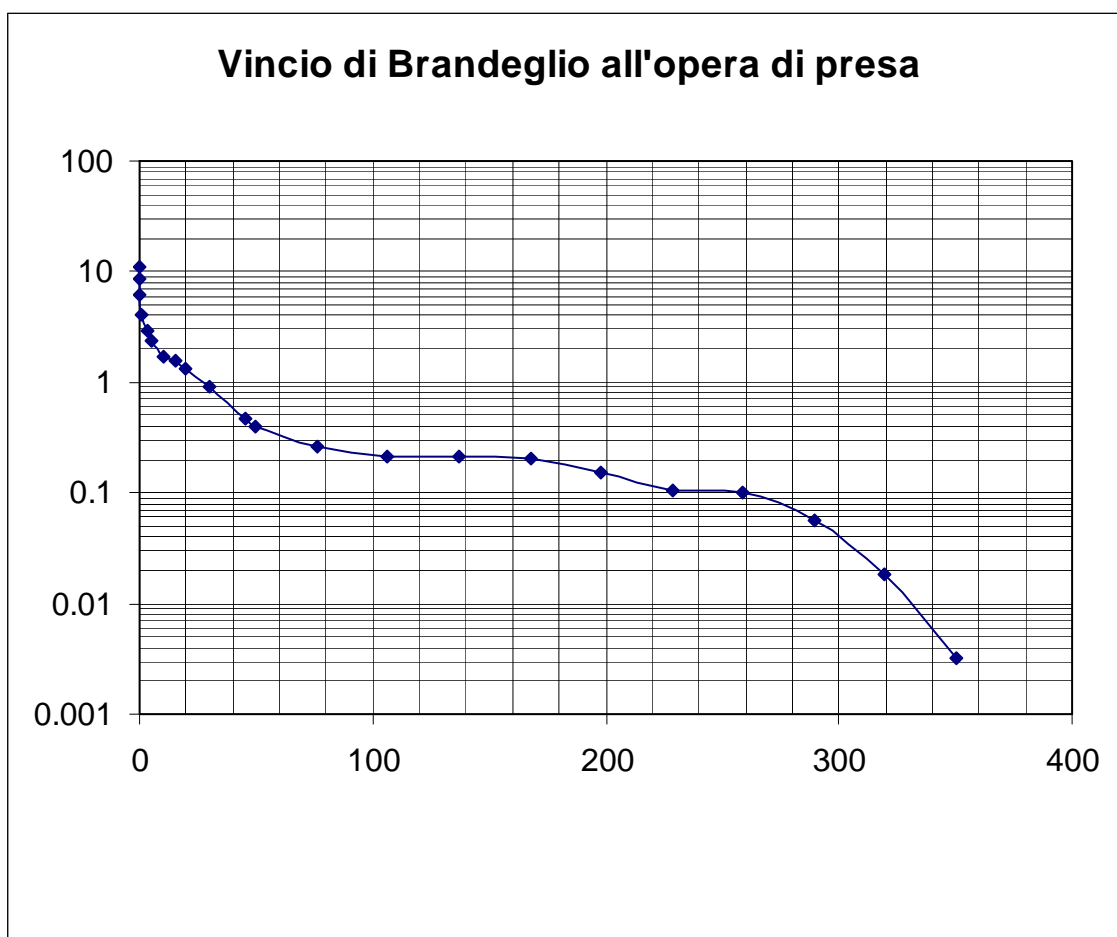


Figura 2.2.26 Curva di durata delle portate del Torrente Vincio di Brandeglio alla presa.

Per garantire oltre che una portata sufficiente anche una variabilità annua necessaria all'habitat del fiume si considera sia le portate massime che quelle minime da lasciare al fiume in tutto il suo corso a valle dell'opera di presa.

Per quanto riguarda i valori massimi, poiché il torrente è caratterizzato da portate massime medie annue di almeno 5 - 10  $m^3/sec$  si valuta che la portata derivabile massima di 0.7  $m^3/sec$  non possa in questo caso influenzare il sistema.

Per quanto riguarda le portate minime da garantire al fiume a valle dell'opera di presa si riportano le seguenti considerazioni:

- sulla base delle indagini per la valutazione degli impatti sulla fauna ittica del Torrente Vincio di Brandeglio emerge la necessità di un DMV compreso tra 90 e 210 l/s immediatamente a valle dell'opera di presa, seguito da un tratto fluviale che mostra evidenti criticità dell'habitat fluviale in conseguenza della natura prevalentemente artificiale dell'alveo e delle sponde;
- dall'analisi della curva di durata i suddetti valori di portata vengono raggiunti o superati rispettivamente circa 230 e 160 giorni l'anno. Pertanto portate inferiori ai valori indicati perdurano dai 4 ai 7 mesi all'anno;
- utilizzando il criterio di definizione del DMV indicato, seppur ancora in forma preliminare, dall'Autorità di Bacino dell'Arno, basato sul contributo di 1,6 l/s per  $km^2$  di superficie di bacino sotteso, si otterrebbe il valore del DMV pari a circa 20 l/sec.

Per quanto sopra scritto e anche in relazione all'ipotesi di gestione dell'invaso e di approvvigionamento idrico per il comprensorio di PT si assume il valore di 90 l/s come portata da lasciare transitare nel torrente.

Tale valore può essere controllato installando una opportuna stazione di monitoraggio a monte dell'opera di presa. Si riporta qui di seguito sinteticamente una proposta operativa.

#### *2.2.3.1 Monitoraggio delle portate all'opera di presa*

Circa 3 km a monte della confluenza del Vincio di Brandeglio con l'Ombrone Pistoiese si trova l'opera di presa dell'invaso della Giudea. La presa è per il momento costituita da un canale posto trasversalmente all'alveo, protetto da una griglia con pendenza superiore a quella del fondo alveo secondo quanto già descritto nello stato attuale della presente relazione. Le barre della griglia sono orientate come la corrente. Il canale è regolato da una paratoia per modulare la derivazione. In questo modo, quando la presa viene aperta buona parte del deflusso è convogliato nelle condotte adduttrici creando una forte diminuzione della portata defluente nel corso d'acqua con il rischio di alterare l'equilibrio naturale del corpo idrico a valle. Per questo motivo deve essere previsto un monitoraggio di tale sezione, affinché tale equilibrio venga garantito.

A titolo di esempio si riportano alcune soluzioni progettuali che potrebbero essere considerate a questo scopo. La realizzazione di uno stramazzone misuratore di portata potrebbe essere una scelta possibile, ma comporterebbe la canalizzazione dell'acqua in un'apposita bocca tarata, la realizzazione di una vasca di calma e l'installazione di un idrometro ad ultrasuoni.

Per la misura della portata potrebbe anche essere prevista la realizzazione di una soglia fissa con scala di deflusso nota che permette di conoscere il valore della portata attraverso la misura del livello idrometrico determinato tramite un sensore come esposto precedentemente.

Nota la portata defluente subito a monte dell'opera di presa sarebbe possibile predisporre delle paratoie con apertura graduale a seconda della portata possibile da derivare che restino chiuse quando la portata defluente risulta inferiore al DMV stimato.

Un'alternativa progettuale potrebbe essere quella di convogliare l'acqua a fianco della presa e realizzare uno sfioratore laterale a soglia fissa, non modificabile nel tempo, tarato in modo che si attivi solamente quando la portata defluente supera il valore del deflusso minimo vitale.

## **2.2.3 Descrizione dello stato di esercizio**

### **2.2.3.1 GESTIONE DEL SERBATOIO**

Il serbatoio della Giudea presenta un volume utile di regolazione di 802000  $m^3$ . La portata massima di derivazione è pari a 460 l/sec, ottenuta mediante l'utilizzo di una stazione di pompaggio in rete, quella a gravità è limitata a 430 l/sec.

In assenza di ricarica il bacino è in grado di sostenere la portata massima di derivazione (ipotesi di richiesta massima costante) per circa 21 giorni (se si utilizza anche lo scarico di fondo per l'approvvigionamento, circa 20 giorni utilizzando invece il volume di regolazione), ed il deficit massimo, stimato pari a 318 l/sec, per circa 32 giorni (che scendono a 30 con l'utilizzo del solo volume di regolazione); denormalizzando i valori di prelievo rispetto al coefficiente di punta, i valori di durata crescono rispettivamente a 28 e 41 giorni (Consorzio Ombrone Pistoiese – Bisenzio, 2006).

Per completare l'analisi dal punto di vista della disponibilità di risorsa, si è ipotizzato uno scenario di gestione dell'invaso in cui, nel periodo da Ottobre a Giugno, si immetta direttamente in rete l'acqua derivabile (in maniera da non estrarre i medesimi volumi dalla falda o da altri corpi idrici superficiali) al netto dei volumi che eventualmente servono per mantenere pieno il bacino, mentre nei periodi da Luglio a Settembre si ipotizza venga immessa in rete una portata tale da contribuire alla riduzione del deficit di risorsa. A queste considerazioni di carattere numerico preme aggiungere che l'utilizzo di una fonte di approvvigionamento superficiale anche nel periodo invernale è in grado di garantire un beneficio consistente in termini di protezione della risorsa idrica presente in falda, sia in termini qualitativi e soprattutto in termini quantitativi, consentendo di risparmiare un notevole volume che resterà quindi disponibile eventualmente per il periodo estivo.

### **2.2.3.2 CONTROLLO INTERRIMENTO**

Per la valutazione dell'apporto solido all'invaso della Giudea è stata sviluppata una modellazione idraulica del tratto di alveo del Vincio di Brandeglio in cui è situata l'opera di presa. Il programma utilizzato per la simulazione dei deflussi è Hec-Ras (2003), software comune nell'attività di progettazione idraulica. Approfondimenti della procedura di rilievo e delle simulazioni sono riportati nell'allegato 2.G.

Le caratteristiche geometriche, morfologiche e sedimentologiche del torrente Vincio di Brandeglio sono state ricavate mediante delle campagne di misura. Le sezioni dell'alveo sono state determinate con un rilievo topografico speditivo con lo scopo di utilizzarle nella modellazione. A questo rilievo si sono affiancate delle misure di portata utilizzate per calibrare i coefficienti di resistenza al moto del corso d'acqua.

Il sedimento costituente l'alveo è stato campionato sia a livello di materiale superficiale, sia a livello volumetrico, si è potuto così distinguere la caratterizzazione granulometrica del materiale costituente il letto superficialmente, ma anche di quello sub-superficiale, i risultati sono riportati nella figura 2.2.27.

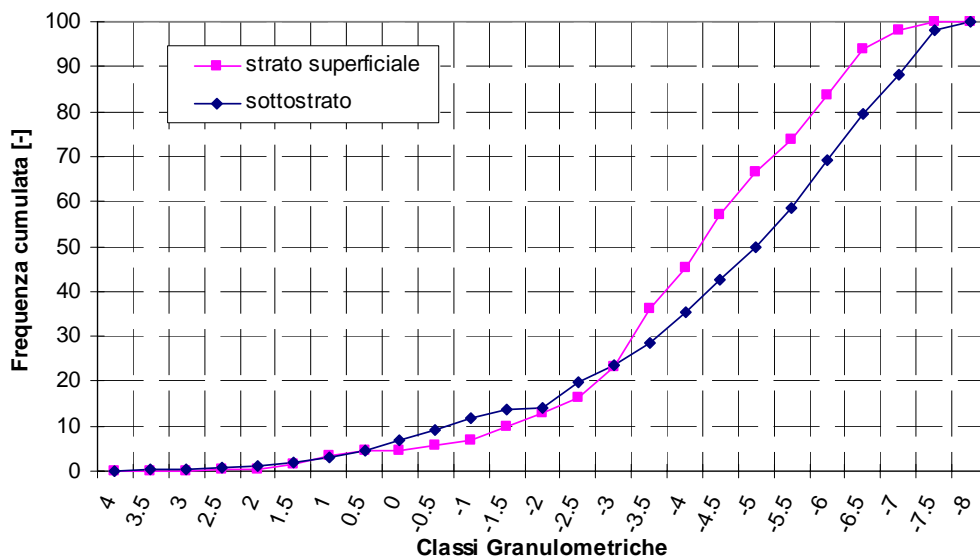


Figura 2.2.27 – Confronto tra le curve granulometriche dello strato superficiale e del sottostrato.

Sulla base dei risultati della modellazione idrologica, di quella idraulica e della caratterizzazione granulometrica si sono effettuate delle ipotesi per il calcolo del materiale solido che potenzialmente si può riversare nell'invaso. Le dimensioni del sedimento mobilabile sono state determinate per mezzo della formula empirica di Bagnold (1966), mentre il calcolo del trasporto solido totale del Vincio di Brandeglio è stato realizzato con la formula empirica di Ackers & White (1973). I calcoli sono stati effettuati per le portate della curva di durata che presentavano valori superiori alla portata critica di trasporto in sospensione. Ad ogni portata è stato attribuito un intervallo di tempo in funzione della durata di tale portata e dei valori di durata delle portate rispettivamente successiva e precedente. Le grandezze idrauliche da utilizzare nelle formule sono state ricavate con la modellazione di moto permanente in Hec-Ras.

E' stato ipotizzato che il trasporto in sospensione sia una quota parte del trasporto solido totale, in particolare gli è stato dato un peso pari alla percentuale di materiale fine ( $D < 2mm$ ) nella curva granulometrica. Da queste assunzioni si ricava un volume trasportato in sospensione dal Vincio di Brandeglio pari a  $241 m^3/anno$ . Inoltre considerate le caratteristiche dell'opera di presa il materiale solido che potenzialmente può essere immesso nell'invaso è stato stimato proporzionale al volume liquido medio annuo immesso nell'invaso, che è pari a circa il 60% del totale defluito. Si ottiene quindi un volume solido di  $145 m^3$  potenzialmente invasabile ogni anno.

Non va trascurato che tale valore risulta largamente sovrastimato in quanto, il trasporto solido avviene soprattutto durante gli eventi di piena, quando il rapporto di derivazione diminuisce di molto. Quindi il volume solido derivato non è proporzionale a quello liquido. Il volume di interrimento stimato è pertanto da ritenersi puramente cautelativo. In aggiunta la struttura dell'opera di presa e la condotta di adduzione, fa sì che gran parte del materiale solido si possa depositare prima di raggiungere l'invaso della Giudea.

### 2.2.3.3 SFIORO DAL SERBATOIO

Lo scarico di superficie dell'invaso della Giudea verrà completamente rifatto seppur secondo l'originario valore massimo di portata di  $6,8 m^3/sec$ . Il valore di  $6,8 m^3/sec$  deriva dalla somma di 0.7, eventuale portata derivata, e  $6,1 m^3/sec$ , portata data dall'evento con tempo di

ritorno mille anni, limitatamente al bacino direttamente sotteso all'invaso. Le stime fatte risultano comunque corrette e a favore di sicurezza anche in base alle verifiche effettuate alla luce delle analisi dei valori estremi delle piogge in Toscana.

Poiché l'invaso della Giudea è un serbatoio in derivazione non sarà probabilmente interessato da frequenti fenomeni di sfioro potendo chiudere l'immissione a serbatoio pieno. La limitazione delle portate in transito consente di ridurre ulteriormente il problema dell'interrimento del serbatoio e contemporaneamente di evitare di prelevare portate inutilizzate dal torrente.

Le portate sfiorate saranno comunque convogliate secondo un nuovo sistema di opere e canalizzazioni fino al torrente Tazzera che scorre nella valle adiacente a quella ove insiste l'invaso. L'eventuale instaurarsi di deflussi aggiuntivi nel torrente Tazzera non costituiscono alterazione significativa del regime di portate dello stesso, considerando sia il punto di vista idrologico (le aree dei bacini) che quello idraulico (le sezioni del torrente).

## **Bibliografia**

Ackers, P. & W.R. White, A sediment transport: new approach and analyses. *ASCE Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 99, No. HY11, 2041-2060, 1973.

Bagnold, R.A.. An approach to the sediment transport problem from general physics. *USGS Prof. Pap.* No. 422-I, 1966.

Consorzio Ombrone Pistoiese – Bisenzio, Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera – Relazione Tecnica Integrativa, 2006.

Publiacqua SpA, Piano Operativo Triennale 2005-2007, 2004.

Regione Toscana, Piano di Tutela delle Acque in Toscana – Bacino del fiume Arno, v.1, 2005.

US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *Geospatial Hydrologic Modeling HEC-GeoHMS User's Manual*, v. 1.1, 2003.

US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual*, v. 3.1.0, 2006.

US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *River Analysis System Hec-RAS User's Manual*, v. 3.1, 2003.

### **3. COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE, SUOLO E SOTTOSUOLO**

#### **3.1 Descrizione dello stato attuale**

##### **3.1.1 Assetto idrologico, geologico, morfologico**

###### **3.1.1.1 INQUADRAMENTO GENERALE**

L'attività di studio e ricerca effettuata nell'ambito del progetto degli interventi strutturali sull'asta del Torrente Ombrone Pistoiese nel Comune di Pistoia, vede il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze impegnato nello Studio di Impatto Ambientale finalizzato all'analisi e valutazione delle interazioni tra gli interventi previsti (realizzazione di tre casse di espansione presso i Laghi Primavera, in loc. S. Piero a Vincio ed in loc. Ponte Calcatola; l'adeguamento della nuova viabilità ed il ripristino del bacino della Giudea in loc. Gello).

Dati e informazioni preesistenti sulle condizioni stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei siti interessati dal progetto sono contenute nei lavori di: Capecchi F. et al. (1975); Capecchi F. e Pranzini G. (1985); Dallan L. et al. (1981).

La caratterizzazione dell'area oltre ad avvalersi di ricerche di tipo bibliografico fa riferimento ad una specifica campagna di indagini geotecniche, progettata e commissionata dal Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese – Bisenzio, che ha previsto:

- per la realizzazione della cassa di espansione in loc. laghi Primavera l'esecuzione di: 20 sondaggi a carotaggio continuo nel corso dei quali sono state condotte prove penetrometriche dinamiche, SPT, nei materiali granulari, 10 prove penetrometriche dinamiche super pesanti, DPSH, spinte fino al rifiuto strumentale; 29 saggi eseguiti con l'ausilio di un escavatore meccanico, 10 prove di permeabilità;
- per la realizzazione della nuova viabilità di collegamento nell'ambito del progetto l'esecuzione di: 2 sondaggi a carotaggio continuo, 2 stendimenti sismici a rifrazione per la valutazione della velocità di propagazione dell'azione sismica dei terreni di fondazione;
- per la caratterizzazione dinamica dei terreni di base del Bacino idrico della Giudea e del suo paramento: l'esecuzione di una prova sismica in sito di tipo down hole, l'esecuzione di una prova sismica MASW ed una prova sismica rifrazione.

L'idrografia superficiale è caratterizzata dallo scorrimento di due importanti corsi d'acqua: il Torrente Ombrone ed il Torrente Torbecchia e dalla presenza dei tre laghi artificiali adibiti all'esercizio della pesca sportiva.

L'Ombrone, che delimita ad est l'area in esame, ha sbocco in Arno in località Porto di Mezzo, in provincia di Firenze, dopo un percorso di circa 47 km, ha le sorgenti presso il Poggio dei Lagoni a circa 1100 metri di quota ed ha un bacino imbrifero di 489 km<sup>2</sup>.

Il Torbecchia, delimitante ad ovest l'area in studio, rappresenta con i torrenti Vincio di Brandeggio, Vincio di Montagnana e Stella uno degli affluenti di destra dell'Ombrone. Gli affluenti di sinistra sono invece il Brusigliano, la Brana, il Bure e l'Agna riuniti in unico collettore definito "Calice", che scarica le sue acque in territorio pratese a "Bocca di Calice".

Dal punto di vista geologico, l'esame degli elaborati e delle relazioni di progetto, mostra che l'area in studio si trova in prossimità del margine occidentale della pianura alluvionale, formatasi per il progressivo colmamento del bacino palustre e lacustre che nel Quaternario antico occupava la depressione presente lungo l'asse Pistoia - Firenze. L'apporto solido fu dovuto principalmente alle aste torrentizie che scendono dai rilievi appenninici. I sedimenti si sono depositi in ambiente dotato di energia deposizionale medio elevata ed i livelli ghiaiosi e sabbiosi sono predominanti.

In corrispondenza dei Laghi Primavera, considerata la posizione dell'area rispetto al bordo dell'antica linea di costa, lo spessore dei sedimenti che ricopre le rocce del substrato è ad una profondità inferiore a 50 m dal piano campagna, costituito da litotipi appartenenti alle formazioni arenacee e argilloscistose affioranti nei rilievi limitrofi (F. Capecci et al. 1975).

La zona del bacino della Giudea, situata a circa 2,5km a nord della zona dei Laghi Primavera, sembra essere delimitata a nord ovest da una faglia avente direzione nord-est sud-ovest. La zona del bacino insiste sulle argilliti con strati e blocchi di calcari e arenarie, praticamente impermeabili, del Complesso eterogeneo, ma confina, oltre la faglia, con gli affioramenti di flysch arenaceo torbiditico con siltiti e argilliti. In questa zona, invece, considerata la distanza dal bordo dell'antica linea di costa, lo spessore dei sedimenti è assai modesto e varia dall'affioramento ai circa 8,00 – 9,00 metri come rilevato nel corso dei sondaggi appositamente effettuati.

### **3.1.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI E LINEAMENTI TETTONICI**

Relativamente all'area dei Laghi primavera e per quanto concerne la descrizione strutturale, stratigrafica, evolutiva e tettonica delle formazioni rocciose affioranti ai margini della pianura nonché, i lineamenti tettonici generali, sulla relazione di progetto a firma dei geologi A. Bizzarri, E. Borrelli e L. Salvi (aprile, 2007) si legge:

*“Marginalmente all'area su cui si realizzerà la cassa d'espansione, affiorano terreni arenacei appartenenti alla formazione del Macigno e terreni prevalentemente argillitici di origine ligure.*

*La formazione del Macigno, costituita da arenarie quarzose feldspatiche con intercalazione da centimetriche a decimetriche di argilliti e siltiti (Oligocene Medio Sup.), rappresenta il tetto della Falda Toscana e costituisce l'ossatura del Montalbano e delle colline limitrofe all'area di studio.*

*Le Unità Liguri, riassumibili nelle formazioni dell'Alberese, del Complesso Eterogeneo Argilloscistoso e del complesso di Canetolo, sono costituite da litotipi argilloscistosi e calcarei eocenici. La sedimentazione di queste formazioni sarebbe avvenuta in bacini più interni rispetto a quelli in cui si è formata la serie Toscana e in età diversa. Solo successivamente, in seguito alla fase tettonica compressiva che ha portato alla costruzione dell'edificio a falde della catena appenninica, le Unità Liguri avrebbero subito una traslazione verso est-nord est, accavallandosi al di sopra delle Unità Toscane. La formazione dell'Alberese e il Complesso Eterogeneo Argilloscistoso sono per lo più cartografabili nell'area nord-occidentale dell'area in studio.*

*Dal punto di vista strutturale, il Macigno rappresenta il fronte della Falda Toscana sovrascorsa verso est. L'avanscorrimento delle formazioni Liguri sovrastanti, che hanno spesso sostituito il Macigno, sarebbe dovuto alla ripresa tardiva dei movimenti tangenziali. Spesso si osservano i due complessi eocenici in contatto con la Scaglia: si tratta di contatti tettonici, come testimonia la presenza di numerosi affioramenti di brecce di frizione.*

Queste formazioni rocciose rappresentano il contorno all'area interessata dalla cassa d'espansione e non affiorano in nessun tratto del suo sviluppo, in quanto sono mascherate da una spessa coltre di origine alluvionale.

#### *Lineamenti tettonici generali*

L'area compresa tra la Val di Serchio, la Val di Lima e la Val d'Arno è interessata da una tettonica le cui linee principali sono rappresentate da due allineamenti di importanza regionale:

- l'allineamento longitudinale Monte Orsaro-Val di Lima-Monti del Chianti-Monte Cetona, caratterizzato da culminazioni (Monte Pisano, Val di Serchio, Val di Lima, ecc.) e depressioni assiali (le pianure di Lucca, Fuococchio e Pistoia), anche di forte dislivello;
- l'allineamento trasversale costituito dalla linea Livorno-Sillaro che, nell'area in questione, borderebbe le pendici sud-orientali del Monte Pisano e passerebbe nella zona compresa tra la Val di Nievole ed il Montalbano.

Il primo allineamento è costituito da una serie di pieghe coricate, faglie inverse e sovrascorrimenti aventi direzione nord ovest-sud est (andamento appenninico) nella parte settentrionale e nord-sud in quella meridionale, dove si ha un accenno al rovesciamento verso est. Questo grande arco, interpretato dai geologi pisani come il fronte delle unità alloctone mesozoiche sovrascorse sui terreni autoctoni delle Alpi Apuane, si sarebbe allineato nella fase tettonica compressiva datata Oligocene-Miocene anche se l'effettiva messa in posto sarebbe avvenuta nella successiva ed intensa fase tortoniana.

Il secondo allineamento, impostosi nel Mesozoico come soglia separante bacini con diverse caratteristiche (una zona settentrionale relativamente bassa a forte subsidenza ed una meridionale più alta a subsidenza ridotta), avrebbe costituito nel Terziario una faglia trascorrente con direzione sud ovest-nord est, che ha dislocato il fronte di avanzamento dei terreni mesozoici”.

### **3.1.2 Acque sotterranee**

L'acquifero principale della pianura di Pistoia coincide con il delta-conoide del Torrente Ombrone, le cui ghiaie raggiungono uno spessore massimo di 20-25 m, ma presentano frequenti, anche se sottili, intercalazioni di limi. Tale acquifero copre circa l'80% del territorio comunale e fa parte del sottobacino del Fiume Arno denominato Medio Valdarno.

La superficie freatica della falda presente nell'area, rilevata il 21 Aprile 1978, era a quote comprese tra 76 e 80 m s.l.m. e quindi quasi coincidente con il piano campagna, mentre l'escursione media rispetto al rilievo del 26 settembre 1978 risultò dell'ordine di 4,5m, corrispondente ai valori massimi di tutta la pianura Pistoiese.

Dalle indagini in sito effettuate nell'ambito del progetto è risultato che la profondità a cui si trova la superficie libera della falda, varia da un minimo di 1,8 m dal p.c. (79,16 m s.l.m.) ad un massimo di 6,9 m dal p.c. (76,80 m s.l.m.). Il monitoraggio della falda freatica, effettuato tra febbraio 2006 e marzo 2007, mostra che la sua profondità varia tra 1,1 m e 6,9 m ed ha limitate escursioni in altezza durante l'anno (dell'ordine del metro).

Nel paragrafi 2.1, e 2.2 si riporta la metodologia prevista dal D. Lgs. 152/99 per la classificazione delle acque sotterranee e la sintesi del quadro conoscitivo attuale per il sottobacino in cui ricade il Torrente Ombrone. In particolare, per la stesura di tali paragrafi si è fatto esplicitamente riferimento al Piano di Tutela delle Acque della Toscana del bacino del Fiume Arno.



### 3.1.2.1 STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Gli indici utilizzati per la valutazione dello stato di qualità delle acque dei corpi idrici significativi sotterranei sono:

- SquAS = Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee;
- SCAS = Stato Chimico delle Acque Sotterranee;
- SAAS = Stato Ambientale delle Acque Sotterranee.

Lo stato di qualità ambientale (indice SAAS) è determinato dall'integrazione degli stati quantitativo e chimico.

#### 3.1.2.1.1 Stato quantitativo delle acque sotterranee (SquAS)

Lo stato quantitativo costituisce per i corpi idrici sotterranei un parametro necessario ai fini della valutazione del loro stato ambientale. Lo stato quantitativo, espresso come indice SquAS, è definito dal D. Lgs. 152/99, sulla base delle alterazioni delle condizioni di equilibrio connesse con la velocità naturale di ravvenamento dell'acquifero. In particolare, lo stato quantitativo può essere ricondotto a quattro classi come mostrato in tabella 3.1.

Tabella 3.1. Indice di Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee.

	Classi	Giudizi
S q u A S	Classe A	Impatto antropico nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni di acqua o alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo.
	Classe B	Impatto antropico ridotto, vi sono moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico, senza che tuttavia ciò produca una condizione di sovrasfruttamento, consentendo un uso della risorsa sostenibile sul lungo periodo.
	Classe C	Impatto antropico significativo con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa evidenziata da rilevanti modificazioni agli indicatori generali sopraesposti (nella valutazione quantitativa bisogna tenere conto anche degli eventuali surplus incompatibili con la presenza di importanti strutture sotterranee preesistenti).
	Classe D	Impatto antropico nullo o trascurabile, ma con presenza di complessi idrogeologici con intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica.

Il D. Lgs. 152/99 non indica in maniera esplicita i valori numerici di riferimento per l'attribuzione della classe, ovvero non definisce l'andamento dei livelli piezometrici o il valore delle portate delle sorgenti che permetterebbero di attribuire univocamente la classe quantitativa corrispondente.

Come stabilito per il bacino del Fiume Arno nel Piano di Tutela delle Acque della Toscana, la classificazione si avvale di un indicatore dato dal rapporto tra prelievi ed infiltrazione efficace. Considerata l'espressione del Bilancio Idrico di un sistema acquifero:

$$IE = Q_{ex} +/- Q_{sup} +/- Q_{sott}$$

dove:

IE = infiltrazione efficace che contribuisce alla ricarica dell'acquifero (P - E - runoff)

Q<sub>ex</sub> = prelievi

Qsup = scambi con il sistema delle acque superficiali (corsi d'acqua / laghi / mare)

Qsott = scambi idrici con i sistemi acquiferi / acquitardi confinanti

In risposta ad uno squilibrio di bilancio dovuto ad un incremento del termine Qex (prelievi antropici), il sistema, può rispondere oltre che col progressivo svuotamento della risorsa anche con l'incremento degli scambi idrici da acque superficiali e sotterranee adiacenti, dato che il termine IE della ricarica risulta costante e comunque indipendente dalle dinamiche interne del sistema acquifero.

Gli effetti ultimi di uno squilibrio di bilancio, che non necessariamente può portare allo svuotamento del sistema, possono variare da situazione a situazione in dipendenza della disponibilità idrica dei corpi idrici superficiali e sotterranei adiacenti e soprattutto delle loro caratteristiche chimiche. Si pensi al richiamo di acque salate ed al conseguente arricchimento di Cl, od al richiamo da sistemi isolati di acque poco ossigenate e ricche in Fe, Mn ed NH<sub>4</sub>.

Il rapporto Qex/IE (prelievi/infiltrazione efficace) può risultare un possibile indicatore dello stato quantitativo del corpo idrico sia per quanto riguarda l'evoluzione temporale del bilancio sia come termine di confronto delle diverse situazioni. L'indicatore assume per il valore 0, il significato di condizioni assolutamente "naturali" del sistema acquifero in assenza di prelievi antropici e, per il valore 1, il significato di completa perdita delle condizioni intrinseche naturali del corpo idrico, dove tutte le acque in transito hanno origine esterna.

Considerato l'interesse di una verifica complessiva dello stato quantitativo degli acquiferi significativi, e seppure in assenza di dati certi riguardo il bilancio idrico dei bacini e dei corpi idrici sotterranei, nell'ambito del Piano di Tutela delle Acque della Toscana è stato provveduto a valutare, per ciascun corpo idrico significativo, una sovrastima dell'indicatore Qex / IE sulla base dei dati disponibili.

Poiché nel calcolo del rapporto tra Qex ed IE il numeratore è un valore sottostimato e il denominatore è sovrastimato, se ne deduce che il valore ottenuto è da considerare un limite inferiore, che individua, con buona probabilità, le situazioni caratterizzate da un grave squilibrio di bilancio.

Per quanto concerne le misure nei punti di monitoraggio quantitativo, dei livelli piezometrici, effettuati anche per il Piano di Tutela delle Acque, attualmente sono effettuate con cadenza mensile dai tecnici dei dipartimenti provinciali dell'ARPAT.

La disponibilità di serie storiche di valori di misure della superficie piezometrica, che sarà possibile solo dopo anni di monitoraggio, la conoscenza più approfondita della geometria e delle caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi, che verrà acquisita a seguito degli studi in corso, permetteranno più accurata classificazione dei corpi idrici sotterranei in termini di stato quantitativo da parte degli enti preposti.

### *3.1.2.1.2 Stato chimico delle acque sotterranee (SCAS)*

Relativamente allo stato chimico, il D. Lgs. 152/99 fissa di utilizzare, ai fini della sua classificazione, il valore medio rilevato per ogni parametro di base o addizionale nel periodo di riferimento.

Lo stato chimico valutato con macrodescrittori è determinato dal parametro che ricade nella classe per cui è previsto il limite in concentrazione più alto (classe peggiore); nel caso di superamento del limite per uno qualsiasi dei parametri addizionali viene attribuita,

indipendentemente dall'esito derivante dai parametri macrodescrittori, la classe IV o la classe 0 relativa allo stato naturale particolare. Le classi dello stato chimico sono riportate in tabella 3.2.

Gli effetti di uno squilibrio di bilancio, che non necessariamente può portare allo svuotamento del sistema, possono variare da situazione a situazione in dipendenza della disponibilità idrica dei corpi idrici superficiali e sotterranei adiacenti e soprattutto delle loro caratteristiche chimiche. Si pensi al richiamo di acque salate ed al conseguente arricchimento di Cl, od al richiamo da sistemi isolati di acque poco ossigenate e ricche in Fe, Mn ed NH<sub>4</sub>.

Tabella 3.2. Classi di qualità per la valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee

S C A S	Classi	Giudizi
	Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche.
	Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche.
	Classe 3	Impatto antropico significativo e con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione.
	Classe 4	Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti.
	Classe 0	Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra dei valori della classe 3.

Tabella 3.3 – Classificazione chimica in base ai parametri di base

	Unità di misura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0 (*)
Conducibilità elettrica	µS/cm (20°C)	≤ 400	≤ 2500	≤ 2500	>2500	>2500
Cloruri	µg/L	≤ 25	≤ 250	≤ 250	>250	>250
Manganese	µg/L	< 20	< 50	≤ 50	>50	>50
Ferro	µg/L	<50	<200	≤ 200	>200	>200
Nitrati	µg/L di NO <sub>3</sub>	≤ 5	≤ 25	≤ 50	> 50	
Solfati	µg/L di SO <sub>4</sub>	≤ 25	≤ 250	≤ 250	>250	>250
Ione ammonio	µg/L di NH <sub>4</sub>	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,5	>0,5	>0,5

(\*) Se la presenza di tali sostanze è di origine naturale, così come appurato dalle Regioni o dalle Province, verrà automaticamente attribuita la classe 0.

Tabella 3.4. Parametri aggiuntivi

Inquinanti inorganici	µg/L	Inquinanti organici	µg/L
Alluminio	≤ 200	Composti alifatici alogenati totali	10
Antimonio	≤ 5	di cui:	
Argento	≤ 10	- 1,2-dicloroetano	3
Arsenico	≤ 10	Pesticidi totali (*)	0,5
Bario	≤ 2000	di cui:	

Berillio	≤ 4	- aldrin	0,03
Boro	≤ 1000	- dieldrin	0,03
Cadmio	≤ 5	- eptacloro	0,03
Cianuri	≤ 50	- eptacloro epossido	0,03
Cromo tot.	≤ 50	Altri pesticidi individuali	0,1
Cromo VI	≤ 5	Acilamide	0,1
Ferro	≤ 200	Benzene	1
Fluoruri	≤ 1500	Cloruro di vinile	0,5
Mercurio	≤ 1	IPA totali (°)	0,1
Nichel	≤ 20	Benzo (a) pirene	0,01
Nitriti	≤ 500		
Piombo	≤ 10		
Rame	≤ 1000		
Selenio	≤ 10		
Zinco	≤ 3000		

(\*) In questo parametro sono compresi tutti i composti organici usati come biocidi (erbicidi, insetticidi, fungicidi, acaricidi, algicidi, nematocidi ecc..).

(°) Si intendono in questa classe i seguenti composti specifici: benzo(B) fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(ghi)perilene, indeno(1,2,3-cd)pirene.

### 3.1.2.1.3 Stato ambientale delle acque sotterranee (SAAS)

Lo stato ambientale dei corpi idrici sotterranei viene ottenuto “incrociando il risultato chimico con quello quantitativo”. Mentre lo stato chimico può essere determinato sia per acquifero che per singolo pozzo monitorato, lo stato ambientale è, invece, definito per acquifero e non per singolo pozzo. Per tali motivi, nell’ambito del Piano di Tutela delle Acque della Toscana è stata effettuata la classificazione chimica anche per singolo acquifero, eseguendo la media dei parametri macrodescrittori e dei parametri addizionali determinati sui pozzi ricadenti nello stesso.

Nel caso di stato chimico dell’acquifero superiore alla classe 2, e nel caso di stato 0, sono stati indicati in nota nella tabella dello stato ambientale, i parametri che hanno determinato l’esito della classificazione. Nei casi in cui la concentrazione del parametro è risultata inferiore al limite di rilevabilità della tecnica analitica, per calcolare la media, si è riportato il valore corrispondente alla metà del limite di rilevabilità.

Tabella 3.5. Stato ambientale (quali-quantitativo) dei corpi idrici sotterranei

S A A S	Elevato	Buono	Sufficiente	Scadente	Particolare
	1 - A	1 - B	3 - A	1 - C	0 - A
		2 - A	3 - B	2 - C	0 - B
		2 - B		3 - C	0 - C
				4 - C	0 - D
				4 - A	1 - D
				4 - B	2 - D
					3 - D
				4 - D	

**3.1.2.2. CLASSIFICAZIONE DI QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE****3.1.2.2.1 Rete idrica di rilevamento**

In tabella 3.6 sono riportati per il corpo idrico sotterraneo pistoiese i punti di monitoraggio individuati con DGRT 225/03, cui si aggiungono nuovi punti, successivamente individuati di concerto con ARPAT ed il Settore Servizio Idrologico Regionale.

Tabella 3.6. Rete di monitoraggio dei corpi idrici significativi sotterranei (fonte: ex Tab. 4 All. 2 DGRT 10 marzo 2003, n.225).

A	B	C	D	E	F	G	H
P279	POZZO MENICI	PT	PISTOIA	VIA GORA E BARBATOLE	1651736	4867265	QL
P276	POZZO N. 3 S.PANTALEO	PT	PISTOIA	SAN PANTAELO	1652194	4864597	QL
P277	POZZO DI CENTRALE PONTELUNGO	PT	PISTOIA	PONTELUNGO	1652259	4865071	QL
P278	POZZO 2 PONTE EUROPA	PT	PISTOIA	PIAZZA DEL CARMINE	1653807	4866514	QTC
P275	POZZO BONELLE 80	PT	PISTOIA	BONELLE	1653616	4864052	QL
P267	POZZO FOSSO VIA CALAMANDREI	PT	AGLIANA	SPEDALINO	1659516	4863660	QL
P281	POZZO 1 REDOLONE	PT	SERRAVALLE PISTOIESE	REDOLONE	1653315	4860655	QL

**LEGENDA:**

Colonna A Codice di identificazione del punto di monitoraggio del corpo idrico significativo sotterraneo.

Colonna B Denominazione del punto di monitoraggio del corpo idrico significativo sotterraneo.

Colonna C Provincia.

Colonna D Comune.

Colonna E Località.

Colonna F/G Coordinate del punto di monitoraggio nel sistema Gauss-Boaga.

Colonna H La sigla QL indica che il punto (pozzo o sorgente) è utilizzato per il monitoraggio qualitativo, la sigla QTC indica che il punto è utilizzato per il

monitoraggio quantitativo, con rilievo almeno mensile (quando possibile in continuo) del livello falda/portata sorgente.

**3.1.2.2.2 SquAS**

Sulla base delle considerazioni fatte al precedente paragrafo 3.1.2.2.1, si riporta in tabella 3.7 una prima definizione dello stato quantitativo del corpo idrico sotterraneo significativo presente nel bacino e relativo all’area in studio. Per l’acquifero in oggetto sono indicati i riferimenti utilizzati per la classificazione quantitativa.

Tabella 3.7. Corpo idrico significativo sotterraneo del sottobacino presente nell’area in studio- Classificazione SquAS.

CODICE	CORPO IDRICO SIGNIFICATIVO	SquAS	RIFERIMENTO
11AR013	Acquifero della Piana Firenze, Prato, Pistoia – Zona Pistoia	B	RSA 1997

### 3.1.2.2.3 SCAS

In tabella 3.8 è riportata la classificazione dello stato chimico, effettuata per pozzo, dei singoli acquiferi in prossimità dell’area interessata dal progetto. Sono indicati, nel caso di classe 0 o 4, anche i parametri che hanno determinato tale classificazione.

Tabella 3.8 – Classificazione SCAS per punto di monitoraggio.

A	B	C	D	E
VALDARNO MEDIO - ZONA PISTOIA	P275	1		
	P276	0	Fe	
	P277	2		
	P278			
	P279	2		
	P267	4	Al	Classe 0 Fe Mn
	P281	0	Fe Mn	

#### LEGENDA

A Denominazione del corpo idrico significativo sotterraneo (acquifero).

B Codice del punto di monitoraggio delle acque sotterranee (MAT).

C Classe di qualità chimica (SCAS) rilevata per ciascun punto di monitoraggio nella campagna 2003.

D Parametri di base o addizionali che determinano la classe rilevata.

E Campo note

### 3.1.2.2.4 SAAS

Lo stato ambientale delle acque sotterranee per il sottobacino in cui ricade l’area interessata da progetto è sintetizzato in Tabella 3.9.

Tabella 3.9 – Stato di qualità ambientale definito per gli acquiferi individuati come significativi ai sensi della DGRT 10 marzo 2003 n. 225 (fonte: Regione Toscana 2003, ARPAT 1997-2003).

A		B	C	D	E	F
CORPI IDRICI SOTTERRANEI SIGNIFICATIVI		STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE RILEVATO				
DENOMINAZIONE	RIF.	SquAS	SCAS	Num. Punti QL	SAAS	Note
Acquifero della Piana Firenze, Prato, Pistoia	Zona Pistoia	B	0	6	PARTICOLARE	Fe e Mn

#### LEGENDA

A Nome dell’acquifero considerato, come indicato nella DGRT 10 marzo 2003, n. 225.

B Stato quantitativo dell’acquifero espresso come indice SquAS = Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee per ciascun acquifero. Le lettere in grassetto indicano la classe di qualità.

C Stato di qualità chimica dell’acquifero espresso come indice SCAS = Stato Chimico delle Acque Sotterranee (rif. Tab. 20 All. 1 al D. Lgs. 152/99); i dati sono relativi all’anno 2002 per ciascun acquifero. I numeri in grassetto indicano la classe di qualità.

D Numero di punti di monitoraggio dello stato qualitativo.

E Stato Ambientale dell’acquifero considerato espresso come indice SAAS = Stato Ambientale delle Acque Sotterranee: in tabella si riporta il giudizio ottenuto incrociando i dati relativi agli indici SquAS e SCAS.

F Campo Note.

### **3.1.2.3 ELEMENTI DI CRITICITÀ PER LA FALDA**

Il Torrente Ombrone raccoglie gli scarichi di un bacino fortemente antropizzato con una fiorente attività vivaistica nel territorio pistoiese ed insediamenti industriali di tipo tessile nella zona pratese. I reflui derivati da questa attività, unitamente a parte degli scarichi civili della città di Prato, vengono trattati dagli impianti centralizzati di depurazione delle acque reflue urbane di Calice e di Baciacavallo. Nella parte alta del bacino, a monte di Pistoia, in considerazione della buona struttura ambientale dell'alveo fluviale e del relativo impatto antropico, il fiume ha un elevato livello di qualità ambientale sia di tipo chimico fisico che biologico conseguendo per entrambi la classificazione di elevato.

Nelle due stazioni più a valle che risentono completamente degli impatti prima descritti, la situazione peggiora notevolmente. Nella stazione di Ponte alla Caserana, a monte degli scarichi dell'area tessile, la qualità chimico-fisica risulta scadente mentre quella biologica sufficiente. Nella stazione di confluenza con l'Arno sottoposta all'impatto dei reflui depurati dell'area del tessile la qualità complessiva è stabilmente scadente. I dati di pressione, di stato ed i carichi di nutrienti scaricati dall'impianto di depurazione, consentono una valutazione critica del dato analitico e, conseguentemente, di individuare il corpo recettore, di portata modesta, rispondente alle caratteristiche riconducibili a quelli di un'area sensibile. (Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana).

Il rischio di inquinamento per le acque del sottosuolo è principalmente rappresentato nello stato ante operam dai corsi d'acqua in diretto rapporto con la falda freatica. Per quanto riguarda il Torrente Ombrone non si registrano apporti inquinanti di un certo rilievo fino alla confluenza con il Fosso Brusigliano (Capecchi e Pranzini, 1985).

### **3.1.3 Terreni affioranti nell'area**

Le indagini geotecniche eseguite nell'area interessata dalle opere in progetto mostrano che i terreni affioranti sono di natura alluvionale e di recente deposizione.

Le stratigrafie, ottenute mediante perforazioni di sondaggio e saggi con escavatore meccanico, condotti in prossimità del Laghi Primavera, mostrano che al di sotto di un livello interessato da trasformazioni di tipo pedologico della spessore di circa 0,50 m, vi sono materiali di natura limo sabbiosa, talvolta con ghiaia e raramente con ciottoli arenacei arrotondati, aventi spessore variabile da 0,00 a 2,00 m. Sotto tali materiali si trovano poi ghiaie e ciottoli, talvolta di dimensioni decimetriche, in matrice limo sabbiosa che divengono più pulite con l'aumentare della profondità. Le indagini geotecniche condotte ad ovest dell'area hanno permesso di intercettare il substrato argillitico a profondità comprese tra 8,00 e 9,00 m dal piano campagna. Il substrato arenaceo è stato raggiunto nei sondaggi S2 ed S5, rispettivamente a 9,40 e 17,70 m dal piano campagna.

#### **3.1.3.1 CARATTERIZZAZIONE IN CAMPO STATICO**

Il presente paragrafo, § 3.1.3.1, così come il successivo, § 3.1.3.2, sono da considerarsi a prevalente carattere descrittivo. Per la dettagliata caratterizzazione meccanica dei terreni presenti nell'area, sia in campo statico che in campo dinamico, si rimanda ai certificati di laboratorio ed agli elaborati di progetto.

La caratterizzazione meccanica dei terreni presenti nell'area è stata effettuata a partire da una specifica campagna di indagini geotecniche, commissionata dal Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese – Bisenzio, che ha previsto:

- per la realizzazione della cassa di espansione in loc. laghi Primavera l'esecuzione di: 20 sondaggi a carotaggio continuo nel corso dei quali sono state condotte prove penetrometriche dinamiche, SPT, nei materiali granulari, 10 prove penetrometriche dinamiche super pesanti, DPSH, spinte fino al rifiuto strumentale; 29 saggi eseguiti con l'ausilio di un escavatore meccanico, 10 prove di permeabilità;
- per la realizzazione della nuova viabilità di collegamento nell'ambito del progetto l'esecuzione di: 2 sondaggi a carotaggio continuo, 2 stendimenti sismici a rifrazione per la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche nei terreni di fondazione;
- per la caratterizzazione dinamica dei terreni di base del Bacino idrico della Giudea e del suo paramento: l'esecuzione di una prova sismica in sito di tipo down hole, l'esecuzione di una prova MASW ed una prova sismica a rifrazione con il metodo dei primi arrivi (entrambe hanno previsto misure lungo tre diversi stendimenti).

La profondità a cui si trova la superficie libera della falda, misurata in alcuni sondaggi, varia da un minimo di 1,81 m dal p.c. (79,16 m s.l.m.) in corrispondenza del sondaggio S7, ad un massimo di 6,9 m dal p.c. (76,80 m s.l.m.) nel sondaggio S5. Nei saggi eseguiti con escavatore la falda è stata rilevata a profondità comprese tra 4,1 m (saggi E3 ed E4) e 2,8 m dal p.c. (saggio E6).

Il monitoraggio della falda freatica, effettuato tra febbraio 2006 e marzo 2007, mostra che la sua profondità varia tra 1,1 m e 6,9 m ed ha limitate escursioni in altezza durante l'anno, che sono state stimate essere al più dell'ordine del metro.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc, eseguite a profondità variabili da 1,50 a 3,00 m dal piano campagna, hanno fornito valori del coefficiente di permeabilità poco variabili: massimo di  $3,01E-02$  cm/s, per la prova n° 10; minimo  $4,72 E-03$  cm/s, per la prova n° 4 e valore medio  $1,72 E-02$  cm/s.

L'interpretazione delle prove penetrometriche condotte con penetrometro super pesante hanno fornito i valori dei parametri geotecnici dei litotipi sottostanti il terreno di riporto/vegetale restituiti in tabella 3.10.



Tabella 3.10. Parametri geotecnici dei terreni investigati mediante prove DPSH

Limo sabbioso con livelletti di ghiaia e sporadici ciottoli					
Prof. [m] min-max	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] min-max	$\phi'$ [kN/m <sup>3</sup> ] min-max	$c_u$ [kPa] min-max	$E_d$ [kPa] min-max	$E'$ [kPa] min-max
0,4 – 2,4	18 - 20	26 - 33	-	1500 - 11500	1800 - 15400
Ghiaia, sabbia e ciottoli in matrice limo sabbioso argillosa					
Prof. [m] min-max	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] min-max	$\phi'$ [kN/m <sup>3</sup> ] min-max	$c_u$ [kPa] min-max	$E_d$ [kPa] min-max	$E'$ [kPa] min-max
0,8 – 9,8	21	31 - 39	-	10000 - 29000	13500 – 38000
Argilla turchina					
Prof. [m] min-max	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] min-max	$\phi'$ [kN/m <sup>3</sup> ] min-max	$c_u$ [kPa] min-max	$E_d$ [kPa] min-max	$E'$ [kPa] min-max
6,8 – 8,0	21	-	220	15000	20000

LEGENDA

$\gamma$  = peso dell'unità di volume naturale;  
 $c_u$  = coesione non drenata per i terreni coesivi;  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio per i terreni incoerenti;  
 $E_d$  = modulo edometrico;  
 $E'$  = modulo di Young in condizioni drenate.

Nel corso della campagna d'indagine geotecnica sono stati campionati alcuni materiali successivamente sottoposti a prove di laboratorio. I risultati delle prove condotte sui campioni prelevati nel corso degli scavi di saggio, finalizzate sia alla classificazione sia alla determinazione delle principali proprietà indici e delle proprietà meccaniche dei terreni prelevati, sono sintetizzati in tabella 3.11.

Tabella 3.11. Proprietà indici, proprietà meccaniche e classificazione HRB dei terreni campionati nel corso delle indagini

	1/E1	2/E1	3/E1	1/E2	2/E2	1/E3	2/E3	1/E4	2/E4	1/E5	2/E5	1/E6	2/E6
w [%]	20,2	16,2	12,3	21,5	10,1	21,0	6,6	19,8	12,2	22,2	11,2	19,0	11,7
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19,8	17,1	18,1	19,4	19,4	19,5	17,6	20,1	21	20,6	20,3	20,9	19,8
$w_l$ [%]	30	-	-	27	-	27	-	26	-	25	-	27	-
$w_p$ [%]	22	-	-	23	-	23	-	24	-	22	-	21	-
$I_p$ [%]	8	-	-	4	-	4	-	2	-	3	-	6	-
$w_{opt}$ [%]	14,2	-	-	13	-	14,2	-	12,6	-	12,5	-	12,9	-
$\gamma_{d,max}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	17,9	-	-	17,4	-	17,4	-	17,7	-	17,7	-	18,1	-
$\phi'$ [°]	35	-	-	35	-	34	-	39	-	37	-	37	-
$c'$ kPa]	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-
Class. HRB	A4	A1-b	A1-a	A4	A1-a	A4	A1-a	A4	A1-a	A4	A1-b	A4	A1-b

LEGENDA

w = contenuto naturale d'acqua;  
 $\gamma$  = peso dell'unità di volume naturale;  
 $w_l$  = limite di liquidità;  
 $w_p$  = limite di plasticità;  
 $w_{opt}$  = contenuto d'acqua optimum;  
 $\gamma_{d,max}$  = densità secca corrispondente al  $w_{opt}$  ;  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio per i terreni incoerenti;

$c'$  = coesione drenata;

Class. HRB = classificazione AASHTO (Associazione americana statale delle strade e dei trasporti).

### 3.1.3.2 CARATTERIZZAZIONE IN CAMPO DINAMICO

Al fine di determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche di volume nel terreno e la morfologia sepolta dei terreni interessati dagli interventi in progetto in loc. Gello, sono state eseguite: una prova Down Hole, una prova sismica a rifrazione MASW ed una prova sismica a rifrazione per l'individuazione di un profilo sismico.

Per la realizzazione della nuova viabilità di collegamento prevista dal progetto è stata prevista l'esecuzione di 2 stendimenti sismici a rifrazione al fine di individuare la categoria sismica di appartenenza del terreno di fondazione.

La prova sismica sismiche Down Hole è stata effettuata in un foro di sondaggio della profondità di 30 m realizzato sui terreni di base del paramento di sud-est del Bacino della Giudea.

Mediante tale prova è stato determinato il profilo delle velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione, onde P, e delle onde sismiche di taglio, onde S, dei terreni alla base del bacino idrico della Giudea, fino alla profondità utile del foro.

L'elaborazione delle misure sismiche, effettuate in sito mediante prova Down Hole, ha permesso di individuare tre diversi strati in termini di rigidezza. I valori medi delle onde sismiche di volume, dei terreni di fondazione del paramento di sud-est della diga, sono risultati essere:

- da 1 a 6 m dal p.c.  $V_p = 926$  m/s;  $V_s = 282$  m/s;
- da 6 a 18 dal p.c.  $V_p = 2511$  m/s;  $V_s = 523$  m/s;
- da 18 a 30 dal p.c.  $V_p = 2774$  m/s;  $V_s = 800$  m/s;

Il parametro  $V_{s30}$ , D.P.C.M. n° 3274/2003, calcolato rispetto ai valori medi delle velocità di intervallo al di sotto del piano campagna quindi risulta pari a 506m/s, riconducibile ad un suolo di tipo B.

La prova sismica a rifrazione MASW, eseguita lungo tre stendimenti sul paramento del corpo diga, a sud est del bacino della Giudea e con direzione nord est - sud ovest, ha permesso di individuare i valori di  $V_s$  sia per 3 sezioni (per una lunghezza complessiva di circa 120 m) che per 3 verticali (fino alla profondità di circa 33 m). L'inversione delle misurazioni in sito, riportate nel progetto, mostra un incremento dei valori di  $V_s$  con la profondità pressoché costante e variabile da circa i 160 m/s in superficie e raggiunge i circa 520 m/s a 30 m dal piano campagna.

Anche la prova sismica a rifrazione per l'individuazione di un profilo sismico ha previsto 3 stendimenti. Questi ultimi, sono stati effettuati in modo da individuare una sezione trasversale al bacino che parte dal suo interno e raggiunge la fine del manufatto in progetto. La prova, basandosi su registrazioni dei primi arrivi, ovvero onde di compressione, ha permesso di individuare un profilo stratigrafico della lunghezza di circa 240 m lineari.

L'inversione delle misure effettuate in sito, ha permesso di individuare uno spessore di terreno ad omogenee caratteristiche geofisiche, attribuito ad una coltre detritica di origine pluvio colluviale posta a profondità variabili e comprese da pochi decimetri a qualche metro. A maggiori profondità è stato individuato uno strato di materiale a maggiore rigidezza, che si interpone tra i materiali di copertura e il substrato di natura argillitica.

Relativamente ai risultati delle 2 prove sismiche a rifrazione di supporto alla nuova viabilità in progetto, è stato determinato che il parametro  $V_{s30}$  è risultato pari a 592 m/s e 490 m/s rispettivamente per il primo ed il secondo stendimento. La categoria di appartenenza del suolo di fondazione, D.P.C.M. n° 3274/2003, è dunque la B.

### **3.1.3.3 ELEMENTI DI CRITICITÀ PER IL TERRENO**

Oltre a quanto contenuto relativamente al suolo nei quadri di riferimento della pianificazione territoriale e ambientale esistente, tra vincoli e gli obiettivi più interessanti, derivanti dalla pianificazione territoriale e settoriale vigente nel Comune in cui ricade l'area interessata dal progetto, come si legge sul ad esempio sul Piano di Tutela delle acque della Toscana, vi sono quelli: della limitazione del consumo e tutela della fertilità del suolo; della limitazione dell'impermeabilizzazione del suolo soprattutto nelle aree di alimentazione della falda; della limitazione dell'impermeabilizzazione dei piazzali per la coltivazione in contenitore mediante l'utilizzo di nuove tecniche.

Gli strumenti, le strategie ed i progetti esistenti e da attivare di cui si avvale l'Autorità di Bacino, ai fini di vincolare e perseguire gli obiettivi riportati sopra, sono: Provincia di Pistoia (PTC), Proposte di accordo tra la Provincia ed i comuni interessati, Norma 13 DPCM 05/11/99 Art. 26 PAI AdB Arno Art.16 PTC Provincia di Pistoia, Individuazione di forme di incentivo economico per la riduzione delle superfici impermeabilizzate (misure del Piano Sviluppo Rurale), Sviluppo e sperimentazione di tecniche alternative per la realizzazione dei piazzali per la vasetteria.

Per quanto concerne il Bacino della Giudea in località Gello, i risultati delle prove sismiche a rifrazione condotte nell'ambito del progetto in studio, mettono in evidenza alcuni aspetti interessanti sui terreni investigati. I tre stendimenti effettuati a sud est del bacino e con direzione nord est - sud ovest mostrano che in sommità allo sbarramento vi è una zona a bassa velocità caratterizzata quindi da modesti valori di rigidezza (la velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio,  $V_s$ , è infatti risultata compresa tra 120 e 140 m/sec).

La distribuzione della rigidezza visualizzata nella sezione a quota maggiore e la successiva morfologia che si rileva, riconduce a tale zona una possibile fascia di terreni allentati, probabilmente a zone di potenziale scollamento dei terreni, come accaduto sul fianco interno del paramento. A conferma di ciò è stato osservato il rigonfiamenti dei terreni a valle della scarpata. I tre stendimenti sismici, effettuati in modalità MASW, mostrano anche che sotto la fascia di terreno allentato, e in zona centrale, vi è un'area a modesta rigidezza che evidenzia interruzioni dell'omogeneità del paramento della larghezza di circa 25 m in sommità e pari a circa 10 m per lo stendimento effettuato a quota minore.

## **3.2 Descrizione dello stato di progetto**

### **3.2.1 Analisi degli impatti su terreno e falda**

Le problematiche geotecniche relative all'impatto ambientale degli interventi in progetto riguardano principalmente la falda acquifera, che deve essere tutelata in fase di realizzazione e in fase di esercizio, sia dal punto di vista della qualità che delle alterazioni del sistema idro-geologico, e la stabilità del territorio e dell'ambiente costruito, le cui condizioni saranno alterate dai movimenti di terra previsti e dalla realizzazione delle opere in progetto.

In linea generale, l'identificazione dei potenziali impatti critici (intesi come gli impatti, positivi e negativi, di maggiore rilevanza) esercitati dal progetto sui terreni e sulla falda nelle fasi di

operatività e manutenzione, consiste nell'individuazione dei possibili impatti significativi e nella stima e valutazione degli effetti prodotti dai potenziali impatti significativi su terreno e falda.

I potenziali impatti significativi sono individuati attraverso l'analisi delle possibili interazioni tra le azioni di progetto e le componenti ambientali di riferimento (sistema idro-geo-morfologico, delle acque sotterranee e del terreno, che in seguito per brevità, sarà indicato come sistema acqua – terreno) e all'interazione fra i vari fattori.

La stima e valutazione degli effetti prodotti dai potenziali impatti significati su terreno e falda, con particolare riferimento agli impatti critici, comprendente: la descrizione delle componenti dell'ambiente terreno e falda soggette a impatto ambientale nelle fasi di realizzazione degli interventi in progetto, operatività e manutenzione; descrizione dei probabili effetti rilevati, positivi e negativi, delle opere e degli interventi proposti sull'ambiente dovuti: a) all'attuazione del progetto; b) all'impiego di risorse naturali; c) all'emissione di inquinanti e allo smaltimento di rifiuti; d) a possibili incidenti; e) all'azione cumulativa dei diversi fattori.

Le analisi degli impatti sui terreni e sulla falda, è consistita nella fase di progettazione definitiva a cui ci si riferisce, nell'individuazione delle interazioni certe o probabili tra le attività elementari per la realizzazione del progetto, il terreno e la falda dell'ambito territoriale di riferimento. In particolare l'analisi è stata considerata per i diversi tempi: costruzione, esercizio e post-esercizio.

Il sistema terreno ed il sistema falda presi in esame sono quelli caratterizzati nel capitolo relativo alla descrizione dello stato attuale dell'ambiente (ante operam).

L'analisi "ante operam" ha consentito di caratterizzare gli aspetti principali delle componenti dei sistemi in esame e, conseguentemente, di individuare tutti gli elementi sensibili (ricettori) presenti nell'area di studio. A seguito di questa fase è stato possibile definire le possibili interferenze derivanti dalla fase di costruzione e di esercizio della cassa di espansione, della viabilità in progetto e delle opere accessorie sui ricettori individuati. Di seguito si riporta l'elenco dei possibili ricettori e l'elenco degli impatti potenziali derivanti dalla costruzione, dalla presenza e dall'esercizio dell'opera. Successivamente si descrivono le principali interferenze riscontrate.

### **3.2.1.1 RICETTORI E IMPATTI POTENZIALI INDIVIDUATI**

Gli impatti potenziali, sui due sistemi presi in esame (terreno e falda), interessano i seguenti ricettori individuati:

- R1** Terreni a permeabilità da alta a media
- R2** Terreni a permeabilità da media a bassa
- R3** Terreni di fondazione
- R4** Terreni costituenti sponde e strutture argini
- R5** Falda idrica
- R6** Pozzo idrico
- R7** Sorgente idrica
- R8** Manufatti

I ricettori **R1** ed **R2** fanno riferimento alla permeabilità dei terreni presenti nell'area interessata dalle opere in progetto desunta in base alla loro caratterizzazione geotecnica.

Il ricettore **R3** (terreni di fondazione) fa riferimento ai volumi significativi di terreno che interagiscono con le opere in progetto.

Il ricettore **R4** (terreni costituenti sponde e strutture arginali) si riferisce sia ai terreni interessati da scavi, sia alla stabilità dei delle sponde costituenti strutture arginali.

Il ricettore **R5** si riferisce alla potenzialità di vulnerabilità della falda idrica legata alla presenza di terreni particolarmente permeabili, al suo temporaneo abbassamento e alla vulnerabilità conseguente alla sua messa in luce nel corso degli scavi.

I ricettori **R6** e **R7** riguardano l'eventuale presenza rispettivamente di pozzi o sorgenti idriche nell'area in studio e la distanza da essi definita dalla vigente normativa nazionale (DPR 236/88, D. lgs. 152/99 e 258/00) ovvero inferiore, nel caso di captazioni ad uso idropotabile, a 200 m (area di rispetto) e 10 m (area di tutela assoluta) per i pozzi. Per quanto riguarda i pozzi ad uso irriguo si può eventualmente considerare l'effettiva sovrapposizione con l'opera in progetto.

Il ricettore **R8** fa riferimento a tutte quelle opere dell'ingegneria civile ed ambientale che possono interagire con l'opera in progetto.

Impatti potenziali individuati sul sistema falda idrica e sul sistema terreno sono:

- I1** Modifica del deflusso idrico superficiale
- I2** Rischio di modifica del deflusso idrico sotterraneo
- I3** Alterazione chimico-fisica delle acque di falda
- I4** Rischio di modifica delle condizioni di stabilità del terreno
- I5** Rischio di innesco fenomeni di erosione
- I6** Rischio densificazione - liquefazione
- I7** Rischio sifonamento – sollevamento del fondo scavo
- I8** Rischio fenomeni di subsidenza
- I9** Rischio cedimenti

L'impatto **I1** (modifica del deflusso idrico superficiale) è provocato da tutte quelle azioni progettuali che determinano un potenziale ostacolo al naturale deflusso delle acque superficiali, come ad esempio: la deviazione dei corsi d'acqua e la loro sistemazione idraulica; la realizzazione di tipologie costruttive che interferiscono con il drenaggio delle acque; la realizzazione di manufatti ed opere in corrispondenza dei corsi d'acqua e delle potenziali aree di esondazione.

L'impatto rischio di modifica del deflusso idrico sotterraneo, **I2**, può essere determinato in linea generale da tutte quelle azioni di progetto ed esercizio che interessano il terreno. Il ricettore interessato dal suddetto effetto è la falda idrica (**R5**). Tra questi impatti quelli significativi sono: gli ingenti scavi, previsti nell'area nord orientale della cassa d'espansione in progetto, al fine di recuperare del materiale idoneo al ripristino della struttura in terra della diga del Bacino della Giudea a Gello; la realizzazione di rilevati (arginali o stradali); la realizzazione delle opere di viabilità relative al progetto.

In linea generale, laddove mancano dati certi e puntuali sulla presenza e profondità della falda, possono essere presi in considerazione i seguenti ricettori: **R1** (terreni a permeabilità da alta a media) e **R2** (terreni a permeabilità da media a bassa). Questi terreni, infatti, a causa delle loro caratteristiche di permeabilità, costituiscono generalmente degli acquiferi di buona o mediocre potenzialità e per tale motivo possono essere sede di falde idriche. Questo impatto coinvolge anche i ricettori **R6** e **R7** comportando potenzialmente una modifica della portata di pozzi e sorgenti. Infatti, tutte le operazioni di scavo, soprattutto se effettuate a monte della sorgente o del pozzo, possono intercettare il locale deflusso idrico sotterraneo che le alimenta emergenze, con conseguente riduzione della portata, che in condizioni estreme ne può causarne il prosciugamento. Il suddetto impatto si verifica in fase di costruzione e può essere irreversibile.

Un altro impatto connesso con il ricettore **R5** (falda idrica) è quello relativo all'alterazione chimico-fisica delle acque di falda, **I3**. Detto impatto si genera soprattutto in fase di costruzione e deriva dal rilascio di particelle solide conseguente ai movimenti di terra oppure allo sversamento accidentale di sostanze inquinanti sui terreni interessati dalle attività di cantiere. Le azioni di progetto che in prima analisi possono alterare la qualità delle acque di falda sono principalmente le operazioni di scavo per la realizzazione delle casse di espansione, la deviazione dei corsi d'acqua, le sistemazioni idrauliche degli stessi, la costruzione di fondazioni, la realizzazione di interventi di impermeabilizzazione, l'occupazione temporanea di aree costituita da terreni permeabili. Tali azioni, proprio per il fatto di essere limitate prevalentemente alla fase di costruzione, generano un impatto di carattere temporaneo che pertanto tenderà gradualmente ad attenuarsi con il procedere dei lavori. Tuttavia, in fase di esercizio, tale interferenza può derivare dall'eventuale dispersione nei corpi idrici delle acque di dilavamento della piattaforma stradale e dallo sversamento accidentale di sostanze inquinanti a seguito di incidenti stradali (rovesciamento di autobotti, ecc.). Le aree più vulnerabili da questo punto di vista sono costituite da quelle in cui l'acquifero ha minore profondità e/o è in terreni altamente permeabili. In fase di esercizio l'interferenza in esame è pressoché trascurabile. Ugualmente a quanto evidenziato per l'impatto precedente vengono coinvolti i ricettori **R6** e **R7**.

Gli effetti legati alla accelerazione di fenomeni di dissesto, quali la modifica delle condizioni di stabilità, **I4**, e l'innescarsi di fenomeni di erosione, **I5**, sono determinati, da tutti quegli interventi che possono modificare le condizioni di stabilità di un pendio o di un argine, quali: gli sbancamenti (realizzazione delle casse di espansione, trincee, ecc.), la realizzazione di sovraccarichi, la riprofilatura delle sponde. Le aree più suscettibili da questo punto di vista sono evidentemente quelle interessate dagli scavi per la realizzazione delle casse di espansione. I ricettori più sensibili individuati nell'area di studio sono i seguenti: i terreni di fondazione, **R3**, ed i terreni costituenti sponde e strutture arginali, **R4**.

L'analisi dell'impatto che considera la modifica delle condizioni di stabilità, **I4**, dovrà essere effettuata nelle condizioni di breve termine (ovvero condizioni non drenate per i terreni a grana fine), lungo termine (sia per i terreni a grana fine che per quelli a grana grossa) ed in condizioni sismiche per tutti i ricettori eventualmente interessati.

L'impatto legato al rischio densificazione - liquefazione, **I6**, dipende sia da fattori predisponenti sia da fattori scatenanti ed interessa il ricettore terreni di fondazione, **R3**. I fattori predisponenti sono legati alle caratteristiche geotecniche dei terreni (caratteristiche stratigrafiche dei depositi, distribuzioni granulometriche, profondità della falda). I fattori scatenanti sono invece correlati alla sismicità locale dell'area (Il Comune di Pistoia è in II categoria sismica). In particolare, nel corso di esecuzione dei lavori ed in fase di esercizio i fattori predisponenti possono essere modificati per effetto delle opere in progetto.

Il rischio sifonamento – sollevamento del fondo scavo, impatto **I7**, interessa il ricettore terreni di fondazione, **R3**, e falda idrica, **R5**. Questo potenziale rischio si ha fase di esercizio di strutture arginali qualora sia presente un gradiente idraulico tra l'acqua interna e la falda esterna che comporti un moto di filtrazione ascendente nei terreni. Il rischio sifonamento può inoltre innescarsi anche nel corso di realizzazione degli scavi qualora essi avvenissero sotto falda. In questo ultimo caso i ricettori coinvolti sono anche le sponde dei fronti di scavo, **R4**. L'analisi dell'impatto **I7** prevede la verifica che, là dove sono presenti moti di filtrazione verticali ascendenti, la pressione verticale efficace che si ha in condizioni idrostatiche per la falda sia sufficientemente maggiore della pressione idrodinamica conseguente alla moto di filtrazione. In altre parole, occorrerà sulla base del reticolo idrodinamico in studio verificare che il gradiente idraulico di efflusso sia sufficientemente minore del gradiente idraulico critico. In generale l'impatto **I7**, interessa i ricettori: **R1** ed **R2**, rispettivamente terreni a permeabilità da alta a media e terreni a permeabilità da media a bassa. Nel secondo caso,

ovvero quanto l'impatto **I7** interessa il ricettore **R2**, il rischio in considerazione ha l'accezione di verifica di stabilità del fondo scavo e, in tal caso, dovrà essere effettuata sia a lungo termine (pressioni efficaci e pressioni idrodinamiche) sia a breve termine (pressioni totali e pressioni idrostatiche dell'acqua). Questo impatto dovrà poi considerare il rischio densificazione per i terreni interessati da filtrazioni discendenti.

L'impatto **I8**, rischio fenomeni di subsidenza, interessa principalmente i ricettori terreni di fondazione e falda, rispettivamente **R3** e **R5**. Nel caso in cui si debba abbattere anche localmente il livello della falda, in corso di realizzazione delle opere in progetto (in particolare nel corso degli scavi per la realizzazione delle casse di espansione), il conseguente incremento delle pressioni efficaci nei terreni a maggiore compressibilità, che generalmente corrispondono ai terreni a permeabilità da media a bassa, **R2**, può dar luogo a fenomeni di cedimenti più o meno diffusi del piano campagna.

Il rischio di eccessivi cedimenti, **I9**, si ha prevalentemente in fase di esercizio delle opere in progetto (si pensi alle opere connesse alla realizzazione della nuova viabilità). Interessa quindi i ricettori terreni di fondazione e, a causa della loro maggiore compressibilità, i terreni a permeabilità da media a bassa, rispettivamente ricettori **R3** ed **R2**.

La gravità degli impatti descritti in precedenza è variabile in funzione della sensibilità del ricettore coinvolto e del grado di coinvolgimento dello stesso. Mentre la sensibilità del ricettore, dipende essenzialmente dalla sue condizioni naturali e dalla sua vulnerabilità. Il grado di coinvolgimento del ricettore è il modo in cui questo è soggetto alla sottrazione dall'impatto che lo interessa, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo.

### **3.2.1.2 STIMA DEGLI IMPATTI REALI**

Gli impatti individuati sono riconducibili principalmente al rischio di innesco di fenomeni di instabilità e subordinatamente alla modifica del deflusso idrico superficiale ed all'alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche nonché di qualità delle acque di falda in fase di costruzione. Gli altri impatti invece sono circoscritti per lo più a singole aree.

Le azioni di progetto che determinano gli impatti individuati nell'ambito del sistema terreno-falda sono prevalentemente relative alla fase di cantiere ed hanno quindi per lo più carattere temporaneo.

Di seguito vengono descritti gli impatti reali significati analizzati nell'ambito del progetto, relativamente al sistema in esame.

Nell'area nord orientale della cassa d'espansione in progetto sono previsti ingenti scavi al fine di recuperare del materiale idoneo al ripristino della struttura in terra della diga del bacino della Giudea a Gello. In base alle volumetrie necessarie a tal fine sarà necessario effettuare scavi di altezza massima dell'ordine degli 8,00 m. Ne consegue che per circa metà della loro altezza gli scavi saranno effettuati sotto falda. I ricettori coinvolti sono quindi i terreni a media e bassa permeabilità, i terreni costituenti le sponde degli scavi e la falda idrica (**R2**, **R4** e **R5**). A livello di progettazione eseguita, la valutazione della stabilità dei fronti di scavo, impatto **I4**, è risultata di difficile determinazione a causa della non sufficiente precisione di alcune variabili, quali: il comportamento in sito dei materiali granulari sotto falda, la quantità d'acqua presente nella falda idrica, l'instabilità dei fronti di scavo legate ai moti di filtrazione ed i fenomeni di instabilità legati all'eventuale pompaggio delle acque nell'area di cantiere, **I7** e **I8**. In fase progettuale è stato quindi ritenuto di rimandare le considerazioni circa la stabilità di tali fronti in fase di realizzazione delle opere, ovvero a

quando sarà possibile realizzare, in un'area sufficientemente lontana da manufatti od opere in progetto, opportuni scavi di prova.

Relativamente al rischio di modifica delle condizioni di stabilità del terreno; **I4**, in termini di capacità portante del terreno di fondazione, **R3**, si ricorda che il progetto prevede la realizzazione di opere in terra: per il contenimento di acque provenienti da esondazioni controllate del Torrente Ombrone e per la realizzazione di rilevati stradali. Gli argini in progetto avranno un'altezza massima di circa 7,00 m con inclinazione delle scarpate variabile da 3/2 a 2/1 ed una larghezza, in sommità, di almeno 4,50 m per permettere il transito sia ai mezzi privati, in alcune aree, sia ai mezzi destinati alla manutenzione degli argini. In fase progettuale è stato valutato che in fase di esercizio le strutture arginali trasmetteranno al più ai terreni di fondazione pressioni dell'ordine dei 120-150kPa con un pressione media di circa 40-50kPa. Poiché i terreni presenti nell'area interessata da tali interventi, analizzati e meccanicamente caratterizzati con specifiche indagini geotecniche, presentano una opportuna resistenza a taglio, in fase progettuale è stato appurato che i carichi trasmessi non sono capaci di indurre rotture generalizzate nei terreni di fondazione. Per l'opera di presa e di sfioro, considerazioni analoghe sulla resistenza meccanica dei terreni di fondazione, **R3**, che sono prevalentemente di natura ghiaiosa e ciottolosa, **R1**, portano a concludere i progettisti che la loro capacità portante non indurrà in fase di esercizio fenomeni di instabilità.

La realizzazione delle strutture arginali indurrà, come anticipato, dei sovraccarichi sui terreni di fondazione, **R3**. Tali carichi indurranno cedimenti dei terreni sia sotto l'opera in progetto sia nell'immediato intorno della stessa, **I9**. Nelle successive fasi progettuali si dovranno tenere in considerazione i possibili fenomeni di instabilità, **I4**, degli argini, **R4**, che tali cedimenti potrebbero indurre nei manufatti esistenti e in progetto. In particolare si intende fare riferimento agli argini in muratura dei due Torrenti laddove si attuerà un ampliamento dell'esistente struttura arginale.

La valutazione del rischio di modifica delle condizioni di stabilità, **I4**, delle strutture arginali, **R4**, è stata condotta mediante verifiche a ritroso (back analysis) impostate sulla sezione tipo dell'argine dotato di maggiore altezza ed è stata finalizzata all'individuazione delle coppie dei parametri meccanici di resistenza (coesione drenata,  $c'$ , ed angolo di resistenza al taglio,  $\phi'$ ) necessari per avere un coefficiente di sicurezza pari o maggiore di 1,30.

Tali verifiche di stabilità sono state condotte prevedendo un sovraccarico di 10kPa in considerazione del fatto che l'argine dovrà essere accessibile ai mezzi destinati alla manutenzione.

Poiché il Comune di Pistoia è classificato avere una sismicità corrispondente alla II categoria, durante la fase di progettazione effettuata, è stata analizzata la possibilità che insorgano problemi dovuti alla liquefazione, **I6**, dei terreni di fondazione, **R3**, in condizioni sismiche. In considerazione delle buone caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, delle condizioni stratigrafiche dei siti interessati dalla realizzazione delle opere in progetto, delle proprietà idrauliche dei terreni, **R1** ed **R2**, e della posizione della falda, **R5**, i progettisti attribuiscono un sufficiente grado di sicurezza nei confronti di tale impatto.

Per quanto concerne le opere stradali legate alla nuova viabilità in progetto ed alle opere connesse, in fase progettuale è stato analizzato il rischio di modifica delle condizioni di stabilità del terreno, **I4**, nelle condizioni più gravose, ovvero le condizioni di esercizio. Tale impatto, valutato in termini di capacità portante dei terreni di fondazione, **R3**, ha interessato lo scatolare in progetto per l'attraversamento del Torbecchia. In particolare, a partire dall'espressione di capacità portante di Terzaghi e considerando un fattore di sicurezza pari a 3, è stato stimato che la pressione ammissibile sul terreno sarà dell'ordine dei 260kPa.



Il rischio cedimenti, **I9**, per i ricettori: terreni di fondazione, **R3** e manufatti, **R8**, relativamente alle opere di nuova viabilità e nella misura richiesta dal livello progettuale raggiunto, sono stati presi in considerazione. Sostanzialmente, considerazioni sulle buone caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, sullo stato dei fabbricati nelle vicinanze e, sulla variazione dello stato tensionale indotto, portano a prevedere cedimenti compatibili con la funzionalità delle opere in progetto e con la loro resistenza.

### **3.2.2. Prescrizioni, interventi di mitigazione e compensazione, per terreno e falda**

Le prescrizioni sono delle indicazioni generali, da osservare ai successivi livelli di progettazione, per limitare gli impatti delle opere sulle componenti ambientali terreno e falda.

Le misure di mitigazione e compensazione sono volte a ridurre o contenere gli impatti sul terreno e la falda. Questo in modo che l'entità di tali impatti si mantenga sempre al di sotto delle soglie di accettabilità e affinché sia sempre garantito il rispetto delle condizioni che hanno reso il progetto accettabile dal punto di vista del suo impatto ambientale.

#### **3.2.2.1 PRESCRIZIONI**

Per la componente falda e terreno, le analisi degli impatti reali finalizzate a mitigarne e compensarne gli effetti, conducono ad alcune prescrizioni che andranno seguite nella successiva fase di progettazione.

**P1:** Approfondimento delle indagini.

Le successive fasi di progettazione, al fine di quantificare con adeguata accuratezza le azioni di impatto sulle falde acquifere e sul terreno, dovranno essere accompagnate da una conoscenza approfondita delle condizioni morfologiche, idrogeologiche e geotecniche (sia in campo statico che dinamico) allo stato attuale per i siti interessati dagli interventi. Dovrà inoltre prevedersi un opportuno programma di monitoraggio che preveda anche la valutazione dello Stato Ambientale delle Acque Sotterranee (SAAS), nelle fasi di realizzazione e di esercizio delle opere in progetto.

**P2:** Approfondimento delle analisi e verifiche di stabilità.

Sulla base delle risultanze delle nuove indagini dovranno valutarsi, per ogni fase di esecuzione e in esercizio, le possibili conseguenze degli interventi in progetto relativamente: alla modifica della circolazione profonda; all'alterazione delle proprietà chimico-fisiche e di qualità delle acque di falda; alla modifica delle condizioni di stabilità del terreno; al sifonamento – sollevamento del fondo scavo; alla subsidenza.

**P3:** Analisi della risposta sismica locale ed analisi in condizioni dinamiche dei principali manufatti previsti nel progetto.

Sulla base delle risultanze delle nuove indagini, per ogni fase di esecuzione e in esercizio, dovrà essere effettuato un approfondito studio della risposta sismica locale, RSL, preceduta da una opportuna caratterizzazione geotecnica in campo dinamico. A partire dai risultati dello studio di RSL, saranno valutate le misure di mitigazione - compensazione per: ridurre il rischio sismico di densificazione o liquefazione; valutare l'interazione dinamica delle casse di espansione con il terreno circostante; valutare le condizioni di stabilità ed i movimenti attesi durante e dopo un l'evento sismico delle sponde del bacino della Giudea e dei fianchi della diga.

### 3.2.2.2 INTERVENTI DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE

Per la componente falda e terreno, la progettazione effettuata e le analisi degli impatti reali, conducono ai seguenti interventi di mitigazione/compensazione:

**M1:** Per i rilevati arginali fondati nell'area attualmente occupata dai laghi Primavera, i progettisti prevedono che la posa in opera del sistema di fondazione sia particolarmente curata al fine di evitare cedimenti eccessivi e localizzati. A tal fine è previsto che sopra il terreno argilloso con spessore di uno/due metri, siano messi in opera dei geotessili al fine di distribuire più uniformemente i carichi in fondazione.

**M2:** Il progetto prevede lo scavo di porzioni di terreno da trasportare al bacino di Gello e la successiva posa in opera di materiali a grana fine per ripristinare la morfologia superficiale attuale del sito. Tale operazione inevitabilmente comporterà che alcune aree siano adibite allo stoccaggio dei materiali terrosi in attesa della loro definitiva messa in opera. Poiché gli accumuli di terreno è previsto che abbiano una notevole altezza, fino a 20 m, che si tradurranno in veri e propri carichi per i terreni presenti e quindi in cedimenti superficiali, i progettisti indicano di realizzare tali opere provvisorie con l'accortezza che non interferiscano con le opere in progetto ed esistenti.  
in progetto.

**M3:** Per i rilevati arginali, le sponde e le opere annesse alla viabilità, qualora nella fase di progettazione successiva si individuassero aree potenzialmente instabili, saranno effettuati interventi di sistemazione superficiale, di ingegneria naturalistica e di regimazione delle acque per la difesa del terreno e della falda. Gli interventi di mitigazioni tipici dell'ingegneria naturalistica, tra i quali quelli previsti nell'ambito del progetto sono riportati in appendice al presente capitolo.

**M4:** Ripristino del deflusso idrico superficiale. Tale mitigazione va applicata qualora la nuova viabilità interferisca con tipologie di tracciato come rilevato o trincea con corsi d'acqua anche se di basso ordine gerarchico, quando non siano previste opere come tombini o deviazioni che regolino i corsi impattati. Tale mitigazione è a carattere lineare e consiste nello spostamento del corso fino all'aggiramento dell'ostacolo rappresentato dall'opera in progetto. Il dimensionamento e la tipologia dell'intervento di mitigazione dovranno essere tali da non alterare le caratteristiche idrauliche e naturali del corso d'acqua.

**M5:** Realizzazione di vasche di presidio idraulico. Tale mitigazione è applicata al fine di proteggere i corpi idrici superficiali e sotterranei più vulnerabili, dal rischio di alterazione della qualità delle acque in seguito al recaiuto delle acque di piattaforma e degli eventuali eventi accidentali con sversamento di sostanze inquinanti.

### 3.3 Monitoraggio del terreno e della falda

Relativamente alla componente falda e terreno, i successivi livelli di progettazione dovranno prevedere il monitoraggio sia del terreno che della falda al fine di preservarne le caratteristiche e mitigando gli impatti che le interessano. Per quanto concerne la falda idrica, il monitoraggio dovrà essere finalizzato anche a valutare lo Stato Ambientale delle Acque Sotterranee (SAAS).

La strumentazione geotecnica utilizzata per il monitoraggio degli impatti su terreno e falda permetterà di individuare l'evoluzione geomorfologica del territorio con le seguenti tre finalità:  
a) valutare le condizioni di stabilità attuali e future mediante lo studio e la previsione

dell'evoluzione dei movimenti e delle sforzi; b) utilizzare sistemi di allerta e di allarme; c) scegliere i più opportuni sistemi di consolidamento.

Anche il monitoraggio strumentale richiederà un apposito progetto, che ne precisi e giustifichi tipo, numero e lay out degli strumenti, oltre che la frequenza e le modalità delle misure.

VARIABILI	STRUMENTI
Livello dell'acqua nel terreno	Pozzo di osservazione; piezometro aperto a tubo fisso; piezometro di Casagrande; piezometri infissi.
Pressioni interstiziali	Piezometri idraulici a due tubi; piezometro USB e piezometro di Bishop; piezometri pneumatici; elettrici ed a corda vibrante.
Tensioni totali	Celle di pressione pneumatiche; elettriche ed a corda vibrante.
Cedimenti e spostamenti	Assesimetri e inclinometri
Accelerazioni	Accelerometri

La durata del monitoraggio sarà di norma quella sufficiente a raccogliere i dati necessari per il raggiungimento delle finalità del monitoraggio stesso. Nel caso queste consistano nella elaborazione di un progetto di consolidamento, sarà buona norma estendere il periodo di misure fino alla esecuzione del progetto ed eventualmente anche dopo, perché la strumentazione possa acquisire la funzione di controllo della efficacia degli interventi stessi.

Il monitoraggio riguarderà tutte le grandezze fisiche che consentano di ricostruire ovvero di controllare il comportamento di opere a rischio. Le variabili geotecniche d'interesse per il monitoraggio della falda e del terreno, nonché gli specifici strumenti utilizzati, sono ricordati in tabella 3.12.

### 3.4 Considerazioni conclusive

Lo studio di impatto effettuato su terreno e falda, relativamente alla fase di progettazione raggiunta ed alle prescrizioni previste, contiene la descrizione e la quantificazione delle misure previste per ridurre, compensare o eliminare gli eventuali effetti negativi su terreno e falda, sia durante la realizzazione sia durante la fase di esercizio.

Le interferenze tra le opere in progetto ed il sistema suolo, sottosuolo ed ambiente idrico sono state schematizzate in nove tipologie di impatto:

L'impatto **I1**, modifica del deflusso idrico superficiale, riferito sia alla fase di cantiere che di esercizio, nel caso di piccoli corsi d'acqua viene eliminato in modo sostanziale dalla mitigazione **M4** (ripristino del drenaggio superficiale) che ristabilisce un adeguato deflusso idrico. Tale impatto tuttavia è presente anche nel caso in cui il tracciato relativo alla nuova viabilità nell'area interessa le fasce di esondazione del torrente Ombrone individuate dal relativo Piano d'Assetto Idrogeologico, PAI. In tal caso gli studi derivanti dall'applicazione della prescrizione **P1** che prevede, tra l'altro, l'approfondimento delle indagini idrauliche da condursi nelle fasi di progettazione successive, definiranno in modo esaustivo l'effettiva adeguatezza della tipologia progettuale.

Impatto, **I2**, rischio di modifica del deflusso idrico sotterraneo, non viene minimizzato da alcuna mitigazione o compensazione. Tale impatto può essere temporaneo e limitato alle fasi di cantiere nel caso di interferenza tra la falda superficiale e le strutture di fondazione delle opere in progetto nonché durante la realizzazione degli scavi per la realizzazione delle casse di espansione.

L'impatto **I3**, alterazione chimico fisica dell'acqua di falda, viene minimizzato da un'adeguata progettazione dei sistemi di presidio idraulico come previsto dalla mitigazione **M5**, realizzazione di presidi idraulici. Il successivo progetto dovrà prevedere tipologie differenziate di canalette drenanti e non drenanti, in funzione del differente grado di vulnerabilità della falda, sulla base delle risultanze delle indagini e le analisi previste nella prescrizione **P1**. L'impatto **I3** è comunque presente anche se in forma temporanea in tutte le fasi di cantiere ed, in particolare, durante la realizzazione delle casse di espansione e durante la realizzazione della nuova viabilità.

L'impatto **I4**, modifica delle condizioni di stabilità, determinato dall'interferenza delle opere in progetto con eventuali aree in dissesto, se presenti quelle delimitate dagli strumenti di pianificazione dell'Autorità di Bacino, o terreni dalle scadenti proprietà geotecniche, viene mitigato dalle opere di mitigazione **M3**, interventi di sistemazione superficiale, mediante opere di ingegneria naturalistica e di regimazione delle acque per la difesa del terreno e della falda, opportunamente pianificate in funzione degli studi di approfondimento previsti nella prescrizione **P1**, in modo da definire in ogni singola area interessata dal progetto una adeguata conoscenza delle aree in dissesto.

Per l'impatto **I5**, innesco di fenomeni di erosione, dovuto agli eventuali interventi che prevedono la modificazione della morfologia di sponde ed argini valgono le stesse considerazioni fatte per l'impatto **I4**, trattandosi di una fenomenologia di dissesto simile sebbene spesso superficiale.

Gli impatti potenziali indicati con **I6**, **I7**, **I8**, **I9** (rispettivamente rischi di: densificazione - liquefazione, sifonamento - sollevamento del fondo scavo, subsidenza, cedimenti), sulla base delle indagini opportunamente pianificate dagli studi di approfondimento previsti nella prescrizione **P1**, saranno analizzati in modo da definire in ogni singola area interessata dal progetto una adeguata conoscenza delle aree in relazione potenziali rischi. Gli interventi di mitigazione previsti per l'impatto **I9** sono: **M1** (per i rilevati arginali fondati nell'area attualmente occupata dai laghi Primavera, l'impiego di geotessili), **M2** (le ingenti quantità di terreno da trasportare al bacino di Gello, o provenienti dagli scavi delle casse di espansione, saranno accumulati in maniera tale da minimizzare l'impatto sull'ambiente circostante). Gli impatti, **I6**, **I7** e **I8**, non sono minimizzati da alcuna mitigazione o compensazione specifica prevista dall'attuale livello progettuale. Gli impatti **I7**, **I8** ed **I9** possono avere carattere temporaneo, ovvero essere limitate alle fasi di cantiere.

In generale si individuano tre zone sostanzialmente differenti nella gravità e nella complessità degli impatti su terreno e falda:

- la zona del bacino della Giudea, in località Gello;
- le zone degli interventi di messa in sicurezza del Torrente Ombrone, ovvero delle tre casse di espansione presso: i Laghi Primavera, in loc. S. Piero a Vincio ed in loc. Ponte Calcatola;
- la zona interessata dalla nuova viabilità di progetto che collegherà le casse di espansione al bacino della Giudea.

Nella prima zona corrispondente al bacino della Giudea sono state individuate delle aree di impatto decisamente più complesse che nelle altre aree. In tali aree sono presenti diverse tipologie di ricettori e di impatti e questi ultimi sono generalmente più alti. Le mitigazioni **M3** ed **M4** saranno più diffuse che nelle altre aree anche a causa delle caratteristiche intrinseche del territorio in cui gli interventi avranno luogo. In tale area anche se non si esclude la possibilità della permanenza di impatti residui, le prescrizioni previste **P1**, **P2** e **P3** permetteranno di mitigare efficacemente gli impatti e di ridurre i rischi di quelli di carattere provvisorio, ovvero prevalentemente legato alla realizzazione delle opere in progetto.

Nelle aree corrispondenti alla realizzazione delle casse di espansione, nelle quali oltre ad ingenti scavi è previsto l'accumulo di grossi quantitativi di terreno, gli impatti individuati, sebbene potenzialmente più diffusi come distribuzione areale e coinvolgenti un maggior numero di ricettori, saranno mitigati mediante azioni **M1**, **M2**, **M3** ed **M4** anche sulla base delle prescrizioni **P1** e **P2** e **P3**. Il recettore a maggiore sensibilità in questa area sarà la falda idrica che dovrà essere efficacemente monitorata al fine preservarne sia gli aspetti chimico-fisici che quelli qualitativi e relativi a percorsi idrici sotterranei.

La terza zona è caratterizzato dalla presenza di aree di impatto poco complesse comprendenti poche tipologie di ricettori e relativamente poco estese. In tale settore le mitigazioni **M2**, **M3** ed **M5** sono limitate a poche aree. Gli impatti più frequenti derivano dalla possibile in stabilizzazione del terreno di fondazione a dagli eccessivi cedimenti indotti vengono minimizzati dalla prescrizione **P1**.

### 3.5 Documentazione di riferimento

[1] CONSORZIO DI BONIFICA OMBRONE P.SE –BISENZIO, Comune di Pistoia, *Studio idrologico-idraulico finalizzato alla riduzione del rischio idraulico e alla sistemazione del tratto del T.Ombrone a monte del Ponte di Bonelle in Comune di Pistoia*, a cura del Prof. Ing. S. Pagliata, maggio 2005.

[2] AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI PRATO, *Bacini idrografici Torrenti Ombrone P.se e Bisenzio – Riduzione del rischio idraulico – Progettazione preliminare degli interventi*, a cura di Studio Hydea, giugno 2000.

[3] AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI PISTOIA, *Studio dei processi geomorfologici, del trasporto solido e degli aspetti ecologici del Torrente Ombrone nel tratto compreso tra Ponte Calcaiola e il Ponte sull'Autostrada*, Convenzione con il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze, Luglio 2003.

[4] CAPECCHI F., GUAZZONE G. E PRANZINI G. (1975) – *Il bacino lacustre di Firenze-Prato-Pistoia. Geologia del sottosuolo e ricostruzione evolutiva*. Boll. Soc. Geol. It., 94, (4)

[5] CAPECCHI F. E PRANZINI G. (1985) – *Studi geologici i idrogeologici nella pianura di Pistoia*. Boll. Soc. Geol. It., 104, pp. 601-620

[6] DALLAN L., PUCCINELLI A. E VERANI M. (1981) – *Geologia dell'Appennino settentrionale tra l'alta Val di Lima e Pistoia*. Boll. Soc. Geol. It., 100, pp. 567-586

## 4. COMPONENTE FLORA E VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI

### 4.1 Introduzione

#### 4.1.1 Torrente Ombrone dal ponte di Calcaiola al ponte sull’autostrada

##### 4.1.1.1 SUDDIVISIONE PER TRATTI OMOGENEI

Nel corso della fase di *survey* effettuata nel Luglio 2003 all’interno dello studio commissionato dalla Provincia di Pistoia (Rinaldi & Gumiero, 2005), il tratto di 7 Km, oggetto di questo studio, è stato suddiviso in 9 tratti (il tratto 1 e 5 suddivisi a loro volta in sottotratti) ritenuti omogenei per caratteristiche ecologiche complessive (Ward et al., 1994). Buona parte di questi tratti omogenei sono stati oggetto di ulteriori suddivisioni in 25 sottotratti nel corso di approfondimenti analitici di maggiore dettaglio mediante l’applicazione del protocollo IFF (Petersen, 1982; Siligardi & Maiolini, 1990) (Figura 4.1). L’analisi dell’IFF viene riportata all’interno del monitoraggio (cap 4.8).

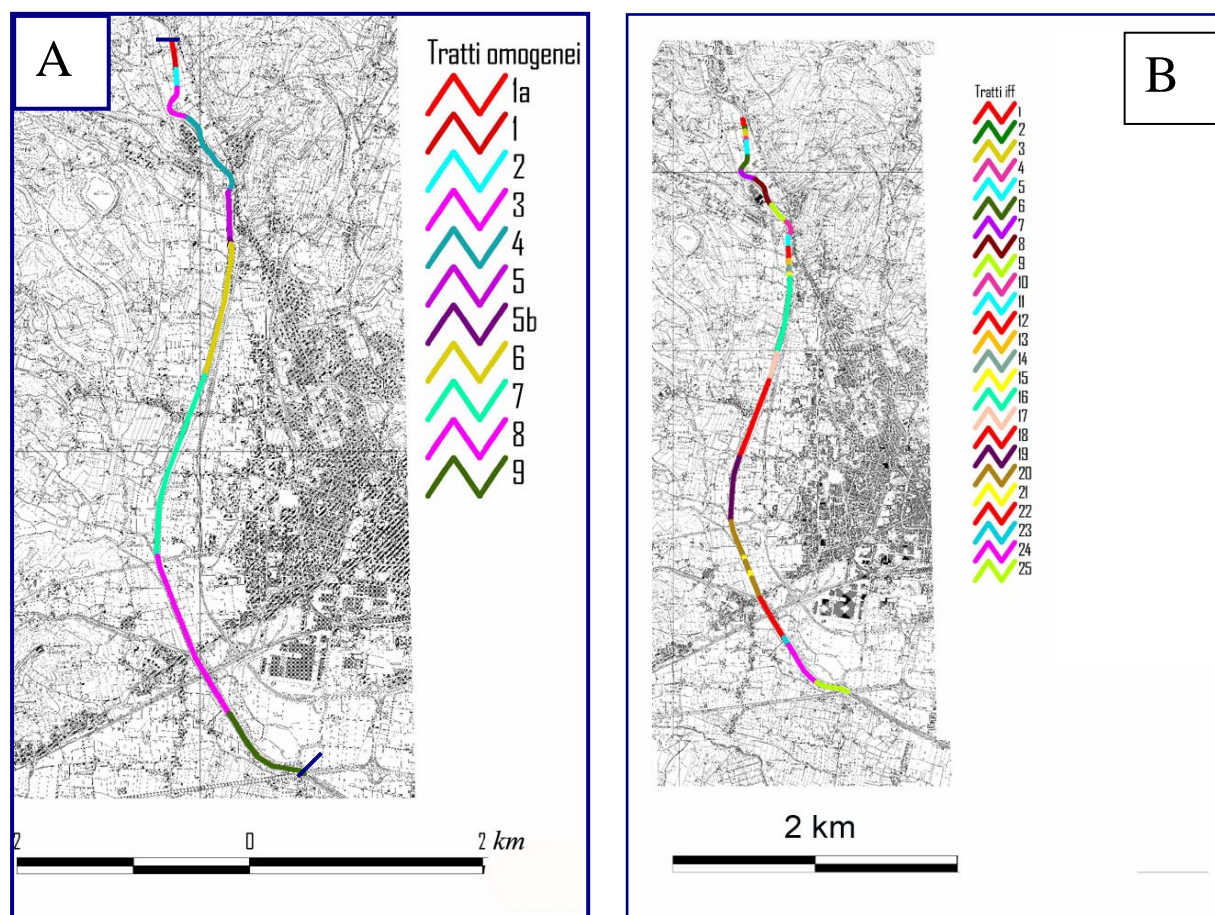


Figura 4.1– Rappresentazione cartografica dei tratti omogenei individuati all’interno dell’area di studio (A) e rappresentazione cartografica dei 25 tratti individuati con l’I.F.F. (B).

### Tratto 1a

Questo primo tratto si caratterizza, in particolare, per la totale assenza di vegetazione arborea riparia. L’alveo nel complesso risulta abbastanza diversificato, con alternanza di *riffle* e *pool*. E’ stata segnalata inoltre, la presenza di numerosi ciprinidi di dimensioni medio-piccole nell’esteso *pool* che precede il ponte di Calcaiola, ove le ramificazioni derivanti da un filare di salici, posto in sponda destra, creano numerosi rifugi. In questo tratto nelle ispezioni effettuate nei periodi successivi al primo *survey*, sono emerse evidenti modificazioni del tracciato e della struttura dell’alveo, avvenute a seguito degli effetti delle piene autunnali, con la scomparsa delle isole fluviali, la trasformazione dell’alveo da pluricursale a monocursale ed una sostanziale riduzione dell’eterogeneità dell’ambiente fluviale riscontrata nel corso del primo *survey*. In seguito, nel corso del mese di Ottobre 2004 il tratto è stato oggetto dell’intervento di “messa in sicurezza” del torrente Ombrone nel tratto urbanizzato del Comune di Pistoia compreso fra Ponte di Calcaiola e Villa Colonna che ha significativamente modificato l’habitat fluviale (Figura 4.2).



Figura 4.2 - Confronto fotografico del tratto 1° del periodo Luglio 2003 (sx) e Ottobre 2004 (dx) dopo i lavori eseguiti (foto B.Boz).

### Tratto 1

Il tratto compreso tra il ponte di Calcaiola e la prima briglia è contraddistinto principalmente dal fatto che, per 40 m, la sponda sinistra si trova a coincidere con il muro di contenimento. Qui l’alveo è piuttosto ristretto e la direzione della corrente da dx a sx favorisce un’azione erosiva sul muro stesso nei punti di massima incidenza. Nel tratto iniziale, caratterizzato da una maggiore velocità di corrente e dalla presenza di *riffle*, il substrato risulta essere per lo più ciottoloso. Nel tratto intermedio e soprattutto in quello finale, a seguito dello sbarramento creato dalla briglia, si forma un lungo *pool* a substrato limoso.

### Tratto 2

I caratteri morfologici salienti di questo tratto, posto in località Pianacci, procedendo da monte a valle, sono:

- una grossa pozza (profondità 2-3 metri), posta subito a valle della briglia che ospita numerosi ciprinidi;
- un lungo tratto intermedio rettilineo di “run” caratterizzato da substrato ciottoloso e da una velocità di corrente piuttosto costante e sostenuta;
- un *pool* finale formatosi a seguito di un piccolo sbarramento, costruito con dei ciottoli, per il prelievo dell’acqua a fini idropotabili.

Da rilevare in sponda dx il consistente accumulo di materiale ghiaioso-ciottoloso. L’intero tratto è caratterizzato dalla presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva su entrambe le

sponde. Nei periodi successivi al primo survey, si è osservata una progressiva crescita di salici arbustivi radi in sponda dx.

### Tratto 3

Il tratto è interamente curvilineo; esso corrisponde, infatti, ad una grossa ansa che il torrente compie procedendo dapprima verso destra e riportandosi poi verso sinistra. Essendo posto immediatamente a valle del punto di prelievo dell’acquedotto, nel corso del *survey* estivo, il tratto è risultato essere completamente privo di acqua. Mentre nei periodi successivi, si è registrata una costante presenza di acqua. Dopo le piene autunnali, si sono evidenziati segni dell’azione erosiva in sponda dx nel punto di massima incidenza (Figura 4.3).

Il greto si presenta in prevalenza ghiaioso-ciottoloso con abbondante deposizione di detriti in sponda dx che risultano colonizzati da un popolamento di *Chenopodium album*.



Figura 4.3 – Tratto 3, da sx a dx: tratto iniziale dell’ansa senz’acqua nel periodo estivo, tratto finale dell’ansa, fenomeni erosivi osservati dopo le piene autunnali (Foto: B. Boz).

### Tratto 4

Nel tratto iniziale l’alveo del torrente è stato soggetto ad opere di escavazione e il materiale derivante dallo scavo è stato depositato sulle due sponde che risultano, pertanto, rialzate rispetto ai tratti precedenti. La continuità ecologica del torrente risulta parzialmente compromessa anche dalla presenza di un guado per il passaggio di mezzi. Nel periodo siccitoso si registra la presenza di pozze d’acqua residua estremamente eutrofizzate (Figura 4.4). Procedendo verso valle, l’alveo tende ad allargarsi vistosamente, passando da 30 a circa 55 metri, e nel periodo estivo si osserva la totale assenza d’acqua.

Poco a monte del Ponte di Gello, inizia, in sponda dx, il percorso naturalistico del parco fluviale, che da lì si sviluppa per una lunghezza di 5 km fino a Pontelungo.

Nell’Ottobre 2003 sono stati effettuati degli interventi di manutenzione ordinaria, che hanno modificato sia la struttura dell’alveo (rettificazione, consolidamento spondale, creazione di scogliere), che l’assetto ecologico (eliminazione della vegetazione arborea ed arbustiva residua e complessiva banalizzazione dell’habitat fluviale) (Figura 4.6).





Figura 4.4 – A sinistra si osserva la deposizione di materiale ai lati dell'alveo bagnato e la presenza di pozze ipertrofiche nel periodo estivo. A destra, fenomeni di erosione (Foto: B. Boz).



Figura 4.5 – A sinistra il nucleo arboreo residuo posto alla confluenza con il Torrente Vincio e a destra un canale che scorre parallelo all'Ombrone in sinistra idraulica (Foto: B. Boz).



Figura 4.6 - Il tratto che precede il Ponte di Gello visto dall'alveo prima dei lavori di manutenzione dell'Ottobre 2003 e lo stesso tratto visto dal Ponte di Gello durante i lavori (a destra) (Foto: B. Boz).

### Tratto 5

Nel tratto 5, rispetto alla situazione precedente, l'alveo appare abbastanza diversificato con alternanza di *riffle* e di *pool*, con *Large Woody Debris* (grossi detriti di materiale legnoso in alveo) e con un substrato a ciottoli e massi. Anche nel periodo estivo è presente un deflusso minimo di acqua corrente che appare, ad una prima analisi, di scarsa qualità, vista l'abbondanza di *perifiton*. Complessivamente il tratto sembra piuttosto stabile e non si riscontra la presenza di evidenti fenomeni erosivi (Figura 4.7).

Alla base delle piante arboree di maggiori dimensioni, ed in particolare nel tratto posto subito a valle della briglia del Ponte di Gello, si osserva un'abbondante deposizione di piccoli detriti legnosi che formano consistenti ammassi in aree laterali rispetto all'alveo bagnato (Figura 4.8). Durante il periodo di studio si è osservata la sporadica caduta di qualche tronco a seguito delle piene autunnali.



Figura 4.7 - L'alveo è costituito in prevalenza da massi e ciottoli, la vegetazione arborea è presente, anche se in modo discontinuo su entrambe le sponde (Foto: B. Boz).



Figura 4.8 - Durante le piene si osserva un consistente accumulo di detriti legnosi di piccole dimensioni alla base dei tronchi (Foto: B. Boz).

### Tratto 5a

Questo tratto, che si sviluppa per circa 30 m a valle del sottopasso della statale n° 66 fino alla successiva briglia, seppur molto breve, presenta delle peculiarità, legate in particolare agli effetti della briglia che lo delimita a valle. Infatti, l'alveo bagnato si allarga considerevolmente (15 - 20 m) e l'acqua defluisce molto lentamente a causa dello sbarramento formato dalla briglia (Figura 4.9).



Figura 4.9 – Il grosso pool presente nel tratto 5a (Foto B. Boz).

### Tratto 6

L'alveo presenta un substrato a prevalenza di massi e ciottoli, la pendenza aumenta e si registrano segni tangibili di fenomeni di incisione ed erosione soprattutto in sponda sinistra. L'Ombrone, in questo tratto, assume l'aspetto di un fiume montano, con un alveo estremamente diversificato, grazie alla presenza di grossi massi che creano dei dislivelli che favoriscono l'ossigenazione delle acque. L'alveo appare interrotto da un guado utilizzato per il passaggio di mezzi meccanici. L'acqua è presente anche nel periodo estivo, soprattutto nella parte iniziale. Il tratto manifesta una certa instabilità complessiva che si concretizza con consistenti fenomeni di erosione spondale e conseguente caduta di alcuni alberi presenti sul ciglio di sponda.

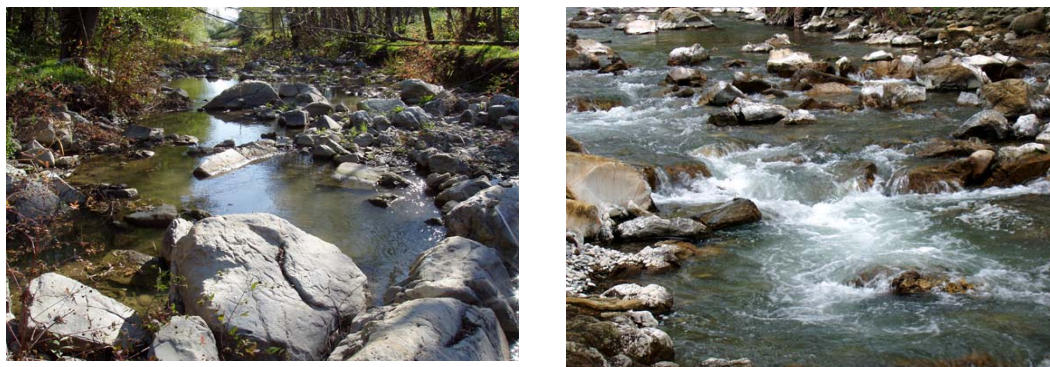


Figura 4.10 – Visione generale del tratto 6 (Foto: B.Boz).

### Tratto 7

L'Ombrone, dopo il tratto 6, ricco di vegetazione arborea ed estremamente eterogeneo, poco più a monte del Ponte alle Tavole e fino alla fine del tratto di studio presso il ponte sull'autostrada, assume delle caratteristiche estremamente omogenee, sia dal punto di vista del substrato, per lo più ghiaioso-ciottoloso e distribuito in modo piuttosto regolare, sia dal punto di vista della vegetazione riparia, oggetto di una regolare attività di manutenzione. A differenza dei tratti di monte, procedendo verso valle diviene quindi più difficile osservare delle differenze marcate e gli ultimi 3 tratti longitudinali risultano essere piuttosto lunghi (dell'ordine di 1 km). Il primo dei 3 tratti conclusivi è il tratto 7, che si caratterizza per la presenza sporadica di giovani alberi ed arbusti in un contesto vegetazionale quasi esclusivamente di tipo erbaceo. Da ottobre 2003 in poi costante presenza d'acqua.

### Tratto 8

In questo tratto il substrato appare alquanto omogeneo e l'alveo risulta piuttosto banalizzato e povero di strutture di ritenzione. Si osserva una sequenza di barre di meandro (Figura 4.11). Da ottobre 2003 in poi costante presenza d'acqua fino all'estate 2004.



Figura 4.11– Sequenza di immagini relative al tratto 8 da cui è possibile osservare la scarsità di vegetazione arborea, la presenza di piccole isole fluviali, l'erosione di sponda in sinistra ed il restringimento dell'alveo nel tratto più a valle (foto: B.Boz).

### Tratto 9

L'alveo, che in questo tratto si restringe nuovamente, appare piuttosto omogeneo e rettilineo. Poco prima del sottopasso autostradale, in sponda sinistra l'acqua è a contatto con il muro di contenimento. Si osservano fenomeni estesi di erosione in sponda destra. Da ottobre 2003 in poi costante presenza d'acqua fino all'estate 2004.

#### **4.1.1.2 STAZIONI DI CAMPIONAMENTO**

Questa prima fase conoscitiva e la caratterizzazione preliminare dell'ecosistema fluviale di tutto il tratto, compreso nell'area di studio, ha facilitato la scelta di **5 stazioni** su cui effettuare i rilevamenti e le analisi di dettaglio sia della comunità fluviale che della vegetazione riparia. Sono infatti state scelte cinque stazioni che ben rappresentano le caratteristiche complessive di tutto il tratto analizzato. In quest'ottica, due stazioni sono state localizzate in un paio di tratti piuttosto diversi e lontani, ma entrambi caratterizzati dalla completa assenza di vegetazione arborea riparia (stazioni E1 ed E2) dovuta ad una gestione impattante dal punto di vista ecologico che elimina periodicamente alberi ed arbusti oltre a risagomature che banalizzano l'alveo attivo mediante redistribuzione del substrato. Altre due stazioni sono collocate, all'interno del parco fluviale, in tratti contraddistinti da una fascia di vegetazione arborea riparia ben sviluppata ma con caratteristiche diverse (stazioni A1 e A2). A queste stazioni si aggiunge la stazione a monte X1 che inizialmente, prima dei lavori di risagomatura e sfalcio, era stata considerata come sito di "controllo". Ciascuna stazione è costituita da un tratto di lunghezza pari a circa 100 m, e comprende sia l'alveo fluviale vero e proprio che la zona riparia adiacente (Figura 4.12).

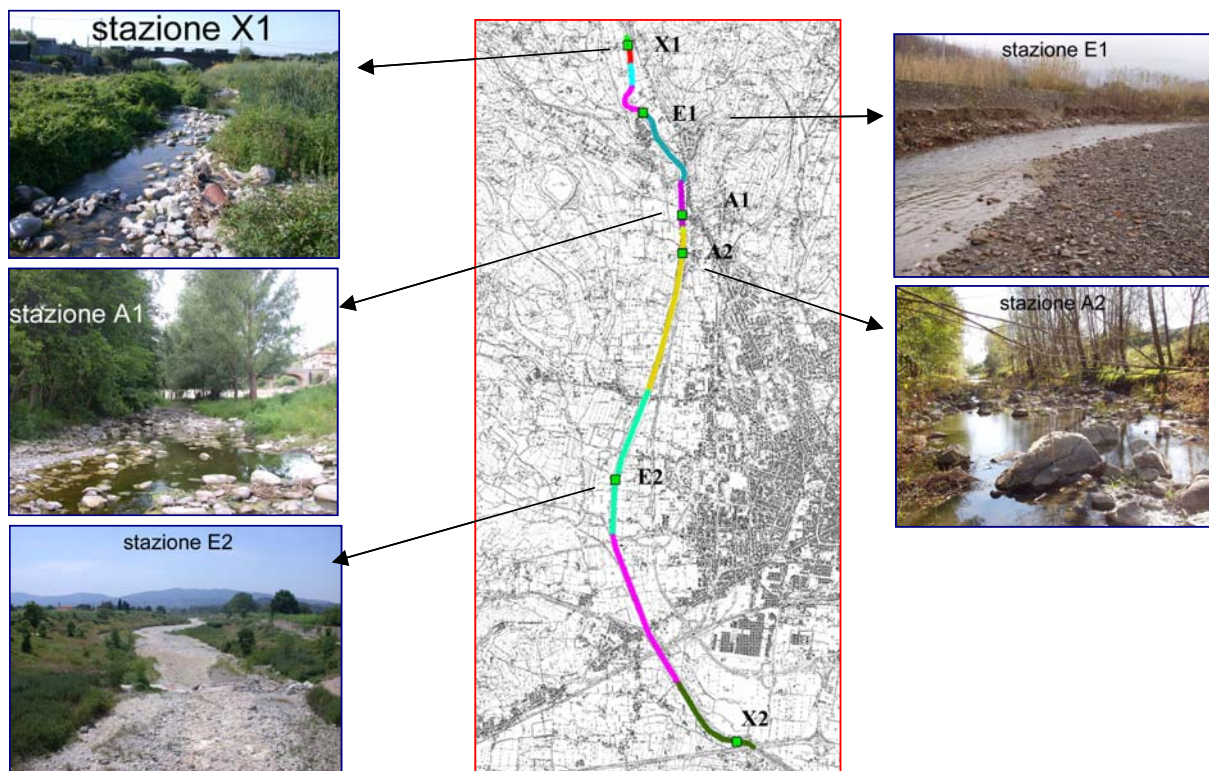


Figura 4.12 - Sequenza longitudinale e foto delle stazioni di campionamento individuate lungo il tratto di 7 Km del fiume Ombrone pistoiese (B.Boz).

Tabella 4.1 – Tabella riepilogativa dei tratti omogenei, dei tratti IFF e delle stazioni di campionamento

TRATTI OMOGENEI	LOCALIZZAZIONE	CARATTERISTICHE PRINCIPALI	TRATTI IFF INCLUSI	STAZIONI INCLUSE NEL TRATTO
1a	Da 50 metri a monte del Ponte di Calcaiola fino al ponte stesso	Pluricursale con isola e vegetazione erbacea e arbustiva ben diversificata	1	X1
1	Subito a valle del Ponte di Calcaiola fino alla briglia	Unicursale ristretto con sponda sx a contatto con muro o canneto molto alto da entrambi i lati	2,3,4	/
2	Località Pianacci – a valle della briglia fino al punto di prelievo degli acquedotti	Fascia di vegetazione erbacea da entrambi i lati, alveo di morbida centrale (5m) acqua poco profonda, raschi	5	/
3	Da punto prelievo acquedotti, per tutta la curva fino alla briglia	Assenza di vegetazione arborea riparia, presenza di vegetazione erbacea su entrambe le sponde	6,7	E1
4	Dalla fine della curva fino alla briglia del Ponte di Gello	Cumuli di detrito, canneti ( <i>Arundo donax</i> ), sporadica presenza di vegetazione arborea (Ontani, Salici, Robinie)	8,9,10	/
5	Da ponte di Gello fino a sottopasso statale n°66	Vegetazione arborea da un solo lato o da entrambi (salici, ontani, pioppi)	11, 12, 13, 14	A1
5a	Da sottopasso fino a briglia	Alveo molto ampio, assenza vegetazione arborea	15	/
6	Da briglia fino a 350 metri a monte del Ponte alle Tavole	Tratto a forte pendenza con substrato prevalentemente a massi, vegetazione riparia su entrambi i lati con qualche interruzione	16, 17	A2
7	Da 350 metri a monte del ponte alle Tavole fino a confluenza con il T. Torbecchia	Poche barre di meandro. In sx o dx presenza sporadica di giovani alberi ed arbusti (Olmo, Salice, Pioppo, Robinia)	18, 19	E2
8	Da confluenza con il T. Torbecchia a 400 m a valle sottopasso della Lucca - Firenze	Sequenza di barre di meandro presenza sporadica di giovani alberi ed arbusti (Olmo, Salice, Pioppo, Robinia)	20, 21, 22	/
9	Da fine tratto precedente fino Ponte sull'Autostrada	Vegetazione per lo più erbacea	23, 24, 25	X2

## 4.1.2 Torrente Vincio di Brandeglio dall'opera di presa fino alla confluenza nell'Ombrone

### 4.1.2.1 Suddivisione per tratti omogenei

In questo corso idrico la fase di survey è stata effettuata in maggio 2007 ed anche in questo caso il tratto interessato è stato suddiviso per tratti ritenuti omogenei per caratteristiche ecologiche complessive in cui viene tenuto in considerazione la diversità dei substrati in alveo e quindi la diversità di habitat, le caratteristiche della vegetazione riparia, il livello di antropizzazione e le condizioni idrogeomorfologiche. In questo caso i 2 chilometri di torrente sono stati suddivisi in 6 tratti omogenei a cui si aggiunge una suddivisione di maggior dettaglio di 20 tratti IFF (Fig. 4.13). Per l'analisi dell'IFF si rimanda al capitolo sul monitoraggio (cap. 4.8).

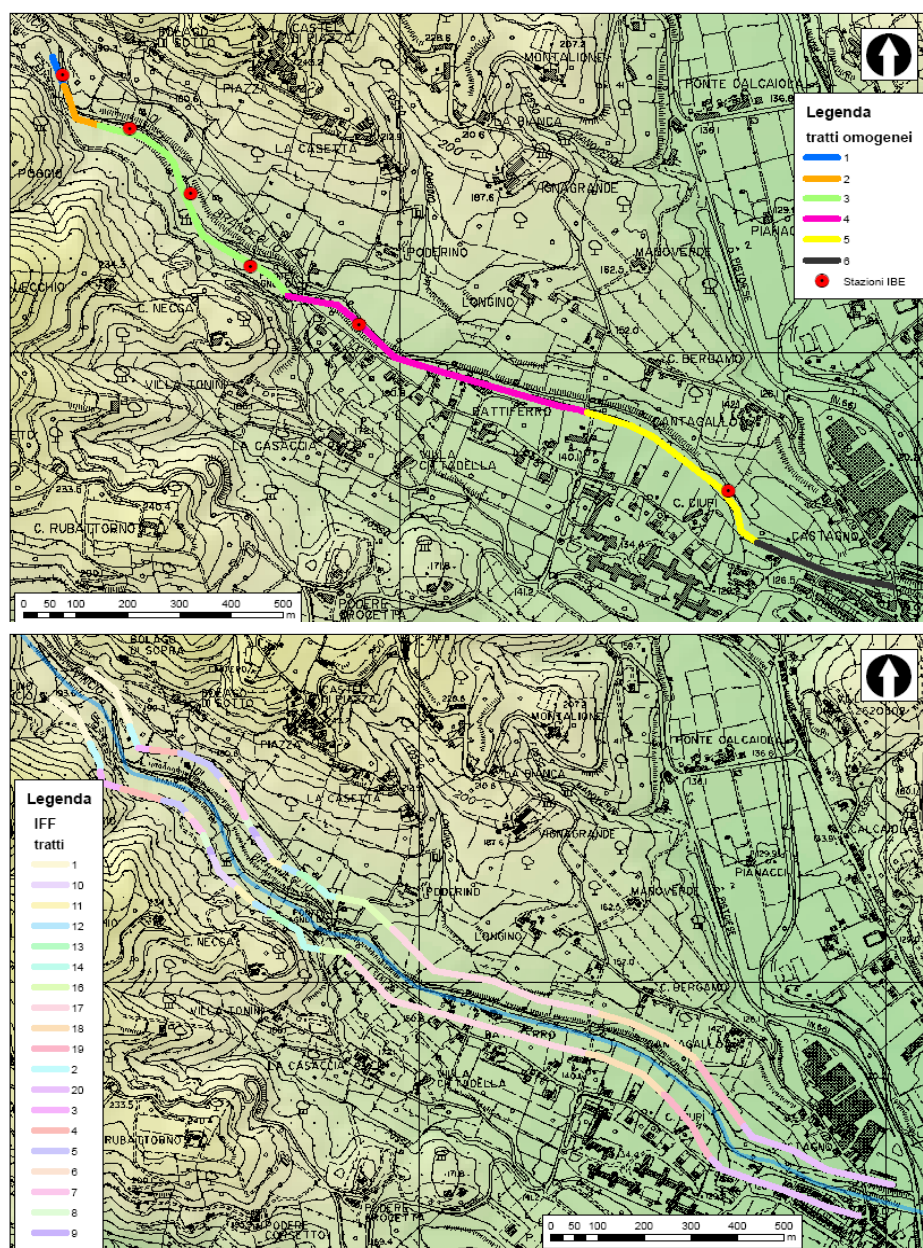


Figura 4.13 – sopra tratti omogenei con stazioni IBE; sotto tratti IFF

tratto1

Questo tratto si trova a monte dell'opera di presa ed è un tratto rettilineo con una leggera sinuosità del canale accentuata in alveo da un'alternanza di barre laterali. Il substrato è tendenzialmente stabile e abbastanza omogeneo, prevalentemente composto da ciottoli e ghiaia. Importanti habitat si trovano in riva destra al di sotto e tra le radici di salici con rami aggettanti che creano un area a copertura totale e acque più lente (Figura 4.14). Anche la presenza delle numerose barre è di estrema importanza per mantenere la diversità di habitat non solo per le comunità acquatica ma anche per quelle riparie.



Figura 4.14 - Visione generale del tratto 1 (Lorenza Capuzzi).

tratto 2

L'opera di presa impatta in modo consistente questo tratto lungo circa 90 metri con muretti di cemento sia in destra che in sinistra e altre opere come la soglia con griglia per la raccolta dell'acqua a cui è associata una canaletta in destra etc., il tratto termina con una briglia. Il substrato rimane tuttavia molto simile al precedente con un alveo di magra spostato completamente sulla sinistra in prossimità del muretto e una grande barra parzialmente vegetata (Figura 4.15). In questo caso si può affermare che ad una prima analisi la diversità degli habitat acquatici non viene significativamente alterata se non per la mancanza della vegetazione riparia ( ad es.: ombreggiamento etc.) ma sicuramente è stata totalmente compromessa la continuità laterale con il territorio circostante.



Figura 4.15 - Visione generale del tratto 2 (Lorenza Capuzzi).



### Tratto 3

Questo tratto è caratterizzato da una elevata diversità di habitat acquatici. Grazie alla notevole presenza di massi in alveo che creano diversità idrologica (diverse velocità di corrente etc) la quale si riflette sia sul substrato che sulla profondità e nell'insieme creano elevata diversità sia di mesohabitat (habitat per pesci), come raschi e buche, alcune delle quali anche profonde, che di microhabitat (habitat per macroinvertebrati). Anche l'ombreggiatura dell'alveo si diversifica da ambienti totalmente ombreggiati a quelli con copertura ridotta (Figura 4.16).

Per contro l'alveo in questo tratto è notevolmente incassato tra rive ripide, in destra è presente un muretto di contenimento il cui piede è stato eroso e scalzato nel centro dell'alveo. La copertura vegetale di rovo, arbusti e alberi rende particolarmente difficile valutare le dimensioni di questo muretto in sponda destra e quindi fare un'analisi della naturalità delle sponde.

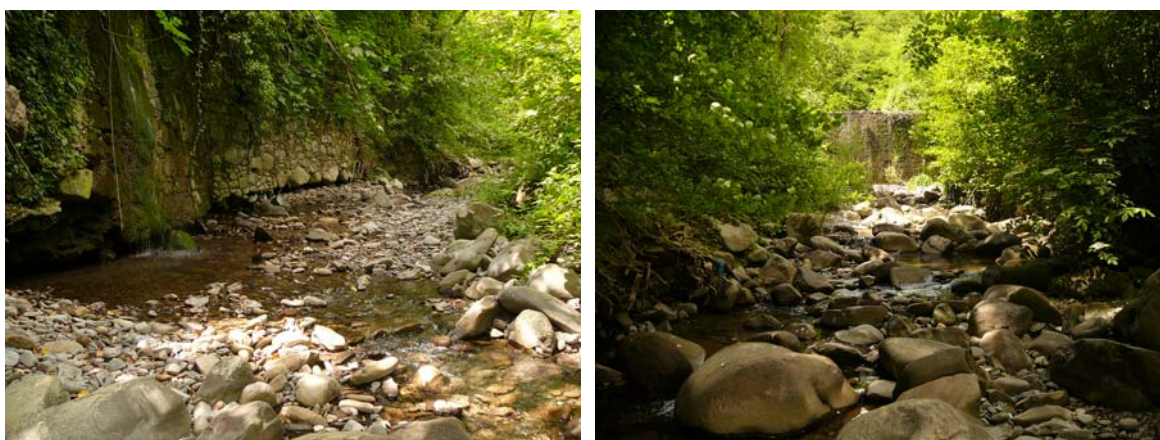


Figura 4.16 - Visione generale del tratto 3 (Lorenza Capuzzi).

### Tratto 4

In questo tratto la morfologia cambia notevolmente: minor pendenza, maggior omogeneità dell'alveo dovuta ad un appiattimento del letto fluviale, probabilmente indotto da interventi di spianamento dell'alveo, la riduzione o assenza di massi. Come risultato abbiamo una importante riduzione di habitat poiché in queste condizioni, il fondo piatto, privo di alveo di magra, comporta la dispersione delle acque su un'ampia superficie causando una notevole riduzione della velocità e della profondità, con una serie di emergenze ecologiche negative, tra le quali il riscaldamento delle acque etc. La sezione inoltre, nonostante la copertura vegetale per lo più costituita da rovo ed arbusti evidenzia una chiara forma trapezoidale (Figura 4.17).



Figura 4.17 - Visione generale del tratto 4 (Lorenza Capuzzi).

tratto5

In questo tratto il Vincio si presenta con una maggiore antropizzazione del territorio circostante ma una ripresa della diversità di habitat in alveo in cui le sequenze di rifte e pool si fanno più frequenti grazie ad una leggera pluricursalità (Figura 4.18 sx).

tratto 6

In questo ultimo tratto oltre all'urbanizzazione del territorio circostante si aggiunge una maggior pressione della gestione in alveo, all'interno delle mura di contenimento ci sono evidenti segnali di una presenza costante ed imponente di macchinari (strade spianamenti etc.). Come conseguenza l'alveo risulta più omogeneo e instabile con un substrato a prevalenza di ciottoli e ghiaia. La vegetazione arborea all'interno delle mura è totalmente assente (Figura 4.18dx).



Figura 4.18 - Visione generale del tratto 5 e tratto6 (Lorenza Capuzzi).

Tabella 4.2 – Tabella riepilogativa dei tratti omogenei, dei tratti IFF e delle stazioni di campionamento nel Torrente Vinci.

<b>TRATTI OMOGENEI</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>	<b>TRATTI IFF INCLUSI</b>	<b>STAZIONI INCLUSE NEL TRATTO</b>
<b>1</b>	A monte dell’opera di presa	1	IBE (0)
<b>2</b>	In corrispondenza dell’opera di presa	2,3	/
<b>3</b>	Dalla briglia a valle dell’opera di presa fino a 100 metri a monte di ponte Agnolo	4,5,6,7,8,9, 10,11,12	IBE (1,2,3) PHABSIM (1)
<b>4</b>	Da ponte Agnolo a Cantagallo	13,14,16,17	IBE (4) PHABSIM (2)
<b>5</b>	Da Cantagallo a Castagno	18,19	IBE (5) PHABSIM (3)
<b>6</b>	Da Castagno alla confluenza	20	/

#### 4.1.2.2 stazioni di campionamento

Nel tratto fluviale considerato, sono state campionate complessivamente 6 stazioni (Figura 4.13) e per ogni stazione la raccolta dei macroinvertebrati è avvenuta sia in ambienti di riffle che di pool. Gli ambienti di riffle sono caratterizzati da substrati aventi granulometria più elevata e velocità di corrente maggiore rispetto ai pool, considerate invece come zone deposizionali.

La **stazione 0**, posta a monte del tratto, presenta un alveo rettilineo a barre alterne, con un substrato a prevalenza ciottoli; la larghezza dell’alveo bagnato non supera i 3 m, mentre quello di piena raggiunge i 12 m, con un’altezza delle sponde di circa 2 m. La vegetazione erbacea costituisce circa l’80% dell’intera copertura vegetale, a cui si aggiungono alcune presenze arboree ed arbustive di Ontano, Salice, Robinia e Sambuco (Figura 4.19). Gli ambienti di riffle e pool dove sono stati effettuati i campionamenti, presentavano rispettivamente una profondità dell’acqua di 10-12 cm e 25 cm circa.



Figura 4.19 - Stazione 0 con alveo a prevalenza ciottoli e presenza di vegetazione riparia su entrambe le sponde.

La **stazione 1**, posta a valle della presa d’acqua, presenta un alveo sinuoso, con un’imponente difesa spondale artificiale di circa 5 m, in destra idrografica. In corrispondenza della difesa spondale si segnala la presenza di una piccola cascatella, alla base della quale si è creato un ambiente di pool (Figura 4.20 sx). Il substrato dell’alveo è costituito in prevalenza da massi e ciottoli (Figura 4.20 dx) e la copertura vegetale è per lo più arborea ed arbustiva, con i tipici Salice, Ontano, Pioppo, Sambuco e Robinia. La sponda sinistra è dominata da una fascia riparia continua in cui si distinguono le presenze sporadiche di Noce, Nocciolo e *Laurus cerasus*. Gli ambienti di riffle non superavano i 10 cm di profondità con una velocità di corrente moderata, al contrario i pool presentavano una profondità di 15-20 cm circa e la velocità di corrente era prossima allo zero.

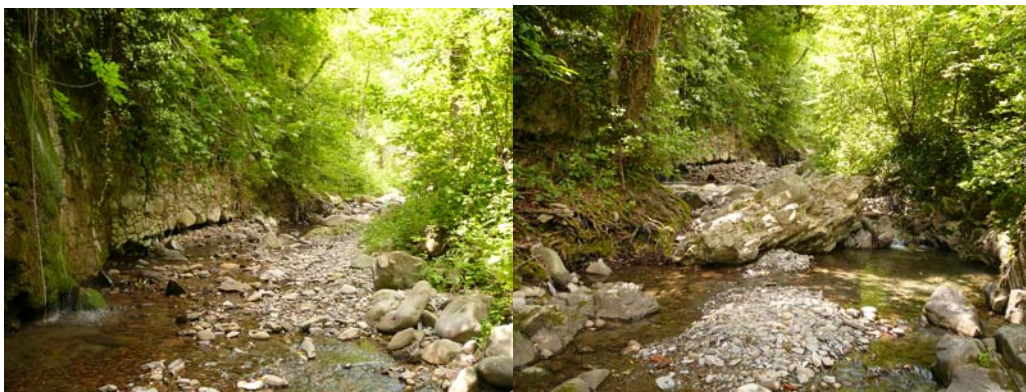


Figura 4.20 - Stazione 1. Difesa spondale con cascatella in dx idrografica ed alveo costituito in prevalenza da massi e ciottoli.

Nella **stazione 2** l'alveo a morfologia sinuosa è costituito da un substrato ciottoloso-ghiaioso, con una minore percentuale di massi. La larghezza dell'alveo bagnato misura circa 5 m mentre l'alveo di piena 10 m. L'altezza della sponda destra raggiunge i 4-5 m, in quanto continua la difesa spondale artificiale, rinvenuta nei tratti precedenti. Al contrario, la sponda sinistra non supera i 2 m e possiede minore pendenza. Questo tratto è caratterizzato dalla presenza di vegetazione arborea ed arbustiva su entrambe le sponde, con una prevalenza di quella arborea (Ontani e Salici) in sponda destra, mentre in quella sinistra prevale una formazione arbustiva di Robinia (Figura 4.21). Da rilevare nella piana alluvionale in sinistra idrografica, la presenza di un noceto coltivato. Gli ambienti di riffle sono caratterizzati da velocità medie mentre i pool non superano i 20 cm circa di profondità.

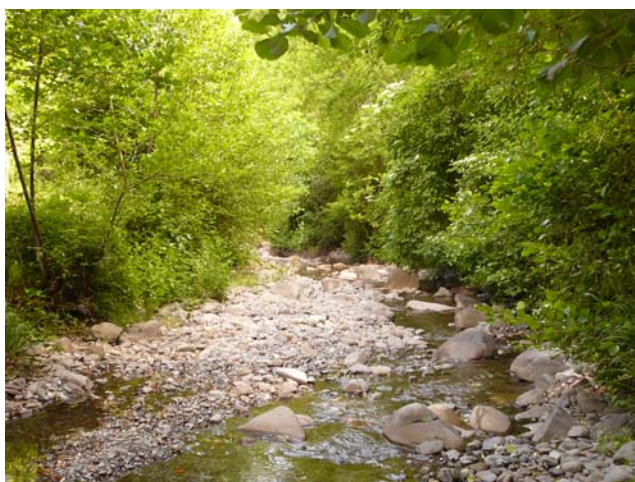


Figura 4.21 - Stazione 2 con alveo a substrato ciottoloso, vegetazione a prevalenza arborea in sponda dx e vegetazione a prevalenza arbustiva in sponda sx.

La **stazione 3** è caratterizzata da una complessiva riduzione di pendenza del tratto fluviale e da un alveo per lo più rettilineo, avente una larghezza non superiore ai 7 m. Questo tratto termina in corrispondenza di uno sbarramento creato da una briglia (Figura 4.22 sx e Figura 4.23), a monte del quale si è formato un lungo pool, avente una profondità di circa 35 cm, caratterizzato da un deflusso più lento e da un substrato sabbioso-limoso (Figura 4.22 dx). Nel tratto più a monte, la profondità massima misurata risulta di 7-8 cm associata ad un substrato a prevalenza di ghiaia e ciottoli. La vegetazione riparia che risulta continua su entrambe le sponde è costituita da Salici ed Ontani a cui si aggiunge una discreta percentuale di alberi di Noci. In prossimità della briglia si notano formazioni di *Arundo donax*, specie che si rinviene di frequente nei tratti dei corsi d'acqua a lento decorso.

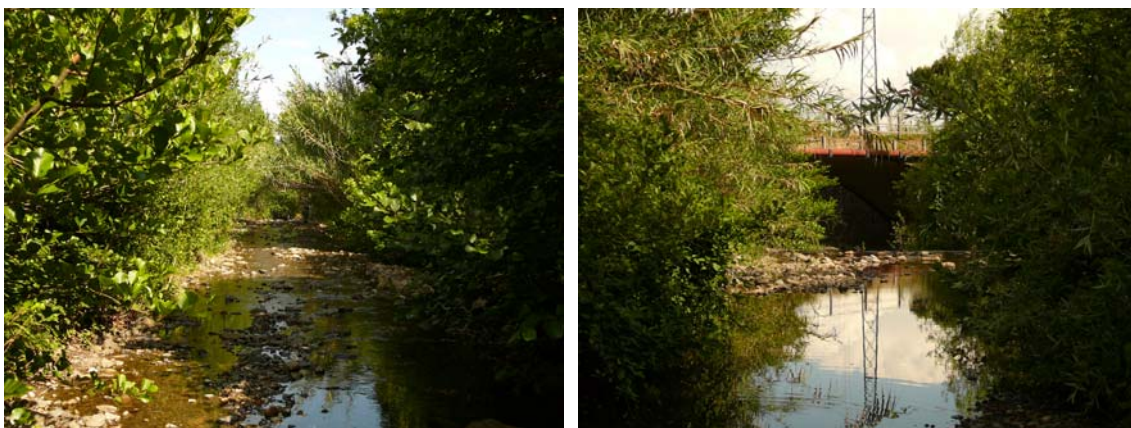


Figura 4.22 - Stazione 3. A sinistra gli ambienti di riffle con substrati ghiaiosi-ciottolosi, a destra il lungo pool in prossimità della briglia.

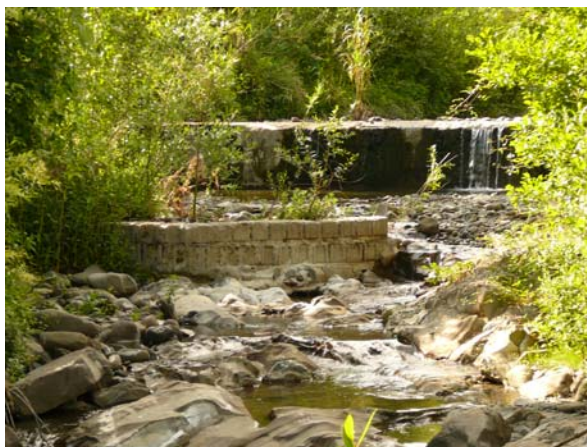


Figura 4.23 - Stazione 3. Sbarramento causato dalla briglia.

La **stazione 4** è caratterizzata da un alveo piuttosto rettilineo, con un substrato ghiaioso-ciottoloso. La larghezza dell'alveo bagnato misura circa 5 m mentre quello di piena arriva ai 10 m, la profondità massima dell'acqua è risultata di 15-20 cm ed ha caratterizzato la prevalenza da ambienti di riffle. In questo tratto la vegetazione riparia si limita a specie erbacee ed arbustive, con nuclei sporadici di Noci (Figura 4.24). Da segnalare in sponda destra, oltre la vegetazione riparia, una fascia coltivata ad Ulivi. Rispetto ai tratti posti più a monte, questa stazione mostra una morfologia dell'alveo più banalizzata e con una vegetazione riparia nel suo complesso impoverita, tutto ciò può trovare spiegazione nell'interruzione della continuità fluviale, causata dalla presenza di sbarramenti artificiali posti a monte.



Figura 4.24 - Stazione 4. Alveo con substrato ghiaioso-ciottoloso e vegetazione riparia erbacea.

La **stazione 5** è stata scelta in un tratto fluviale dove dal corso principale si separa un canale secondario (Figura 4.25), il quale si ricongiunge poco più a valle. Tra i due canali è presente un’isola vegetata, caratterizzata da sole specie erbacee. L’alveo del canale principale presenta un’elevata percentuale di massi, a cui seguono ciottoli e ghiaia grossa (Figura 4.25); la larghezza dell’alveo bagnato risulta di 3 m, mentre quello di piena raggiunge i 20 m. Entrambe le sponde mostrano una riduzione di pendenza a causa del crollo della difesa spondale, dovuto all’erosione fluviale. Nella vegetazione riparia domina l’*Arundo donax*, a cui si aggiungono altre specie erbacee riparie. Come nel tratto precedente, oltre la fascia di vegetazione riparia si segnalano coltivazioni di Ulivi.



Figura 4.25 - Stazione 5. A destra canale principale e canale secondario con al centro l’isola vegetata. A sinistra substrato del canale principale a prevalenza massi.

## 4.2 Componente flora e vegetazione

### 4.2.1 Torrente Ombrone

#### 4.2.1.1 VEGETAZIONE ACQUATICA

Negli ambienti fluviali tra la **vegetazione acquatica** possono assumere particolare importanza le microalghe la cui biomassa, crescendo, forma una pellicola verdastra (periphyton) che riveste i ciottoli e le macroalghe che formano per lo più ciuffi filamentosi. Lungo tutto il tratto in esame del Torrente Ombrone Pistoiese entrambe queste componenti erano presenti con abbondanze elevate ma diversificate. Un notevole sviluppo del feltro perifitico e di alghe filamentose è indice di un'eccessiva disponibilità di nutrienti e, quindi, di apporti inquinanti. Se questi superano la capacità portante del corso d'acqua si innesca l'eutrofizzazione, causa frequente di morie di animali.

Per quanto riguarda le macrofite acquatiche dai rilevamenti effettuati è emerso che questa componente della vegetazione è scarsamente rappresentata lungo il tratto esaminato. Si tratta infatti di un tipo di vegetazione che cresce in genere nelle lanche e nelle zone in cui la corrente è più lenta. Tra le macrofite acquatiche e le elofite rinvenute si segnalano: *Paspalum paspaloides*, *Gallium palustre*, *Cyperus longus*, *Sparganium erectum*, *Arundo donax*, *Juncus articulatus*, *Menta aquatica*, *Phragmites australis*, *Juncus bufonius*, *Holoscenus vulgaris*, *Apium nodiflorum*, *Typha latifolia*, *Carex pendula* e *Cyperus longus*.

#### 4.2.1.2 LA VEGETAZIONE RIPARIA

Per effettuare un accurato studio dinamico-spaziale della componente vegetazionale sono state classificate le specie arboree, arbustive ed erbacee presenti nelle stazioni di campionamento già menzionate (X1, E1, A1, A2, E2). Questo studio di dettaglio della vegetazione riparia trova la motivazione nella possibilità di riqualificare valorizzare e possibilmente espandere il parco fluviale già esistente ai fini sia di un ripristino della vegetazione riparia autoctona sia di una maggior fruibilità da parte dei cittadini. Di seguito vengono riportate l'analisi flogistica e l'analisi fitosociologica mentre per l'analisi fisionomica della vegetazione viene riportata solo nel documento di sintesi non tecnica.

##### 4.2.1.2.1 Analisi floristica

Lo studio floristico nel tratto indagato del fiume Ombrone, dal ponte di Calcaiola al ponte dell'autostrada, ha portato l'analisi e il riconoscimento di 131 specie, di cui solo 9 hanno un portamento arboreo, raggruppate in 42 famiglie. Le famiglie con maggior numero di specie sono le *Compositae*, le *Graminaceae*, le *Leguminisae*, le *Labiatae*; con minor numero di specie ma di rilevante presenza sono anche le *Salicaceae*, le *Umbelliferae*, le *Rosaceae*, le *Polygoniaceae* e le *Cruciferae*.

La diversità floristica non è elevata, solo in 7 rilievi si superano le 30 specie (vedi tabella in allegato); i rilievi più ricchi di specie diverse sono: il numero 1, sponda sinistra della stazione X1, con 59 specie diverse di cui alcune presenti solo qui come *Anthemis cotula*, *Melilotus officinalis*, *Calamintha sylvatica*, *Chenopodium polyspermum*, *Polygonium aviculare*, *Galeopsis tetrahit*, *Tussilago fanfara*, *Anagallis arvensis* e *Trifolium arvense*; il numero 5, sponda destra in stazione A1, con 44 differenti specie, di cui presenti unicamente qui: *Holoschoenus vulgaris*, *Crepis setosa*, *Hedera helix*. Il rilievo, invece, meno abbondante di specie è il numero 12, a valle del ponte alle Tavole (Figura 4.26).



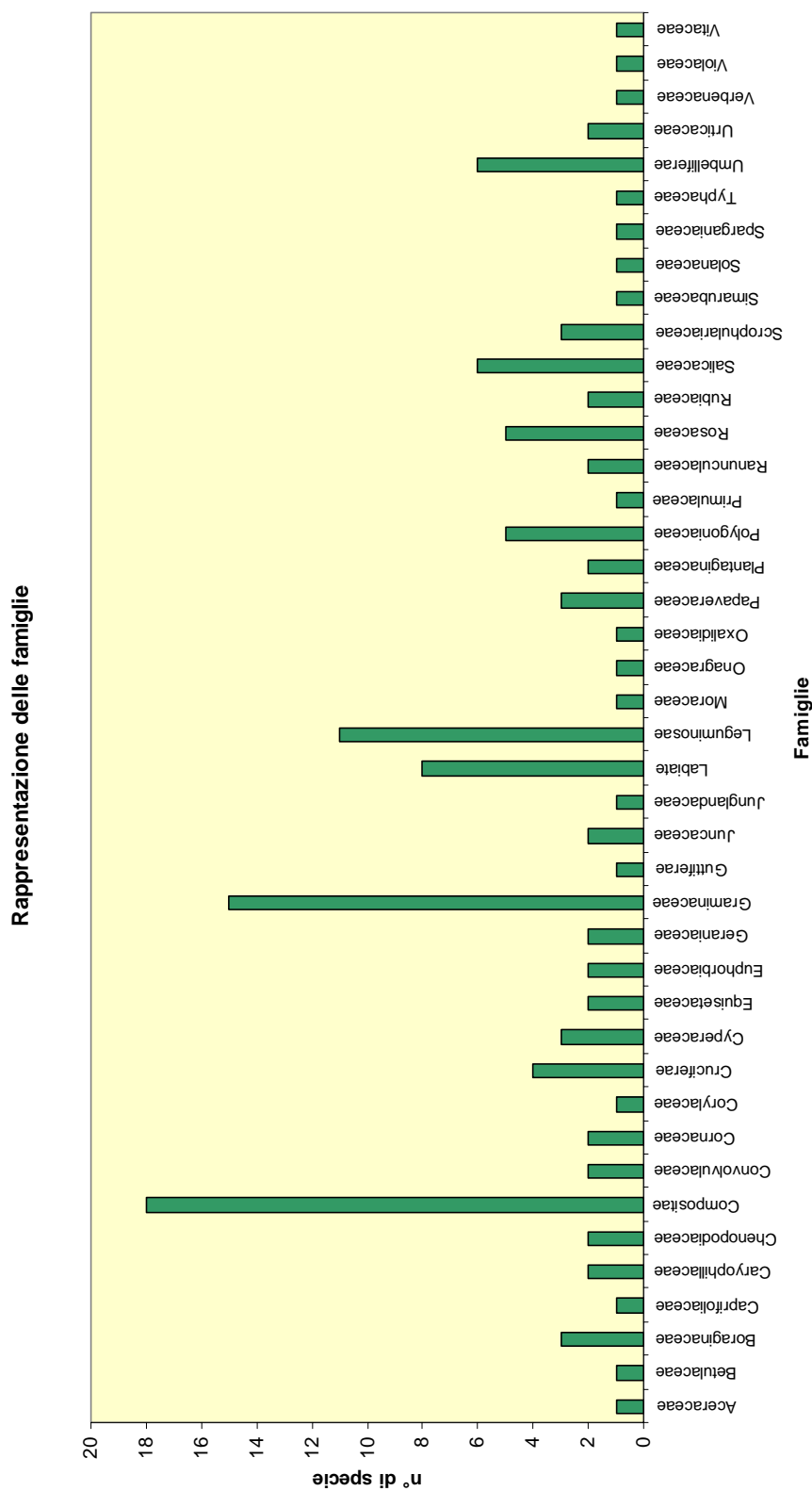


Figura 4.26 - Ricchezza specifica delle famiglie

**Le forme biologiche.** I fattori ambientali condizionano l'assetto floristico di un territorio e la crescita stessa delle piante, per questo esse sviluppano una serie di adattamenti morfologici, anatomici e fisiologici. Un fattore importante che incide sulla vita delle piante è il clima e ne consegue una risposta da parte di ogni specie a sopravvivere nella stagione avversa. Adattamento a tale condizione, anche fonte di classificazione delle diverse forme biologiche è la protezione delle gemme nel suddetto periodo; la posizione delle gemme permette, quindi, di distinguere una serie di categorie.

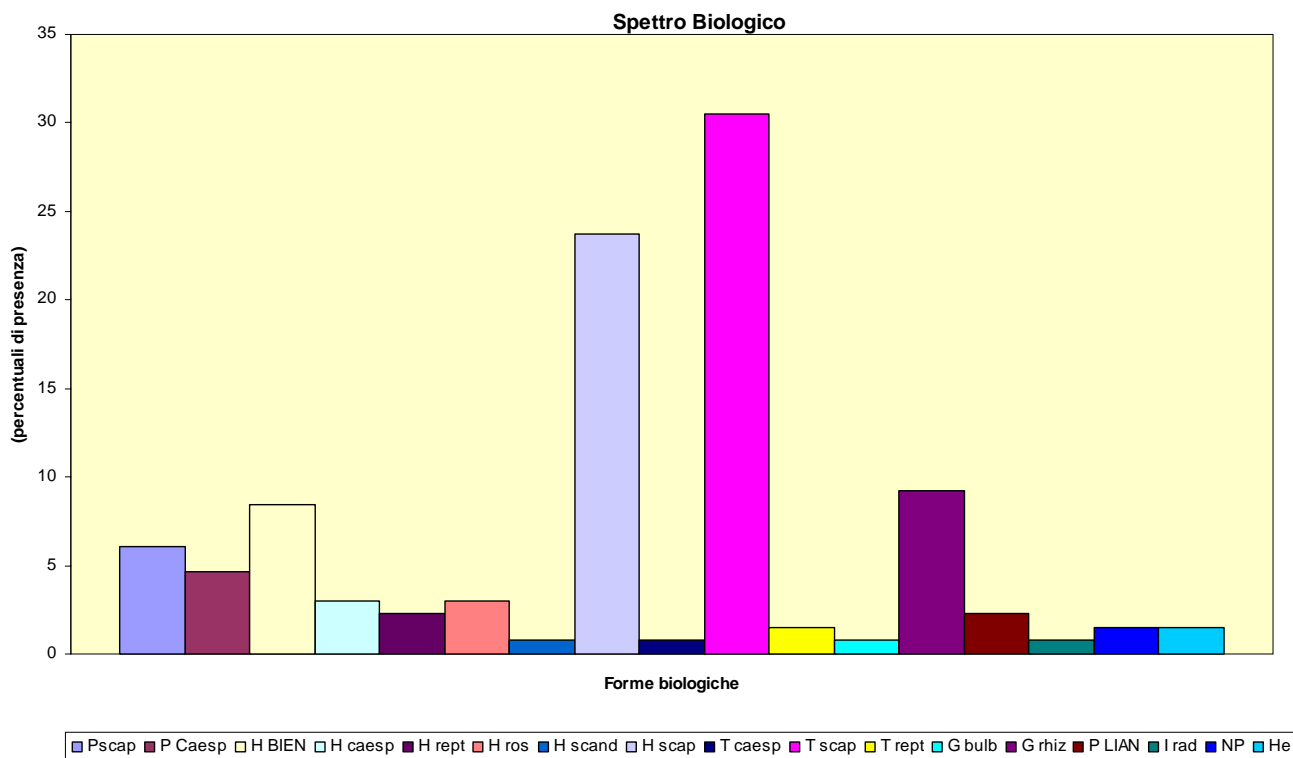


Figura 4.27 - Spettro biologico

La figura 4.27 rappresenta la percentuale delle 131 specie raccolte classificate secondo le forme biologiche di Raunkiaer. Si nota che prevalgono maggiormente come forme biologiche le *terofite scapose* e le *emicriptofite scapose*. Rispettivamente, le prime sono presenti per il 30,5% e si tratta di piante annue che superano la stagione estiva in dormienza sotto forma di seme, sono dotate di un fusto erbaceo eretto e munito di foglie; le seconde rappresentano il 23,7% e si tratta di piante perenni ed erbacee con gemme svernanti al livello del suolo protette da resti vegetali, tipiche di climi temperati.

Si distinguono come presenza anche le geofite rizomatose (9,2%), piante perenni ed erbacee che recano le gemme su organi sotterranei, dotate di un lungo fusto strisciante e radicante ai nodi; e le emicriptofite bienni, il cui ciclo biennale vede nel corso del primo anno lo sviluppo della pianta e nell'anno successivo la fioritura e la produzione dei semi.

Con minor percentuale si notano anche le fanerofite scapose (6,10%) e le fanerofite cespitose (4,6%), si tratta di piante perenni e legnose con gemme al di sopra dei 30 cm dal suolo, hanno un portamento arboreo ed arbustivo. Le altre categorie sono rappresentate con minor percentuale.

**Categorie corologiche.** Ogni specie occupa un determinato territorio dall'estensione ampia o ridotta. Alcune specie possono essere confinate ad un areale ristretto come una montagna od un'isola, altre hanno un'ampissima distribuzione più o meno in tutto il mondo.

Fra i due estremi si individuano delle altre categorie che insieme vanno a classificare la distribuzione delle piante e prendono il nome di corotipi. I corotipi principali sono i seguenti (Pignatti, 1982):

1. Eurasiatico
2. Circumboreale
3. Stenomediterraneo
4. Cosmopolite
5. Eurimediterraneo
6. Atlantico
7. Endemico
8. Mediterraneo-Montano
9. Orofite sudeuropeo
10. Coltivate

Dalla classificazione delle specie secondo l'areale di distribuzione si ottengono degli spettri corologici come il seguente (Figura 4.28):

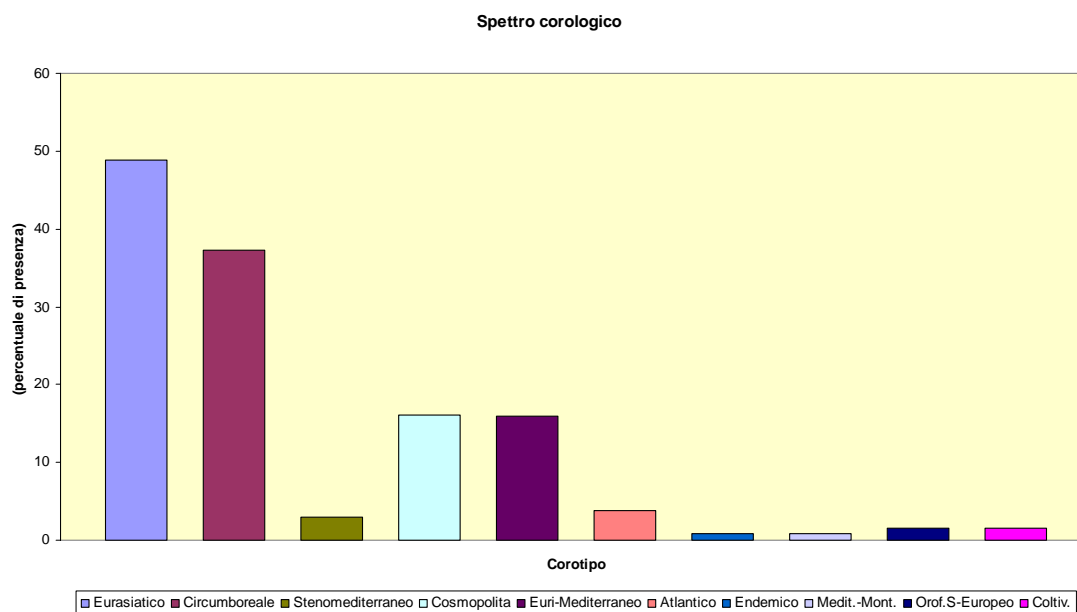


Figura 4.28 - Spettro corologico

Da questo spettro corologico si evidenziano subito i corotipi con maggior percentuale di presenza, sono quello Eurasiatico (48,9%) e quello Circumboreale (37,3%). Il primo rappresenta le specie continentali, il cui areale si estende sulla pianura europea fino all'Asia orientale, comprende specie arboree, arbustive ed erbe. Il secondo comprende le specie diffuse nelle zone settentrionali dell'Europa, l'Asia e l'America nei climi temperati e freddi. Presenti, anche se con minor percentuale, i corotipi Cosmpolita (16,1%) e Eurimediterraneo (16%). Le specie cosmopolite sono distribuite più o meno in tutti i continenti e con diverse

condizioni climatiche. Le specie Eurimediterranee sono diffuse nel Mediterraneo fino alle zone dell'Europa centrale.

#### 4.2.1.2.2 Analisi fisionomica

La vegetazione di questo tratto di fiume viene qui esaminata dapprima sotto l'aspetto fisionomico per tratto omogeneo:

##### Tratto 1a

Questo primo tratto si caratterizza, in particolare, per la totale assenza di vegetazione arborea riparia. Le due sponde, infatti, sono colonizzate in modo diversificato da specie erbacee ed arbustive. Nello specifico, nella fascia a ridosso del muro di contenimento, sulla sponda destra, si riscontra la presenza dominante di specie erbacee alte fino a 2 m, caratteristiche di terreni incolti e di suoli ricchi di sostanze azotate (*Artemisia vulgaris* e *Chenopodium album*). Vi è, inoltre, un buon popolamento di *Coryza canadensis*, pianta originaria dell'America settentrionale che si rinviene come erba infestante non solo nei campi e nelle zone ruderali, ma anche lungo i greti dei fiumi. Poco più a valle si sviluppa un filare di *Salix alba* a portamento arbustivo che si interrompe in corrispondenza del ponte di Calciaiola. Nella fascia adiacente l'alveo bagnato e nelle piccole isole presenti si osserva un nucleo di *Typha latifolia*, specie palustre legata ad ambienti di acqua stagnante o a debole corrente. Sono presenti, inoltre, specie diffuse in luoghi umidi come *Bidens tripartita*, *Eupatorium cannabinum*, diversi rappresentanti del genere *Polygonum*, *Equisetum telmateja* e *Saponaria officinalis*. In sponda sinistra, invece, vi è un'ampia fascia occupata principalmente da *Rubus sp.*, *Convolvulus arvensis* e *Humulus lupulus*. Queste specie arbustive e, in alcuni casi, con fusto volubile, si sviluppano fin quasi sulla riva del torrente e tendono a prediligere suoli ricchi di elementi nutritivi ed in particolare di azoto. In prossimità del ponte questo popolamento si dirada e lascia maggiore spazio alla componente erbacea e ad un nucleo isolato di *Arundo donax*.

##### Tratto 1

Il greto, poco più a valle del ponte, è caratterizzato da una copertura mista di *Polygonum*, *Epilobium* e di piccoli arbusti di *Robinia pseudoacacia*. Questa specie, originaria del Nord America, è caratterizzata da una notevole capacità di produrre polloni e germogli radicali, risulta essere estremamente frugale e indifferente al tipo di suolo. In virtù della sua considerevole capacità di adattamento è in grado di colonizzare facilmente aree degradate o in stato di abbandono. In questo stesso contesto si osservano anche piante rampicanti di Vite che provengono molto probabilmente dai coltivi circostanti. In prossimità della briglia l'alveo del torrente si allarga e l'acqua ha un deflusso più lento. Su entrambe le sponde, ma in modo più evidente in sponda destra, si sviluppa un fitto ed alto canneto di *Arundo donax*, specie originaria dell'Asia centrale che si rinviene spesso lungo i corsi d'acqua in zone sabbiose. Prima di questo tratto a canneto, in sponda sinistra, nell'esiguo spazio fra l'alveo bagnato ed il muro di contenimento, è presente una piccola comunità ripariale di Salici arbustivi.

##### Tratto 2

L'intero tratto è caratterizzato dalla presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva su entrambe le sponde. Per quanto riguarda la componente erbacea sono particolarmente abbondanti specie di ambienti umidi quali *Bidens tripartita* e *Polygonum persicaria*. È da segnalare, poi, la diffusione di *Helianthus tuberosus*, una pianta erbacea perenne originaria del Nord America, dotata di rizoma fusiforme ingrossato e caratterizzata da fiori apicali di colore giallo piuttosto vistosi. Essa tende a preferire i luoghi incolti, le rive sabbiose e le aree golenali. Sono ben rappresentate anche altre specie già rilevate nei tratti precedenti. Si tratta di *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis*, *Rubus sp.*, di piccoli individui di *Robinia*

*pseudoacacia* e di nuclei sporadici di *Arundo donax* e di *Salix purpurea* in sponda sx. L'alveo si presenta piuttosto uniforme e privo di strutture di ritenzione significative.

#### Tratto 3

Il greto in prevalenza ghiaioso-ciottoloso presenta un'abbondante deposizione di detriti in sponda dx che risultano colonizzati da un popolamento di *Chenopodium album*. Avvicinandosi all'alveo, il *Chenopodium* lascia posto ad una fascia più ristretta di *Bidens tripartita*. Complessivamente questo tratto è povero di specie erbacee e totalmente privo di specie arboree ed arbustive.

#### Tratto 4

Nel tratto iniziale l'alveo del torrente è stato soggetto ad opere di escavazione e il materiale derivante dallo scavo è stato depositato sulle due sponde che risultano, pertanto, rialzate rispetto ai tratti precedenti. Esse sono state colonizzate quasi esclusivamente da *Chenopodium album* e *Artemisia vulgaris* che, in questa situazione, creano una fascia molto fitta ed alta a ridosso del muro di cinta. Più vicino all'acqua, invece, si osservano ancora la *Bidens tripartita* e il *Polygonum lapathifolium*. In sponda destra, nel punto di confluenza con il Torrente Vincio, si riscontra la presenza di un piccolo nucleo di vegetazione arborea riparia costituito da *Alnus glutinosa*, con esemplari che raggiungono altezze apprezzabili e da *Salix alba* in prevalenza arbustivi. Questo popolamento s'interrompe in corrispondenza di alcuni orti che sono stati ricavati all'interno dell'alveo del torrente. A ridosso del muro vi è una fascia occupata principalmente da *Sambucus nigra*. Poco prima del ponte di Gello si rileva la presenza di un nucleo di vegetazione arborea (in prevalenza *Robinia pseudoacacia*, ma anche *Salix alba*). In sponda sinistra prosegue, invece, la fascia di vegetazione tipica di ambienti ruderali (*Chenopodium album*), alternata a consistenti popolamenti di *Arundo donax*.

#### Tratto 5

Dal punto di vista dei caratteri vegetazionali, questo tratto si può considerare piuttosto omogeneo. Esso si contraddistingue in modo evidente rispetto ai tratti precedenti per la presenza, su entrambe le sponde, di una fascia abbastanza continua di **vegetazione arborea**. La fascia arborea appare più ampia (bifilare, trifilare) e continua in sponda destra, dove risulta dominante, rispetto al *Salix alba*, l'*Alnus glutinosa*. L'Ontano nero è una specie dei boschi ripariali igrofilo e indica aree caratterizzate da suoli freschi costantemente alimentati da acqua, a tessitura limoso-argillosa. E' indifferente al contenuto in elementi nutritivi del substrato e si rinviene tipicamente lungo le sponde dei corsi d'acqua di pianura, associato a *Salix alba* e *Populus nigra*, che, in questo tratto, è rappresentato da pochi individui di dimensioni abbastanza considerevoli. Questa specie, infatti, rispetto all'Ontano nero, manifesta un comportamento più spiccatamente pioniero nel colonizzare, assieme al Salice ripaiolo (*Salix eleagnus*) e al Salice rosso (*Salix purpurea*), i nudi greti ciottolosi degli alvei fluviali, aridi nel loro strato più superficiale.

Alla base delle piante arboree di maggiori dimensioni, ed in particolare nel tratto posto subito a valle della briglia del Ponte di Gello, si osserva un'abbondante deposizione di piccoli detriti legnosi che formano consistenti ammassi in aree laterali rispetto all'alveo bagnato.

Tracciando un profilo perpendicolare all'asse del torrente si possono facilmente individuare 3 fasce che si diversificano per la progressiva distanza dall'acqua. Nella zona più vicina alla riva è abbondante *Equisetum*, specie sciafila, la cui presenza è favorita dall'ambiente umido e dal terreno sabbioso. Vi sono, inoltre, diverse Cyperacee che vivono su terreni umidi e frequentemente inondati. Tra l'alveo e il bosco ripariale è presente una fascia occupata principalmente da Salici arbustivi e da *Bidens tripartita*. In sponda sinistra, la fascia arborea si presenta alquanto discontinua e piuttosto ristretta (per lo più monofilare), con prevalenza di *Salix alba* e presenza più limitata di *Alnus glutinosa*. Nell'ampia fascia compresa tra il muro di contenimento e l'alveo e nei punti ove la fascia arborea s'interrompe, prevale nuovamente la vegetazione erbacea (*Chenopodium album*) e a canneto (*Arundo donax*).

#### Tratto 5a

Le due sponde sono prive di vegetazione arborea riparia e presentano una maggiore diversità floristica. Le rive sono popolate soprattutto da *Mentha gr. spicata* e dalla Graminacea *Paspalum paspaloides*. Nelle zone più periferiche si riscontra la presenza di *Artemisia*, associata a *Galega officinalis* e a *Bidens tripartita*. In sponda sinistra è presente un piccolo nucleo di *Typha latifolia* e in acqua è rinvenibile il fusto lungo e natante di *Nasturtium officinale*, pianta particolarmente diffusa in acque ferme o lentamente fluenti. Il fondo, inoltre, risulta fangoso e in questo contesto si rinviene pure *Solanum dulcamara*, una pianta eliofila con fusto rampicante molto flessibile, che si ritrova al margine di aree umide arricchite in nutrienti e soggette a periodiche sommersioni.

#### Tratto 6

Questo tratto è dominato da una fascia arborea riparia non continua. In sponda destra prevale un fitto e giovane popolamento di *Alnus glutinosa* e, in prossimità della riva, è stato rilevato *Sparganium erectum*, pianta erbacea perenne dotata di rizoma strisciante che generalmente si trova in acque profonde 30-60 cm. Tra il bosco ripario e il muro vi è una barriera, in alcuni punti impenetrabile, di *Rubus sp.* Segue il sentiero del parco fluviale e, infine, un filare di *Ailanthus altissima*, pianta originaria della Cina che è stata introdotta in Italia nel 1760 e che ora è divenuta naturalizzata ed estremamente adattabile alle più diverse condizioni ambientali, soprattutto nei confronti della disponibilità idrica del suolo. Essa predilige ambienti ricchi di azoto e diventa talora invadente per la produzione di polloni radicali in terreni rimaneggiati e spogli. Dove non è presente l'Ailanto c'è un fitto popolamento di *Sambucus ebulus*, pianta perenne erbacea con fusto alto quasi 2 m, che in genere è presente in luoghi incolti, ai bordi di campi coltivati. In sponda sinistra, invece, il bosco ripario è caratterizzato da una maggiore presenza di *Salix alba*, *Populus nigra* e Salici arbustivi. Verso il muro prevalgono popolamenti di *Arundo donax*, di *Saccarum aegypticum* e, in alcuni casi, di giovani individui di *Robinia pseudoacacia*.

#### Tratto 7

Questo tratto si caratterizza per la presenza sporadica di giovani alberi ed arbusti in un contesto vegetazionale quasi esclusivamente di tipo erbaceo. In particolare sia le sponde che il greto del torrente sono occupati in modo sparso da *Populus nigra*, *Salix alba*, *Salix purpureus*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus minor* a portamento prevalentemente arbustivo. Sono presenti anche pochi individui di *Populus alba* che, rispetto al Pioppo nero, predilige stazioni più asciutte e tende a colonizzare i terreni scoperti in condizione di relativa aridità. L'alveo, infatti, durante la stagione estiva può rimanere asciutto e, in queste condizioni, s'instaura la vegetazione erbacea instabile dei greti fluviali ciottolosi-sabbiosi. Le erbe più comuni sono il Farinello (*Chenopodium album*), i Poligoni e gli Epilobi, dalle vivaci fioriture rosa.

#### Tratto 8

Le sponde sono occupate da giovani alberi ed arbusti, in prevalenza *Robinia pseudoacacia*, *Populus nigra*, *Salix caprea* e *Salix alba*. Alcuni di questi alberelli sono stati piegati e trascinati dall'acqua nei periodi di piena. In vicinanza del muro vi è la presenza di arbusti spinosi come *Prunus spinosa* e *Rubus sp.* Il prugnolo, in particolare, è una componente importante degli arbusteti pionieri e ricerca suoli ricchi di azoto. In sponda destra vi è un buon popolamento di *Ailanthus altissima* e aumenta la presenza di *Robinia pseudoacacia*. In sponda sinistra, oltrepassato il ponte su cui passa la Lucca-Firenze, si ha un'abbondanza di *Foeniculum vulgare*. Si osservano, in alcuni punti, fenomeni erosivi in sponda sinistra.

#### Tratto 9

La vegetazione è quasi esclusivamente erbacea, con una fascia di *Artemisia vulgaris* in sponda destra che raggiunge altezze notevoli, creando una barriera tra il greto e il muro.

#### 4.2.1.2.3 Analisi fitosociologica

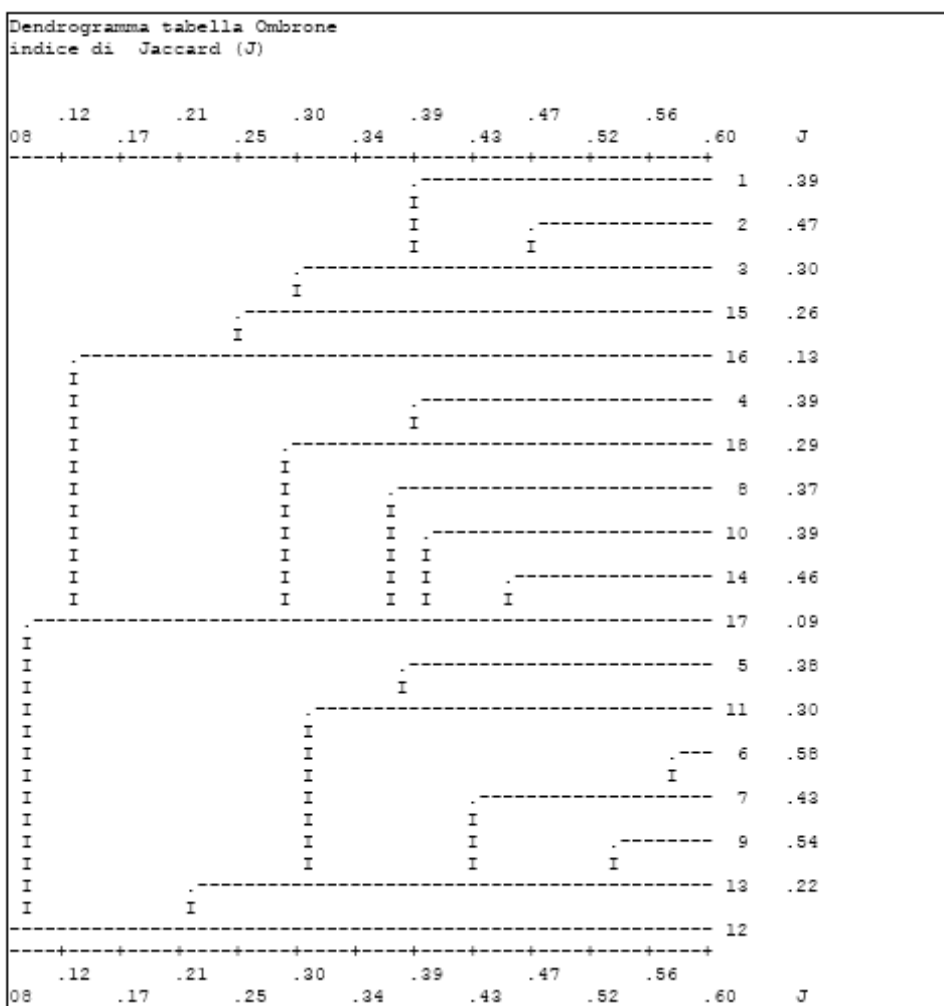
***La vegetazione acquatica lungo il tragitto di un corso d’acqua presenta aspetti abbastanza diversi legati alle caratteristiche ambientali e alla variazione dei fattori ecologici sopra citati. Questi parametri sono anche in funzione della situazione ambientale esistente nel territorio circostante.***

La velocità della corrente, ad esempio, è un primo fattore molto discriminante tra i diversi tipi di vegetazione. Infatti, dove il flusso è molto veloce e il fondo è costituito da clasti molto grossolani l’insediamento della vegetazione, soprattutto di macrofite, risulta scarso o nullo. Dove, invece, la corrente ancora abbastanza veloce permette la deposizione sul fondo di sedimenti sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi la vegetazione acquatica inizia ad insidiarsi con successo, si formano ampie isole sommerse ad opera delle specie radicate. Le acque con moto più lento, che si possono trovare ai margini delle precedenti ospitano una vegetazione acquatica più complessa.

Anche nei fondovalle dove la pendenza dell’alveo diminuisce e quindi anche l’impeto della corrente permettendo un deposito maggiore di sedimenti ed un più facile instaurarsi di comunità vegetali più stabili.

Questo è il caso del tratto indagato dell’Ombrone, qui si sono sviluppate delle comunità vegetali con particolari forme di adattamento all’ambiente mutevole e difficile, infatti, la variabilità specifica è ridotta rispetto ad alti ambienti meno competitivi e più stabili.

Una prima analisi della vegetazione è stata sviluppata dall’elaborazione di un dendrogramma.



**Dendrogramma**

Questo ha evidenziato la presenza di tre gruppi di vegetazione, collegati tra loro da valori bassi dell’indice di similitudine ( $J=0,13$ ;  $J=0,09$ ) due di tipo erbaceo e un terzo di tipo arboreo.

I tre gruppi sono stati classificati attraverso l’analisi delle specie caratteristiche di diversi sintaxa vegetazionali (classi, ordini e alleanze, secondo Oberfdorfer 1970, Ubaldi 2003), la costruzione di una tabella strutturata, in cui sono evidenziati i gruppi di rilievi e di specie, e il confronto con la bibliografia fitosociologica sull’argomento.



Tabella 4.3 – Sequenza ordinata dei rilievi

TABELLA ORDINATA DEI RILIEVI SULLA BASE DEL DENDROGRAMMA																							
STRATO	N° rilievo	1° GRUPPO					CP	2° GRUPPO					CP	3° GRUPPO						CP	P		
		1	2	3	15	16		4	18	8	10	14		17	5	11	6	7	9			13	12
m	STAZIONI	X1	X1	E1	E2	E2		E1	E2	A1	A1	A2	E2	A1	A2	A1	A1	A2	A2				
	SPONDA	sx	dx	sx	dx	dx		dx	dx	dx	sx	dx	dx	dx	sx	dx	dx	dx	dx				
	SUPERFICIE (mq)	50	50	50	50	50		100	30	50	20	100	100	50	50	100	100	100	100	50			
	ESPOSIZIONE	NO-SE	NO-SE	O-E	NE-SO	NE-SO		NO-SE	NE-SO	N-SN	N-SN	N-S	NE-SO	N-SN	N-SN	N-SN	N-SN	N-SN	N-SN				
	QUOTA s.l.m. (m)	137	137	125	80	80		120	80	110	110	98	80	110	98	110	110	110	98	98			
	COPERTURA TOTALE (%)	65	85	85	40	95		85	80	100	100	100	100	90	85	90	90	80	90	95			
	Specie di Artemisietea																						
e/a	<i>Artemisia vulgaris</i>	1	2	2	1	2	V	3	3	.	3	+	1	V	+	+	+	1	2	1	.	V	16
e	<i>Silene alba</i>	+	+	+	.	+	IV	1	+	+	+	+	+	V	+	.	1	+	+	+	.	IV	15
e/a	<i>Helianthus tuberosus</i>	+	1	1	+	1	V	1	1	.	.	.	.	II	+	+	.	+	1	+	.	IV	12
a	<i>Calystegia sepium</i>	1	+	+	+	.	IV	.	+	+	+	.	.	III	1	+	.	.	+	.	+	III	11
e	<i>Alliaria petiolata</i>	.	.	+	.	.	I	+	+	+	.	.	.	III	.	1	2	1	1	+	.	IV	9
e	<i>Galium aparine</i>	+	.	.	.	.	I	1	+	.	.	+	+	IV	.	.	+	.	2	2	.	III	8
e	<i>Urtica dioica</i>	r	.	.	.	.	I	.	.	.	.	2	.	I	.	.	1	1	1	.	.	III	5
e	<i>Eupatorium cannabinum</i>	+	1	.	1	.	III	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.	.	.	.	.	II	5
a	<i>Sambucus ebulus</i>	.	.	.	.	.		.	.	2	.	3	.	II	r	.	.	.	+	.	.	II	4
e	<i>Torilis japonica</i>	+	1	+	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
e	<i>Arctium lappa</i>	.	.	r	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	II	3
e	<i>Verbena officinalis</i>	+	.	+	+	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
	Specie di Chenopodieta																						
e/a	<i>Chenopodium album</i>	+	1	2	.	.	III	2	2	.	2	.	+	IV	.	.	.	1	+	.	.	II	9
e/a	<i>Melilotus alba</i>	+	2	1	.	+	IV	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	II	6
e	<i>Sonchus arvensis</i>	.	.	.	.	.		+	.	+	.	.	+	III	+	.	.	.	+	+	.	III	6
e	<i>Sonchus oleraceus</i>	+	.	+	.	.	II	+	.	+	.	.	+	III	.	.	.	+	.	.	.	I	6
e	<i>Lactuca serriola</i>	+	.	+	.	+	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I	4
e	<i>Cichorium intybus</i>	.	.	+	.	+	II	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	I	3
e	<i>Polygonum persicaria</i>	+	1	1	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
e	<i>Capsella bursa pastoris</i>	.	.	.	.	.		+	.	.	.	.	+	II	.	.	.	.	.	.	.	.	2

Tabella 4.3 segue – Sequenza ordinata dei rilievi

e	<i>Anthemis cotula</i>	r	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
e	<i>Calamintha sylvatica</i>	+	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
e	<i>Chenopodium polyspermum</i>	+	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
e	<i>Polygonum aviculare</i>	1	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
a	<i>Vitis vinifera</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	1	.		.	.	.	.	.	1
e	<i>Salvia pratensis</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	2	.	.		.	.	.	.	.	1
e	<i>Cerastium holosteoides</i>	.	.	.	.	.	.		1	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
e	<i>Fumaria officinalis</i>	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
e	<i>Aira cupaniana</i>	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
e	<i>Myosotis arvensis</i>	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
e	<i>Oxalis comiculata</i>	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
e	<i>Bellis perennis</i>	.	.	.	.	.	.		r	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1
a	<i>Salix caprea</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	.	.	.	r	1
e	<i>Chelidonium majus</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	.	.	.	+	1
a	<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	.	.	r	.	1
e	<i>Cyperus esculentus</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	.	.	+	.	1
e	<i>Juglans regia</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	.	r	.	.	1
e	<i>Lunaria annua</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	.	+	.	.	1
e	<i>Torilis arvensis</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	+	.	.	.	1
e	<i>Chaerophyllum temulum</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		.	+	.	.	.	1
a	<i>Hedera helix</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		r	.	.	.	.	1
e	<i>Crepis setosa</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		+	.	.	.	.	1
e	<i>Holoschoenus vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		1	.	.	.	.	1
e	<i>Potentilla reptans</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		+	.	.	.	.	1
e	<i>Mentha aquatica</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		+	.	.	.	.	1
e	<i>Juncus bufonius</i>	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		+	.	.	.	.	1

Dallo studio vegetazionale e dall'analisi del corso di fiume studiato si individuano le seguenti tipologie di vegetazione.

Vegetazione erbacea del greto (gruppo 1 in tabella 4.3)

Le comunità di vegetazione erbacea riscontrata risulta discontinua e tipica di un alveo fluviale ciottoloso-sabbioso e la loro copertura non è continua nei tratti esaminati. Le specie erbacee presenti sono di tipo annuale caratterizzate dal loro massimo sviluppo durante la stagione estiva, il greto viene infestato da specie ruderali e nitrofile, tipiche di acque ricche di nutrienti. Tali specie appartengono alle classi *Bidentetea* e *Chenopodietea* ed in particolare fanno parte degli ordini principali di *Bidentetalia* e *Polygono-Chenopodietalia*. Le specie caratteristiche del primo ordine e classe sono *Polygonum hydropiper*, *Polygonum lapathifolium* e *Bidens tripartita*; rispettivamente appartengono al secondo ordine e classe: *Sonchus arvensis*, *Polygonum persicaria*, *Lactuca serriola*, *Chenopodium album*, *Melilotus alba* e *Fumaria officinalis*. Si nota la presenza di *Xanthium italicum* una delle tre specie caratteristiche dell'associazione *Polygono-Xanthietum italicum* (Pirola & Rossetti, 1974), mentre le altre due mancano (*Bidens frondosa* e *Amaranthus retroflexus*). Molto frequenti anche le specie *Rumex crispus*, *Saponaria officinalis*, *Pulicaria dysenterica* (classe *Plantaginetea*) ed inoltre *Artemisia vulgaris*, *Silene alba* ed *Helianthus tuberosus*, specie nitrofile tipiche rappresentati della classe *Artemisietea* (Oberdorfer, 1970). Si osserva inoltre la presenza di numerose specie provenienti da colture cerealicole, i cui semi trasportati dalle acque germinano sul greto; ricordiamo *Papaver rhoeas*, *Avena barbata*, *Bromus rigidus*, *Viola arvensis*, caratteristiche della classe *Secalinetea*, ma soprattutto estranee all'ambiente fluviale nel quale trovano terreno fertile per colonizzarsi fra i sedimenti ciottolosi. In conclusione prevale sulle ghiaie del greto una vegetazione di tipo ruderale e nitrofilo, probabilmente da inquadrare nella classe *Bidentetea*.

Il tifeto (gruppo 1, rilievo1 tabella 4.3)

Nell'ambito del primo gruppo (vegetazione erbacea di greto), una connotazione marcatamente idrofita si trova in un popolamento dominato dalla presenza di *Typha latifolia*, specie presente in ambienti ripariali con debole corrente e fondo di sedimenti sabbioso-melmosi ricchi di sostanza nutrienti. Accanto ad essa si sviluppano altre specie della classe *Phragmitetea*, quali *Cyperus longus*, *Scrophularia auriculata* e *Apium nodiflorum*; presenti anche diverse specie trasgressive delle classi *Chenopodietea* e *Artemisietea*.

Popolamenti di canna domestica (nessun rilievo)

Presente in fitti popolamenti lungo il tratto esaminato, la canna domestica (*Arundo donax*) si è naturalizzata bene lungo i corsi d'acqua anche se si tratta di una specie asiatica. Forma dei densi aggruppamenti che lasciano poco spazio alle altre specie, infatti, è caratterizzata da un robusto ed esteso apparato radicale che occupa tutto lo spazio ipogeo, anche i fusti sono molto ravvicinati in modo da occupare tutto il territorio disponibile. In definitiva i suoi popolamenti non sono caratterizzati da altre entità.

Formazioni arbustive di salici pionieri (nessun rilievo).

In prossimità delle rive si sviluppano su suoli poco evoluti dei popolamenti arbustivi caratterizzati dalla presenza di salici. Le specie rappresentative sono *Salix purpurea*, *Salix eleagnos* e *Salix alba* (*Salicetea purpureae*). Accanto a queste specie troviamo anche il *Populus nigra*. Si tratta di piante pioniere in grado di colonizzare subito le rive, infatti sono dotate di estesi apparati radicali e di adattamenti per resistere ai periodi di piena. Si diffondono facilmente su terreni sabbiosi ed umidi e crescono con una notevole rapidità anche se non è presente un'elevata quantità di sostanza organica decomposta, quindi terreni in continua evoluzione per le nuove deposizioni di materiale alluvionale. Generalmente i salici formano una fascia di vegetazione antistante quella arborea, ma non nel nostro caso,

infatti qui la vegetazione arbustiva è discontinua e ridotta, tanto che non è stato possibile trovare popolamenti elementari non frammentari su cui effettuare rilievi. I popolamenti arbustivi sono anche accompagnati da specie igrofile e ruderali, quali *Polygonum sp.*, *Bidens tripartita*, *Epilobium sp.*, tipiche di altre associazioni e di altri ambienti.

#### Vegetazione riparia di Ontano nero e Salice bianco (gruppo 3 tabella 4.3)

Questo tipo di vegetazione arborea, lungo l'area del fiume esaminato, si riscontra solo in due tratti (tratto 5 e 6), precisamente dal Ponte di Gello fino a 350 m a monte del Ponte alle Tavole. Si tratta di un ambiente ripario caratterizzato da una eterogeneità fisica su brevi distanze e dalle frequenti e naturali perturbazioni idrologiche che ne determinano una diversità e una produttività specifica. Nel nostro caso l'ambiente interessato è un po' meno omogeneo e continuo, ma è sempre un ecosistema particolare soggetto a fattori limitanti le condizioni di sviluppo delle specie presenti, rispetto ai fattori che influenzano la crescita di un ambiente circostante: basta pensare alla forza della corrente e alla variabilità del regime delle acque del fiume. La vegetazione, a fronte di periodi di emersione alternati a quelli di immersione si adatta sviluppando dei tessuti aeriferi, un esteso apparato radicale, la flessibilità dei fusti e dei rami. Si sviluppano, quindi, su terreni limosi o limo-sabbiosi dei boschi di *Alnus glutinosa* e *Salix alba*. La prima è una specie eliofila, caratterizzata da un legno leggero tenero di color rossastro e una chioma densa di colore verde scuro, resistente nei terreni sommersi; si distribuisce in piccoli popolamenti con uno scarso sottobosco, ma viene sostituito da specie più concorrenziali. La seconda è anch'essa una specie eliofila, cresce su terreni molto umidi e periodicamente sommersi (Papini, 2003). Queste specie sono presenti lungo le due sponde spesso con indici di abbondanza simile, ma non si può dire lo stesso della loro distribuzione, caratterizzata a seconda dei casi, dalla maggiore presenza di ontano su quella destra e di salice su quella sinistra e viceversa. Questa componente arborea riparia è costituito da una minima parte da individui adulti, ma la maggioranza è rappresentata da individui giovani, soprattutto fra i salici. Non mancano inoltre alcuni esemplari di *Populus nigra* (specie pioniera dei substrati alluvionali umidi) e di *Salix purpurea*. I salici, secondo lo schema sintassonomico classico (Oberdorfer, 1970), appartengono all'ordine *Salicetalia purpureae*: che comprende associazioni arbustive ed arboree a carattere pioniero sui greti sassosi dei torrenti o comunque su suoli poco evoluti (Pedrotti e Gafta 1996).

Il sottobosco è povero ed è costituito dalla presenza di alcune specie arbustive ed erbacee, quali soprattutto: *Rubus caesius*, *Carex pendula*, *Humulus lupulus*, *Equisetum telmateja*, *Ranunculus lanuginosus*, *Bromus rigidus*, *Artemisia vulgaris*. Le prime quattro specie citate, sono tipiche dei boschi umidi dell'ordine *Populetalia albae*, che comprende associazioni forestali insediate nell'alveo maggiore dei corsi d'acqua, su suoli alluvionali evoluti. Il rovo bluastro (*Rubus caesius*) è un arbusto basso tipico in Italia dei boschi ripari e svolge un ruolo ecologico di rifugio per l'avifauna e i micromammiferi. Accanto alle specie tipiche dei boschi umidi troviamo, come già detto, anche specie nitrofile e ruderali, come *Artemisia vulgaris* e *Bromus rigidus*, che è una specie della famiglia delle *Graminaceae* abbastanza comune negli incolti.

Nel complesso le ontanete da noi rilevate nell'Ombrone sono abbastanza degradate, tuttavia, pur se molto banalizzate nella composizione floristica, mostrano alcune affinità con quelle ritrovate sul Serchio (Arrigoni e Papini 2003) e attribuite dagli autori dello studio alla associazione *Aro italici-Alnetum glutinosae* Pedrotti 1995 (*Populetalia albae*).

#### Ambienti prativi e cespuglieti. (gruppo 2 tabella 4.3)

I Cespuglieti di *Rubus ulmifolius* e *Clematis vitalba* (rilievi 8, 10, 14, 17) si estendono ai bordi del sentiero del Parco fluviale, lungo i muri di contenimento e nei tratti aperti. Il rovo, tipico della vegetazione di clima temperato, diviene specie capace di adattarsi alle diverse condizioni ecologiche e infestante nelle aree di degradazione a seguito di interventi di taglio, fino a formare delle barriere impenetrabili. *Clematis vitalba* occupa lo stesso habitat del rovo

ed anch'essa è in grado di adattarsi a sbalzi di umidità del suolo. Accanto a queste specie si trovano anche altre legnose come *Cornus sanguinea*, *Prunus spinosa*, *Robinia pseudoacacia* *Ailanthus altissima*. Le zone prative sono di estensione ridotta a causa della invasività delle specie arbustive. Lo strato erbaceo in ogni caso è caratterizzato dalla abbondanza delle specie della classe *Artemisietea* con *Artemisia alba*, *Silene alba*, *Helianthus tuberosus*, *Calystegia sepium*, *Alliaria petiolata*, *Sambucus ebulus*, *Galium aparine* e *Urtica dioica*, indicatrici di terreni ricchi di azoto. Nelle zone più lontane dall'acqua si riscontrano comunità vegetali caratterizzate da specie perenni spontanee proprie dei prati, tra cui ricordiamo *Dactylis glomerata*, *Plantago lanceolata*, *Bromus sp.pl.*, *Medicago lupulina*, *Poa trivialis*, o infestanti dei coltivi: *Medicago arabica* e *Chenopodium album*.

## **4.2.2 Torrente Vincio di Brandeglio**

### **4.2.2.1 VEGETAZIONE RIPARIA**

Di seguito viene riportata un'analisi speditiva fisionomica della vegetazione riparia per tratti omogenei del torrente Vincio.

#### Tratto 1

Vegetazione prevalentemente arboreo-arbustiva. In questo tratto la tipologia della vegetazione riparia, nonostante la discontinuità e quindi consistente presenza della componente erbacea, si avvicina a quella attesa costituita per lo più da *Alnus glutinosa* e *Sambucus nigra* con una minor presenza di salice e qualche esemplare della specie esotica *Robinia pseudoacacia*.

#### Tratto 2

Vegetazione erbacea. In corrispondenza dell'opera di presa la vegetazione arborea è da considerarsi assente nonostante qualche sporadico esemplare arboreo. Nella seconda parte del tratto tra il ponte e la briglia c'è una maggior presenza di vegetazione arborea molto giovane da annoverarsi tra la componente ad arbusti.

#### Tratto 3

Vegetazione arboreo-arbustiva. In questo tratto siamo in presenza di vegetazione arborea riparia che sporadicamente crea anche macchie di bosco ripario maturo. Da segnalare la consistente presenza di *Alnus glutinosa* specie dei boschi ripariali igrofilo e indica aree caratterizzate da suoli freschi costantemente alimentati da acqua, a tessitura limoso-argillosa. Più in generale in questo tratto le specie riparie sono di dimensioni ridotte e localmente associate a vegetazione esotica come alberi di noce o lauro ceraso oltre alla già citata *Robinia pseudoacacia* e macchie di *Arundo donax*.

#### Tratti 4 e 5

Prevalentemente arbustivo con presenze di vegetazione arborea esotica. In questo tratto si fa più consistente la presenza di *Arundo donax* e la vegetazione riparia tipica oltre ad essere di piccole dimensioni è spesso ridotta ad un'unica fila sul ciglio della sponda oltre la quale si trovano coltivazioni di noci o uliveti.

#### Tratto 6

Prevalentemente erbaceo. Abbiamo nuovamente l'assenza pressoché totale della componente arborea. In questo tratto la canna *Arundo donax* si fa maggiormente abbondante diversificando leggermente la monotonia della componente erbacea. Per un maggior dettaglio della copertura della vegetazione riparia si veda l'analisi dell'IFF nel capitolo monitoraggio.

## 4.3 Componente fauna

### 4.3.1 Torrente Ombrone

#### 4.3.1.1 MACROINVERTEBRATI ACQUATICI

La comunità di invertebrati acquatici, oltre ad essere una componente chiave dell'ecosistema acquatico per la sua posizione intermedia nella rete alimentare, è anche quella la cui distribuzione viene maggiormente influenzata dalla composizione del substrato e dalla sua dinamicità.

Nelle cinque stazioni sono stati effettuati campionamenti con raccolte di tipo quantitativo in diversi **microhabitats**. Esse hanno consentito di ottenere stime di abbondanza e biomassa dei macroinvertebrati acquatici in relazione ai microhabitats presenti. In un corso d'acqua la struttura dell'alveo è di fondamentale importanza, in quanto la maggior parte delle funzioni biologiche si svolgono sulla sua superficie. Per la raccolta dei campioni di macroinvertebrati sono state utilizzate le metodiche e gli strumenti comunemente adottati in ecologia fluviale:

- ciottoli, ghiaia, sabbia: retino Surber per campioni quantitativi di macrobenthos (maglia 375 µm)
- lettiera fogliare: raccolta di pacchetti di foglie accumulatisi naturalmente in alveo, raccolta effettuata mediante retino immanicato (maglia 375 µm)
- detrito legnoso: *snag bag* (GROWNS et al., 1999) modificata per gli scopi della presente indagine

Nella stazione **X1** complessivamente, i campioni analizzati hanno evidenziato una discreta ricchezza tassonomica (57 taxa in totale), ma il numero di organismi considerati sensibili è risultato piuttosto esiguo: questo indica una qualità mediocre dell'habitat fluviale del tratto in esame (Figura 4.29).

Tra i **Plecoteri**, marcata è la preferenza mostrata dal genere *Leuctra*, a colonizzare ciottoli e ghiaia. Più diversificata risulta essere la comunità degli **Efemeroteri**, con *Baetis*, *Caenis* ed *Ephemerella* come generi più abbondanti. I primi due sembrano preferire i substrati minerali, mentre *Ephemerella* predilige il materiale vegetale.

Le due famiglie che caratterizzano maggiormente i **Ditteri** sono i Chironimidae e Simulidae. I primi sono decisamente ubiquitari, con valori di abbondanza minori nel legno, mentre i Simulidae prediligono i substrati minerali, in particolare i ciottoli. Per quanto riguarda i **Coleoteri**, la maggior presenza si registra nei substrati minerali, dove probabilmente gli organismi trovano le acque più fredde e ben ossigenate.

Da notare nei substrati di origine organica, la ridotta o totale assenza di taxa non appartenenti alla classe degli Insetti. La causa può essere associata alla minore velocità di colonizzazione, piuttosto che ad una preferenza di habitat specifico.

In genere, i valori medi più elevati di abbondanza sono stati trovati nei ciottoli e nelle foglie, con una presenza consistente di Efemeroteri e Ditteri nel materiale vegetale. Invece, i maggiori valori di biomassa registrati nei ciottoli, sono riconducibili all'ordine di Tricotteri, per lo più rappresentati dalla famiglia degli Hydropsychidae. La famiglia Hydropsychidae in questo tratto presenta la maggiore ricchezza tassonomica, a livello di specie riconosciute, ma anche i maggiori valori di abbondanza raccolti nei ciottoli. Quasi esclusivamente in questa stazione sono stati trovati organismi appartenenti alla specie *Diplectrona felix*, considerata più adatta a vivere negli ambienti di crenon e rhitron; in particolare, sono stati raccolti nei ciottoli, durante il campionamento autunnale. La presenza di questi organismi può essere dovuta al drift, che tende a trasportare a valle gli individui che popolano le zone più a monte, ma i valori di abbondanza più alti registrati nell'autunno 2003, possono essere

ricondotti alla diversità di habitat che caratterizzava questo tratto, prima degli eventi di piena e dei lavori di bonifica.

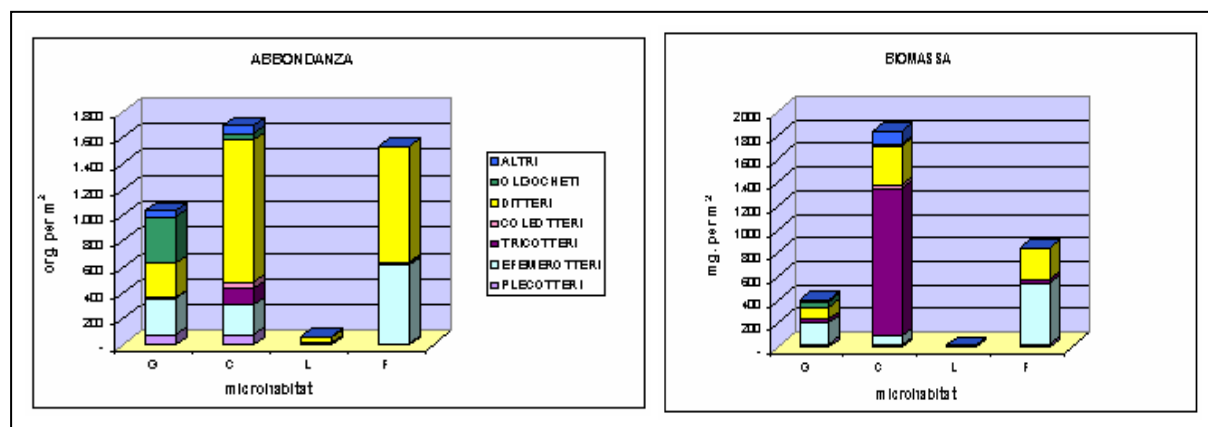


Figura 4.29 - Rappresentazione grafica dei valori medi complessivi di abbondanza e di biomassa dei macroinvertebrati, raccolti nei diversi microhabitat della stazione X1. G= ghiaia, C= ciottoli, L= legno, F= foglie.

Nella stazione **E1** durante i quattro campionamenti stagionali sono stati raccolti in totale 45 taxa, rappresentati per lo più da specie ben tolleranti all’inquinamento ed appartenenti alla classe degli Insetti. Tra i Plecotteri il genere *Leuctra*, abbonda nel substrato ghiaioso mentre il genere *Protonemura*, predilige il materiale vegetale. Nel gruppo degli Efemerotteri, prevale la colonizzazione dei substrati minerali, ma i generi *Baetis* ed *Ephemerella* si ritrovano anche nei detriti vegetali, mentre nei Coleotteri la sola famiglia da segnalare è quella degli Elminthidae, presente in ogni stagione sia allo stadio adulto che larvale (Figura 4.30).

I Tricotteri sono rappresentati da un discreto numero di taxa, anche se poco abbondanti; nella famiglia degli Hydropsychidae, la preferenza a colonizzare i substrati minerali, viene confermata dagli alti valori di biomassa, soprattutto raccolti in primavera ed estate. Infatti, questi Tricotteri tendono a colonizzare i substrati più stabili, come massi e ciottoli, dove poter costruire i loro ricoveri e tra di essi tessere una rete di cattura orientata controcorrente, per intrappolare la materia organica trasportata dalla corrente.

A differenza degli altri taxa, i Ditteri sono ben distribuiti durante l’anno, ed in particolare gli Orthocladinae raggiungono valori di densità estremamente elevati nei sacchetti di foglie, raccolti solo dopo una settimana di immersione.

Infine tra gli Oligocheti da segnalare è la famiglia Naididae, i cui organismi essendo ben adattati a nuotare tra i sedimenti, abbondano nei ciottoli e nella ghiaia.

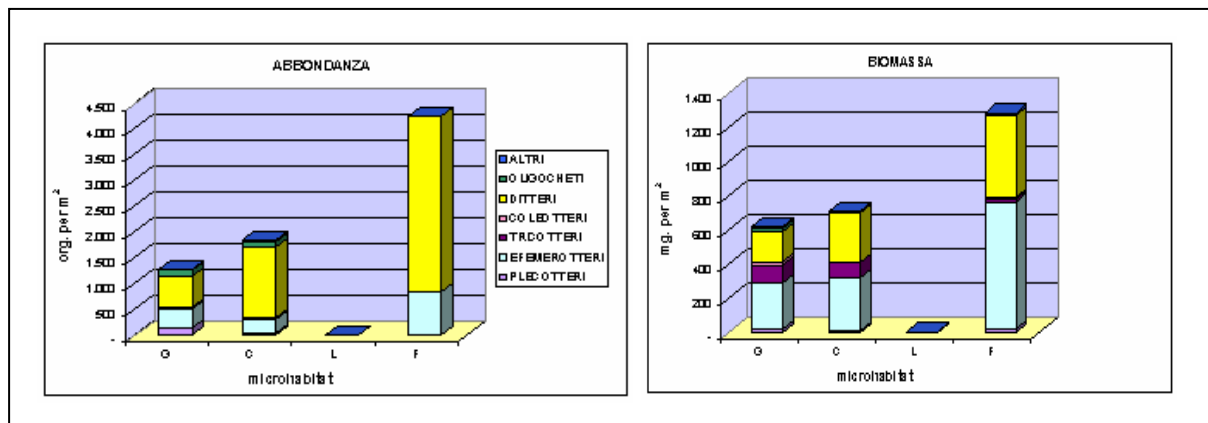


Figura 4.30 - Rappresentazione grafica dei valori medi complessivi di abbondanza e di biomassa dei macroinvertebrati, raccolti nei diversi microhabitat della stazione E1. G= ghiaia, C= ciottoli, L= legno, F= foglie.

Nella stazione **A1** i campioni complessivamente raccolti nei quattro microhabitat mostrano un'elevata biodiversità: in totale sono stati riconosciuti 70 taxa. La presenza di vegetazione riparia arborea, che caratterizza questo tratto, dovrebbe aumentare l'input di materia organica in alveo e quindi fornire eventuali substrati organici da colonizzare. Al contrario, i substrati colonizzati da un maggior numero di taxa e con un maggior numero di organismi sono risultati quelli minerali, in particolare nei ciottoli sono stati raccolti 8021 org. per m<sup>2</sup>, mentre nel legno solo 30 org. per m<sup>2</sup> (Figura 4.31). Come per gli altri siti, i Plecotteri confermano la propensione a colonizzare i substrati inorganici, mentre Efemerotteri e Ditteri sono i taxa maggiormente diffusi e abbondanti. A differenza dei tratti analizzati precedentemente, in questo è stata rilevata una maggiore presenza di unità sistematiche tipiche di acque a lento decorso, come alcuni generi di Odonati, i Gasteropodi, alcune famiglie di Coleotteri e gli Oligocheti.

Nei Tricotteri si nota la quasi esclusiva preferenza per i substrati minerali, in particolare la famiglia Hydropsychidae presenta una discreta ricchezza tassonomica tra le sue specie. I maggiori valori di abbondanza sono stati registrati nei ciottoli ma vi corrispondono i minori valori di biomassa; al contrario, nella ghiaia sono stati trovati i minori valori di abbondanza ed i più alti di biomassa. Le specie più rappresentate sono *H.modesta* e *H.pellucidula*, considerati come importanti indicatori di inquinamento organico.

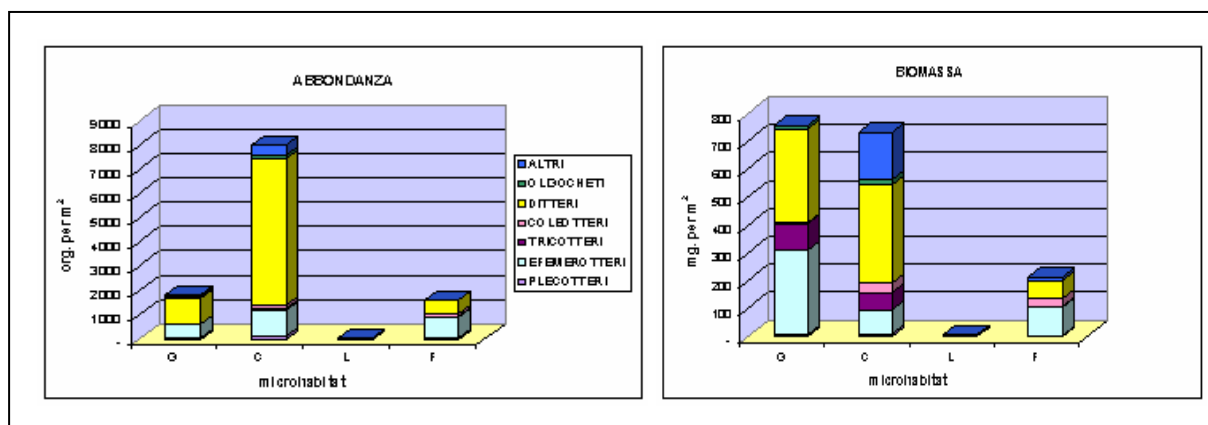


Figura 4.31 - Rappresentazione grafica dei valori medi complessivi di abbondanza e di biomassa dei macroinvertebrati, raccolti nei diversi microhabitat della stazione A1. G= ghiaia, C= ciottoli, L= legno, F= foglie.



Nella stazione **A2** nell'intero periodo di studio sono stati raccolti circa 47 taxa, il substrato a foglie presenta i valori di abbondanza più elevati, ma con una minore ricchezza tassonomica. In questo microhabitat si nota una significativa presenza degli organismi filtratori, per lo più rappresentati dai Simulidi ed in percentuale minore dalla famiglia Hydropsychidae. Probabilmente, tali organismi hanno trovato rifugio nei sacchetti di foglie immessi in alveo, che sono risultati più stabili rispetto al substrato presente (Figura 4.32). Tra le specie di Hydropsychidae, si segnala la presenza, anche se sporadica, di *Diplectrona felix* già incontrata nel tratto X1 e considerata più adatta ai tratti medio-montani. Da segnalare la presenza nel substrato a ciottoli ma in particolare nella lettiera di *Chematopsyche lepida* tipico dei tratti collinari e di fondo valle.

Oltre alle differenze già evidenziate in precedenza, si vuole porre l'attenzione sulla distribuzione degli Efemerotteri della famiglia Heptageniidae. I generi *Ecdyonurus*, *Electrogena* e *Rhitrogena* mostrano la generale preferenza per i substrati inorganici; si trovano più frequentemente nei tratti superiori dei corsi idrici e sono considerati indicatori di buona qualità dell'acqua ma, se in presenza di un idoneo substrato, riescono a sopportare elevati apporti di sostanza organica.

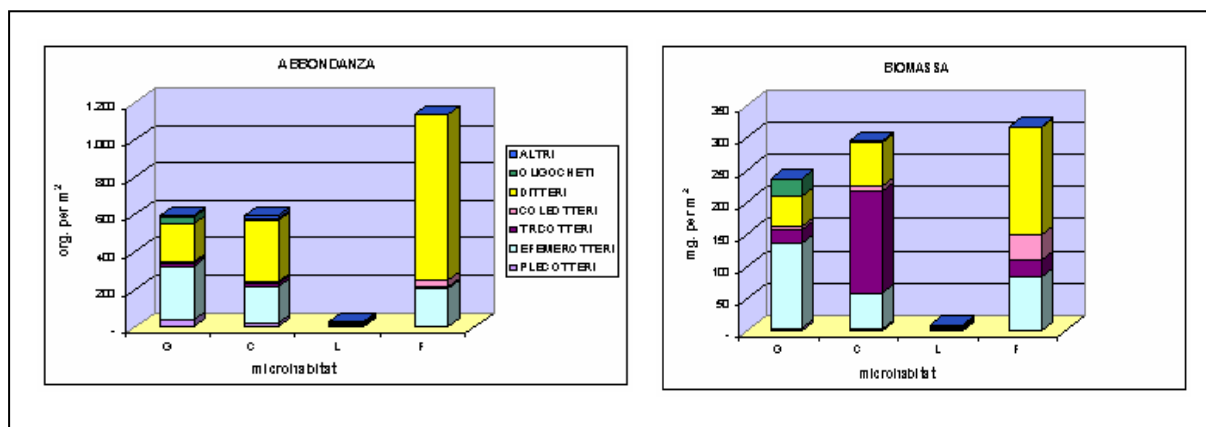


Figura 4.32 - Rappresentazione grafica dei valori ed complessivi di abbondanza e di biomassa dei macroinvertebrati, raccolti nei diversi microhabitat della stazione A2. G= ghiaia, C= ciottoli, L= legno, F= foglie.

Nella stazione **E2** nonostante siano stati raccolti durante l'intero studio 42 taxa, i substrati organici sono caratterizzati da una minore ricchezza tassonomica, mentre i valori di abbondanza raggiungono valori più elevati, anche se quasi esclusivamente rappresentati dagli Orthoclaadiinae (Figura 4.33). La distribuzione delle unità sistematiche nei quattro substrati, rispecchia quanto detto precedentemente per gli altri tratti fluviali.

Da notare la sporadica presenza dei Tricotteri nei quattro microhabitat, mentre i Coleotteri colonizzano preferibilmente i substrati minerali. Per quanto riguarda la famiglia Hydropsychidae, si evidenzia la minore ricchezza in specie rispetto ai tratti esaminati precedentemente, e la mancanza pressoché totale di questi organismi nella ghiaia

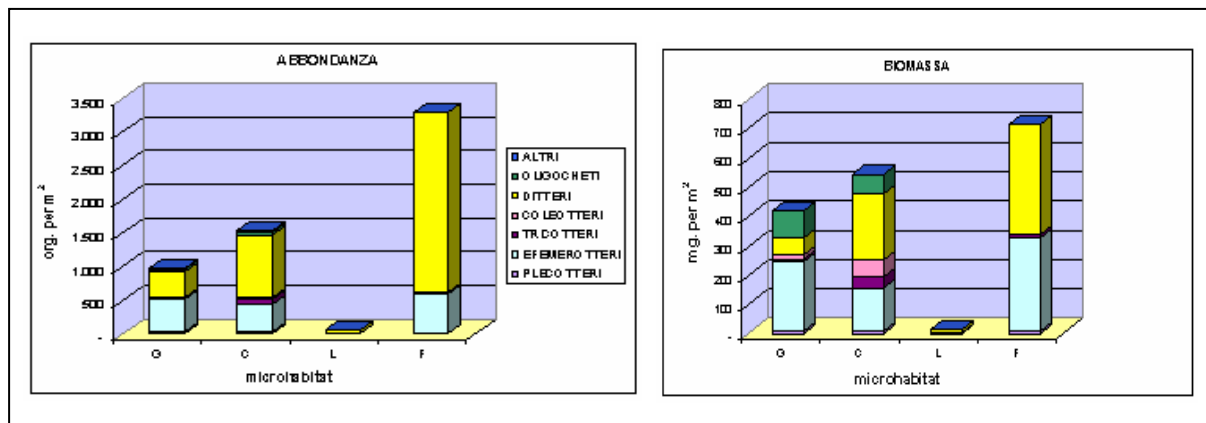


Figura 4.33 - Rappresentazione grafica dei valori medi complessivi di abbondanza e di biomassa dei macroinvertebrati, raccolti nei diversi microhabitat della stazione E2. G= ghiaia, C= ciottoli, L= legno, F= foglie.

In sintesi la stazione più a monte (X1) è stata caratterizzata da numero estremamente esiguo di organismi sensibili rinvenuti nei 78 campioni prelevati: questo indica una qualità mediocre dell'ambiente fluviale. Va tuttavia evidenziata la presenza di un numero discreto di taxa, ad indicare una buona diversità di habitat anche se nel caso del substrato legnoso risultano essere estremamente instabili e rari. Le elevate abbondanze riscontrate nelle foglie, lasciate in alveo una sola settimana, potrebbero indicare una situazione di costante mancanza di questo tipo di substrato, che appena disponibile, viene immediatamente utilizzato.

In situazioni come quelle riscontrate nelle stazioni E1 ed E2 con alveo banalizzato e risagomato a sezione trapezoide, e quindi privo dell'alternanza buche-raschi e senza vegetazione arborea, il substrato risulta essere particolarmente instabile e mobile anche con piene poco consistenti. La scarsità di materia organica sedimentata generalmente indica un periodico dilavamento del fondo. Questo tipo di alveo mobile non è in grado di offrire un ambiente stabile per la fauna; a questo si deve aggiungere la mancanza, o quasi, della vegetazione nel corridoio fluviale, che comporta una maggiore erodibilità dei sedimenti fini che così, non appena diminuisce la velocità di corrente, tendono a sedimentare e ad occludere gli interstizi tra il substrato più grossolano. Di conseguenza, tratti fluviali in queste condizioni non sono in grado di offrire un habitat idoneo alla comunità di macroinvertebrati fluviali neanche nei periodi di relativa stabilità. Nella stazione E1 durante l'indagine sono stati raccolti solo 45 taxa la maggior parte dei quali tolleranti all'inquinamento. Da segnalare le esplosioni di abbondanza degli Orthocladinae della famiglia dei Chironomidi (Ditteri-insetti), caratterizzata da una notevole velocità di colonizzazione dei substrati nuovi e più instabili come i grossi detriti legnosi. Questo aspetto viene confermato anche dall'elevatissima densità con cui questa subfamiglia è stata raccolta nei sacchetti di foglie dopo una sola settimana di immersione. La comunità del sito E1 presenta infatti abbondanze estremamente elevate proprio nel substrato a foglie, poco o per niente presente in questo tratto dell'Ombrone. Non va inoltre dimenticato che questo tratto per la sua collocazione può essere facilmente colonizzato dalla deriva degli organismi che provengono da monte. Nella stazione E2 è stata rinvenuta una situazione ancor più degradata con un totale di 42 taxa. Il substrato maggiormente diversificato è risultato quello a ciottoli con 35 taxa a seguire la ghiaia 19 taxa, in entrambi i casi rilevati quasi tutti nei campioni primaverili. La saltuaria presenza di legno in alveo in questo tratto dell'Ombrone indica la forte instabilità di questo substrato e di conseguenza solo pochissimi taxa riescono a colonizzarlo. Infine nel substrato a foglie a una diversità molto bassa fa contrasto un valore elevato di biomassa dovuto anche in questo caso come nella E1 ad un elevatissimo numero di Chironomidi *Orthocladine*.

Più difficile è trovare una spiegazione per i risultati deludenti ottenuti nelle stazioni A1 e A2 in cui si riscontra una buona diversità e stabilità dell'alveo oltre che una discreta presenza di strutture di ritenzione. Solo la stazione A1 presenta un numero di taxa maggiore rispetto ai siti precedenti mentre nella A2 sono stati raccolti con il metodo dei microhabitat in totale solo 36 taxa. Inoltre in entrambe le stazioni tutti i taxa campionati sono tolleranti all'inquinamento. In queste due stazioni la struttura della comunità di macrobentos risulta in generale alterata rispetto a quanto atteso e questo in particolare a causa della mancanza di organismi sensibili e quindi indicatori di una buona qualità ambientale. Per rispondere a questo quesito si possono ipotizzare alcune cause:

- questi tratti più naturali trovandosi all'interno di un tratto generalmente molto impattato dagli interventi umani ne risentano indirettamente;
- substrato tipico di tratti montani non idoneo per quel tratto di fiume posto in ambiente collinare;
- una scarsa qualità dell'acqua.

In generale, in tutte le stazioni studiate, il substrato a ciottoli ha sempre registrato una maggior numero di taxa rispetto agli altri habitat dello stesso sito. Tuttavia dal confronto tra i diversi tratti del Fiume Ombrone si è potuto mettere in luce come la stabilità del substrato sia un aspetto estremamente importante per supportare un'elevata diversità e abbondanza di organismi invertebrati. Un altro aspetto rilevante è la presenza o meno di alimento. In appendice sono disponibili le tabelle di riferimento.

#### 4.3.1.2 COMUNITÀ ITTICA

La caratterizzazione di questa componente della comunità fluviale si basa in buona parte sui dati contenuti all'interno della "Carta Ittica della Provincia di Pistoia" pubblicata nel 2002. Secondo la zonazione proposta nella "Carta Ittica della provincia di Pistoia" che per il Torrente Ombrone individua sulla base dei risultati dei campionamenti e delle caratteristiche idromorfologiche rilevate le seguenti 3 zone: Zona a Salmonidi (da sorgente fino al ponte di Calabbiana); Zona a Ciprinidi reofili (fino alla località Bottegone); zona a Ciprinidi limnofili (fino al confine provinciale).

Nell'Ombrone pistoiese a monte dell'inizio del tratto di studio (Ponte di Calcaiola), nella suddetta Carta Ittica si rinvengono due stazioni, una posta ad una distanza di circa 5 km e ubicata nel tratto torrentizio in località **Ponte Crocetta**, ed una posta a soli 3 km dal Ponte di Calcaiola in località Scatena.

La prima di queste 2 stazioni è situata sicuramente in un tratto di torrente molto diverso da quello oggetto di questo studio, caratterizzato dalla presenza di buche, piane e raschi, da un substrato grossolano e da elevata ombreggiatura con una vocazionalità ittica a Salmonidi. La fario, presente con giovani individui in questo tratto, condivide il proprio habitat con una popolazione dominante di trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*). In ogni caso è utile sottolineare che gli esemplari di fario presenti nel bacino dell'Ombrone sono tutte di derivazione allevativa, e appartenenti al ceppo atlantico di *Salmo (trutta) trutta* (vedi carta Ittica della provincia di Pistoia).

La stazione posta in località **Scatena**, presenta caratteristiche idromorfologiche idonee al mantenimento sia di trote fario che di ciprinidi reofili, con una comunità ittica in discrete condizioni e costituita da 4 specie: barbo comune (*Barbus plebejus*), Ghiozzo di ruscello (*Gobius nigricans*), Trota fario e Vairone (*Leuciscus souffia*). Di particolare rilievo la presenza del Ghiozzo di ruscello, specie endemica di pregio. In ogni caso, pare azzardato estendere queste considerazioni ai tratti posti in prossimità del ponte di Calcaiola, in quanto esistono delle differenze marcate, sia legate alle caratteristiche dell'alveo, sia al diverso impatto antropico, sia al diverso grado di copertura delle fasce riparie.

Per quanto concerne i **tratti 1-4**, compresi fra il Ponte di Calcaiola ed il Ponte di Gello non sono disponibili dati derivanti da campionamenti ittici. È comunque ragionevole ritenere che l'Ombrone, rispetto alla stazione di Scatena, nei tratti 1-4 presenti una vocazionalità ittica sbilanciata sempre più verso i Ciprinidi reofili e che, rispetto alle specie citate in precedenza, alla riduzione o scomparsa della fario si contrapponga l'incremento della popolazione di Cavedani (*Leuciscus cephalus*), osservati più volte nel corso dei rilievi, e la comparsa di Vairone, Rovella, Barbo comune e Ghiozzo di ruscello. Le condizioni dell'habitat nei tratti **1a** e **1** risultano essere piuttosto idonee a garantire la sopravvivenza di una comunità ittica sufficientemente articolata (almeno fino ai lavori di risistemazione dell'ottobre 2004 che hanno eliminato buona parte dei rifugi disponibili), infatti:

- anche nel periodo siccitoso si è riscontrata la presenza di una portata minima accettabile;
- la morfologia d'alveo è piuttosto eterogenea con l'alternanza di *riffle* e lunghi *pool*;
- la pur scarsa vegetazione arbustiva (*Salix alba*) e soprattutto il fitto canneto di *Arundo donax* contribuiscono a creare aree di possibile rifugio (Figura 4.58);
- non sono presenti opere trasversali in grado di interrompere la risalita dei pesci.
- Al contrario nei tratti 2, 3 e 4, che precedono il Ponte di Gello, si denotano numerose problematiche che sicuramente contribuiscono ad ostacolare l'integrità della comunità ittica e precisamente:
  - l'assenza d'acqua nei periodi siccitosi (Figura 4.34);
  - la presenza di numerose briglie alte alcuni metri che impediscono qualsiasi possibilità di risalita (Figura 4.34);
  - un alveo piuttosto omogeneo e privo di aree di rifugio, anche a seguito dell'assenza di vegetazione spondale (scarso ombreggiamento);
  - la realizzazione di interventi di manutenzione in alveo.



Figura 4.34 – Alvei asciutti e briglie insuperabili per la fauna ittica nei tratti 4 e 3

Per questa serie di motivi nel corso dei sopralluoghi si è osservata la presenza di fauna ittica solo nelle pozze a valle delle briglie, unica possibilità di salvezza per i pesci nel corso del periodo di siccità. Qualora, come osservato in particolare nei tratti 4 e 5, anche queste pozze si prosciughino nel periodo estivo, è ipotizzabile pensare che i pesci, intrappolati in brevi tratti confinati da briglie e in assenza d'acqua non abbiano alcuna possibilità di sopravvivenza (Figura 4.35).



Figura 4.35 - Le pozze che si formano a valle delle briglie, divengono, nel periodo estivo, gli unici rifugi per la fauna ittica, ma, qualora l'acqua scompaia si trasformano a loro volta in trappole mortali

Se per i tratti precedenti le considerazioni avanzate, non sono supportate da dati sperimentali, per quanto concerne il tratto 5 posto a Valle del Ponte di Gello si possono trarre conclusioni più attendibili, in quanto proprio in prossimità del suddetto ponte è presente una delle stazioni di campionamento ittico. Il tratto presenta una vocazionalità ittica a Ciprinidi reofili con una comunità costituita da 6 specie, tra cui Barbo comune, Cavedano, Ghiozzo di ruscello, Trota fario, Vairone e Rovella. Il Ghiozzo di ruscello, presente con una popolazione abbondante e ben strutturata e la Rovella, presente invece con una popolazione più contenuta, contribuiscono sicuramente ad accrescere l'interesse per questo tratto di Parco fluviale in quanto specie endemiche di pregio. A questo va aggiunto che ben 4 delle 6 specie presenti, *Leuciscus souffia*, *Barbus plebejus*, *Padogobius nigricans*, *Rutilus rubilio*, sono inserite nell'Allegato B della direttiva 92/43/CEE "Habitat" relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche, in quanto specie di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione.

Tra queste il Vairone risulta essere la specie dominante e presenta una comunità abbondante ed articolata in più classi di età. Anche barbo comune, cavedano e rovella, seppure presenti con popolazioni più contenute sono presenti con più coorti. I pochi individui di fario presenti, non sembrano essere indice di presenza di una comunità stabile, ma il risultato di recenti immissioni.

Le caratteristiche idromorfologiche ed ecosistemiche complessive dell'Ombrone inducono ad ipotizzare che questo tipo di comunità ittica possa essere presente, oltre che nel tratto 5 anche nei successivi **tratti 5b e 6**. Non si esclude comunque che, il tratto 6 vista la particolare conformazione dell'alveo caratterizzato da massi, elevata velocità di corrente, salti e conseguente incremento dell'ossigenazione delle acque, possa risultare idoneo al mantenimento di una popolazione di Trota Fario.

Dal Ponte alle Tavole fino al Ponte dell'autostrada, **tratti 9, 10 e 11**, le caratteristiche dell'alveo cambiano ulteriormente, con una prevalenza di substrato a media granulometria, l'assenza di copertura vegetazionale, una marcata omogeneità morfologica e l'assenza totale d'acqua nel periodo estivo. La stazione ittica di riferimento potrebbe essere quella posta circa 2 km a valle del Ponte sull'autostrada in località **Bonelle**, ma come era facile immaginare il dato conferma l'assenza di ittiofauna per alveo asciutto.

È ragionevole supporre che qualora venisse garantita una portata tale da non creare periodi molto prolungati di assenza d'acqua, il tratto in oggetto risulterebbe idoneo al mantenimento di popolazioni di ciprinidi. Da segnalare inoltre che il tratto 7 è oggetto di immissioni (anche di Salmonidi quali *Oncorhynchus mykiss*) a seguito dello svolgimento di gare di pesca.

### 4.3.2 Torrente Vincio di Brandeglio

#### 4.3.2.1 MACROINVERTEBRATI ACQUATICI

Un corso idrico è caratterizzato da un complesso mosaico di habitat, che si differenziano tra loro per la natura del substrato, per le condizioni idrauliche e per la disponibilità trofica. I macroinvertebrati che colonizzano i diversi habitat, mostrano caratteri morfologici e fisiologici che meglio si adattano alle diverse condizioni chimico-fisiche dell'acqua, dei sedimenti ed alle condizioni idrodinamiche della corrente. Per questo motivo, la struttura della comunità dei macroinvertebrati varia nello spazio e nel tempo e si dimostra sensibile alle alterazioni di origine naturale o antropica, che si verificano all'interno dell'ambiente fluviale.

In generale, i macroinvertebrati fluviali possono essere suddivisi in due gruppi: il primo caratterizzato da organismi adattati agli ambienti con minori profondità e con una velocità di corrente medio-elevata, identificabili nelle zone di riffle, mentre il secondo gruppo è rappresentato da organismi adattati ad acque più lente ma con profondità maggiori (ambienti di pool). Negli ambienti di **riffle**, il substrato è costituito prevalentemente da ciottoli e massi, e gli organismi che vi si possono trovare possiedono strutture morfologiche in grado di minimizzare l'effetto della corrente, come uncini, ventose ed appiattimento dorso-ventrale del corpo. I taxa che più caratterizzano questi ambienti sono rappresentati da: l'ordine dei Plecotteri, gli Efemerotteri della famiglia Heptageniidae, alcune famiglie di Tricotteri come gli Hydropsychidae, la famiglia Simuliidae tra i Ditteri ed i Crostacei della famiglia Gammaridae. Nelle zone di **pool**, la granulometria dei sedimenti si riduce e sul fondo si depositano ghiaia e sabbia; in questi ambienti prevalgono gli organismi aventi capacità fossorie e che non richiedono alte concentrazioni di ossigeno disciolto. I taxa che si ritrovano più di frequente, sono: alcune famiglie di Ditteri come Chironomidae, gli Oligocheti, gli Efemerotteri del genere *Ephemera* e *Caenis* e se nell'ambiente acquatico è presente abbondante vegetazione, si ritrovano anche larve di Odonati e Gasteropodi.

L'analisi della comunità dei macroinvertebrati, nel tratto del torrente Vincio, è stata effettuata mediante campioni qualitativi, al fine di ottenere una struttura della comunità più dettagliata per ogni unità sistematica sono state considerate tre classi di abbondanza: R = raro (da 1 a 4 individui); C = comune (da 5 a 20 individui); A = abbondante (più di 20 individui). La classificazione tassonomica dei macroinvertebrati si è spinta almeno fino al livello di dettaglio richiesto dalla metodica I.B.E. (vedi cap. 4.8).

Per ognuna delle sei stazioni scelte la raccolta dei macroinvertebrati è avvenuta sia in ambienti di riffle che di pool tenuti in campioni separati. Gli ambienti di riffle presentavano una profondità dell'acqua non superiore ai 15 cm e con una velocità di corrente moderata, mentre in quelli di pool la profondità superava i 20 cm e la velocità di corrente era prossima allo zero.

Tabella 4.4- Campioni qualitativi di macrobenthos raccolti nelle 6 stazioni del torrente Vincio, in data 16/05/2007. Le presenze sono espresse in classi di abbondanza: R = raro; C = comune; A = abbondante.

T.VINCIO 16/05/2007	ST. 0		ST. 1			ST. 2		ST. 3		ST. 4		ST. 5		
	POOL	RIFFLE	POOL 1	POOL 2	RIFFLE	POOL	RIFFLE	POOL	RIFFLE	POOL	RIFFLE	POOL	RIFFLE	
<b>Plecotteri</b>														
g. Dinocras		R											R	R
g. Leuctra	R		C	C	R	R	C		R		C			R
g. Protonemura		R					R							
<b>Efemerotteri</b>														
g. Baetis	R	C	C	R	A	R	R	R	A	R	A	C	C	
g. Caenis	R							R						
g. Ecdyonurus	R	R	R	R	R	C	R	R	C		R	R	C	R
g. Epeorus					R									R
g. Ephemerella	C					C		R		R				
g. Ephemerella	R	R	R	R	R	R	R	C	C	R	R	C	R	
g. Habrophlebia			R	R		C		R		R				
g. Habroleptoides		C	R		R	R	C		C					R
g. Rhitrogena		R			C		R		R		R		R	
<b>Tricotteri</b>														
f. BERAETIDAE		R				R							R	R
f. GOERIDAE				R	R	R	R		R		R			C
f. HYDROPSYCHIDAE		C												
f. LIMNEPHILIDAE		R						R						
f. LEPTOCERIDAE														
f. ODONTOCERIDAE	R			R			R				R			
f. PHILOPOTAMIDAE		C			R		R		R		R			R
f. POLYCENTROPODIDAE				R										
f. RHYACOPHILIDAE		R			R	R					R		R	C
f. SERICOSTOMATIDAE	R	R		R		R				R			R	
<b>Coleotteri</b>														
f. DYTISCIDAE										R			R	
f. DRYOPIIDAE							R	C						
f. ELMINTIDAE	R	C	R	R	C			R	R	R	C	R	R	R
f. GYRINIDAE						R								R
f. HELODIDAE		C	R	R	C		R	R	C		R	R	R	C
f. HYDRAENIDAE		R			R	R	R							R
<b>Odonati</b>														
g. Calopteryx									R					
g. Gomphus						R								
g. Onychogomphus													R	
<b>Ditteri</b>														
f. CERATOPOGONIDAE		R				R		R	R	R	R	R	R	
f. CHIRONOMIDAE	R	R	R	R	R	R	R	C	R	C	R	R	R	R
f. DIXIDAE			R											R
f. EMPIDIDAE														R
f. LIMONIIDAE	R	C	R		R	R	C	R	C	C	C	R	C	R
f. SIMULIDAE		R	R		A	R	R	R	R		A	R	R	C
f. TABANIDAE	R	R					R							R
<b>Crostacei</b>														
f. GAMMARIDAE		R	R	R	R	R	R				R			
<b>Tricladi</b>														
g. Dugesia											R			
<b>Irudinei</b>														
g. Dina	R													
<b>Oligocheti</b>														
f. LUMBRICIDAE	R										R		R	
f. NAIDIDAE			R											
<b>TOTALE U.S.</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	

Nel conteggiare le Unità Sistematiche per ogni campione, si è considerato quanto segue: nei Coleotteri le larve e le forme adulte appartenenti alla stessa famiglia sono state valutate pari a uno, le pupe e gli Idracarini non sono stati considerati nel calcolo. Il numero di U.S. raccolte per stazione variava da un minimo di 20 (st.3) ad un massimo di 28 (st.0). I taxa dominanti sono risultati gli ordini degli Efemerotteri, Tricotteri e Ditteri (Figura 4.36), in particolare il genere *Baetis* e la famiglia dei Simuliidae si sono dimostrati i più abbondanti, con più di 20 organismi raccolti nei riffle delle stazioni 1, 3 e 4. All’interno dell’ordine dei Tricotteri, la maggior parte dei taxa campionati, sono risultati abituali frequentatori di ambienti di alta pianura, caratterizzati da acque fredde e ossigenate; il maggior numero è stato raccolto nei riffle della stazione 0, mentre nelle altre stazioni le presenze si sono dimostrate più esigue. Da evidenziare la continuità con cui sono stati campionati i Crostacei del genere *Gammarus*, nelle stazioni 0, 1, 2 e 4. Tali organismi si trovano di frequente nelle acque correnti, ben ossigenate.

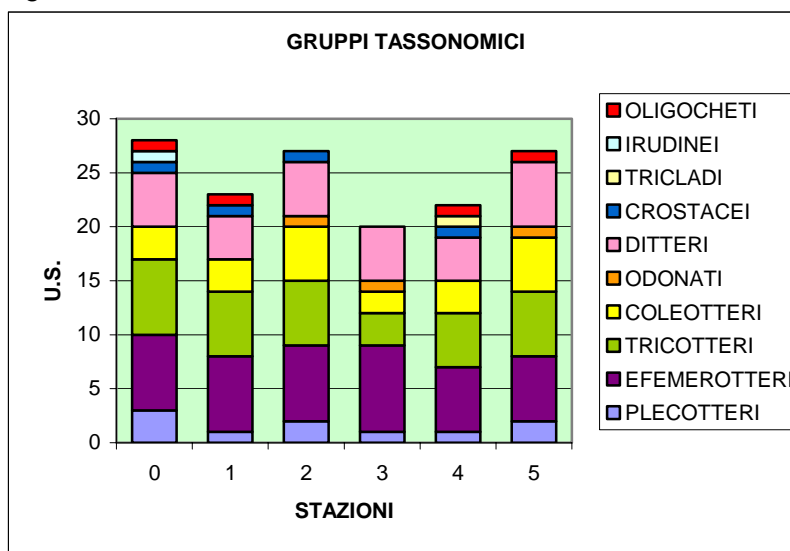


Figura 4.36 I gruppi tassonomici raccolti in tutte le stazioni

L’analisi della struttura della comunità dei macroinvertebrati, nelle 6 stazioni di campionamento, può essere così riassunta:

#### Stazione 0

Dell’intero tratto fluviale indagato, questa stazione presenta la maggiore ricchezza in taxa, in quanto sono state raccolte complessivamente 28 Unità Sistematiche (Figura 4.37). La comunità non si discosta da quella attesa e risulta abbastanza diversificata, soprattutto gli ambienti di riffle, caratterizzati da specie indicatrici di una buona qualità dell’acqua. Tra queste si ricordano i Plecotteri del genere *Dinocras* e *Protonemura*, che prediligono le acque fresche e ben ossigenate. Nei Tricotteri si evidenzia la grande abbondanza della famiglia *Philopotamidae*, tipica di acque ad elevata velocità di corrente; ben rappresentata anche la famiglia *Hydropsychidae*. In questa stazione sono stati trovati gli unici organismi della famiglia *Beraeidae*, considerati tipici frequentatori delle sorgenti e delle acque di alta pianura. Tra i Coleotteri dominano gli *Helodidae*, le cui larve si nutrono prevalentemente di detriti vegetali. Infine si vuole ricordare l’unico Irudineo raccolto negli ambienti di pool.



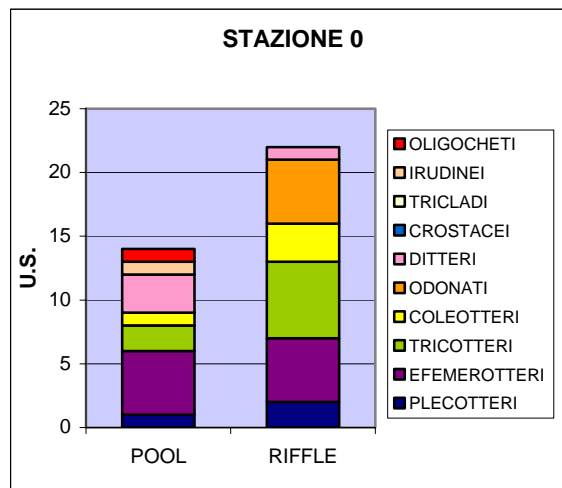


Figura 4.37 - I gruppi tassonomici raccolti nei riffle e pool della stazione 0.

### Stazione 1

Nei tre campioni sono stati raccolti in totale 23 taxa; la comunità risulta abbastanza diversificata, le unità sistematiche che la caratterizzano maggiormente sono: *Leuctra*, *Baetis*, Elminthidae, Helodidae, Chironomidae e Simuliidae. Ben rappresentati gli Efemerotteri della famiglia *Heptageniidae*, con il genere *Epeorus* che predilige i tratti superiori dei corsi d’acqua non inquinata. La presenza dei Tricotteri è sporadica, spesso è stato raccolto un solo individuo per taxa, così come i Crostacei del genere *Gammarus*, ma rinvenuti in ogni campione (Figura 4.38).

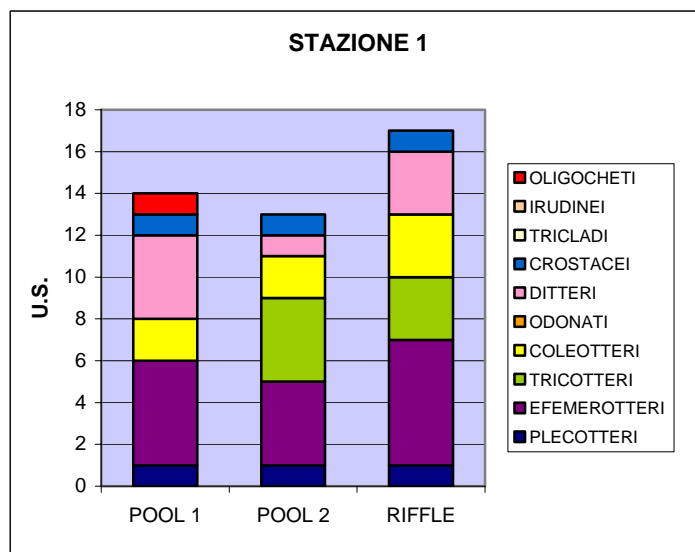


Figura 4.38 – I gruppi tassonomici raccolti nei riffle e pool della stazione 1

### Stazione 2

Entrambi gli ambienti campionati presentano una comunità ricca e ben diversificata, che si avvicina a quella attesa (Figura 4.39) nonostante la non abbondante presenza di plecoteri sensibili; in totale sono stati raccolti 27 taxa. Gli Efemerotteri sono i più rappresentati, in particolare i generi *Ephemera*, *Habrophlebia* e *Habroleptoides* sono tra quelli che più caratterizzano gli ambienti di pool. Tra i Plecotteri si evidenzia la presenza del genere *Protonemura*, indicatore di buona qualità dell’acqua. Nei Tricotteri, le famiglie Philopotamidae, Odontoceridae, Beraeidae e Sericostomatidae, anche se presenti in modeste quantità, identificano un ambiente dove l’acqua mantiene una corrente sostenuta e

quindi ossigenata. Da segnalare la sporadica presenza dell’odonato del genere *Gomphus*; questa larva tende a colonizzare i fondi sabbiosi dei tratti a lento decorso ma si possono trovare anche fra i ciottoli, dove l’acqua è poco profonda.

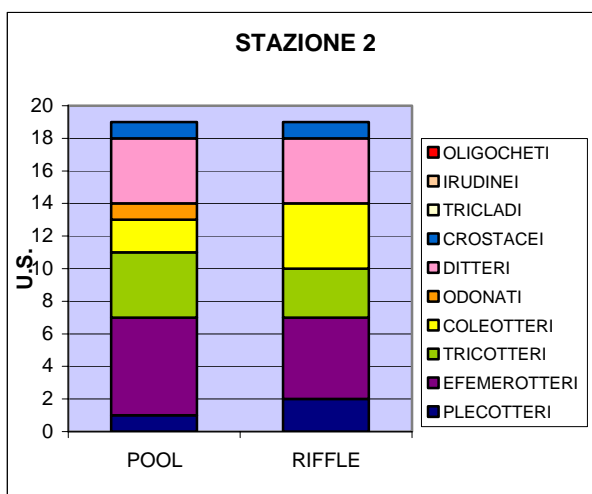


Figura 4.39 - I gruppi tassonomici raccolti nei riffle e pool della stazione 2.

### Stazione 3

La comunità campionata risulta la più povera, con soli 20 taxa raccolti. L’unico Plecottero presente è il genere *Leuctra* ma campionato anche nelle altre stazioni. Gli Efemeroteri sono i più rappresentativi della comunità (Figura 4.40), si segnalano le abbondanze dei generi *Baetis*, *Ephemerella* ed *Ecdyonurus*. Nei Tricotteri spicca la presenza della famiglia Limnephilidae, trovata solo in questa stazione ma abbastanza frequente, in quanto riesce a colonizzare sia gli ambienti di acque lotiche che quelle lentiche. Sporadica la presenza del solo genere *Calopteryx* tra gli Odonati, queste larve sono esclusive delle acque correnti ma caratterizzate da una velocità ridotta e ricche di vegetazione acquatica. Ben rappresentati i Ditteri, con gli ubiquitari Chironomidae e Limoniidae.

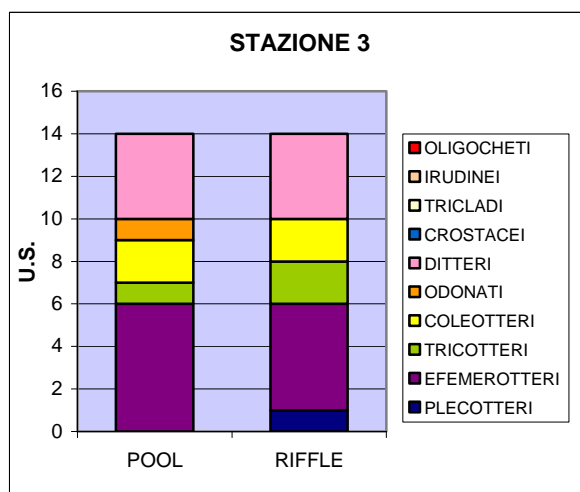


Figura 4.40 - I gruppi tassonomici raccolti nei riffle e pool della stazione 3.

### Stazione 4

La comunità si dimostra poco diversificata, in particolare gli ambienti di pool, dove sono state raccolte il minore numero di U.S. dell’intero tratto. Questo può essere spiegato dalle caratteristiche dell’habitat fluviale, in cui l’alveo è risultato prevalentemente ciottoloso e poco profondo, caratterizzato da una corrente continua e moderata. Complessivamente sono stati

campionati 22 taxa, che rappresentano la comunità tipica di questi ambienti (Figura 4.41), come: *Baetis*, *Ephemerella*, Hydropsychidae, Elminthidae, Chironomidae, Limonidae e Simulidae. In particolare sono state osservate grandi quantità di Simulidi che ricoprivano i ciottoli presenti in alveo. Infatti questi Ditteri considerano tali ambienti idonei da colonizzare, in quanto si fissano ai substrati stabili e levigati tramite il disco adesivo anale, per filtrare il nutrimento trasportato dalla corrente. Da segnalare l’unico Platelminite raccolto nell’intero tratto studiato.

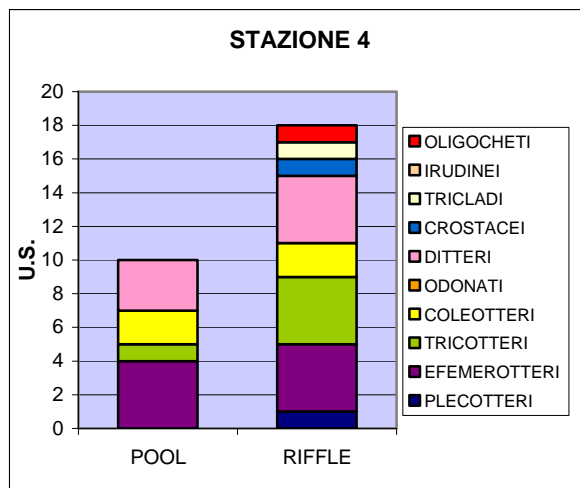


Figura 4.41 - I gruppi tassonomici, raccolti nei riffle e pool della stazione 4.

### Stazione 5

La comunità di macroinvertebrati si dimostra abbastanza ricca e diversificata (Figura 4.42); in totale sono stati raccolti 27 taxa. In particolare, nella comunità degli ambienti di riffle, sono state campionate delle specie indicatrici di una buona qualità dell’acqua, come: i Plecotteri del genere *Dinocras* e gli Efemerotteri del genere *Epeorus*. Nei Tricotteri è stato raccolto un solo individuo della famiglia Goeridae, questa larva tende a colonizzare le acque correnti dei torrenti montani o di media pianura perciò il ritrovamento di un solo organismo in un’unica stazione, può essere associato all’azione del drift. Sporadica la presenza del genere *Onychogomphus*, un odonato tipico degli ambienti di acque lente. Ben rappresentati i Ditteri, con gli ubiquitari Chironomidi e Limonidi.

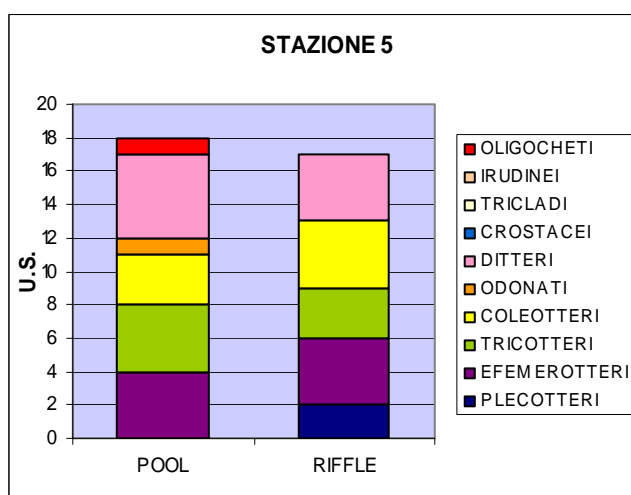


Figura 4.42 - I gruppi tassonomici raccolti nei riffle e pool della stazione 5.

### 4.3.2.2 Comunità ittica

Nel torrente Vincio non ci sono stazioni ittiche e le numerose briglie insormontabili per i pesci caratterizzano questo corso idrico con una forte discontinuità longitudinale oltre che quella laterale già riscontrata, dovuta alla presenza di muri di sponda. L'unica specie ittica rilevata durante i campionamenti sono esemplari di cavedano nelle pozze probabilmente provenienti dai vari rii che confluiscono nel Vincio. Come conseguenza il cavedano sarà sicuramente considerato una delle/o la specie di riferimento per il DMV.

#### 4.4 Componente Ecosistemi

Le specie, i popolamenti e le comunità, che costituiscono la componente biotica di un qualsiasi ecosistema, "rispondono" alle variazioni ambientali con modificazioni strutturali e/o funzionali. È questo il motivo per il quale, nei casi in cui si intenda avvalersi della componente biotica per evidenziare eventi di stress o di disturbo, sia ricorrenti che episodici, è certamente importante acquisire informazioni sia a livello strutturale che funzionale. È ormai di dominio comune la necessità di preservare, riqualificare e gestire i sistemi fluviali in modo sostenibile: per fare ciò è importante valutare anche i processi ecologici degli ecosistemi presi in esame, come ad esempio le reti trofiche, i cicli biogeochimici etc. La direttiva quadro sull'acqua (WFD 2000/60) riconosce esplicitamente l'importanza degli aspetti funzionali degli ecosistemi nel considerare lo stato ecologico di un ambiente acquatico.

I macroinvertebrati acquatici sono sia i maggiori consumatori nell'ecosistema fluviale, sia la fonte alimentare più importante per la fauna ittica. Essi sono una componente essenziale nella rete alimentare di un ecosistema fluviale e rivestono, quindi, un ruolo fondamentale nel processo di ciclizzazione della materia organica, entrando attivamente nel meccanismo autodepurativo ed autoregolativo degli ecosistemi di acque correnti (Giller & Malmqvist, 1998). Questi due importanti aspetti sono da tenere ben presente quando si intende pianificare interventi in ambiente fluviale.

In base alle diverse modalità di assunzione del nutrimento, i macroinvertebrati vengono suddivisi in diversi gruppi trofico-funzionali, quali: **triturator**, **raccoglitori**, **filtratori**, **raschiatori** e **predatori** (Cummins, 1973).

La principale fonte trofica dei **triturator** è rappresentata da particellato organico di grosse dimensioni (CPOM), proveniente dalle fasce riparie. In particolare si parla delle foglie trattenute all'interno dell'alveo, le quali vengono inizialmente decomposte dall'attività microbica di funghi e batteri e quindi rese più appetibili per gli organismi triturator. Il 60% del materiale organico ingerito, viene eliminato con le feci e reso disponibile per la restante comunità biotica, come particellato organico fine (FPOM). Perciò questo gruppo trofico partecipa attivamente e condiziona il meccanismo di decomposizione della sostanza organica, all'interno di un ecosistema fluviale.

I **raccoglitori** si nutrono di FPOM depositato sul fondo dell'alveo, oppure tra gli interstizi dei sedimenti, di conseguenza tali organismi si trovano nei tratti fluviali a lento decorso o nelle zone dove sono presenti strutture di ritenzione. Vi appartengono numerosi organismi tolleranti agli inquinanti o ad eccessivi carichi trofici. Anche i **filtratori** possono essere considerati dei raccoglitori, ma colonizzano habitat diversi rispetto ai precedenti. Infatti raccolgono FPOM trasportato dalla corrente, utilizzando strutture morfologiche adattate a filtrare oppure "tessendo" reti per la cattura del detrito; frequentano habitat turbolenti, caratterizzati da substrati grossolani, come possono essere i riffle.

I **raschiatori** si cibano della pellicola perfitica che ricopre i sedimenti ed i substrati di varia natura che si trovano immersi in acqua. Questi organismi possiedono un apparato boccale idoneo a raschiare ma anche adattamenti morfologici del corpo, per meglio aderire ai substrati.

I **predatori** possono essere definiti dei veri e propri “carnivori”, che si nutrono di altri macroinvertebrati oppure ne succhiano i fluidi cellulari. In genere si trovano lungo l'intero tratto fluviale.

Ai fini di un'analisi globale di un ecosistema fluviale, o di un tratto di esso, è importante determinare anche la sua **capacità ritentiva**, intesa come la capacità di un tratto di fiume di trattenere sostanza organica grossolana, come ad esempio foglie cadute in alveo o piccoli ramoscelli. Maggiore capacità di ritenzione significa una minore esportazione verso valle di sostanza organica (e nutrienti), e una maggiore disponibilità in loco per i consumatori macrobentonici. Dato che tale ritenzione viene influenzata sia dagli aspetti idrologici che dalle strutture naturali (es. detriti legnosi, massi) e artificiali presenti in alveo lavori di gestione dell'alveo che alterino la situazione naturale andranno potenzialmente ad influenzare anche la capacità ritentiva del tratto in esame. Ad esempio, la rimozione di detriti legnosi può potenzialmente aumentare la tendenza del sistema fluviale a “perdere” materiale organico grossolano verso valle.

#### **4.4.1 Torrente Ombrone pistoiese**

##### **4.4.1.1 GRUPPI TROFICO-FUNZIONALI DEI MACROINVERTEBRATI NEI SITI DI CAMPIONAMENTO**

###### Stazione X1

Questo tratto è caratterizzato da una notevole diversità di habitat, malgrado l'assenza di vegetazione arborea. Il substrato a ciottoli, è stato colonizzato principalmente dai gruppi trofico-funzionali dei raccoglitori e dei filtratori con valori di abbondanze di 1070 org. per m<sup>2</sup>, e 384 org. per m<sup>2</sup>, rappresentando rispettivamente il 63% ed il 23% del totale di ciascun gruppo. La biomassa mette in luce le notevoli dimensioni corporee dei filtratori Hydropsychidae, in particolare delle specie *Hydropsyche modesta*, *Hydropsyche pellucidula*, ed *Hydropsyche instabilis*. Oltre all'abbondanza ed alla biomassa dei raccoglitori, si evidenziano, nel substrato ghiaioso, alti valori di biomassa dei predatori, pari al 25%, rappresentati in maggioranza dalla sottofamiglia dei Tanyptodinae. Anche nel legno troviamo alte percentuali di biomassa riguardo al gruppo trofico-funzionale dei predatori, pari al 38%. Le foglie insieme ai ciottoli sono i substrati in cui sono stati registrati i valori medi più elevati, sia di abbondanza 85%, che di biomassa, 78% (Figura 4.43).

La composizione trofico-funzionale del tratto, suggerisce la notevole presenza di particellato fine (FPOM), in grado di sostenere l'elevata presenza di raccoglitori e filtratori.

Le ridotte percentuali dei gruppi di trituratori e di raschiatori, indicano l'assenza o quasi, sia della sostanza organica di grosse dimensioni di origine alloctona (CPOM), sia quella di origine autoctona, rappresentata dal periphyton.

La ridotta presenza o permanenza della sostanza organica di grosse dimensioni (CPOM), proveniente dalla vegetazione riparia e quella proveniente dal periphyton, ci suggerisce che, la notevole quantità di FPOM, deriva quasi esclusivamente dai tratti a monte, i quali divengono fondamentali per la sostenibilità della comunità biologica presente in questa stazione. Ciò viene confermato anche dalla composizione dei gruppi, trofico-funzionali, che colonizzano le foglie immerse in alveo, in cui si nota la quasi totale assenza del gruppo dei trituratori, che invece dovrebbe essere il diretto consumatore di questo substrato.

La presenza dei filtratori dovrebbe indicare che la stazione è caratterizzata da una discreta velocità di flusso per tutto l'anno anche se variabile, poiché questo gruppo predilige ambienti con velocità di corrente sostenuta, così da poter essere in grado di filtrare un'elevata quantità di detrito.

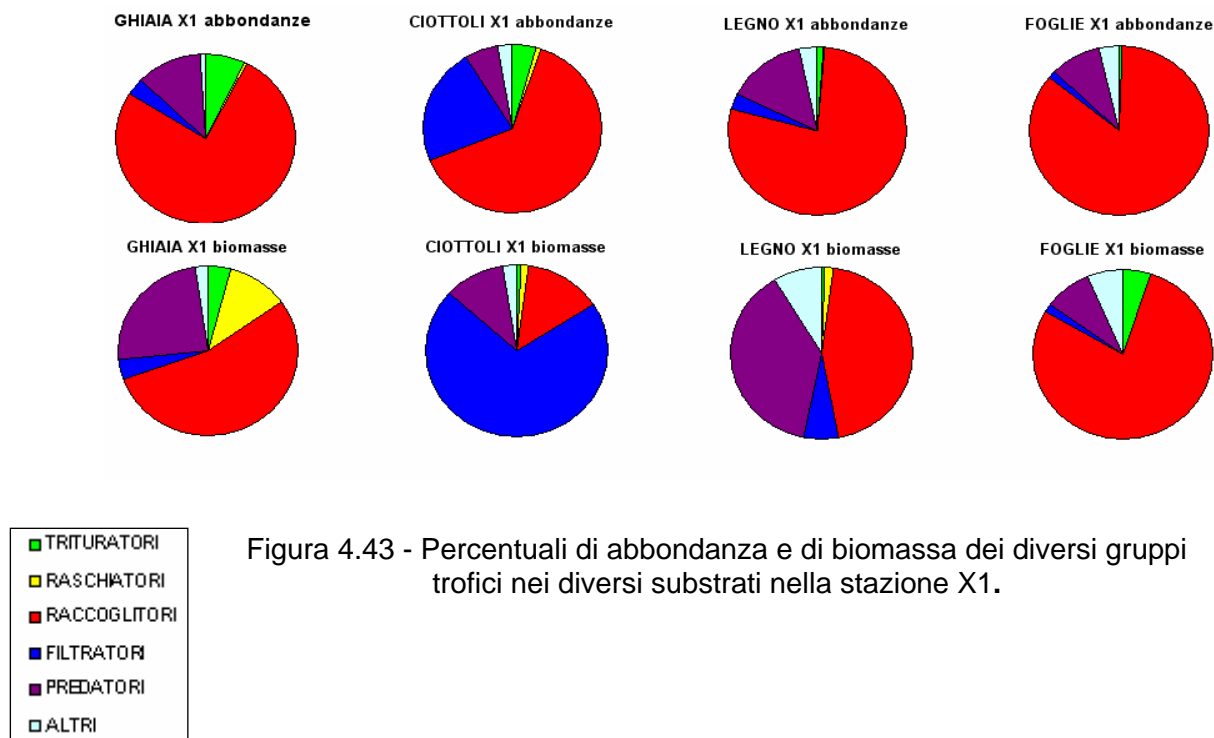


Figura 4.43 - Percentuali di abbondanza e di biomassa dei diversi gruppi trofici nei diversi substrati nella stazione X1.

#### Stazione E1

In questa stazione, i raccoglitori mostrano una dominanza su tutti i substrati con valori di abbondanza che vanno dal 79% all’89% e dal 57% al 94% per le biomasse. I raccoglitori sono rappresentati maggiormente, in questo sito, dall’ordine degli Efemerotteri con il genere *Efemerella*, e dai ditteri Chironomidae con la sottofamiglia Orthoclaadiinae. Questo ultimo gruppo è presente nel substrato delle foglie, con i valori più alti: 88% delle abbondanze, e 94% delle biomasse (Figura 4.44). Molto probabilmente hanno colonizzato l’habitat come rifugio, visto che questo tipo di substrato, normalmente non è presente in questa stazione, a causa dell’assenza di input fogliare proveniente dalla vegetazione riparia. Nella stazione sono presenti anche i triturator, seppur con valori molto più bassi, che raggiungono il 12% nella ghiaia. I predatori, sebbene anche loro rappresentino il 12% delle abbondanze su substrato legnoso, raggiungono il 30% di biomassa nella ghiaia. Poichè in una comunità stabile i predatori rappresentano il 10-15%, si potrebbe dedurre che in questo tratto dell’Ombrone pistoiese, questi organismi si alimentino in altri substrati, come ad esempio nel legno, oppure traggano alimento dalle prede provenienti dai tratti a monte, trasportate dalla corrente (drift).

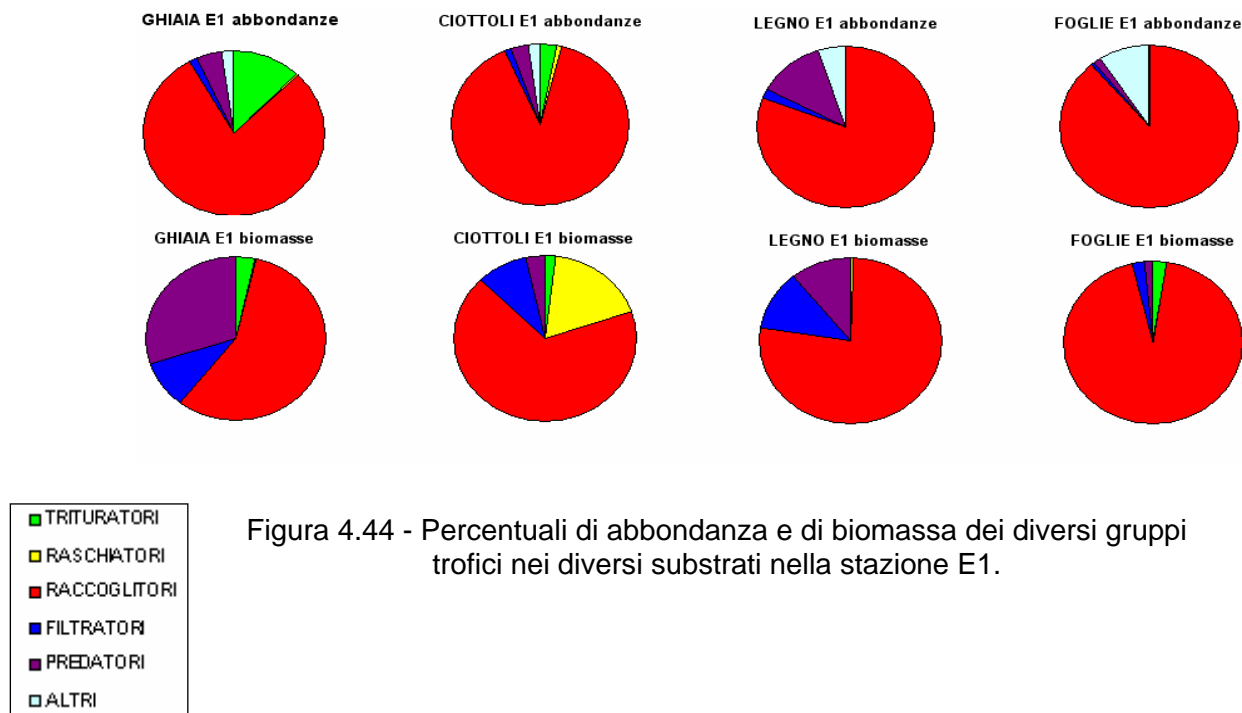


Figura 4.44 - Percentuali di abbondanza e di biomassa dei diversi gruppi trofici nei diversi substrati nella stazione E1.

#### Stazione A1

Anche in questa stazione il gruppo trofico dominante è stato quello dei raccoglitori distribuito in modo piuttosto uniforme nei ciottoli, ghiaia e foglie, con valori percentuali di abbondanza che vanno dal 76% all'86%, e dal 54% al 90% per quanto riguarda la biomassa. Un grande numero di organismi è stato campionato nel substrato a ciottoli: 8017 org. per m<sup>2</sup>, di cui 6070 appartengono al gruppo dei raccoglitori, per la maggior parte Ditteri Orthoclaadiinae, presenti con 3488 org. per m<sup>2</sup>. Il substrato del legno è stato colonizzato in questo sito dal gruppo dei raccoglitori e da quello dei predatori con simili percentuali di abbondanza, 45% dal primo gruppo e 48% dal secondo. Diversa è la situazione per le biomasse, infatti in questo caso i raccoglitori presentano biomassa pari al 90%, ed è praticamente quasi assente quella dei predatori. Ciò è causato dal fatto che il gruppo dei predatori è costituito soprattutto da Idracarini, con un numero di individui pari a 300 org. per m<sup>2</sup>, e da Tanypodinae con 224 org. per m<sup>2</sup>, e per gli Idracarini la biomassa non è stata calcolata (Figura 4.45). La presenza esclusiva, nel substrato legnoso, di predatori, può essere spiegata dal fatto che le prede di questi organismi sono evidentemente di taglie troppo piccole per essere raccolte con i nostri metodi di campionamento.

Un aspetto di difficile spiegazione è la quasi assenza del gruppo trofico dei trituratori, nonostante questo sito sia caratterizzato dalla presenza di vegetazione riparia.

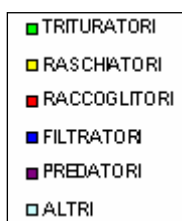
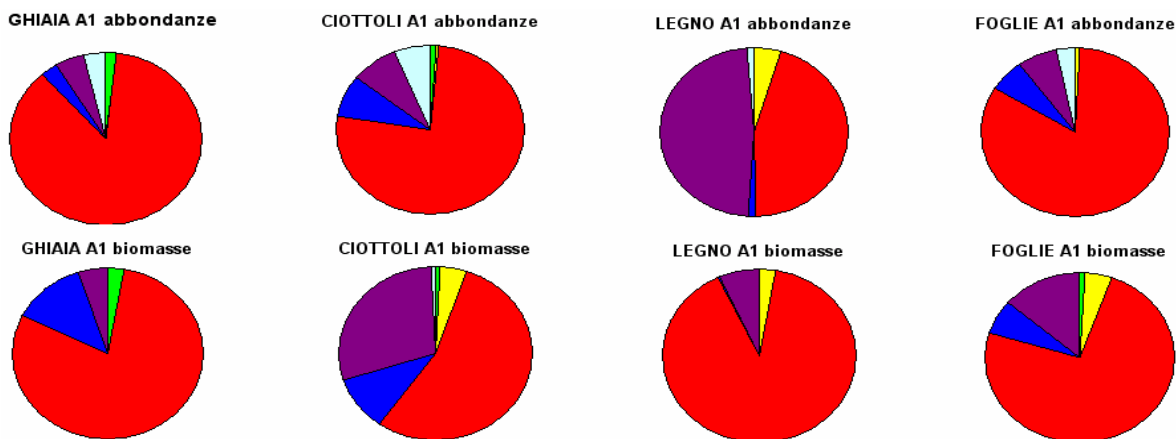


Figura 4.45 - Percentuali di abbondanza e di biomassa dei diversi gruppi trofici nei diversi substrati nella stazione A1.

**Stazione A2**

Questa stazione, presenta un nuovo aspetto, rispetto alle altre già viste, cioè una significativa presenza di filtratori nelle foglie, rappresentata da un’abbondanza del 18%, e del 23% di biomassa. In questo substrato il gruppo trofico dei filtratori è rappresentato soprattutto da simulidi con 200 org. per m<sup>2</sup>. Probabilmente questi organismi hanno trovato rifugio nei sacchetti di foglie in situazioni di instabilità del substrato, visto che questi sacchetti erano depositi in alveo ancorati ad una corda. Per quanto riguarda il gruppo trofico-funzionale dei trituratori risulta da una parte la loro quasi totale assenza sul substrato a foglie, dall’altra una biomassa pari al 26% dovuta alla presenza di grossi trituratori della famiglia dei Limnephilidae. Questi organismi dovrebbero indicare una maggior presenza di lettiera rispetto agli altri siti. Rimane difficile da spiegare il motivo per cui essi non abbiano immediatamente colonizzato, come da attese, i sacchetti di foglie deposte (Figura 4.46).

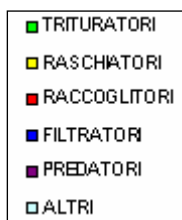
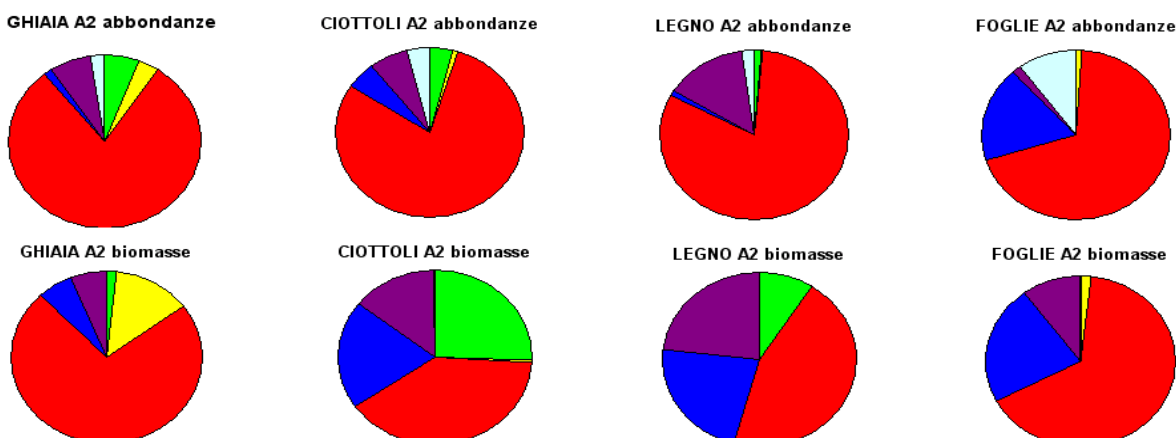


Figura 4.46 - Percentuali di abbondanza e di biomassa dei diversi gruppi trofici nei diversi substrati nella stazione A2.



Stazione E2

La stazione presenta nel complesso un ambiente banalizzato e molto omogeneo, dovuto all’assenza di una fascia riparia arborea o arbustiva. Il tratto presenta un substrato per lo più ghiaioso-ciottoloso, povero di strutture di ritenzione. La situazione, in questo ultimo sito, si presenta più che mai omogenea, con una composizione dei gruppi trofici monotona, rappresentata maggiormente da raccoglitori con un’abbondanza che va dall’84% all’89% e dal 72% al 96% per le biomasse. La maggioranza di questo gruppo è rappresentata, nelle foglie, da chironomidi Orthoclaadiinae e dal genere di efemeroteri *Effemerella*, con abbondanze pari a 2331 org. per m<sup>2</sup>, nel primo caso, e 603 org. per m<sup>2</sup> nel secondo. La scarsa diversità è dovuta al fatto che il sito si trova in un tratto piuttosto banalizzato, soprattutto per l’assenza di una fascia riparia a copertura arborea o arbustiva. Il legno in alveo è saltuariamente presente, di conseguenza pochissimi organismi riescono a colonizzarlo, in particolare, nel substrato, oltre ai raccoglitori possiamo notare la presenza di alcuni predatori con valori di biomassa uguali al 24% (Figura 4.47).

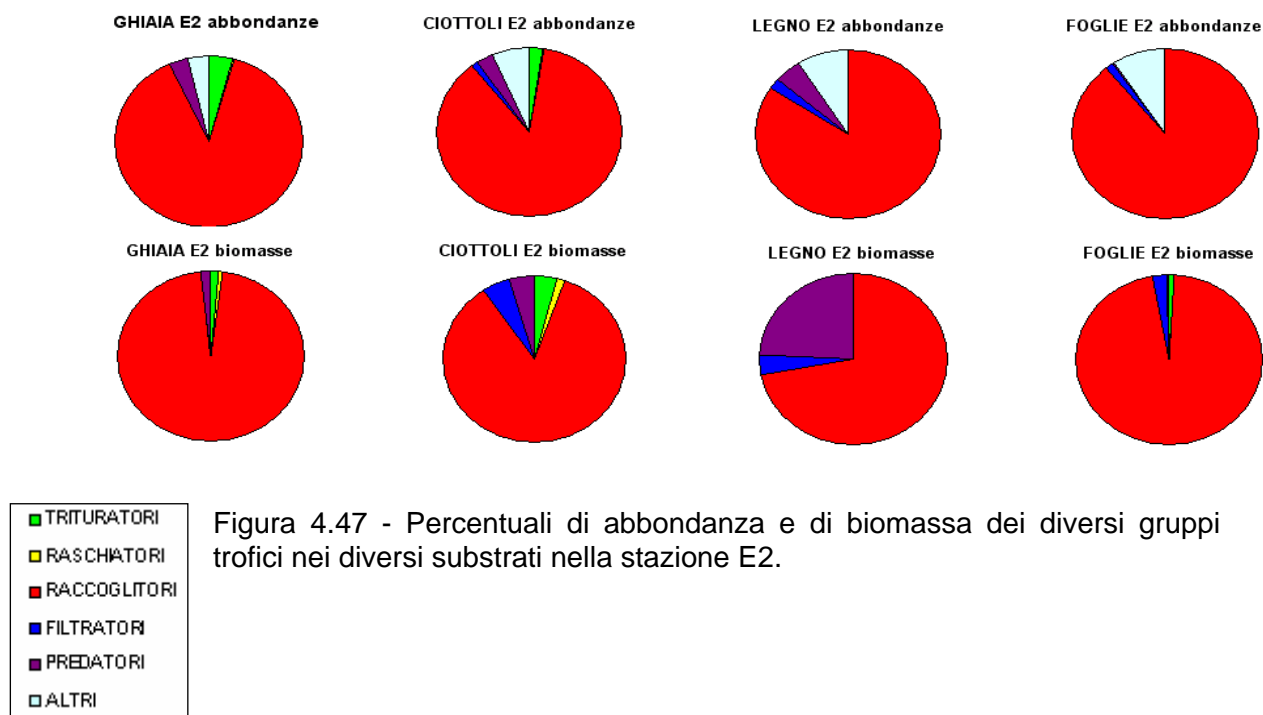


Figura 4.47 - Percentuali di abbondanza e di biomassa dei diversi gruppi trofici nei diversi substrati nella stazione E2.

Confrontando i valori medi delle abbondanze, misurati nei diversi habitat, si può osservare che il gruppo dei raccoglitori domina nettamente per abbondanza la comunità, con valori percentuali che vanno dal 76% all’85%, mentre per quanto riguarda i valori della biomassa, la composizione della comunità è inferiore con valori in percentuale che vanno dal 41 all’ 86%.

Il gruppo dei filtratori, nei campionamenti svolti è composto in maggioranza da Hydropsychidae (tricotteri) e da Simuliidae (ditteri), entrambi filtrano il particolato FPOM in sospensione, usando ciascuno strategie diverse. Gli Hydropsychidae costruiscono la loro casa sotto i sassi, posizionando all’apertura una rete che ha la funzione di filtrare il detrito trasportato dall’acqua. I Simuliidae invece, hanno sviluppato, sopra il capo, dei ventagli mandibolari costituiti da centinaia di filamenti, che intrappolano microrganismi ed FPOM in sospensione. Entrambi gli organismi, hanno bisogno per svolgere l’attività trofica, di essere bene ancorati al substrato, di conseguenza necessitano di un basamento stabile. La

significativa presenza di filtratori, nei tratti X1 e A2, dovrebbe indicare una maggiore stabilità del substrato di queste due stazioni rispetto alle altre studiate.

Il substrato a ciottoli sostiene un’elevata biomassa di filtratori, i quali hanno scelto questo habitat per la sua stabilità e per il fatto che si trova nelle vicinanze di zone ad alta velocità di corrente, prerequisito fondamentale per il filtraggio del materiale alimentare in sospensione.

Il gruppo trofico-funzionale dei predatori ha registrato i maggiori valori percentuali, pari al 16% di abbondanza e al 26% di biomassa, nel microhabitat costituito da grossi pezzi di legno. I risultati complessivamente hanno coinciso con le aspettative, dato che i predatori prediligono questo substrato come habitat e come luogo ricco di prede. Questi organismi sono stati rinvenuti maggiormente nelle stazioni dove la presenza di vegetazione riparia arborea ha favorito la presenza di legno in alveo.

La presenza dei raschiatori è stata rara in tutte le stazioni, colonizzando maggiormente il microhabitat a ciottoli, in cui normalmente trovano cibo da raschiare (pellicola perfitica).

Quello che stupisce di più è stata la quasi totale assenza di trituratori nel substrato formato dalla lettiera di foglie, interessato soprattutto da un’elevata biomassa di raccoglitori: 86%. Solo nella stazione X1 i trituratori raggiungono un valore di biomassa di 44 mg per m<sup>2</sup>, che corrisponde al 5% del totale (Figura 4.48). Tutto ciò dimostra che questo microhabitat, nell’intero tratto studiato del torrente, più che come fonte alimentare, viene utilizzato come habitat rifugio, o come nursery, per i nuovi organismi nati, o come accumulatore di particellato organico fine (FPOM).

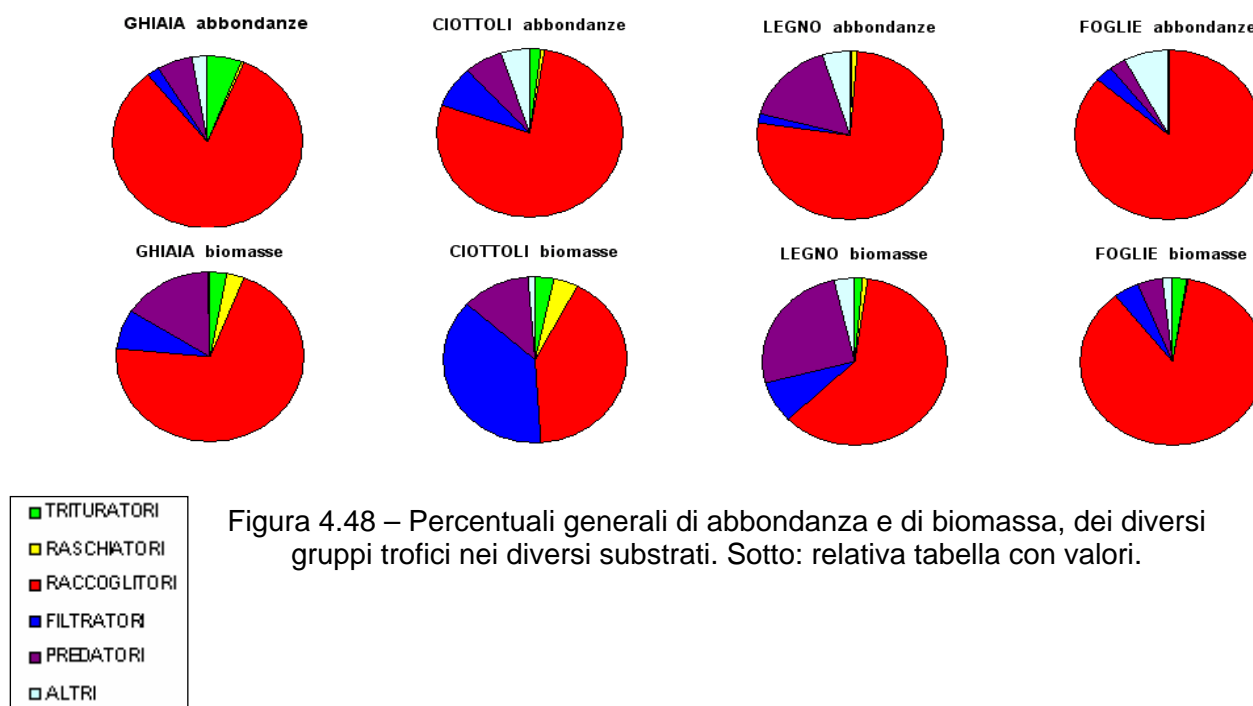


Figura 4.48 – Percentuali generali di abbondanza e di biomassa, dei diversi gruppi trofici nei diversi substrati. Sotto: relativa tabella con valori.

Entrambi i substrati inorganici: ciottoli e ghiaia sono stati influenzati, nella colonizzazione dei gruppi trofici, dalle condizioni instabili autunnali ed invernali, dovute a piene e variazioni di portata. Questi substrati hanno registrato le maggiori alterazioni nei siti in cui l’alveo si presenta piuttosto banalizzato, privo di buche e raschi e senza vegetazione riparia.

Nel legno i valori sono risultati alterati a causa della instabilità del substrato dovuta agli interventi di pulizia dell’alveo.

La colonizzazione del substrato fogliare si discosta dalle aspettative soprattutto per quanto riguarda la presenza di determinati gruppi, e l'assenza di altri, come quello dei trituratori, diretti consumatori di questo substrato. Notiamo che la colonizzazione dell'habitat, da parte di alcuni gruppi, è avvenuta soprattutto, dalla necessità di trovare un habitat stabile, in condizioni ambientali particolarmente instabili, come i filtratori campionati in autunno. Le foglie inoltre sono state scelte come rifugio, soprattutto per i raccoglitori, e come nido per le nuove larve, in particolare, nei campionamenti primaverili.

#### 4.4.1.2 CAPACITÀ DI RITENZIONE DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE

Nel torrente Ombrone sono state effettuate prove di ritenzione, secondo il leaf-release method comunemente adottato in studi analoghi. Tale metodo consiste nel rilasciare nel fiume una prefissata quantità di foglie di *Ginkgo biloba*, e andare a valutare dopo 3 ore quante foglie sono state trattenute in un tratto di fiume lungo 50 m, e in corrispondenza di quali strutture ritenitive tali foglie si sono accumulate. Il metodo consente quindi di calcolare sia la capacità di ritenzione di un tratto fluviale che il ruolo relativo delle diverse modalità ritenitive. Il confronto dei risultati ottenuti nelle quattro stazioni di campionamento consentirà anche di ottenere informazioni utili ad una corretta gestione del sistema fluviale.

La capacità di trattenere la sostanza organica di un fiume è largamente influenzata dalla portata; le diverse strutture di ritenzione possono mostrare infatti un'efficienza, nella cattura delle foglie, variabile a seconda del valore di portata, così come la percentuale di foglie trattenute ad una certa distanza dal punto di rilascio, è inversamente proporzionale all'entità del deflusso. I primi due campionamenti sono stati eseguiti in condizioni idrologiche opposte, la terza in condizioni di portata di morbida, (Ottobre 2004): in quest'ultimo periodo date le condizioni di portata intermedia rispetto alle due precedenti, i valori della capacità di ritenzione ottenuti nelle diverse stazioni di controllo sono riportati di seguito.

##### Sito X1

Questo tratto al momento dei rilevamenti era stato interessato da recenti lavori di risistemazione che hanno modificato la morfologia dell'alveo e la vegetazione riparia, inoltre in contemporanea con quest'ultimo campionamento, i lavori stavano continuando a monte del sito. Conseguentemente a ciò i campionamenti effettuati sono stati influenzati: la portata è risultata essere molto ridotta e dispersa in un alveo molto più ampio che in precedenza, di conseguenza la velocità di corrente è risultata lenta, e la profondità dell'acqua molto bassa. La capacità di ritenzione registrata, pari al 61%, è dovuta gran parte al substrato in limo e argilla, ed alla presenza di legno parzialmente sommerso dal detrito fine presente in gran quantità su tutto il tratto (4.49).

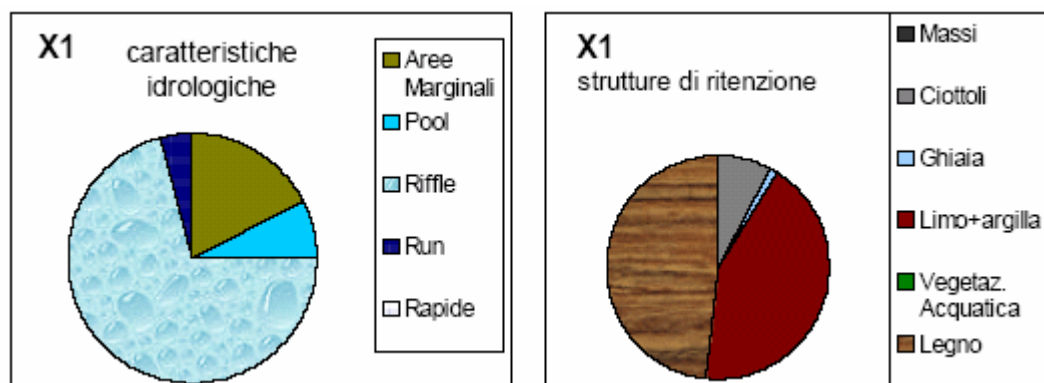


Figura 4.49 – Distribuzione in percentuale delle foglie di Ginkgo biloba relativamente alle caratteristiche idrologiche e alle struttura di ritenzione durante il campionamento di ottobre 2004 nel sito X1

Sito E1

Nonostante il deflusso fosse poco consistente, nel momento del rilevamento in campo la ritenzione è risultata pressoché bassa, pari al 39%.

Le strutture più efficienti, che hanno caratterizzato la ritenzione di questo tratto sono state: ciottoli e vegetazione acquatica, costituita soprattutto da graminacee sommerse (Figura 4.50).

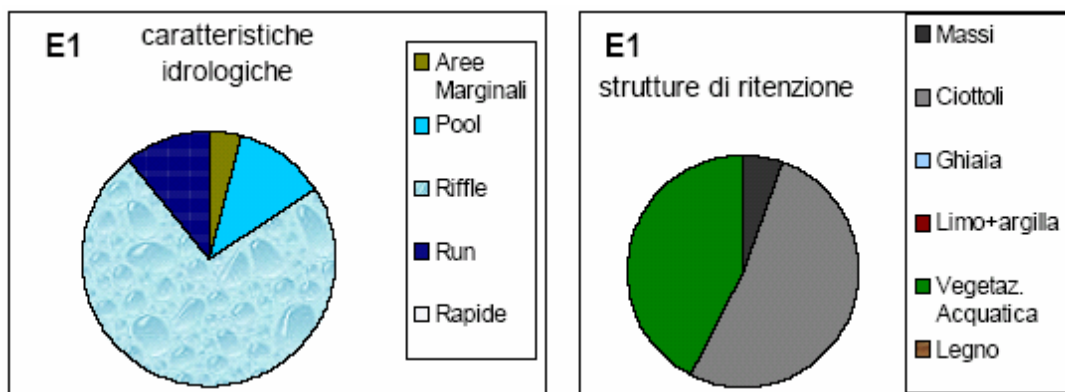


Figura 4.50– Distribuzione in percentuale delle foglie di *Ginko biloba* relativamente alle caratteristiche idrologiche e alle struttura di ritenzione durante il campionamento di ottobre 2004 nel sito E1

Sito A1

La stazione presenta una portata molto più elevata, rispetto alle precedenti, di conseguenza, in questo tratto, caratterizzato da una ricca sequenza di riffle e pool, le foglie di *Ginko biloba*, si sono fermate soprattutto dove la velocità di corrente era più bassa, in struttura di ritenzione formate maggiormente da alghe filamentose che ricoprivano gran parete dell'alveo. Il valore della capacità di ritenzione è stato dell'87% (Figura 4.51).

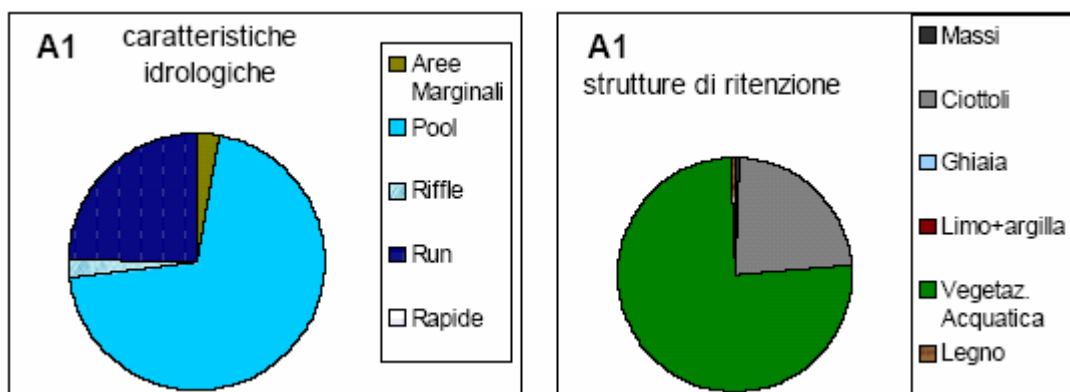


Figura 4.51 – Distribuzione in percentuale delle foglie di *Ginko biloba* relativamente alle caratteristiche idrologiche e alle struttura di ritenzione durante il campionamento di ottobre 2004 nel sito A1

Sito A2

Questo tratto pur essendo caratterizzato da un'elevata turbolenza, dovuta ad una significativa portata e pendenza del tratto, ha mostrato una notevole capacità di ritenzione, pari al 79%. Questo è dovuto dal fatto che le foglie sono state trattenute per lo più vicino alle sponde, nelle aree marginali, oppure nei tratti di riffle, grazie alla presenza di numerosi bastoncelli e rami, che incastrandosi tra i massi, hanno formato un'efficiente struttura di

ritenzione capace di trattenere le foglie, inoltre, in questo sito, anche i massi hanno giocato un ruolo fondamentale nella ritenzione (Figura 4.52).



Figura 4.52 – Distribuzione in percentuale delle foglie di Ginko biloba relativamente alle caratteristiche idrologiche e alle struttura di ritenzione durante il campionamento di ottobre 2004 nel sito A2

Sito E2

In questo sito la portata al momento del campionamento, era molto scarsa ed inferiore a quella delle altre stazioni, di conseguenza la capacita di ritenzione è stata quasi totale, con un valore del 95%. Le uniche strutture che sono state in grado di trattenere le foglie sono ciottoli ed alghe filamentose (Figura 4.53).

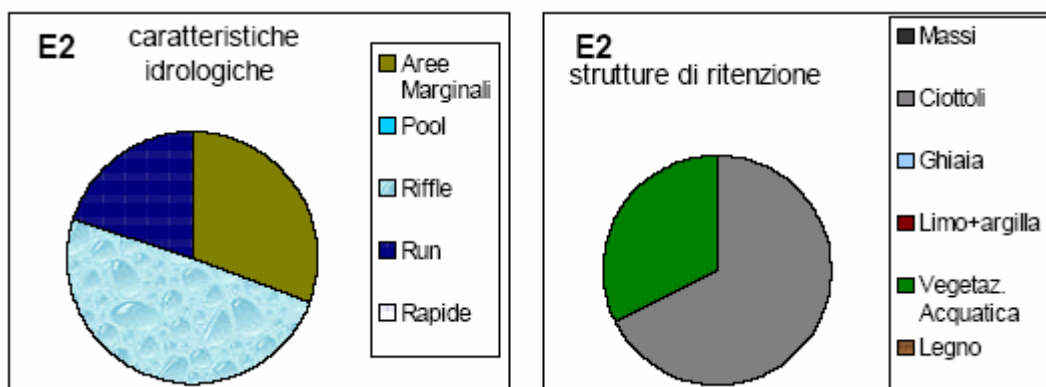


Figura 4.53 – Distribuzione in percentuale delle foglie di Ginko biloba relativamente alle caratteristiche idrologiche e alle struttura di ritenzione durante il campionamento di ottobre 2004 nel sito E2.

#### 4.4.2 Torrente Vincio di Brandeglio

##### 4.4.2.1 GRUPPI TROFICO-FUNZIONALI DEI MACROINVERTEBRATI NEI SITI DI CAMPIONAMENTO

Tabella 4.5 – Lista delle unità sistematiche campionate nel torrente Vincio di Brandeglio con il relativo TG gruppo Trofico Funzionale: P= predatore; T = trituratore; R = raccogliitore; F = filtratore; S = raschiatore.

T.VINCIO	16/05/2007		
Plecotteri	GT	Coleotteri	GT
g. Dinocras	P	f. DYTISCIDAE	P
g. Leuctra	T	f. DRYOPIDAE (A.)	S
g. Protonemu	T	f. ELMINTIDAE (A.)	R
<b>Efemerotteri</b>		f. ELMINTIDAE (L.)	R
g. Baetis	R	f. GYRINIDAE (A.)	P
g. Caenis	R	f. HELODIDAE	R
g. Ecdyonuru	S	f. HYDRAENIDAE	S
g. Epeorus	S	<b>Odonati</b>	
g. Ephemera	R	g. Calopteryx	P
g. Ephemerel	R	g. Gomphus	P
g. Habrophle	T	g. Onychogomphus	P
g. Habrolepto	T	<b>Ditteri</b>	
g. Rhitrogena	S	f. CERATOPOGON	P
<b>Tricotteri</b>		f. CHIRONOMIDAE	R
f. BERAEDIA	R	f. DIXIDAE	R
f. GOERIDAE	R	f. EMPIDIDAE	P
f. HYDROPS	F	f. LIMONIIDAE	P
f. LIMNEPHIL	T	f. SIMULIDAE	F
f. LEPTOCER	R	f. TABANIDAE	P
f. ODONTOC	P	<b>Crostacei</b>	
f. PHILOPOT	F	f. GAMMARIDAE	T
f. POLYCENT	F	<b>Tricladi</b>	
f. RHYACOP	P	g. Dugesia	P
f. SERICOST	T	<b>Irudinei</b>	
<b>Oligocheti</b>		g. Dina	P
f. LUMBRICID	R		
f. NAIDIDAE	R		

Tabella 4.6 - Unità tassonomiche raccolte per ogni gruppo trofico.

GRUPPI TROFICI U.S.	STAZIONI					
	0	1	2	3	4	5
TRITURATORI	5	5	6	4	4	3
RACCOGLITORI	10	7	7	7	7	8
FILTRATORI	3	4	3	3	3	3
RASCHIATORI	3	4	4	2	2	4
PREDATORI	7	3	6	4	6	9
<b>TOTALE U.S.</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>27</b>

#### Stazione 0

La comunità di questa stazione è fortemente diversificata per quanto riguarda le modalità di assunzione del cibo sono infatti presenti tutti e 5 i gruppi trofico funzionali (Figura 4.54). Particolarmente diversificato è il gruppo dei raccoglitori con ben 10 U.S. ad indicare diverse strategie nell'assunzione del particolato fine (FPOM). Anche la considerevole presenza di tricoteri indica che oltre alla buona copertura vegetale, c'è anche una notevole capacità di

ritenzione della sostanza organica alloctona di questo tratto. Tra i raccoglitori i maggiori rappresentanti sono gli Efemerotteri come *Baetis*, *Ephemer* ed *Ephemerella*, seguiti da Coleotteri tipici di acque correnti come le famiglie Elminthidae ed Helodidae. Da considerare la discreta percentuale di predatori (25%), rappresentati per lo più da Ditteri. Tra i filtratori spiccano le abbondanze dei Tricotteri della famiglia Philopotamidae, le cui larve fissano ai ciottoli delle reti di seta a forma di tubo e le utilizzano come strumento per la pesca.

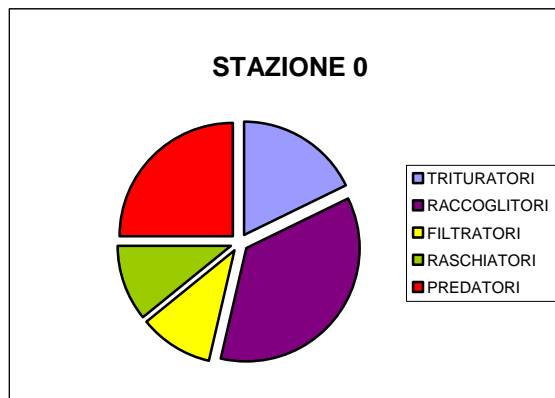


Figura 4.54 - Numero delle U.S. raccolte per ogni gruppo trofico nella stazione 0.

### Stazione 1

Come riscontrato nella stazione precedente, la comunità è ben diversificata (Figura 4.55). I trituratoro sono rappresentati in particolare dai Plecotteri del genere *Leuctra* e dai Crostacei Gammaridi. In questo tratto il gruppo dei predatori risulta meno diversificato del precedente con 3 U.S. anziché 7.

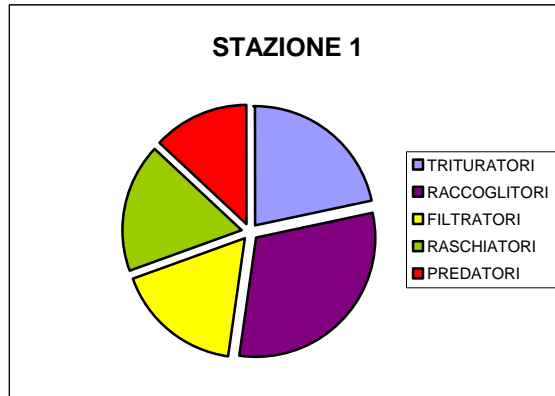


Figura 4.55 - Numero delle U.S. raccolte per ogni gruppo trofico nella stazione 1.

### Stazione 2

In questa stazione, la struttura trofica della comunità macrobentonica si è dimostrata la più equilibrata (Figura 4.56), grazie ad una vegetazione riparia ricca e diversificata, costituita sia da piante erbacee che da formazioni arboree ed arbustive. Tutti i gruppi trofico funzionali presentano una discreta diversità in particolare i trituratoro che sono rappresentati da 6 unità sistematiche.

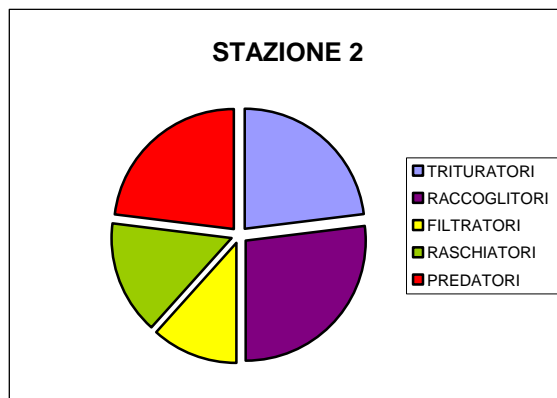


Figura 4.56- Numero delle U.S. raccolte per ogni gruppo trofico nella stazione 2.

### Stazione 3

Questa stazione presenta la comunità meno diversificata (20 U.S.) dell’intera area di studio con una netta prevalenza di raccoglitori rappresentati da 7 taxa tra cui il genere *Baetis* presente con un numero elevato di individui.

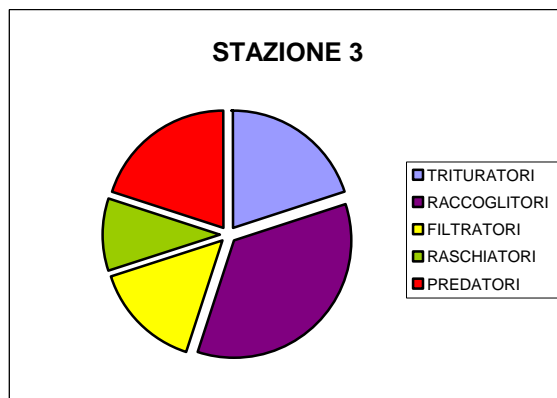


Figura 4.57 - Numero delle U.S. raccolte per ogni gruppo trofico nella stazione 3.

### Stazione 4

Le basse profondità e lo stato di corrente continua, hanno consentito la colonizzazione di un numero elevato di filtratori (Figura 4.58), rappresentati da abbondanti Simulidi. Questi Ditteri scelgono substrati stabili dove potersi ancorare per filtrare i detriti trasportati dalla corrente, perciò la loro presenza può testimoniare una discreta stabilità del substrato in alveo, malgrado la sua omogeneità.

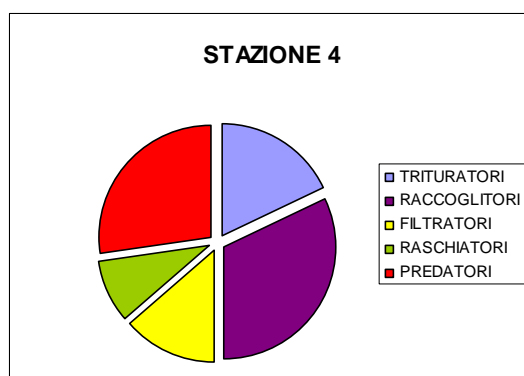


Figura 4.58 - Numero delle U.S. raccolte per ogni gruppo trofico nella stazione 4.



### **Stazione 5**

Questa stazione si caratterizza per una notevole diversità di predatori con ben 9 taxa (Figura 4.59) ad indicare una notevole presenza di prede tra questi si segnalano i tricoteri Ryacophilidae e i ditteri Limonidae. Ben rappresentati anche i raschiatori con 4 taxa, tra cui i generi *Epeorus ed Ecdyonurus*, considerati come indicatori di buona qualità. Tra i filtratori si ricorda la famiglia Hydropsychidae, le cui larve costruiscono i ricoveri al di sotto di substrati stabili e tra i quali tessono una rete di cattura orientata controcorrente, dove si intrappolano i detriti di varia natura di cui si cibano.

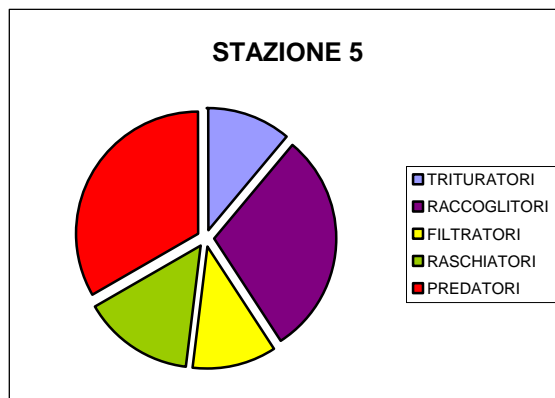


Figura 4.59 - Numero delle U.S. raccolte per ogni gruppo trofico nella stazione 5.

#### **4.3.2.2 CAPACITÀ DI RITENZIONE DELL’ECOSISTEMA FLUVIALE**

In questo torrente non sono state effettuate indagini volte a misurare la capacità di ritenzione, tuttavia dall’osservazione effettuata in campo risulta evidente come la ritenzione sia strettamente legata alla diversità dell’alveo. Nella maggior parte dell’area indagata - tratti 1,3,5 - massi, rametti incastrati e anfratti laterali conferiscono all’alveo una notevole capacità di ritenzione del materiale organico. Per contro gli altri tratti 2, 4 e 6, a causa di gestione o opere antropiche che semplificano la sezione trasversale, si evidenzia una netta riduzione della diversità morfologica e di strutture di ritenzione. In questi tratti il substrato fluviale è caratterizzato per lo più da ciottoli e ghiaia grossa che conferiscono all’alveo una forte instabilità anche con portate non elevate.

### **4.4 Aspetti importanti dal punto di vista conservativo**

#### **4.4.1 Torrente Ombrone pistoiese**

Per la individuazione di eventuali specie rare o protette è stato fatto riferimento alla Flora d’Italia di Pignatti (1982) e alla legislazione regionale della Toscana in campo ambientale (LRT n.49/1995, n.7/1998, n. 56/2000).

Tra la **vegetazione acquatica** da segnalare la presenza di *Carex pendula* e *Cyperus longus*, ritrovate a margine dell’ontaneta in una fascia consistente di circa 3 m che andrebbe preservata nelle attività di manutenzione.

Dall’indagine floristica è emerso che la **vegetazione riparia** risente notevolmente dell’azione dell’uomo e quindi la maggior parte delle specie rilevate sono ruderali e sinantropiche di scarso significato ecologico. Alcune specie, legate ad ambienti umidi, sono degne di nota in quanto nell’ultimo secolo sono andate incontro ad una progressiva riduzione. Tra queste si segnalano: *Scrophularia auriculata*, *Mentha longifolia*, *Mentha spicata*, *Equisetum telmateja*, *Calystegia sepium*, *Alnus glutinosa*, *Salix alba*. Al fine di ottenere un risanamento e un

maggior sviluppo dell'ecosistema ripario sarebbe necessario effettuare mirati interventi di riqualificazione fluviale incentivando la naturale riqualificazione nei punti in cui è presente una vegetazione arborea-arbustiva autoctona, invece, effettuare interventi di piantumazione laddove ci sono formazioni secondarie e di scarso valore ecologico.

Per quanto riguarda la **fauna ittica** nel tratto tra il ponte di Gello e ponte alle Tavole troviamo il Ghiozzo di ruscello (*Padogobius nigricans* Canestrini, 1867), presente con una popolazione abbondante e ben strutturata e la Rovella (*Rutilus rubilio* Bonaparte, 1837), presente invece con una popolazione più contenuta, entrambe contribuiscono sicuramente ad accrescere l'interesse per questo tratto di Parco fluviale in quanto specie endemiche di pregio. A questo va aggiunto che ben 4 delle 6 specie presenti, sempre in questo tratto, *Leuciscus souffia*, *Barbus plebejus*, *Padogobius nigricans*, *Rutilus rubilio*, sono inserite nell'Allegato B della direttiva 92/43/CEE "Habitat" relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche, in quanto specie di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione.

Da sottolineare che nell'area interessata al progetto non sono presenti al momento aree protette.

#### **4.4.2 Torrente Vincio di Brandeglio**

Nonostante la presenza di opere antropiche che impediscono la continuità longitudinale (briglie) e quella laterale (difese di sponda) a cui si aggiunge nell'ultimo tratto anche la risagomatura della sezione trasversale questo torrente in generale è caratterizzato da una buona qualità dell'acqua e da una notevole presenza di microhabitat in alveo. Di conseguenza è stato rilevato che le opere sicuramente alterano e limitano la fauna ittica e la vegetazione riparia ma non la comunità di macroinvertebrati costituita per lo più da larve di insetti che grazie alla fase adulta aerea, riesco a colonizzare facilmente le diverse parti del corso idrico. Come risultato la comunità di macroinvertebrati presenta una elevata biodiversità con una presenza sempre maggiore di 20 taxa che in alcune stazioni divengono ben 28. Se si considera che tra queste unità sistematiche diverse sono considerate sensibili e buoni indicatori della qualità fluviale è questa sicuramente una condizione da tutelare visto che nei fiumi italiani sta divenendo sempre più rara. Da segnalare in particolare la presenza dei generi dei plecoteri *Dinocras* e *Protonemura*, la notevole abbondanza degli efemeroteri Heptageniidae ed inoltre il ritrovamento di bozzoli pupali di Blefaricedidae.

Altro aspetto che ha notevolmente caratterizzato tutto il tratto indagato, ad eccezione dell'ultimo, è stata la costante ed abbondante presenza di girini appartenenti alle specie Bufo Bufo e Rana Italica.

La Rana italiana è una specie endemica dell'Italia appenninica, recentemente elevata a rango specifico rispetto alla specie vicariante affine, la Rana greca, che vive nell'area balcanica. La specie è presente lungo quasi tutta la catena Appenninica fino all'Aspromonte. Predilige i torrenti anche di piccola portata con poca vegetazione acquatica o assente, e copertura boschiva ai margini. È la più acquatica delle "rane rosse". Spesso trascorre lungo tempo sott'acqua, magari nascosta sotto i sassi, soprattutto durante lo svernamento che avviene anche sotto i tronchi, la lettiera o all'interno di cavità naturali. Si rinviene dal livello del mare fino a oltre 1600 metri, più abitualmente a quote intermedie. La Rana italiana è protetta in alcune regioni italiane, ma poco si sa sul reale stato di conservazione delle popolazioni.

## 4.5 Analisi degli impatti

### 4.5.1 Impatti negativi

#### 4.5.1.1 CASSE DI ESPANSIONE “LAGHI PRIMAVERA”

La definizione del progetto di una cassa di espansione, sia in fase di cantiere che di esercizio, non può prescindere dal considerarne gli aspetti naturalistici. Un'impostazione basata esclusivamente sugli obiettivi di carattere idraulico può infatti causare effetti indesiderati sul territorio sia dal punto di vista geomorfologico sia da quello ecologico.

La costruzione di casse di espansione in tratti di corsi idrici con elevata naturalità può comportare in genere diversi impatti sull’ambiente o svantaggi naturalistici quali:

- necessità di argine perimetrale,
- distruzione fascia vegetazione riparia,
- rottura del continuum fiume-territorio con interruzione scambi fiume-territorio,
- erosione fondo e sponda opposta,
- necessità di artificializzare l'altra sponda e il fondo,
- scomparsa habitat acquatici e ripari (micro- e mesoscala),
- appiattimento alveo con conseguente deterioramento delle condizioni vitali per macroinvertebrati e pesci,
- la scomparsa della successione buche-raschi e, con essa, del flusso iporreico (infiltrazione nel subalveo a monte dei raschi e riemersione in testa alle buche) e della relativa capacità depurante.

Tuttavia quando si vanno a verificare questi impatti su un tratto notevolmente artificializzato, quale il torrente Ombrone nel tratto di studio, si verifica che diversi svantaggi naturalistici sussistono al di là dell’opera in oggetto. Nel nostro caso gli impatti negativi che incidono maggiormente sono i lavori dell’opera di derivazione delle casse sia in fase di cantiere che successivamente. Inoltre la vegetazione riparia, lungo il tratto in esame dell’Ombrone pistoiese, pur essendo disconnessa dal territorio circostante, a causa delle mura storiche di contenimento, la dove è presente, effettua ugualmente numerose funzioni utili sia per il corso idrico che per la conservazione della biodiversità (micro-mammiferi, uccelli, anfibi e rettili). Quindi nel caso dell’Ombrone pistoiese possiamo così riassumere i maggiori impatti prevedibili.

<b>Impatti negativi</b>	<b>Cantier e</b>	<b>Esercizi o</b>
distruzione fascia vegetazione riparia	<b>si</b>	<b>forse</b>
scomparsa habitat acquatici e ripari (micro- e mesoscala)	<b>si</b>	<b>si</b>
appiattimento alveo con conseguente deterioramento delle condizioni vitali per macroinvertebrati e pesci	<b>si</b>	<b>si</b>
Elevata torbidità dell’acqua	<b>si</b>	<b>no</b>
Movimento e compressione dei sedimenti in alveo e nelle sponde	<b>si</b>	<b>no</b>

#### 4.5.1.2 PRELIEVO SUL VINCIO

**Riduzione della portata.** La riduzione artificiale della portata oltre a ridurre le capacità di diluizione delle componenti chimiche del corso idrico riduce, a volte drasticamente, gli habitat acquatici per la comunità fluviale. A tale scopo in questo studio viene definito il DMV mediante il metodo biologico PHABSIM (per dettagli vedi Allegato 4.A) così come previsto nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana. Esso interpreta il DMV come la

portata minima necessaria, nei singoli siti, per garantire la sopravvivenza di una (o più) determinate specie animale indicatrici. Questo metodo ha da una parte il pregio di considerare la specificità biologica del corso d'acqua in esame, ma dall'altra il limite di avere validità, oltre che esclusivamente locale, limitata alle sole specie indicatrici e di considerare solo valori soglia. A questi metodi tradizionali di calcolo del DMV, basati sull'individuazione di una portata "soglia" da mantenere in alveo, nell'ultimo decennio si sono affiancati metodi basati su un concetto di "regime" (environmental flow), che incorporano la distribuzione nello spazio e nel tempo delle proprietà fisiche (portata, temperatura, sedimenti) e chimiche (nutrienti) di un ecosistema fluviale allo scopo di soddisfare le esigenze degli organismi che lo popolano e, più in generale, di assicurare la funzionalità ecologica del sistema. Alcuni metodi, tra cui quelli delle Autorità di Bacino del Serchio e del Magra, hanno introdotto il fattore "Modulazione", appositamente volto a superare il concetto di un DMV costante e a garantire, almeno in parte, la naturale variabilità del regime delle portate.

#### **4.5.1.3 DIGA DELLA GIUDEA**

Nel caso dell'invaso si ritiene che gli impatti per la Flora, Fauna ed Ecosistemi vadano considerati solo nella fase di cantiere. In questa fase infatti ci saranno consistenti movimenti di terra con traffico locale di camion che creeranno disturbo (impatto) sia alla vegetazione che alla fauna della zona. Tuttavia si ritiene che questi impatti non siano da considerarsi rilevanti né irreversibili visto la qualità degli ecosistemi circostanti:

- la vegetazione lungo le rive dell'invaso è costituita o da specie ruderali xerofile o da canneti a *Phragmites*;
- lungo il versante in prossimità della diga sono presenti specie arboree per lo più esotiche quali la *Robinia pseudoacacia*.

Più rilevante potrà essere l'impatto nel caso sia necessario compromettere o modificare anche solo parzialmente i boschi di pini marittimi e i querceti che si trovano nel versante sud est.

#### **4.5.2 Impatti positivi**

##### **4.5.2.1 CASSE DI ESPANSIONE "LAGHI PRIMAVERA"**

Un progetto di casse di laminazione, se interessa un tratto già alterato dall'uomo (ad es. argini che interrompono la continuità laterale), può rappresentare l'occasione per una restituzione parziale, poiché gestita artificialmente, al fiume dello spazio sottratto anche riattivando forme relitte o degradate di zone umide perifluviali.

Tuttavia anche in questo caso non è facile che un sistema di casse di espansione adempia, oltre alla funzione prettamente idraulica, anche un ruolo ecologico e naturalistico. Trattandosi di ambienti costruiti artificialmente che non sono adattati alla sommersione, il progetto deve prevedere un processo di adattamento che porti nel tempo alla formazione di comunità biologiche stabili anche se di valore inferiore a quelli di ambienti naturali maturi. La potenzialità ecologica della cassa di laminazione è diversa a seconda delle condizioni precedenti la realizzazione dell'opera e dell'assetto ecologico generale dell'area fluviale in cui è inserita.

## 4.6 Proposte di mitigazione

### 4.6.1 Casse di espansione “laghi primavera”

#### 4.6.1.1 CANTIERE

Risulta evidente dallo stato della vegetazione riparia che il tratto arboreo è, fra tutti, quello che presenta i caratteri di maggior pregio, pur manifestando anch'esso elementi di disturbo. La presenza di una copertura boschiva è importante anche per lo sviluppo di un ecosistema più complesso in grado di ospitare una componente faunistica più diversificata. Di conseguenza ci sarà la massima attenzione durante la fase di cantiere a non alterare la vegetazione arborea del tratto 6 che termina a 350 metri a monte del ponte alle Tavole.

Per i tratti maggiormente interessati dalla fase di cantiere (tratti 7 e 8) e quelli più a valle pur essendo alquanto alterati (vedi descrizione della flora fauna ed ecosistemi) in fase di cantiere si intende seguire una tempistica adeguata alla massima salvaguardia della già scarsa comunità acquatica e riparia, pertanto il periodo d'esecuzione dei lavori di cantiere verrà scelto in modo da minimizzare il danno alla vegetazione e ai popolamenti animali. Per i lavori in alveo, onde evitare il periodo riproduttivo e quello dei primi stati di sviluppo dei ciprinidi, considerando il tratto interessato dai lavori della cassa di espansione, il periodo più indicato va da settembre a gennaio. Di seguito si riporta una tabella a cui fare riferimento anche per eventuali altri tratti.

Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
cicli riproduttivi fauna acquatica	salmonidi			ciprinidi e altri								salmonidi
cicli biologici idrofite						sviluppo						
cicli biologici fauna terrestre				nidificazione riproduzione vertebrati								
Lavori in alveo zona a ciprinidi												
Lavori in alveo zona a salmonidi												
Manutenzione vegetazione esistente												

#### 4.6.1.2 CASSE DI ESPANSIONE

Gli effetti mitiganti all'interno della cassa verranno focalizzati sull'opportunità di ridurre considerevolmente gli interventi di manutenzione all'interno delle mura di contenimento prevedendo un piano di riqualificazione dell'ambiente. Infatti tali bacini se realizzati con criteri di riqualificazione ambientale compatibili con la funzione idraulica, possono consentire la creazione di mosaici diversificati di unità di differente livello di igrofilia, a seconda della frequenza degli allagamenti, dei rapporti con le acque di subalveo, della natura dei substrati, della morfologia ecc. Con questi criteri l'intervento su superfici di una certa estensione in fregio al fiume può costituire un'occasione per sviluppare nicchie ecologiche, terrestri e palustri, diversificate. In ragione della loro superficie possono risultare capaci di giocare un ruolo ai fini della biodiversità regionale, per questa ragione le casse di espansione, viste altre esperienze simili in Italia, hanno buone probabilità di diventare zone SIC o ZPS e quindi di tutela a scopo conservazionistico.

#### 4.6.1.3 DIGA DELLA GIUDEA

In considerazione del fatto che lo scopo dell'invaso è di tipo potabile alcune pratiche di mitigazione avranno sia la finalità di ridurre l'impatto sulla flora, fauna ed ecosistemi sia di migliorarne la qualità con sicura ricaduta sulla qualità stessa delle acque.

Di conseguenza si propongono tre azioni di mitigazione:

- Rive con acclività dolce e diversificata al fine di creare una zona litoranea con diverse profondità all'interno della quale si riformerà una vegetazione a *Phragmites* con finalità di autodepurazione e diversificazione dell'habitat. Per una maggior capacità depurativa si possono ipotizzare tagli periodici della *Phragmites*.
- Una fascia arborea con finalità di: consolidare le sponde, rimuovere eventuali inquinanti diffusi, e intrappolare i sedimenti e quindi la velocità di interrimento dell'invaso stesso. Questa vegetazione riparia può inoltre creare zone d'ombra lungo la riva estremamente utili come habitat per numerose specie.
- Controllare frequentemente le condizioni chimiche e di potenziale redox al fine di individuare possibili condizioni anossiche nell'interfaccia acqua-sedimenti. A questo fine verranno utilizzati come indicatore chimici: Fosforo totale, Ferro<sup>(3+)</sup>, Calcio e potenziale redox eventualmente integrati con manganese Mn<sup>(4+)</sup>.

## 4.7 Proposte di compensazione

Considerando la direttiva europea 200/60 non solo ci chiede di conservare i fiumi ma la dove è necessario di portare i nostri fiumi ad una condizione di buono stato ecologico e quindi gli impatti delle opere vanno visti in questo contesto si richiedono adeguate azioni di compensazione anche in vista di questa richiesta imminente da parte della Comunità Europea. Di conseguenza le proposte di compensazione possono o meglio dovrebbero essere viste come un'opportunità per migliorare la "salute" dei nostri fiumi, e quindi di riqualificarli ed è proprio in questa ottica che vengono viste le proposte di compensazione

### 4.7.1 Ombrone pistoiese

In generale come misura di compensazione si può ipotizzare un intervento di riqualificazione in particolare una gestione più sostenibile del torrente Ombrone nel tratto studiato. Questa richiesta trova supporto anche dal fatto che le motivazioni di tipo idraulico per cui la maggior parte dei lavori in alveo venivano eseguite vengono meno o comunque si ridurranno in modo consistente grazie al progetto di cassa di espansione Laghi Primavera. Con il tipo di gestione che è stato adottato fino ad ora non si è tenuto conto della qualità della vegetazione e dell'importanza che l'ambiente ripario potrebbe rivestire nella valorizzazione del territorio circostante a causa della prioritizzazione del rischio idraulico. In futuro la manutenzione idraulica del corso idrico dovrebbero armonizzarsi con una gestione sostenibile del torrente Ombrone.

Per quanto riguarda la qualità della vegetazione si dovrebbero mettere a punto interventi che incrementino le specie igrofile e che limitino l'ingresso di quelle nitrofile e ruderali. Inoltre si dovrebbe arricchire l'attuale vegetazione con elementi arborei ed arbustivi caratteristici degli ambienti ripari, soprattutto nei tratti dove questi sono del tutto assenti. Questo intervento aumenterebbe la diversità della vegetazione e del paesaggio, che attualmente risulta semplificato e fruibile dal punto di vista ricreativo solo per un breve tratto.

Questa proposta di riqualificazione fluviale oltre ad avere valenza mitigante e di compensazione nel contesto delle opere in progetto da un forte contributo ad alcuni obiettivi locali (Lotto: G, R.L. Breschi): "Le opere progettate e la nuova viabilità ad esse funzionale si misurano con i temi della riqualificazione di questo ambito territoriale e cercano di affrontare e dare soluzioni ad alcune rilevanti questioni di interesse urbanistico ed ambientale: il coerente inserimento del sistema casse di espansione previsto dal Piano Stralcio rischio idraulico in un progetto di valorizzazione e fruizione del corso dell'Ombrone da Ponte Calcatola a Pontelungo e oltre. ...." Inoltre l'area in oggetto è in larga parte inserita dal vigente Piano Strutturale nel "Sistema delle Mura Verdi del Capoluogo".

Per un dettaglio delle proposte di riqualificazione dell'Ombrone si fa riferimento al lavoro commissionato dalla provincia di Pistoia: “ Studio dei processi geomorfologici, del trasporto solido e degli aspetti ecologici del torrente Ombrone nel tratto compreso tra ponte di Calciaiola e il ponte sull'autostrada” Parte III (Rinaldi e Gumiero 2005). Da questo lavoro viene qui riportato lo scenario che più si avvicina ad una reale proposta di riqualificazione.

Dallo scenario derivante da una **gestione sostenibile della vegetazione riparia** si possono ipotizzare una serie di risposte positive dell'ambiente fluviale. Il corso d'acqua, essendo relativamente libero di muoversi, acquisirebbe una sua configurazione morfologica relativamente naturale ed una sua stabilità (equilibrio dinamico); la funzionalità geomorfologica promuoverebbe spontaneamente il suo funzionamento da un punto di vista ecologico, attraverso la diversificazione di habitat all'interno dell'alveo (associati alle situazioni di *riffles*, *pools*, barre, anse, sponde in erosione, ecc.) e nelle zone riparali. Attraverso le sue variazioni laterali, il corso d'acqua ricreerebbe progressivamente una pianura inondabile, nella fascia compresa tra l'alveo attivo e le mura, cioè una superficie inondata frequentemente, con diversi effetti benefici associati quali: creazione di zone umide e habitat ripari laterali, ricarica della falda per effetto dei frequenti periodi in cui la superficie viene allagata, effetto di laminazione delle piene. Nelle aree riparie si ricreerebbero con il tempo una successione vegetazionale almeno parzialmente (infatti le mura impedirebbero il completamento dello sviluppo trasversale) simile a quella di un corso d'acqua in condizioni naturali. Nell'alveo naturale le acque superficiali sarebbero più fresche grazie all'ombreggiamento della vegetazione riparia; ciò consentirebbe alle acque di contenere una maggior concentrazione di ossigeno disciolto; la temperatura sarebbe più stabile (minori variazioni giornaliere e stagionali); l'ombreggiamento renderebbe l'ambiente più favorevole alla presenza dei pesci che, essendo sprovvisti di palpebre, sono disturbati (“abbagliati”) dall'eccessiva luminosità. La caduta delle foglie fornirebbe ai macroinvertebrati (e quindi ai pesci, che di essi si nutrono) un apporto alimentare di lunga durata. L'ambiente sarebbe in questo modo nuovamente ricco di habitat per i macroinvertebrati ed i pesci. In condizioni di piena i pesci potrebbero rifugiarsi dietro ripari (massi, tronchi, anfratti) o ricercare gli habitat con minor velocità. In condizioni di magra si potrebbe giungere fino al disseccamento dei raschi, ma le buche fornirebbero un habitat rifugio che consentirebbe agli organismi acquatici di sopravvivere, superando il periodo critico. Il progressivo recupero di biodiversità potrebbe favorire la presenza di organismi animali e vegetali di interesse naturalistico ed aumentare la capacità autodepurativa del corso idrico.

In questo scenario si devono inoltre ipotizzare alcuni effetti negativi da tenere sotto controllo, di seguito vengono date anche delle indicazioni di massima per evitarli o minimizzarli.

La mobilità delle sponde finirebbe inevitabilmente con l'interessare le mura arginali, causandone un loro danneggiamento per erosione al piede di conseguenza sarà necessario effettuare alcuni interventi di consolidamento, peraltro già previsti, oppure utilizzare deflettori di corrente.

La crescita indisturbata di vegetazione nella fascia riparia ed in alveo, così come eventuali processi di sedimentazione, potrebbero nel medio termine aumentare il pericolo di esondazione, data appunto l'esigua larghezza della fascia nella quale il corso d'acqua può divagare ed esondare, tuttavia l'effetto laminante delle casse dovrebbe ridurre notevolmente questo problema che richiederà in ogni caso un controllo al fine di individuare dove e quando effettuare interventi di manutenzione effettivamente necessari.

Un eccessivo accumulo di LWD potrebbe aumentare il rischio idraulico creando dighe naturali in prossimità dei ponti o delle strettoie. Al fine di evitare questa possibilità si rende pertanto necessario studiare un piano di gestione accurata del detrito legnoso.

In sintesi sarà quindi necessario valutare una strategia di gestione finalizzata a mantenere la massima biodiversità del corridoio fluviale e nel contempo permettere la fruibilità dell'area ai cittadini.

Per azioni specifiche di riqualificazione e altri scenari si fa riferimento al sopra menzionato lavoro (Rinaldi e Gumiero, 2005) messo in allegato.

#### **4.7.2 Vincio di Brandeggio**

Per la salvaguardia della fauna ittica ed una maggior salute del corso idrico si rende necessario ripristinare sia la continuità longitudinale con passaggi per i pesci sia la continuità laterale, per lo meno da una delle due sponde, ricreando habitat laterali a bassa velocità di corrente idonei come rifugi, per la riproduzione e per gli avannotti.



## 4.8 Monitoraggio

Oggigiorno si sta iniziando a considerare l'ambiente fluviale come un ecosistema complesso caratterizzato da strette interrelazioni con il territorio circostante, basate su consistenti scambi di materia ed energia. Di conseguenza si accresce la consapevolezza del ruolo che assumono le fasce riparie, che collegano più o meno gradualmente l'ambiente acquatico con quello terrestre, o le arginature che, per contro, impediscono questo collegamento, separando l'alveo dal resto del territorio. Diviene così sempre più importante l'esigenza di disporre di metodi di indagine (monitoraggio) che consentano di effettuare valutazioni di sintesi della funzionalità dei corsi d'acqua. Questa esigenza procede di pari passo con l'affermarsi di una coscienza sociale sempre più consapevole della necessità di recuperare la sostenibilità delle azioni che coinvolgono il territorio in cui viviamo (sviluppo) e del fatto che solo l'integrità degli ecosistemi ne garantisce la funzionalità e la capacità di rigenerare la risorsa. È da questa consapevolezza che l'integrità biologica è divenuta uno dei punti cardini della Direttiva Europea sull'acqua (WFD 2000/60).

In generale "integrità ecologica" è un termine che viene usato per descrivere quegli ecosistemi in grado di sostenersi e regolarsi da soli: per esempio quelli che hanno una catena alimentare completa con tutte le specie tipiche di quel sistema, che possono mantenere le loro popolazioni e in cui i processi ecologici funzionano in modo naturale (flusso di energia, nutrienti, ciclo dell'acqua, etc.). Non può esserci quindi una misura diretta dell'integrità, ma questa può essere valutata attraverso l'utilizzo di opportuni indicatori. Tali indicatori devono comunque considerare che un fiume è un ecosistema aperto ed estremamente variabile, che esso può essere studiato a varie scale, da quella molto grande a quella molto piccola, che piante ed animali entrano ed escono da questo ecosistema sia semplicemente attraversandolo, sia soffermandosi al suo interno e utilizzando le risorse presenti: ecco quindi che affinché un ecosistema si possa definire integro esso dovrebbe contenere determinate specie vegetali e animali ed i processi ecologici dovrebbero funzionare in modo "naturale". Questo è anche uno dei motivi per cui generalmente si preferisce una stima qualitativa ad una quantitativa.

In questo studio d'impatto ambientale si è ritenuto il caso di concentrare il monitoraggio ecologico minimo su due metodi comunemente usati in Italia: L'indice di Funzionalità fluviale (IFF) e l'IBE (L'Indice Biotico Esteso). Gli stessi dovrebbero comunque essere integrati con le analisi chimiche e batteriologiche previste nel L.I.M. inserite nella normativa vigente ed associate all'IBE nel calcolo del SECA (Stato Ecologico Ambientale).

### 4.8.1 Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.)

Uno dei metodi di monitoraggio fluviale attualmente utilizzato in Italia che più si avvicina alle richieste della sopraccitata direttiva Europea è l'I.F.F. che, se pur non recepito da nessuna normativa italiana, viene spesso utilizzato, in ambito nazionale, in associazione agli indici previsti dalla 152/99 (I.B.E., L.I.M. e S.E.C.A.).

La metodica di valutazione di questo indice è stata sviluppata in Italia dall'ANPA (Agenzia Nazionale Protezione Ambientale) a partire da quella relativa utilizzata in Svezia per i corsi d'acqua montani (River Channel Environmental Inventory - RCE). Una delle modifiche più importanti introdotte è l'integrazione degli aspetti funzionali con quelli strutturali prendendo in considerazione un'ampia gamma di informazioni riguardanti l'ambiente e i processi biologici che avvengono all'interno dell'ecosistema fluviale e in connessione con l'adiacente fascia riparia influente su di esso. Attraverso la descrizione di parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema, interpretati alla luce dei principi dell'ecologia fluviale, vengono rilevati la funzione ad essi associata e l'eventuale grado di allontanamento dalla condizione di massima funzionalità. Questo indice può essere uno strumento particolarmente utile per la

programmazione di interventi di ripristino dell'ambiente fluviale e per supportare le scelte di una politica di conservazione degli ambienti più integri.

#### 4.8.1.1 TORRENTE OMBRONE PISTOIESE

Nello studio effettuato da Rinaldi e Gumiero (2005) il tratto oggetto di studio lungo 7 km è stato suddiviso in 25 stazioni I.F.F..

Il tratto da Ponte Calcaiola a Ponte di Gello presenta un graduale peggioramento da monte verso valle. Si parte infatti con una seconda classe di qualità (buona funzionalità) subito a monte del Ponte di Gello, successivamente è caratterizzato da un complessivo giudizio di funzionalità mediocre (Classe terza) per poi peggiorare ulteriormente (scadente classe IV) dopo l'attingimento dell'acquedotto. Da segnalare le condizioni pessime in prossimità della Permaflex. Il tratto da Ponte di Gello a Ponte alle Tavole può essere definito con un giudizio complessivo di buono-mediocre (Classe II e III) fatta eccezione per il tratto in corrispondenza del ponte alle Tavole in cui il giudizio di funzionalità si riduce a scadente-pessimo (IV-V). Il Tratto da Ponte alle Tavole al Ponte sull'autostrada presenta una notevole omogeneità che corrisponde ad un giudizio di qualità scadente (Figura 4.60).

##### Da Ponte di Calcaiola a Ponte di Gello

stazioni	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx
SCORE	205	205	145	150	61	126	121	145	79	79	56	50	72	62	64	96	125	145	58	104
Classe di Qualità'	II	II	III	III	IV-V	III	III	III	IV	IV	IV-V	V	IV	IV	IV	IV	III	III	IV-V	III-IV
colore di riferimento	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	

##### Da Ponte di Gello a Ponte alle Tavole

stazioni	11		12		13		14		15		16		17	
	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx
SCORE	187	201	167	171	156	200	211	215	51	55	221	225	109	104
Classe di Qualità'	II-III	II	III	III	III	II-III	II	II	IV-V	IV-V	II	II	III-IV	III-IV
colore di riferimento	■		■		■		■		■		■		■	

##### Da Ponte alle tavole a Ponte sull'Autostrada

stazioni	18		19		20		21		22		23		24		25	
	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx
SCORE	53	67	61	113	67	57	76	93	63	63	84	84	68	68	75	80
Classe di Qualità'	IV-V	IV	IV	III-IV	IV	IV-V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
colore di riferimento	■		■		■		■		■		■		■		■	

Figura 4.60 - Valore e classe di qualità dell'Indice di funzionalità Fluviale in tutte e 25 le stazioni.

Da sottolineare che durante il periodo di studio sopra menzionato (da settembre 2003 a dicembre 2004) si sono verificate variazioni dell'Indice di Funzionalità Fluviale, in particolare nel tratto a monte del ponte di Calcaiola (tratto I.F.F. = 1) e nel tratto a monte del ponte di Gello (tratto I.F.F. = 10). La causa è da ricercarsi negli interventi di risagomatura dell'alveo finalizzati alla manutenzione ed alla messa in sicurezza del corso d'acqua che hanno comportato importanti modifiche dell'habitat fluviale e un evidente perdita della funzionalità fluviale.

#### 4.8.1.2 TORRENTE VINCIO DI BRANDEGLIO

L'IFF è suddiviso in 14 domande ognuna delle quali prende in considerazione diversi parametri che caratterizzano la funzionalità dell'ecosistema fluviale. Ad ogni domanda sono associate 4 risposte che descrivono il livello di qualità di quel parametro nel tratto

considerato (Tabella 4.7). Di seguito viene fatta una breve analisi suddivisa per i sopraccitati parametri nel tratto indagato.

Tabella 4.7 – tabella dei valori IFF con dettaglio delle 14 domande.

stazioni	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	4870753		4870710		4870673		4870646		4870610		4870584		4870555		4870521		4870496		4870415	
lat	650404		650415		650438		650525		650590		650596		650639		650652		650652		650688	
long	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx
Stato del territorio circostante	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
Vegetazione nella fascia perifluviale	30	30	1	1	1	1	30	30	25	25	30	30	10	10	10	30	10	30	25	25
ampiezza della fascia riparia	15	5	1	1	5	5	15	15	15	15	15	15	5	5	15	15	15	15	15	15
continuità della fascia	20	20	5	5	5	5	20	20	10	10	20	20	10	10	20	20	20	20	20	20
condizioni idriche	20	20	20	20	20	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
conformazione rive	25	25	1	1	1	5	25	5	25	5	1	1	25	5	25	5	25	5	25	5
strutture di ritenzione	15	15	15	15	15	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
erosione	15	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
sezione trasversale	15	15	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
struttura del fondo	15	15	5	5	5	5	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
raschi pozze meandri	20	20	5	5	5	5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
componente vegetale in alveo	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
detrito	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
comunità bentonica	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>SCORE</b>	<b>245</b>	<b>250</b>	<b>104</b>	<b>119</b>	<b>108</b>	<b>127</b>	<b>231</b>	<b>226</b>	<b>216</b>	<b>211</b>	<b>207</b>	<b>222</b>	<b>191</b>	<b>186</b>	<b>211</b>	<b>226</b>	<b>211</b>	<b>226</b>	<b>226</b>	<b>221</b>
<b>Classe di Qualità*</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III-IV</b>	<b>III-IV</b>	<b>III-IV</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II-III</b>	<b>II-III</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
colore di riferimento																				

stazioni	11		12		13		14		16		17		18		19		20	
	4870400		4870387		4870357		4870344		4870294		4870270		4870048		4869911		4869820	
lat	650731		650760		650808		650841		650920		650960		651535		651679		651748	
long	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx
Stato del territorio circostante	5	20	5	20	5	20	5	20	5	1	5	1	5	1	5	1	1	1
Vegetazione nella fascia perifluviale	1	25	10	25	25	25	10	10	10	10	1	1	30	30	1	1	1	1
ampiezza della fascia riparia	1	15	5	15	5	5	5	5	1	1	1	1	5	5	5	1	1	1
continuità della fascia	1	20	5	10	20	20	5	5	1	1	1	1	5	10	5	5	1	1
condizioni idriche	15	15	15	15	15	15	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
conformazione rive	5	5	25	5	25	5	1	1	5	5	5	5	15	25	5	5	1	1
strutture di ritenzione	25	25	25	25	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15	25	25	15	15
erosione	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
sezione trasversale	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1
struttura del fondo	25	25	25	25	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
raschi pozze meandri	20	20	20	20	5	5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	5	5
componente vegetale in alveo	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
detrito	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
comunità bentonica	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>SCORE</b>	<b>149</b>	<b>221</b>	<b>196</b>	<b>211</b>	<b>171</b>	<b>166</b>	<b>127</b>	<b>142</b>	<b>133</b>	<b>129</b>	<b>124</b>	<b>120</b>	<b>171</b>	<b>182</b>	<b>142</b>	<b>134</b>	<b>97</b>	<b>97</b>
<b>Classe di Qualità*</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>II-III</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III-IV</b>	<b>III</b>	<b>II-III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>
colore di riferimento																		

Stato del territorio circostante: domanda 1

Rilevare l'uso del territorio circostante al corso d'acqua è estremamente importante per la forte influenza che esercita sulla qualità dell'acqua. Da questo punto di vista il nostro tratto indagato presenta elementi di forte naturalità come il bosco presente in destra idrografica dall'inizio del tratto a monte fino alla stazione 14 in prossimità del ponte Agnolo, in questo stesso tratto sulla sinistra abbiamo una condizione molto diversa con una forte prevalenza di uliveti, un piccolo agglomerato urbano e case sparse. Per questo motivo in sinistra il valore IFF si riduce da 20 a 5 che corrisponde a "colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti". Probabilmente il valore di 5 penalizza troppo la coltura ad uliveti che rispetto alle altre colture permanenti ha un impatto inferiore sulla qualità dell'acqua. Nel tratto dal Ponte Agnolo alla confluenza con l'Ombrone in destra il territorio si fa decisamente più urbano, mentre in sinistra rimane pressoché simile al tratto a monte.

Vegetazione riparia: domande 2,3 e 4

Visto l'estrema importanza che ha questa componente sulle funzionalità del corso idrico la scheda IFF gli riserva 3 domande volte ad indagare le caratteristiche della vegetazione l'ampiezza della fascia e la sua continuità. A monte dell'opera di presa è presente una vegetazione riparia tipica con prevalenza di Ontano, Salici e Sambuco. Da segnalare pochi esemplari della specie esotica *Robinia pseudoacacia*. Per contro il tratto di circa 90 metri dove si trova l'opera di presa è

caratterizzato dalla quasi totale assenza di vegetazione arborea. Il tratto che va dal sito IFF 4 al 14 la vegetazione riparia presenta per lo più specie tipiche che quando hanno un portamento arboreo viene assegnato il valore di IFF 30 quando invece, a causa di tagli frequenti, non riescono a raggiungere tali dimensioni ma si presentano in forma arbustiva il valore IFF scende a 25. Sempre in questo tratto è da segnalare che in corrispondenza di diversi siti IFF la vegetazione riparia ha una prevalenza di specie esotiche: Robinia pseudoacacia, Noce, lauro ceraso etc. Dal sito 14 alla confluenza con l'Ombrone la qualità della vegetazione si riduce considerevolmente e diviene prevalentemente erbacea oppure esotica.

L'ampiezza della vegetazione riparia là dove presente (valori IFF superiori a 1) presenta valori da pochi metri (meno di 5) con valore di IFF=5 a una decina circa con IFF=10 ma non supera mai i 20 metri.

La continuità della fascia riparia presenta una notevole variabilità si va da tratti senza interruzioni (IFF=20) a tratti di vegetazione erbacea rada (IFF=1).

#### Condizioni idriche: domanda 5

Il Vincio è un tipico torrente sottoposto a variazioni di portata stagionali a cui si aggiungono oltre al prelievo a scopo potabile anche numerosi attingimenti (legali e non) a scopo irriguo. Di conseguenza l'andamento delle portate viene alterato in particolare nella stagione più siccitosa in cui anche le esigenze di tipo irriguo aumentano.

#### Conformazione delle rive erosione e sezione trasversale Domande 6,8 e 9.

L'obiettivo della domanda sulla conformazione delle rive è quello di valutare la diversità ambientale della stretta fascia di confine tra l'alveo di morbida e fascia perfluviale, in funzione della ricchezza di habitat per le biocenosi. Nel nostro tratto passiamo da una condizione quasi ottimale a monte dell'opera della presa ad una decisamente artificiale e povera di habitat dove è presente l'opera di presa stessa. Più a valle troviamo condizioni diverse nelle due rive. Quella destra è presente un muro di sassi di fiume cementificati tra loro che essendo ricoperto da rovi ed arbusti non è sempre di facile identificazione. Infine nel tratto più a valle l'alveo di morbida viene considerato interno ai muretti di contenimento per cui le sponde risultano ricoperte da uno strato erbaceo.

La notevole presenza di briglie e di opere longitudinali di difesa spondale, che di fatto, impediscono l'erosione è indice di un'elevata potenza erosiva della corrente. La forza erosiva del Vincio viene ulteriormente evidenziata dallo scalzamento, in diversi punti, del piede del muretto spondale. Di conseguenza viene attribuito a tutto il tratto il valore minore (IFF=1) eccetto il tratto a monte dell'opera di presa.

La presenza delle opere di difesa compromette anche la naturalità della sezione che se nel tratto a valle dell'opera di presa fino a ponte Agnolo, essendo compromessa solo una delle due sponde, può essere considerata naturale con lievi interventi artificiali IFF=10. Nel tratto più a valle il valore di IFF si riduce poiché o abbiamo una sezione trapezoidale quindi imposta dalla gestione dell'uomo oppure ancora più a valle (IFF n° 20) abbiamo dei muretti di contenimento da entrambi i lati.

#### Morfologia dell'alveo: strutture di ritenzione e del fondo, raschi pozze e meandri. Domande 7, 10 e 11.

Le prime tre schede di IFF rilevano un fondo prevalentemente a ciottoli con un fondale piuttosto stabile ma con un'efficacia ritentiva relativamente bassa. Situazione diversa viene rilevata per il tratto a valle dell'opera di presa fino al ponte Agnolo in cui la notevole presenza di massi e di vegetazione riparia determina una notevole capacità ritentiva oltre che elevata diversità di habitat (IFF=25). Nel tratto più a valle a causa sia della minor presenza di massi sia della maggior uniformità dell'alveo, le strutture di ritenzione e del fondo subiscono una riduzione di qualità corrispondente ad un valore di IFF = 15.

In generale il tratto di Vincio considerato in questo studio presenta una buona diversificazione di ambienti che tuttavia a causa dei notevoli interventi umani (briglie, difese spondali) presentano una sensibile irregolarità nella loro distribuzione. Solo localmente si può trovare una netta predominanza di una tipologia rispetto ad un'altra come ad esempio: lunghi rifte (IFF n° 13) o lunghe pozze.

#### Componente vegetale in alveo: domanda 12

Questa domanda ha la finalità di valutare lo stato trofico delle acque attraverso l'osservazione della componente vegetale in alveo come ad esempio: uno spesso strato perifitico su substrati duri oppure la presenza di macrofite tolleranti. In tutto il tratto non è stata rilevata la presenza né di perifiton né di macrofite neppure nei tratti privi di copertura vegetale e quindi si ritiene che la qualità dell'acqua sia elevata e con scarso contenuto di nutrienti.

#### Detrito e comunità di macroinvertebrati, domande 13 e 14

Avendo effettuato la compilazione delle schede IFF in primavera, il detrito organico in alveo era poco abbondante tuttavia vista la buona qualità dell'acqua, rilevata dalla domanda precedente, e la notevole ricchezza della comunità bentonica viene dato il valore massimo di IFF = 15.

La comunità di macroinvertebrati rilevata tramite campionamenti qualitativi risulta "ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale. Per un maggior dettaglio si rimanda ai capitoli 4.3. 2.1 e 4.4.2.1.

### **4.8.2 Indice Biotico Esteso (I.B.E.)**

Questo metodo (Woodiwiss, 1978 modificato da Ghetti, 1986 e successivi aggiornamenti) è considerato nel D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152 in materia di tutela della acque dall'inquinamento e dal suo aggiornamento D.Lgs. 18 agosto 2000 n. 258 e consente di definire la qualità biologica di un tratto di fiume mediante l'analisi della struttura della comunità di macroinvertebrati. Il giudizio viene espresso sulla base di valori numerici convenzionali (valori di indice biotico). Può essere utilizzato per la diagnosi di qualità a grande scala territoriale (per esempio nel mappaggio di interi reticoli idrografici), per il controllo periodico di alcune sezioni di un corso d'acqua (per esempio a monte e a valle di un depuratore), per le analisi di impatto ambientale e per valutare il recupero di un corso d'acqua dopo l'esecuzione di opere di risanamento. Questo sistema di analisi si basa sulla conoscenza che i macroinvertebrati fluviali sono molto sensibili anche ad alterazioni minime dell'ambiente acquatico e ciò si manifesta con una diminuzione del numero di specie, soprattutto di quelle più sensibili, con il conseguente verificarsi di una riduzione della diversità biologica. Il monitoraggio della comunità di macroinvertebrati fornisce, attraverso un indice di 5 classi di qualità, delle informazioni che, se opportunamente trasferite su di una base cartografica, consentono di ottenere una zonizzazione dell'asta fluviale in funzione del grado di alterazione esistente. In sintesi si può affermare che questo indice risponde bene alle variazioni della qualità dell'acqua, parzialmente all'eterogeneità del substrato e all'artificializzazione dell'alveo e male a riduzioni della portata, alla distruzione degli habitat perifluviali (zone umide, vegetazione riparia), alle esigenze dei pesci e alle interruzioni della continuità.

#### **4.8.2.1 TORRENTE OMBRONE PISTOIESE**

Durante l'indagine sono stati effettuati sette campionamenti qualitativi in ognuna delle sei. Da ricordare che durante la campagna di ottobre erano in atto lavori di risistemazione dell'alveo

da parte del Consorzio che hanno portato ad un notevole sconvolgimento della situazione nella Stazione X1.

Tabella 4.8 - Valori di I.B.E. prima e dopo i lavori in alveo nelle sei stazioni. I colori corrispondono alle classi di qualità dell'I.B.E.: verde= 2a classe, giallo= 3a classe, arancione= 4a classe, rosso= 5a classe.

I.B.E.	X1	E1	A1	A2	E2
5/2/04	8	6	8	8	5
6/4/04	8	9	8	8	8
21/4/04	8	7	7	8	6
21/5/04	7	7	8	8	8
1/7/04	8	8	7	8	6
<b>media pre-lavori</b>	8	7	8	8	7
1/10/04	5	3	7	8	7
1/12/04	6	6	8	7	5
<b>media post-lavori</b>	6	5	8	8	6
<b>media camp.ufficiali</b>	7	6	8	8	6

Dai campionamenti eseguiti nel periodo da febbraio a luglio 2004 (Tabella 4.8) si può vedere come la qualità dei tratti indagati sia abbastanza costante nel tempo. I valori di I.B.E. più elevati (8 e 9, che corrispondono ad una seconda classe) sono stati riscontrati nei siti X1 (a monte del ponte di Calcaiola), A1 ed A2 (nel tratto a valle del Ponte di Gello).

Nelle stazioni E1 ed E2 sono stati registrati valori medi leggermente più bassi dell'ordine di 7 corrispondente ad una terza classe. Nella stessa classe viene inclusa anche la stazione X2 pur avendo un valore di I.B.E. leggermente inferiore (6). Da rilevare in sole due occasione un basso valore di I.B.E. (5) registrato a febbraio in corrispondenza delle stazioni E2 ed X2; molto probabilmente la causa è da imputare al lungo periodo di siccità protrattosi da maggio 2003 fino a metà ottobre 2004 che ha interessato in particolare queste due stazioni. Inoltre, dopo questo periodo di stress da mancanza idrica prolungata, il tratto dell'Ombrone Pistoiese è stato interessato da alcuni eventi di piena ( 8/11, 27/11, 21/12. 29/12 2003 e 17/1/2004) che molto probabilmente non hanno permesso la completa ricolonizzazione da parte dei macroinvertebrati che normalmente vivono in questo tratto di fiume.

#### 4.8.2.2 TORRENTE VINCIO DI BRANDEGLIO

In Tabella 4.9 si possono osservare i dati relativi al macrobenthos campionato nelle sei stazioni a cui è stata assegnata una classe di abbondanza (Raro, Comune, Abbondante) per ciascun taxa campionato.

Tabella4.9 - Campioni qualitativi di macrobenthos raccolti nelle 6 stazioni del torrente Vincio, in data 16/05/2007. R=raro (1-4 individui), C=comune (5-20 individui), A=abbondante (>20 individui).

T.VINCIO 16/05/2007	STAZIONI					
	0	1	2	3	4	5
<b>Plecopteri</b>						
g. Dinocras	R					R
g. Leuctra	R	C	C	R	C	R
g. Protonemura	R		R			
<b>Efemerotteri</b>						
g. Baetis	C	A	R	A	A	C
g. Caenis	R			R		
g. Ecdyonurus	C	R	C	C	R	C
g. Epeorus		R				R
g. Ephemera	C		C	R	R	
g. Ephemerella	C	R	R	C	C	R
g. Habroplebia		R	C	R	R	
g. Habroleptoides	C	R	C	C		R
g. Rhithrogena	R	C	R	R	R	R
<b>Tricotteri</b>						
f. BERAETIDAE	R		R			R
f. GOERIDAE						R
f. HYDROPSYCHIDAE	C	R	R	R	R	C
f. LIMNEPHILIDAE				R		
f. LEPTOCERIDAE	R					
f. ODONTOCERIDAE	R	R	R		R	
f. PHILOPOTAMIDAE	C	R	R	R	R	R
f. POLYCENTROPODIDAE		R				
f. RHYACOPHILIDAE	R	R	R		R	C
f. SERICOSTOMATIDAE	R	R	R		R	R
<b>Coleotteri</b>						
f. DYTISCIDAE					R	R
f. DRYOPIDAE			R			
f. ELMINTIDAE	C	C	C	R	C	R
f. GYRINIDAE			R			R
f. HELODIDAE	C	C	R	C	R	C
f. HYDRAENIDAE	R	R	R			R
<b>Odonati</b>						
g. Calopteryx				R		
g. Gomphus			R			
g. Onychogomphus						R
<b>Ditteri</b>						
f. CERATOPOGONIDAE	R		R	R	R	R
f. CHIRONOMIDAE	C	C	R	C	C	R
f. DIXIDAE		R				
f. EMPIDIDAE						R
f. LIMONIIDAE	C	R	C	C	C	C
f. SIMULIDAE	R	A	R	R	A	C
f. TABANIDAE	R		R	R		R
<b>Crostacei</b>						
f. GAMMARIDAE	R	R	R		R	
<b>Tricladi</b>						
g. Dugesia					R	
<b>Irudinei</b>						
g. Dina	R					
<b>Oligocheti</b>						
f. LUMBRICIDAE	R				R	R
f. NAIDIDAE		R				
<b>TOTALE U.S.</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>27</b>

Tabella 4.10 - Valori di I.B.E. e classi di qualità nelle 6 stazioni del torrente Vincio.

T.VINCIO 16/05/2007	STAZIONI					
	0	1	2	3	4	5
<b>IBE</b>	12	10	11	9	10	11
<b>CQ</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>I</b>

Complessivamente, il tratto del torrente Vincio esaminato, si è rivelato poco alterato e vicino al suo stato di naturalità, raggiungendo, in quasi tutte le stazioni, una classe di qualità prima (Tbella 4.10). Nella stazione 3, l'ambiente fluviale mostra segni di inquinamento, confermati dalla minor presenza di taxa considerati sensibili, al contrario questi taxa sono stati trovati

nelle altre stazioni. Tuttavia la stazione 3 non si discosta molto dalle altre e raggiunge una classe di qualità seconda.

## Bibliografia

- GROWNS J.E., KING A.J. & BETTS F.M., 1999. The snag bag: a new method for sampling macroinvertebrate communities on large woody debris. *Hydrobiologia* 405: 67-77.
- Oberdorfer E., 1970. *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. Ulmer Stuttgart.
- Papini P., 2003. La vegetazione del sistema fluviale Lima-Serchio (Toscana Settentrionale). Università degli studi di Firenze, Dipartimento di biologia Vegetale, Parlatorea, VI, 95-129.
- Pedrotti F. & Gafta D., 1996. *Ecologia delle foreste ripariali e paludose dell'Italia*. Università degli studi di Camerino, Dipartimento di Botanica ed Ecologia.
- Petersen, R.C., 1982. The RCE : a Riparian Channel and Environmentinventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology* 27: 295-306.
- Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia* 3 vol. Edagricole, Bologna.
- Pirola A. & Rossetti A., 1974. Poligono-Xianthietum italici ass.nova, vegetazione di gretodel corso medio del Reno (Bologna).
- Rinaldi M. & Gumiero B., 2005. Studio dei processi morfologici, del trasporto solido e degli aspetti ecologici del Torrente Ombrone pistoiese nel tratto compreso tra Ponte di Calcaiola e il Ponte sull'autostrada. Dipartimento di Ingegneria Civile, Univ. Di Firenze
- Siligardi M. & Maiolini B., 1990. L'inventario delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua alpini: guida all'uso della scheda RCE-2. *Biologia ambientale* VII 30: 18-24.
- Ubaldi D., 2003. *La vegetazione boschiva d'Italia: manuale di fitosociologia forestale*. Bologna. CLUEB
- Ward D., Holmes N. & Josè P., 1994. *The New Rivers and Wildlife Handbook*, pp.111-117. RSPB (The Royal Society for the Protection of Birds), NRA (National Rivers Authority) and RSNC (The Royal Society for Nature Conservation), Bedfordshire