



COMUNE DI  
**LUNGAVILLA**  
PROVINCIA DI PAVIA

**PIANO DELLA RISERVA  
NATURALE  
STAGNI DI LUNGAVILLA**

**01**

Fascicolo di corredo:  
**STUDIO INTERDISCIPLINARE  
DELLO STATO DI FATTO**  
Ai sensi dell'Allegato 1 alla DGR 4598/2015 e della DCR 16/2010

Quaderno

**A**

**SETTORE GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

**INDICE**

<b>A1</b>	Studio geologico, geomorfologico ed idrografico
<b>A2</b>	Inquadramento geografico e climatologico
<b>A3</b>	Gestione dei bacini idrici del Parco Palustre - Valutazione di compatibilità idrogeologica dell'attuale attingimento da pozzi idrico e suggerimenti in merito



COMUNE DI  
**LUNGAVILLA**  
PROVINCIA DI PAVIA

**PIANO DELLA RISERVA  
NATURALE  
STAGNI DI LUNGAVILLA**

**01**

Fascicolo di corredo:  
**STUDIO INTERDISCIPLINARE  
DELLO STATO DI FATTO**  
Ai sensi dell'Allegato 1 alla DGR 4598/2015 e della DCR 16/2010

Quaderno

**A**

**SETTORE GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

**A1**

**Studio geologico, geomorfologico ed idrografico**  
1986

Prof. Giuseppe Marchetti  
docente presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Dipartimento di Ecologia del Territorio  
dell'Università degli Studi di Pavia.

# **STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO**

Prof. Giuseppe Marchetti (1)  
1985

Tratto dallo studio che accompagna il Primo Piano Particolareggiato del Parco Locale di Interesse Sovra-comunale "Parco Palustre" di Lungavilla

---

(1) Prof. Giuseppe Marchetti, docente presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Dipartimento di Ecologia del Territorio dell'Università degli Studi di Pavia.

# STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO

## 1. OGGETTO

Le indagini sono state indirizzate verso i seguenti temi:

- 1) Inquadramento geologico e geomorfologico dell'ambito di interesse, con particolare riferimento all'evidenziazione delle caratteristiche litologiche dei primi 10-15 m. delle successioni dei depositi alluvionali presenti in zona;
- 2) aspetti idrogeologici generali con particolare attenzione alla determinazione delle caratteristiche delle falde idriche sotterranee;
- 3) individuazione e valutazione delle caratteristiche del reticolo idrografico superficiale;
- 4) studio particolareggiato dell'area di «Parco» esame di dettaglio delle singole cave (morfologia, idrogeologia, tipo di approvvigionamento idrico etc.);
- 5) raffronto tra lo stato attuale (1986) e quello dell'ottobre 1980.

L'area in esame, a morfologia nettamente pianeggiante, è solcata dai seguenti corsi d'acqua:

- Torrente Lurione (sito ad Ovest dell'area di parco) con alveo pensile rispetto al piano-campagna circostante (si tratta di un corso di acqua completamente artificializzato, il cui flusso può essere regolato a monte da un sistema di chiuse ed il cui alveo risulta interamente arginato);
- Torrente Luria (situato ad Est della zona di parco), anch'esso sopraelevato rispetto al piano di campagna e in condizioni di artificializzazione simili al precedente (questi due corsi di acqua confluiscono, a nord dell'area in esame, presso la Cascina Frappetta).

Oltre a questi due corsi naturali, è presente una serie di canali artificiali, con funzioni sia irrigue che di bonifica; di questi il più importante è lo scolmatore delle acque del Rio Luria, situato immediatamente ad Est.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDRO-GEOLOGICO

La genesi dell'area studiata è geologicamente legata alle ultime fasi di alluvionamento fluviale che hanno portato alla formazione della Pianura Padana.

In questo contesto generale, la porzione di pianura di specifico interesse, compresa tra i comuni di Pizzale - Lungavilla - Cervesina - Casatisma, è caratterizzata da una successione litologica costituita, partendo dalla superficie e per i primi 8 - 10 m, da materiali fini limoso-argillosi e, al di sotto di questi, da materiali più grossolani (ghiaie e sabbie per buona parte riferibili ad un antico conoide del Torrente Staffora), almeno fino ad una profondità di 40-50 metri (figg. 1,2,3, e 4).

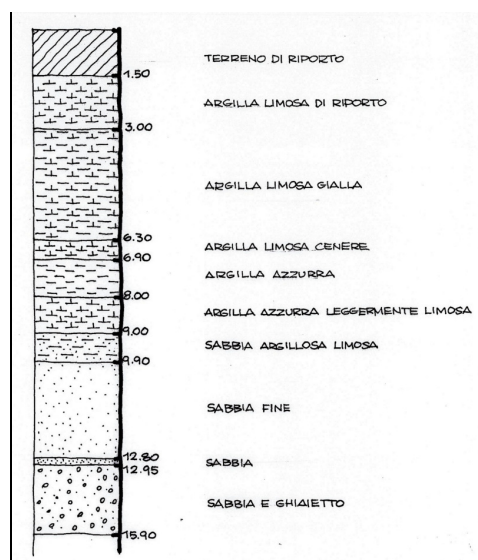


Figura 1. Colonna litostratigrafica di un sondaggio meccanico effettuato nel novembre 1979 in località Cascina Mariquita d'Adda in Casatisma (Relazione Esseti)



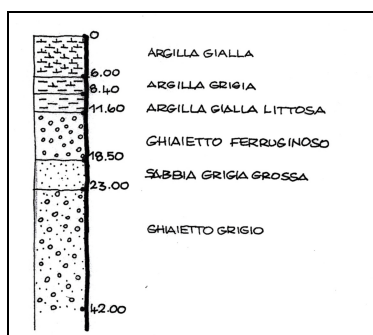


Figura 2. Colonna litostratigrafica del pozzo dell'acquedotto comunale di Lungavilla (Scuole)

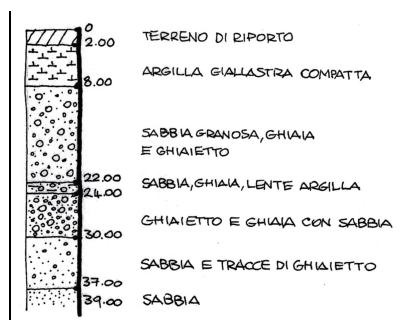


Figura 3. Colonna litostratigrafica del pozzo dell'acquedotto comunale di Cervesina (municipio)

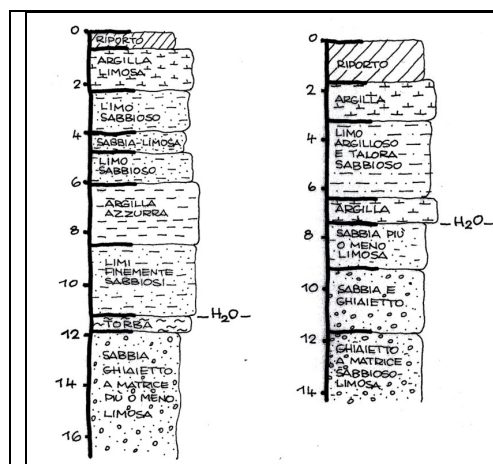


Figura 4. Colonna litostratigrafica di due sondaggi meccanici effettuati nel novembre 1979 in località Cascina Gattera in Cervesina (Discarica Ecolombardia)

Idrogeologicamente, una successione litologica di questo genere porta, come noto, alla costituzione di una falda idrica nei sedimenti più grossolani, sigillata dagli orizzonti impermeabili argilloso-limosi sovrastanti, e, conseguentemente, alla formazione di una falda in pressione.

Locali eteropie tra sedimenti argillosi e sedimenti sabbioso-ghiaiosi all'interno dello strato più superficiale creano le premesse per le genesi di locali falde sospese, la cui potenzialità idrica, comunque limitata, è direttamente collegata all'estensione arcate delle lenti di materiale poroso, permeabili, che fungono da serbatoio.

L'indagine idrogeologica svolta in zona ha comportato la misura del livello statico raggiunto dalle falde in diversi pozzi siti nelle adiacenze dell'area di specifico interesse.

Le misure sono state condotte in un intervallo di tempo compreso tra la fine di gennaio e gli inizi di marzo 1985 dopo un periodo caratterizzato da notevolissime precipitazioni nevose ed in piena fase di scioglimento del manto nevoso (si può ritenere che i valori riportati siano all'effettivo livello di massima escursione delle falde anche perché essi sono sempre risultati superiori od uguale ai dati precedentemente raccolti e mai inferiori ad essi).

Nella Tavola sono riportati tutti questi dati, che hanno consentito anche la ricostruzione dell'andamento delle isopiezometriche (riferite alla falda principale, ossia a quella in pressione).

L'andamento delle isopiezometriche è abbastanza regolare, con assi di drenaggio orientali circa Nord-Sud, immergenti verso Nord.

In tutta l'area presa in considerazione sono presenti solo tre pozzi collegati ad acquedotti ad uso potabile, localizzati nei centri di Lungavilla e Pizzale.

Nell'area tra Pizzale e Lungavilla è presente una blanda depressione della falda (evidenziata da una certa concavità verso monte delle isopiezometriche), dovuta forse anche all'effetto drenante esercitato dai numerosi pozzi presenti, sia privati che pubblici.

Come si può notare nella succitata tavola, oltre ai valori della superficie statica dei pozzi attingenti alla falda principale sono riportati valori misurati in diversi altri pozzi poco profondi e attingenti a falde sospese, nei quali il livello statico della falda è risultato a profondità minori rispetto ai primi.

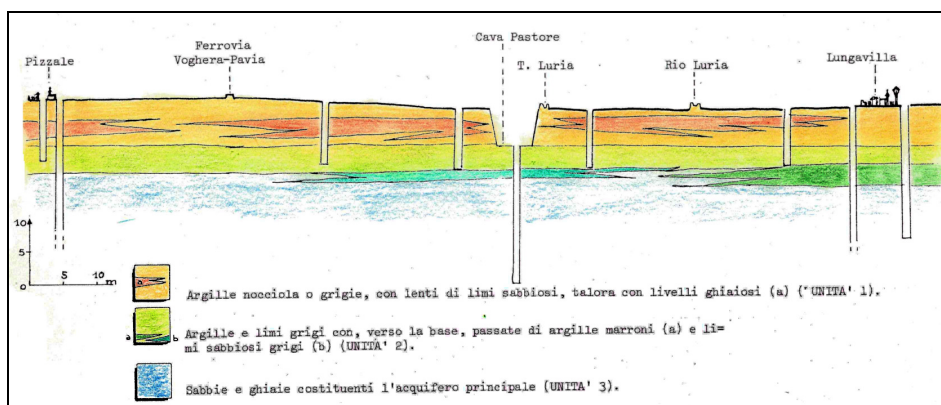


Figura 5. Sezione idrogeologica schematica tra Pizzale e Lungavilla

### 3. SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCHEMATICA

La figura 5 rappresenta una sezione litostratigrafica schematica, orientata circa Est-Ovest, riferita ai primi 20 metri di profondità dell'area compresa tra Pizzale e Lungavilla.

Essa è stata realizzata sommando i dati pregressi con quelli ricavati nel corso del presente studio.

In tale figura sono distinte tre unità litologiche aventi comportamento idrogeologico diverso:

- l'unità 1 (la più profonda), costituita da sabbie e ghiaia, funge da serbatoio della falda principale (in pressione), le cui isopiezometriche sono state disegnate in Tavola 3.
- Da tale falda pescano i pozzi dell'acquedotto di Lungavilla e, presumibilmente, quello di Pizzale e quasi tutti quelli privati, relativamente profondi, di costituzione abbastanza recente;
- l'unità 2 (intermedia) è costituita da argille limose grigie estremamente plastiche nella parte superiore e via via più ricche, di frazione limoso-sabbiosa verso il basso; si tratta di un orizzonte litologico relativamente continuo e a permeabilità estremamente bassa ( $K_{10}$  che sigilla l'acquifero sottostante).
- la sovrastante unità 3 è ancora costituita da argille, argille limose grigio o nocciola, ma presenta intercalazioni lenticolari discontinue di sabbie e ghiaie.

Tali intercalazioni sono in grado di ospitare falde idriche (talvolta stagionali) isolate, per interposizione dell'unità 2, della sottostante falda principale a carattere artesiano.

Da queste falde idriche superficiali pesca la quasi totalità dei pozzi di vecchia fattura, che spingendosi fino a profondità comprese tra gli 8 e i 10 metri, non riescono quasi mai a superare completamente l'unità 2 ed a sfruttare la falda sottostante.

Nell'area esaminata, sicuramente solo una cava, (la n. 13) «pesca» da questo tipo di falde idriche contenute nell'unità 3; come tale, essa riesce ad aver un idoneo approvvigionamento idrico (almeno stagionale); incertezze in tal senso esistono, sulla base dei dati oggi a disposizione, per le cave n. 8, 13 e 14.

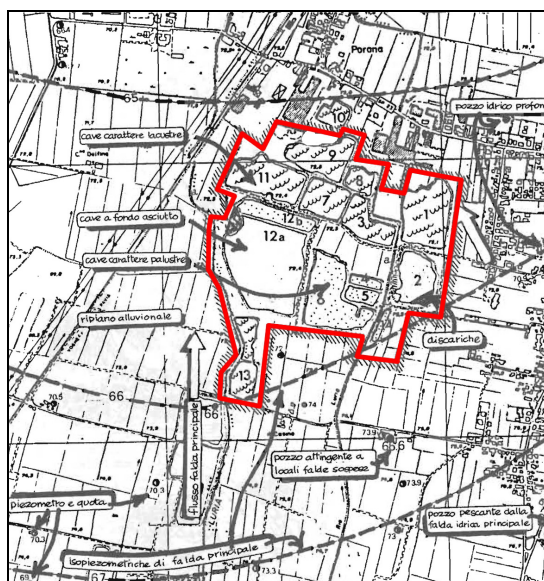
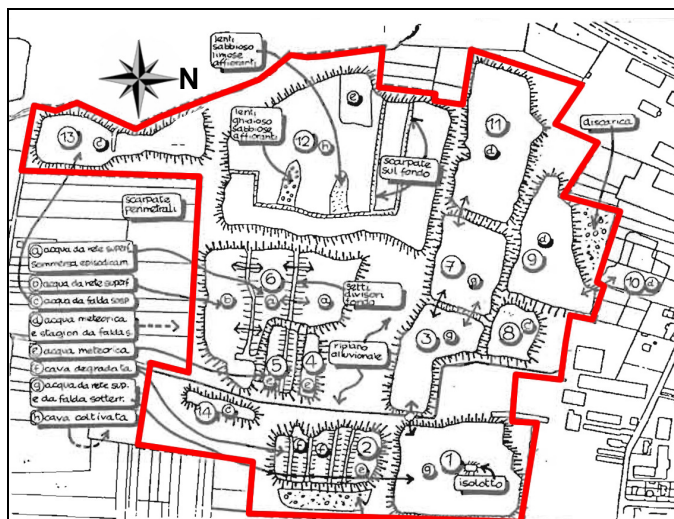


Figura 6. Inquadratura geologica ed idrogeologica



#### 4. GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO

Nella Tavola viene riportato lo stato di fatto riscontrato in zona, con particolare attenzione all'idrologia della cave, al tipo ed alla provenienza di eventuali approvvigionamenti idrici, e alcune informazioni riguardo alla presenza e tipologia di massima della copertura vegetale.

CAVA N.1 - Acqua abbondante, con superficie ubicata da 1 a 2 metri dal piano campagna; sponde settentrionali e meridionali degradanti verso la superficie dell'acqua ; adibita a riserva di pesca; piccolo isolotto semi-affiorante nella parte centrale; rive impostate in argille limose grigie, con buon sviluppo di vegetazione palustre.

CAVA N.2 - Profondità: circa 6 metri; divisa sul fondo da setti; parte settentrionale Adibita ad allevamento di pesci; collegata alla cava I a mezzo di trincea drenante; parte meridionale della cava sostanzialmente asciutta, con locali ristagni d'acqua sul fondo; vegetazione palustre (arborea sui tetti di divisione; lato orientale sede di una discarica, con fronte in equilibrio precario; stato di relativo degrado di tutta la cava.

CAVA N.3 E N.7 - In comunicazione attraverso alcune trincee aperte nel setto divisorio; adibita a riserva di pesca; presenza dello sbocco di un canale artificiale (a buona portata) nella cava n.7; livello dell'acqua a circa 1-1,50 m. dal piano campagna; rive costituite da argille limose grigie.

CAVA N.4 - Profondità di circa 6 m.; 40-50 cm. d'acqua sul fondo (febbraio-marzo 1985), per ristagno d'acqua stagionale, convogliata anche da un canaletto artificiale; rive impostate in argille limose grigie, con screziature ocracee, interessate da locali smottamenti.

CAVA N.5 - Profondità di circa 6/6.50 metri, con ristagni d'acqua, per altro di assai ridotta entità, nelle parti più profonde; rive costituite da argille grigie.

CAVA N.6 - Divisa da setti in 3 settori intercomunicanti; parte meridionale interessata dallo sbocco di diversi canali artificiali; parte orientale strozzata, con formazione di un piccolo bacino a vegetazione palustre; presenza di ristagni d'acqua a carattere stagionale sui due settori settentrionali; fondo di tali settori presumibilmente a -4 metri dal piano campagna; parte meridionale con livello d'acqua da 2.50 a 3 metri dal piano campagna; rive impostate da argille limose.

CAVA N.8 - Completamente recintata; riserva di pesca privata, acqua abbondante, con livello da 0.50 a 1 metro dal piano campagna; rive abbastanza compromesse.

CAVA N.9 - Intercomunicanti attraverso una trincea aperta nel setto divisorio; sponde settentrionali interessate da discariche di inerti, acqua scarsa sul fondo, a circa -4 metri dal piano campagna.

CAVA N.11 - Livello dell'acqua a circa -4 metri dal piano campagna; vegetazione palustre abbondante lungo tutto il fondo della cava; litologia del setto occidentale: ar-gille grigie (tale setto è interessato da una trincea, di assai recente realizzazione, che mette in comunicazione la cava in parola con la N.7; attraverso tale trincea è stato accertato (1/3/1985) un notevole deflusso idrico dalla cava N.7; si presume pertanto un rapido riempimento anche della cava in parola con annegamento dell'attuale vegetazione palustre.

CAVA N.12 - Fondo a -4/5 metri dal piano campagna, recuperato ad uso agricolo; presenza nella parte orientale di una discarica di inerti, con fronti ormai stabilizzati e inerbati; ristagno d'acqua di modesto spessore, con vegetazione palustre abbondante; piccoli terrazzamenti del fondo; pareti e fondo costituite da argille limose; presenza sul fondo di lenti di ghiaie sabbiose e di limi sabbiosi (cartografate da quelle principali); piccolo smottamento sul lato occidentale.

CAVA N.13 - Adibita a pesca sportiva; sponde molto ripide; vegetazione palustre scarsa; acqua abbondante con livello ad 1.50/2 metri dal piano campagna; probabile alimentazione da falde idriche sospese.

CAVA N.14 - Recintatura; acqua molto abbondante, con livello fino a 40/80 cm. dal piano campagna; piantumazione a pioppi lungo tutto il perimetro.

Al proposito, è opportuno rammentare che solo le cave n.8, 13 e 14 sono alimentate da falde idriche sotterranee

di una certa importanza, sospese al di sopra della principale; per esse è pertanto da ipotizzare un approvvigionamento idrico sufficiente a mantenere abbastanza costante il livello dell'acqua durante l'anno (fatta eccezione per i periodi particolarmente siccitosi).

Lo stesso non vale per le cave 4, 5 e 12, che rimangono in effetti asciutte per la maggior parte dell'anno, se si escludono accumuli e locali ristagni d'acqua piovana. Tra queste due situazioni estreme si pongono tutte le altre cave, con acqua più o meno abbondante a seconda del tipo e della quantità degli apporti idrici (ivi compresi quelli per via superficiale).

## 5. SEZIONI LITOSTRATI-GRAFICHE ED IDRO-GEOLOGIA DI DETTAGLIO

Nella Tavola sono riportate due sezioni idrogeologiche interpretative ed illustrative dello stato di fatto dell'ambito di parco, una orientata circa Nord-Sud ed una Est-Ovest. Queste sezioni sono state costruite in base alle caratteristiche geologiche generali dell'area, alle litologie rilevate lungo le scarpate e sul fondo delle cave (quando visibili) ed ad alcune stratigrafie di sondaggi profondi eseguiti a vari scopi in zone limitrofe.

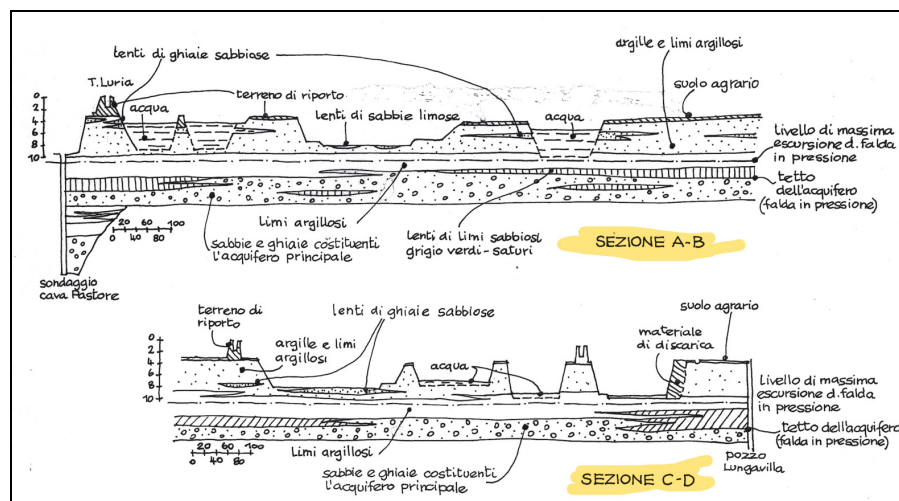


Figura 8 e Figura 9. Sezioni lito stratigrafiche di dettaglio

Le figure evidenziano come nessuna delle cave intercetti la falda idrica principale (in pressione), diverse vengono invece alimentate da locali acquiferi, più o meno potenti, sospesi al di sopra di essa.

## 6. SUGGERIMENTI DI CARATTERE IDROGEOLOGICO e APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

Come in precedenza sottolineato, solo poche cave (8, 13, 14) possono oggi contare su una sufficiente e diretta alimentazione da acque sotterranee collegate ad alcune falde sospese a diversa potenzialità, ma comunque mai eccezionale. Per tutte le altre cave, il rifornimento idrico è avvenuto o può avvenire tramite canali artificiali collegati alla rete idrica superficiale, con le note limitazioni relative ai periodi estivi.

Per assicurare quantità d'acqua durante tutto l'anno, si potrebbe attingere dalla falda principale, in pressione, il cui tetto si trova, in media 2-3 metri sotto del fondo attuale delle cave. Il rifornimento idrico delle cave da detta falda potrebbe avvenire:

- DIRETTO:** approfondendo l'attuale fondo (o parte di esso) di una cava (di circa 2-3 metri), si potrebbe così «scoperchiare» la superficie della falda in parola (in pressione), provocandone la risalita naturale di circa 2 metri, dal punto di sua intercettazione. Questa cava (o porzione di essa) potrebbe fungere altresì da vero e proprio pozzo, dal quale attingere (per sollevamento forzato) acqua per le altre cave.

Da rilevare, tuttavia, che questo sistema, pur assicurando un rifornimento idrico regolare durante tutto l'arco dell'anno, potrebbe rivestire in un certo grado di pericolosità, in quanto mettendo in diretto contatto la falda principale con la superficie esterna, non è possibile a priori escluderne potenziali pericoli di inquinamento (a tale falda attingono i pozzi degli acquedotti comunali);

- INDIRETTO:** realizzando alcuni pozzi a media profondità (10-20 metri circa), dotati di pompe convoglianti l'acqua nelle cave, nei limiti e nelle condizioni ritenute più opportune.

Il funzionamento di tali pompe potrebbe essere regolato automaticamente da un sistema di galleggianti.

## 7. PERICOLI DI INONDAZIONI

In periodi di piovosità eccezionale potrebbe sussistere il potenziale pericolo di un totale riempimento e tracimazione delle acque di cava, con allagamenti delle aree circostanti, (ciò anche in relazione al fatto che l'ambito di

parco è posizionato tra due corsi d'acqua pensili, seppure notevolmente regimati ed artificializzati). Per porre rimedio ad una eventualità del genere, potrebbe essere costruito un sistema di canaletti, profondi 50-60 cm., periferici rispetto alle aree delle cave con acqua, sistema a sua volta collegato ad un collettore unico sfociante in una cava-volano appositamente lasciata asciutta e di dimensioni adeguate (la cava N.12 potrebbe risultare adeguato allo scopo) oppure confluyente nel canale a direzione N-S che margina attualmente verso est l'ambito del parco.

In quest'ultimo caso, sarebbe ovviamente necessaria una ricalibratura di detto canale, con conferimento ad esso di una sezione idraulica adeguatamente calcolata e, soprattutto, un'attenta valutazione delle effettive possibilità di un coinvolgimento e scarico finale delle acque nella zona a nord di Porana.



COMUNE DI  
**LUNGAVILLA**  
PROVINCIA DI PAVIA

**PIANO DELLA RISERVA  
NATURALE  
STAGNI DI LUNGAVILLA**

**01**

Fascicolo di corredo:  
**STUDIO INTERDISCIPLINARE  
DELLO STATO DI FATTO**  
Ai sensi dell'Allegato 1 alla DGR 4598/2015 e della DCR 16/2010

Quaderno

**A**

**SETTORE GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

**A2**

**Inquadramento geografico e climatologico  
2009**

Dott. Alberto Pagano  
geologo – dottorato di ricerca in Geofisica Applicata.

# **INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATOLOGICO**

dott. alberto pagano (1)

2009

Tratto dallo studio che accompagnava il Piano di Governo del Territorio di Lungavilla



# INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATOLOGICO

## 1. Inquadramento geografico

Il territorio comunale di LUNGAVILLA (2) si estende per una superficie di 6,8 km<sup>2</sup> e comprende, nella Regione Lombardia, parte della porzione meridionale della Pianura Padana (Fig. 1).

Dal punto di vista geografico, il territorio occupa il settore centro meridionale della Provincia di Pavia. In particolare, per quanto riguarda la rete stradale<sup>3</sup>, il territorio è interessato dalla *SP 1 Strada Statale n. 35 Bottarone-Salice Terme*, dalla *SP 23 Lungavilla-Voghera*, dalla *SP 79 Lungavilla-Casteggio*, dalla *Autostrada A21 Torino-Piacenza*.

L'intero territorio è delimitato ad ovest naturalmente dal T. Luria. I limiti amministrativi sono: (1) ad est, Comune di Verretto; (2) a nord, Comune di Castelletto di Branduzzo; (3) a sud, Comuni di Montebello della Battaglia e Voghera; (4) ad ovest, Comune di Pizzale.

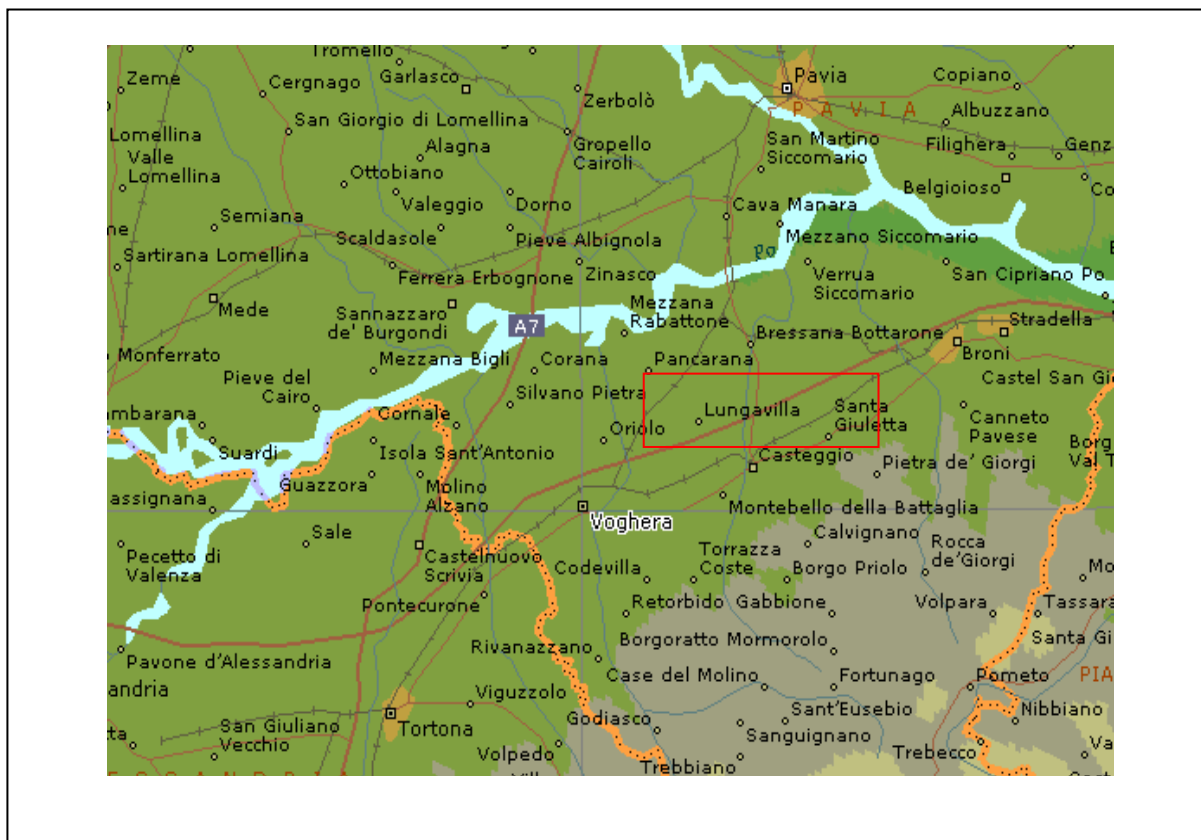


Figura 1. Inquadramento geografico del Comune di LUNGAVILLA.

## 2. Inquadramento geologico e geomorfologico

Il territorio comunale di LUNGAVILLA si trova inserito nel contesto geologico evolutivo della Pianura Padana. Intense mutazioni climatiche dal *Pleistocene inferiore* (circa 1,8 milioni di anni fa), hanno movimentato la Pianura ed hanno caratterizzato la natura e la struttura dei depositi alluvionali in cui si trova modellata (Fig. 2, 3, 4, 5). La nota dominante del *Pleistocene* è infatti identificata dal ripetuto alternarsi di climi freddi (glaciazioni) e climi temperati. L'alternarsi delle condizioni climatiche è responsabile della periodica espansione e del successivo ritiro dei ghiacciai alpini ed appenninici (di questi ultimi rimangono sull'Appennino alcune tracce, quali i laghetti dell'alta Val d'Aveto. Queste tracce sono riferibili ad alcuni piccoli laghi residui, scavati in contropendenza dall'esarazione glaciale con tracce di circhi glaciali).

(2) Centro (1665 abitanti; comune di 6,8 km<sup>2</sup> con 2025) in provincia di Pavia (20 km a sud), nel basso Vogherese, a 75 m sul livello del mare. Stazione ferroviaria (a 1 km) sulla linea Milano-Genova". [Dizionario Enciclopedico Italiano - G. Treccani, 1963].

<sup>3</sup> Amministrazione Provinciale di Pavia, Carta Tecnica della Viabilità, 1991.



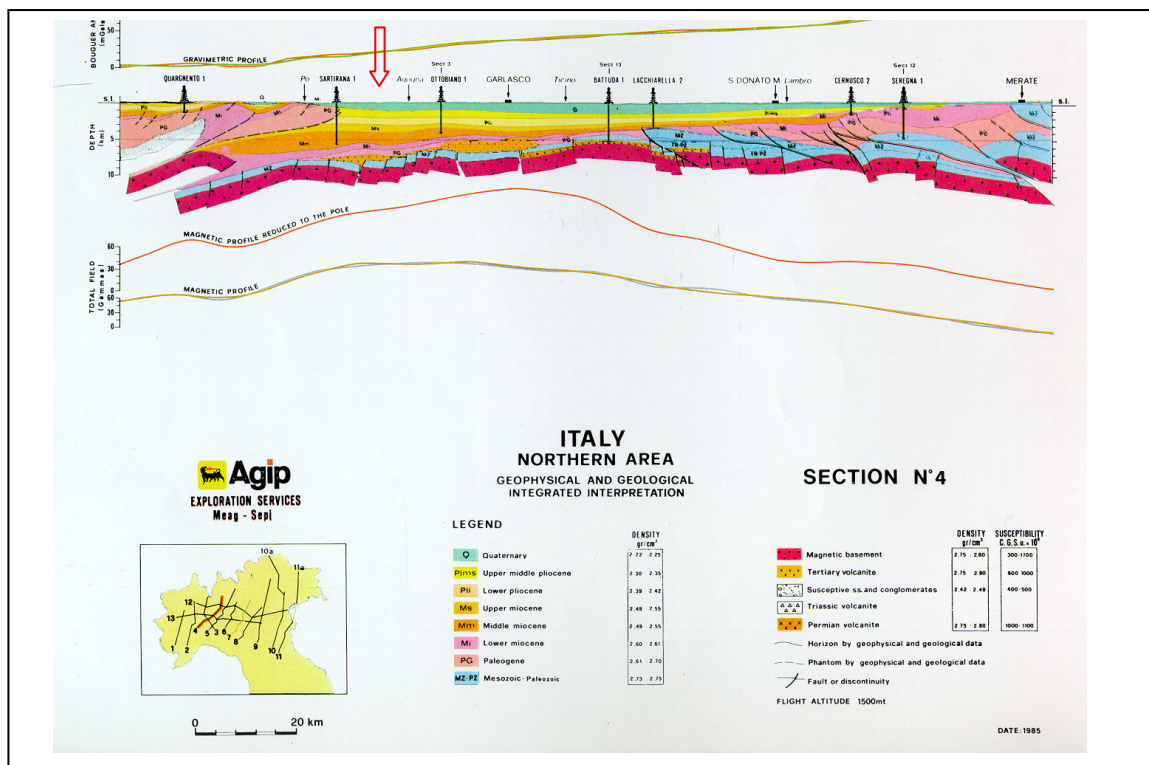


Figura 2. Struttura del sottosuolo della Pianura Padana nella zona del Comune di LUNGA VILLA. Estratto da: ANELLI-GORZA-GROPPi-RIVA, 1994 – Subsurface well data in the northern Appennines (Italy) – Mem. Soc. Geol. It.

Dal punto di vista morfologico, ciascuna fase di espansione dei ghiacciai (fase *anaglaciale*) corrisponde ad un periodo di generale deposizione di materiale detritico da parte dei corsi d'acqua, materiale proveniente dalla "demolizione" dei rilievi e quindi di "costruzione" di una pianura alluvionale.

A ciascuna fase di ritiro dei ghiacciai (fase *cataglaciale* ed *interglaciale*) corrisponde invece un momento di generale erosione, da parte dei corsi d'acqua superficiali, degli stessi depositi alluvionali che erano state precedentemente depositi (Fig. 3, 4).

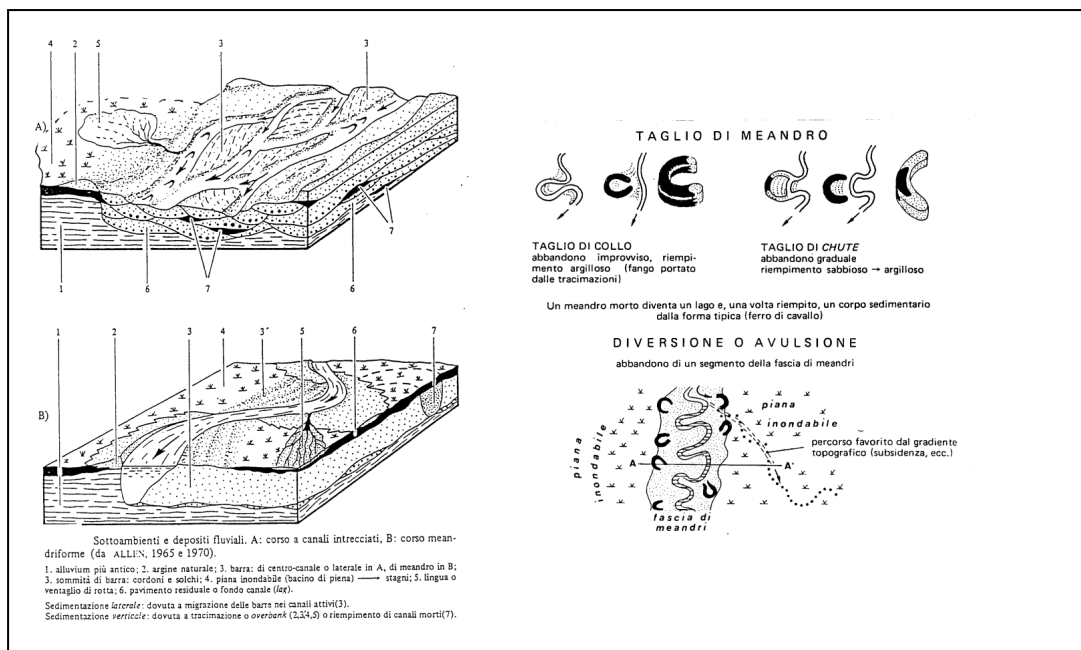


Figura 3 Sottoambienti e depositi fluviali. A. corso a canali intrecciati. B. corso meandriforme. (ALLEN, 1965 e 1970). Taglio di meandro, diversione o avulsione. (RICCI LUCCHI, 1980).

Così, l'alveo viene a trovarsi a quota inferiore rispetto a quella della pianura circostante. Un gradino o scarpata, denominato "*terrazzo fluviale*", separa il nuovo solco che è stato scavato e si è ampliato lateralmente (*divagazioni fluviali*). I nuovi depositi saranno nuovamente erosi ed incisi durante la successiva fase glaciale.

Al quadro sopra delineato corrisponde schematicamente la struttura geologica dei depositi alluvionali della Pianura Padana. I depositi più antichi (*Fluviale Gunz*) sono presenti al margine della pianura (in prossimità dei rilievi) e costituiscono i terrazzi più elevati rispetto alla quota attuale di fondovalle.

L'evoluzione geomorfologica esprime il concetto di "*terrazzi inscatolati*" o di "*valle a cassetta*", termini con cui viene comunemente indicata la struttura della Pianura Padana (Fig. 4).

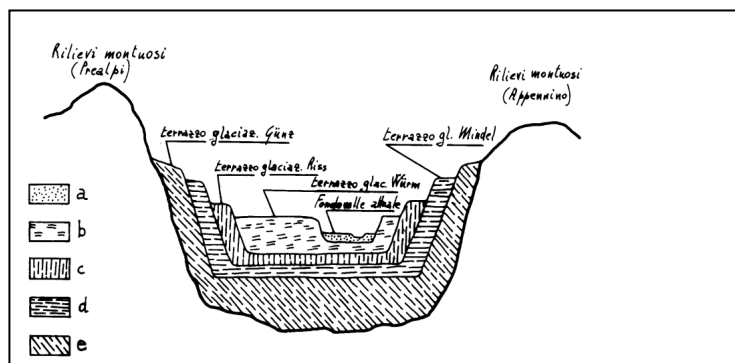


Figura 4 Rappresentazione schematica della struttura della Pianura padana. a: alluvioni recenti ed attuali (Olocene); b: Fluviale recente (Würm); c: Fluviale medio (Riss); d: Fluviale antico (Mindel); e: Fluviale basale (Gunz).

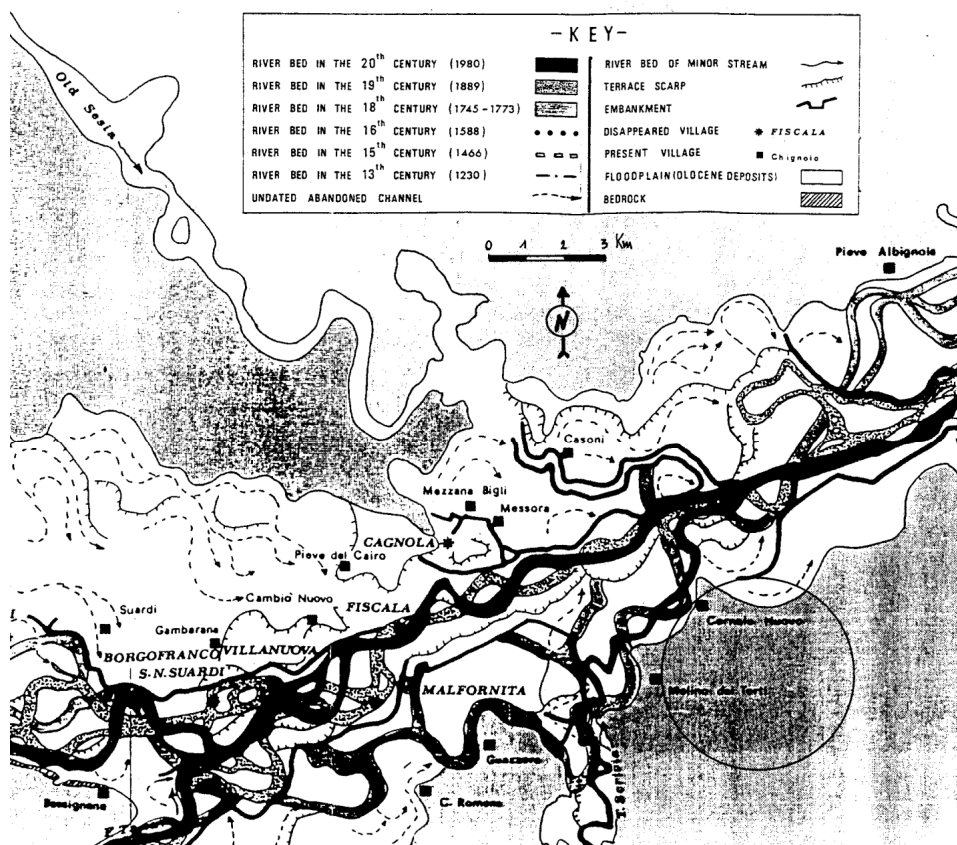


Figura 5 Evoluzione del F. Po dal 12° secolo ad oggi nel tratto di corso dell'Oltrepò pavese. (Braga, Gervasoni, 1989, *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*, Ed. G. E. Petts).

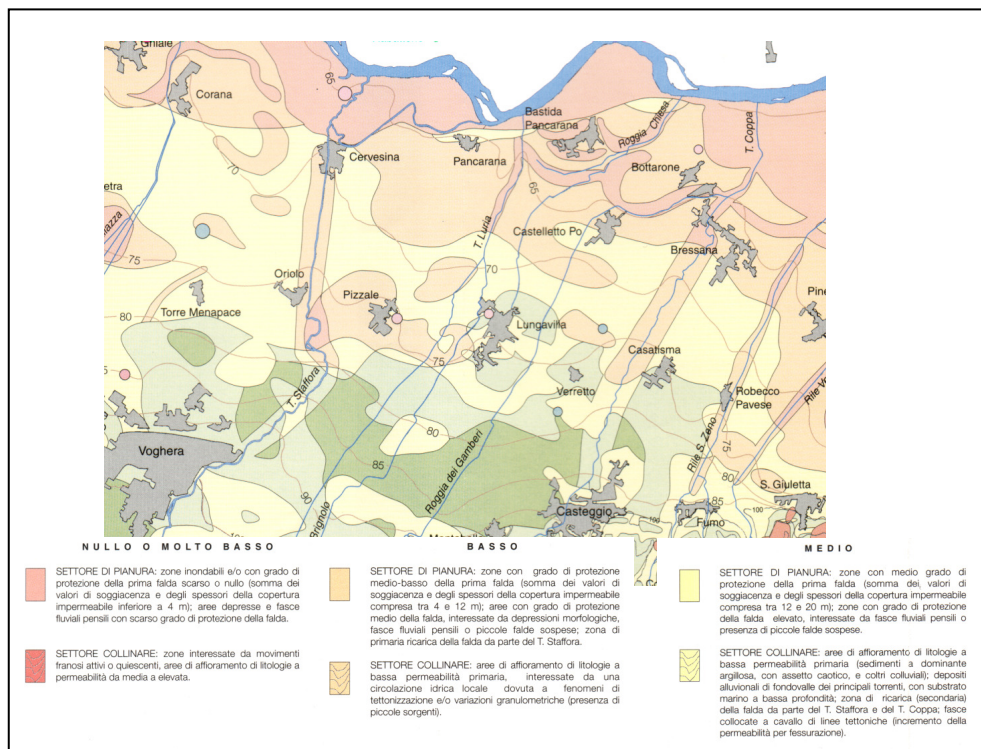


Figura 6. Protezione potenziale – vulnerabilità della falda superficiale (da CAVANNA, MARCHETTI, VERCESI, 1996).

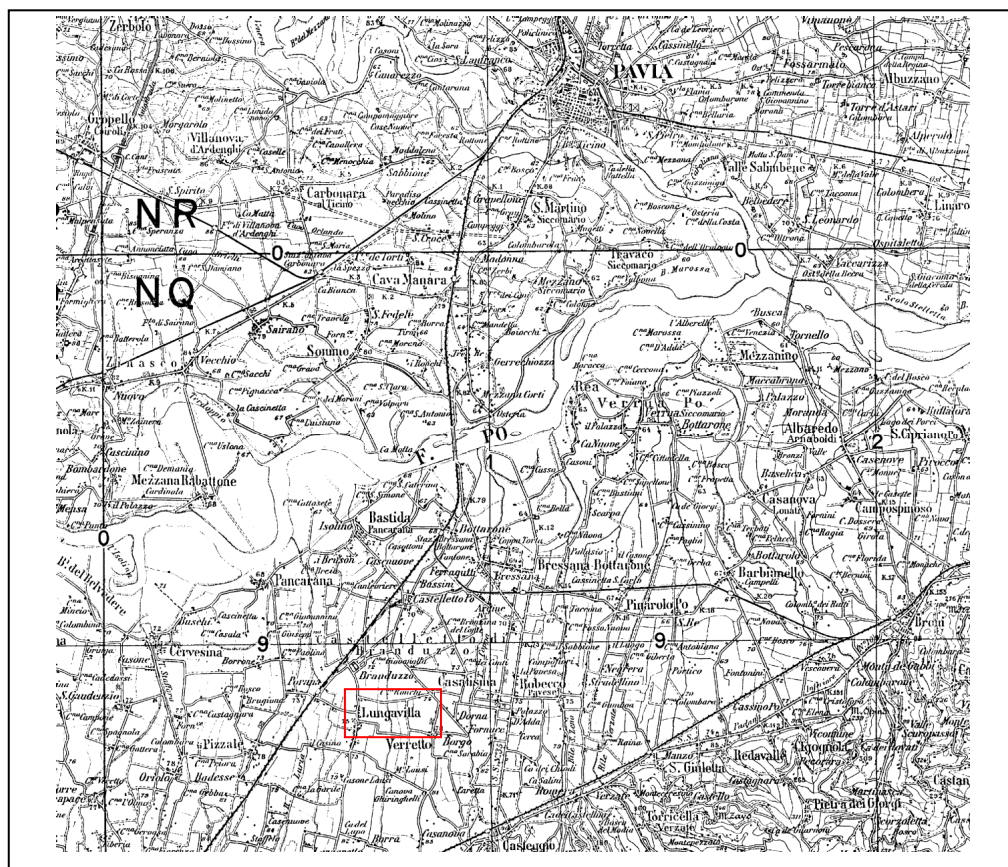


Figura 7. Corografia risalente al 1922 del territorio di Lungavilla. [I.G.M. 1: 50.000; modificata].

Il territorio comunale di LUNGAVIDILLA si inserisce in questo contesto geologico evolutivo in tempi relativamente



recenti. Dal punto di vista morfologico, si trova all'interno di un'ampia superficie di terrazzo fluviale, il Piano Generale Terrazzato. Ovvero nella fase di generale deposizione dell'ultima glaciazione (*Wurm*), della successiva fase cataglaciale ed interglaciale e negli episodi di alluvionamento successivi, più recenti (alluvioni *postglaciali*). Infatti, in questo territorio il "gradino" di separazione tra i depositi del *Wurm*, più consistenti, e le alluvioni, è stato demolito nei tempi che seguirono la fase di erosione post-wurmiana. La pianura comprendente LUNGAVILLA risulta pressoché raccordata alle alluvioni più recenti interessate dal Fiume Po (Fig. 7).

Ciò a causa di due fattori principali riferibili alla vicinanza del Fiume Po ai rilievi montuosi appenninici e quindi all'impeto degli alluvionamenti che da questi si verificarono attraverso i principali corsi d'acqua discendenti (Torrenti Curone, Scrivia, Staffora, ecc.).

Anche la natura litologica costituente i vicini Appennini (prevalentemente marne argillose poco compatte in prossimità della Pianura), ha contribuito fornendo detriti in quantità a demolire e seppellire il terrazzo *wurmiano* così evidente, per una scarpata di 15/20 m, da Sannazzaro de' Burgondi fino ai limiti orientali lungo la stessa fascia nella zona di Corteolona.

In linea generale le marne sono state le rocce dalla cui disaggregazione si è originata quella coltre limoso-argillosa che caratterizza la pianura oltrepadana.

E' stato realizzato uno studio fotointerpretativo del territorio comunale e delle aree adiacenti che ha permesso di produrre la carta dei lineamenti geomorfologici allegata.

Per la redazione di tale cartografia è stata adottata la metodologia suggerita da CASTIGLIONI *et al.* (1986) ormai ampiamente in uso per le aree di pianura.

Al fine di fornire un preliminare inquadramento dell'area è stata redatta la CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA. E' stata utilizzata, come base, la Carta Geologica d'Italia (scala 1: 100.000), provvedendo successivamente ad effettuare un rilievo di controllo e verifica direttamente sul terreno.

Considerato l'inquadramento geologico regionale descritto e sulla base dei rilievi effettuati si evince che il territorio comunale risulta totalmente impostato su alluvioni limoso-argillose, datate *Olocene-Pleistocene superiore*.

Il territorio comunale si trova cartograficamente rappresentato nel FOGLIO n°59 della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, di cui si riporta la denominazione che contraddistingue il medesimo terreno:

**Q2'** = *Alluvioni formanti la superficie principale della pianura che si insinua nelle valli appenniniche...*(F° 59. PAVIA).

Alcuni lembi del territorio comunale sono impostati su *Alluvioni attuali (Olocene superiore)* ghiaioso-sabbiose e in parte anche limose. Si ritrovano, nel territorio comunale, direttamente sul fondo dell'alveo dei corsi d'acqua.

Lo spessore complessivo dei depositi alluvionali è di circa 100-150 m. Risulta poggiato su depositi prevalentemente argillosi di origine marina, risalenti al *Pliocene*. In relazione ai caratteri geologici evidenziati, l'area comunale risulta impostata su un'unica superficie che degrada blandamente da Sud a Nord con pendenze medie di 2-3 m per mille, fino a fondersi con le zone golenali del Fiume Po. La superficie pianeggiante è posta tra le quote 79 m (*C.na Americana*) e 70 m (*Cimitero Comunale*) sul livello del mare.

Quanto alla morfologia determinata dall'uomo quale agente modellatore del paesaggio, assumono rilievo per Lungavilla le cave per l'estrazione d'argilla finalizzata alla produzione di laterizi. E' rilevante per estensione ed impatto visivo l'area Parco Cave posta nella zona nord-ovest del territorio comunale. A partire dagli anni '60 i sistemi di estrazione dell'argilla si sono profondamente evoluti in ragione delle nuove esigenze socio-economiche sopravvenute. Il territorio di LUNGAVILLA, in ragione della eccellente qualità delle sue terre, oltreché della posizione geografica in relazione ai centri di impiego dei materiali, fu sottoposto ad una intensa attività estrattiva.

Il livello di depositi fini che costituisce i primi 5-7 m di profondità rappresenta la porzione di interesse per lo sfruttamento dell'industria dei laterizi che si è sviluppato nel territorio negli ultimi cinquanta anni.

I minerali argillosi più rilevanti e di interesse sono l'*illite*, la *smectite* e la *kaolinite*.

Nell'ottica delle forme della superficie topografica modellata dall'uomo assumono significato i rilevati stradali delle quattro grandi arterie di comunicazione presenti: l'*Autostrada A21 Torino-Piacenza* e la *Strada Statale n° 35 Bottarone-Salice* e la *Strada Provinciale SP79 Voghera-Casteggio* e la *Strada Provinciale SP23 Lungavilla-Voghera*.

La redazione della CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA, rappresentata insieme con i dati geologici, illustra i concetti sopra esposti. Essa è derivata da una prima fase di analisi fotointerpretativa (fotografie aeree, volo 1981 Regione Lombardia), finalizzata all'individuazione dei principali lineamenti geomorfologici (orli di scarpata, cambi di pendio, zone soggette ad erosione, ecc...), seguita a complemento dall'analisi delle cartografie predisposte nell'ambito del Piano Territoriale Paesistico Regionale (Boll. Uff. Reg. Lombardia n. 20, Milano, Edizione speciale del 21 Mag-

gio 1998) integrate poi dalle verifiche e dalle osservazioni effettuate in campagna.  
I canoni e le unità di paesaggio che contraddistinguono il territorio comunale, appartengono al paesaggio denominato *dell'Oltrepò Pavese, della pianura pedeappenninica*.

...

### 3. Inquadramento climatologico

Questa parte di Pianura Padana, a clima *temperato sub-continentale* nella classificazione dei climi di *Koppen*, è caratterizzata da inverni rigidi ed estati calde, poiché si assiste in generale ad una scarsa circolazione delle masse d'aria a causa della barriera orografica alpina che impedisce la libera circolazione delle perturbazioni atlantiche, nord-occidentali, originando inverni con nebbia.

Le precipitazioni atmosferiche aumentano in primavera, associandosi alle perturbazioni atlantiche quelle mediterranee. Durante il periodo estivo prevale un regime di pressioni livellate, ma con un certo contributo di attività temporalesche a causa degli elevati localizzati gradienti di pressione atmosferica che si generano per forte riscaldamento di masse d'aria sulla superficie topografica. In questo periodo la combinazione di temperature ed umidità elevate origina condizioni di caldo *afoso*.

In autunno si torna nuovamente ai massimi della piovosità locale, prevalendo gli influssi dei cicloni mediterranei.

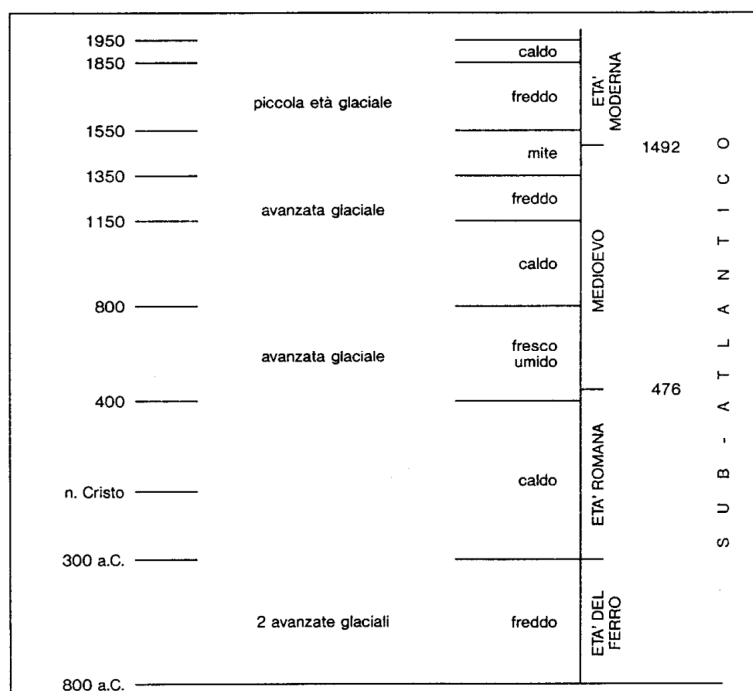


Figura 8. Schema cronologico climatologico dell'area del Sub – Atlantico. [PANIZZA, 1990; modificata].

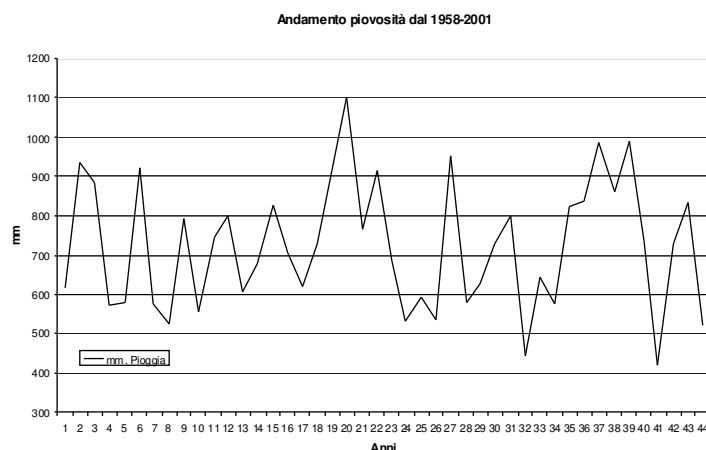


Figura 9. Piovosità media annua registrata nel periodo 1958 – 2001 (Istituto Tecnico Agrario C. Gallini – Voghe-

ra).

Per la valutazione dei singoli fenomeni (precipitazioni, temperature, ecc...) sono state utilizzate le misure rilevate dalla stazione meteo più vicina e rappresentativa dell'area, l'Istituto Tecnico Agrario Statale "C. Gallini" di Voghera (PV).

#### 4. Pluviometria, regime pluviometrico, venti

In Fig. 9 è illustrato l'andamento della piovosità media annua negli ultimi decenni. Il valore medio della piovosità annua (anni 1917-78) è di 697,44 mm. Appare evidente il picco di piovosità in corrispondenza dell'anno 1976-77 con 1102,2 mm di pioggia. Subordinati si trovano quelli corrispondenti al 1959, al 1963, ed al 1984. Picchi di aridità sono avvenuti negli anni 1962, 1965, 1981, 1983 con massimo nel 1989.

Gli eventi meteorologici, invece, che possono dare luogo a criticità con rischio di alluvionamento accadono in corrispondenza di intense piovosità giornaliere, con incrementi anche del 25% della piovosità media totale annua.

La *rosa dei venti* tende a disporsi lungo le direzioni prevalenti di sud-ovest. In particolare si registra una maggiore frequenza dei venti dal settore sud-ovest (28-30%), subordinatamente da da est e nord est (meno del 25 %), molto ridotti gli eventi per il settore nord-ovest e leggermente più alti per il settore ovest (meno del 10%).

La velocità del vento risulta maggiore nei mesi primaverili (spesso oltre i  $2 \text{ ms}^{-1}$ ) quando si raggiungono i valori massimi (al limite da 5 a  $8 \text{ ms}^{-1}$ , ma raramente al di sopra di  $5 \text{ ms}^{-1}$ ). Le calme prevalgono in inverno ed in estate, mentre in autunno si hanno situazioni medie.

#### 5. TERMOMETRIA E REGIME TERMICO

Il territorio comunale di LUNGAVILLA, come la maggior parte di questo settore della Pianura Padana, è caratterizzato da un clima complessivamente temperato, con temperatura media annua di  $12,5^{\circ}\text{C}$ . Nel semestre caldo (aprile-settembre) la temperatura media è di  $19,2^{\circ}\text{C}$ .

Per quanto riguarda il regime termico, si rileva una escursione media annua di  $22,4^{\circ}\text{C}$  (differenza tra le medie del mese più caldo e del mese più freddo) ad indicazione di condizioni di continentalità del clima. In particolare la media del mese più freddo è di  $1^{\circ}\text{C}$  (media di gennaio), la media del mese più caldo è di  $23,4^{\circ}\text{C}$  (media di luglio). L'andamento delle temperature massime e minime del periodo considerato è rappresentato graficamente in Fig. 10. Si noti la tendenza all'incremento delle temperature medie in corrispondenza degli ultimi decenni, concordemente con quanto risulta a livello regionale.

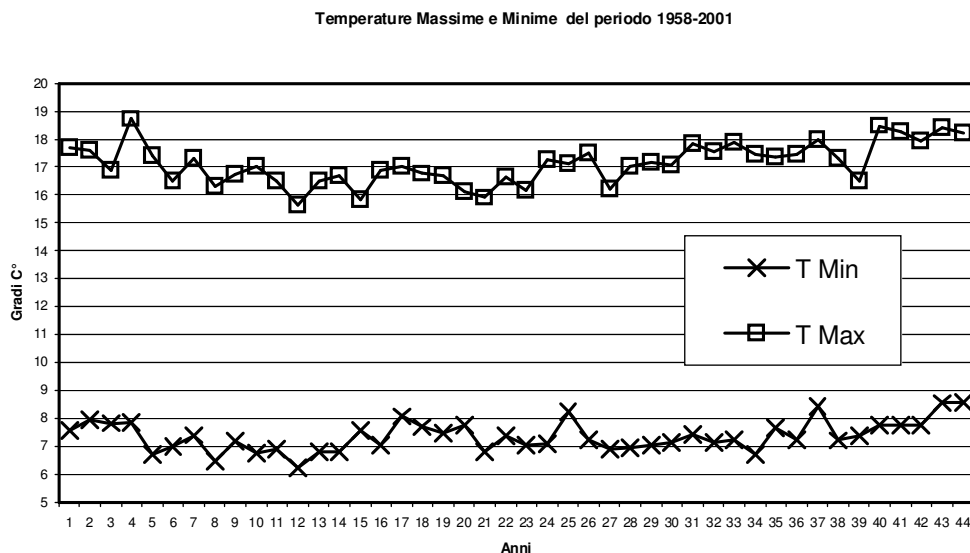


Figura 10. Temperatura massima - minima registrata nel periodo 1958 – 2001 (Istituto Tecnico Agrario C. Gallini – Voghera).



COMUNE DI  
**LUNGAVILLA**  
PROVINCIA DI PAVIA

**PIANO DELLA RISERVA  
NATURALE  
STAGNI DI LUNGAVILLA**

**01**

Fascicolo di corredo:  
**STUDIO INTERDISCIPLINARE  
DELLO STATO DI FATTO**  
Ai sensi dell'Allegato 1 alla DGR 4598/2015 e della DCR 16/2010

Quaderno

**A**

**SETTORE GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

**A3**

**Gestione dei bacini idrici del Parco Palustre - Valutazione  
di compatibilità idrogeologica dell'attuale attingimento da  
pozzi idrico e suggerimenti in merito**  
2005

Prof. Giuseppe Marchetti  
docente presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Dipartimento di Ecologia del Territorio  
dell'Università degli Studi di Pavia.

RELAZIONE  
Tav. 1 - Assetto idrografico  
Tav. 2 - Assetto idrogeologico  
Tav. 3 - Sezioni idrogeologiche



**COMUNE DI LUNGAVILLA**  
**(Provincia Pavia)**

**GESTIONE DEI BACINI IDRICI**  
**DEL PARCO PALUSTRE**

**Valutazione di compatibilità idrogeologica dell'attuale  
attingimento da pozzo idrico e suggerimenti in merito**

**RELAZIONE**

ALLEGATI:

- Tav. 1 – Assetto idrografico**
- Tav. 2 – Assetto idrogeologico**
- Tav. 3 – Sezioni idrogeologiche**

**A cura di:**

**Prof. Giuseppe Marchetti (geologo)** per conto **CoRo Marketing Activities S.r.l.**  
Via Pirandello 21/a, 29100 Piacenza

**Con la collaborazione di:**

**dott. geol. Marco Daguati** – v. A. Diaz 22, 26845 Codogno (LO)

*Piacenza, ottobre 2005*



# INDICE

## 1.0 - PREMESSA E OBIETTIVI

## 2.0 - ANALISI CLIMATICA LOCALE

### 2.1 – Aspetti generali (climatologia globale)

### 2.2 – Valutazioni sull'area padana

#### 2.2.1 – Sulla temperatura

#### 2.2.2 - Sulle precipitazioni

#### 2.2.3 – Sull'evaporazione e sull'evapotraspirazione

#### 2.2.4 - Considerazioni sull'evapotraspirazione potenziale (Ep)

## 3.0 - ASSETTO IDROGRAFICO E GESTIONE IDRICA DEL PARCO PALUSTRE DI LUNGAVILLA

## 4.0 - ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

### 4.1 – I risultati dei rilevamenti piezometrici: raffronto con la campagna di misure del 1985

### 4.2 – Il pozzo posto a servizio del Parco e i suoi effetti sulla falda

## 5.0 – VALUTAZIONI CONCLUSIVE E SUGGERIMENTI

### 5.1 – Sulle modalità di approvvigionamento idrico e sulla compatibilità idrogeologica dell'attingimento da pozzo

### 5.2 – Suggerimenti mitigativi e/o alternativi

*Documentazione fotografica*

*Bibliografia*

## ALLEGATI:

Tav. 1 – Assetto idrografico

Tav. 2 – Assetto idrogeologico

Tav. 3 – Sezioni idrogeologiche

## 1.0 - PREMESSA E OBIETTIVI

Il Parco Palustre di Lungavilla è, come noto, il risultato di un'opera di naturalizzazione di un'area sfruttata in passato a scopi estrattivi. I relativi interventi si sono tradotti nella creazione di numerose depressioni morfologiche impostate in terreni fini (argille e limi prevalenti), che svolgono (o possono svolgere) la funzione di bacini idrici, alcuni dei quali a carattere lacustre (ovvero con abbondante lama d'acqua) ed altri a carattere palustre (lama d'acqua ridotta a semplici ristagni alimentati da acque meteoriche o di colo).

La superficie del Parco, ospitante anche specie animali di pregio, risulta coperta da numerose varietà arboree, arbustive ed erbacee (talora appositamente impiantate) che hanno completato l'originale intervento di recupero ambientale (<sup>1</sup>).

Il Parco ha assunto così un assai caratteristico aspetto di area umida e, come tale, la sua sopravvivenza risulta intimamente legata alla disponibilità idrica atta ad alimentare gli invas, oltre che alla seppur saltuaria irrigazione (nei periodi altamente siccitosi) di sostegno alla vegetazione e, di riflesso, alla fauna ivi insediata.

Proprio a tale scopo, in un recente passato sono state realizzate alcune opere in grado di impinguare i bacini idrici attraverso derivazioni dal reticolo superficiale e attraverso attingimenti forzati da pozzo.

Lo scopo del presente studio è stato quello di valutare le condizioni ambientali in relazione alle esigenze idriche locali, con particolare attenzione:

- alla disponibilità della risorsa idrica superficiale e sotterranea;
- alla sostenibilità di una derivazione di acqua da sottosuolo come occasionale o periodica fonte di approvvigionamento idrico;
- all'impatto di tale derivazione sul locale assetto idrogeologico con particolare riferimento alle eventuali interferenze del pozzo utilizzato dal Parco sulle riserve idriche sotterranee, con lo sguardo rivolto anche ai rapporti con i locali pozzi che alimentano l'acquedotto comunale.

Ai fini di cui sopra, lo studio attestato dalla presente relazione comprende anche una preliminare analisi climatica locale, inquadrata nel contesto climatologico generale e in quello della regione padana.

Costituiscono parte integrante della relazione le seguenti tavole:

---

<sup>1</sup> E' in corso un'analisi da parte del prof. Bracco (botanico) del Dipartimento di Ecologia del Territorio dell'Università di Pavia, volta a fornire un quadro dell'attuale situazione.

- Tavola 1: Assetto idrografico
- Tavola 2: Assetto idrogeologico
- Tavola 3: Sezioni idrogeologiche.

## 2.0 - ANALISI CLIMATICA LOCALE

### 2.1 – Aspetti generali (climatologia globale)

La distribuzione dei climi nasce, come noto, dall'interazione della circolazione generale dell'atmosfera con l'orografia delle terre emerse, modulata dalla circolazione superficiale e profonda degli oceani. Essa dipende grandemente dalla distribuzione degli elementi del bilancio della radiazione nel corso dell'anno, quali temperatura e precipitazioni. Il sistema climatico terrestre può essere visto come una serie di sottosistemi, con complessità spaziale e temporale diversa che si innestano gli uni sugli altri, generando nel corso del tempo la cosiddetta “*variabilità interannuale*” del tempo atmosferico nelle rispettive aree del globo.

Tra questi sistemi, due assumono particolare importanza: il primo è quello che determina la temperatura del mare ed i campi di pressione associati nel Pacifico (noto con il nome di ENSO o “El Nino”), il secondo è un fenomeno simile che viene misurato con un indice e che prende il nome di NAO (North Atlantic Oscillation). Quest'ultimo, in particolare, ci interessa più da vicino in quanto responsabile della condizione meteorologica in gran parte dell'America nord-occidentale, dell'Europa e del Mediterraneo.

Per quanto riguarda tali fenomeni, va sottolineato come El Nino e NAO siano manifestazioni che si verificano da sempre e, come tali, sono da considerarsi naturali. Ciò che non va considerato come completamente naturale, invece, è la modifica e l'alterazione dei loro meccanismi dinamici, alla base di tutti i fenomeni meteorologici e della loro distribuzione sulla Terra, nonché della loro posizione, frequenza e persistenza a scala globale. A quest'ultima considerazione, va associato un aumento della quantità di energia disponibile sulla superficie del pianeta in funzione delle modificate caratteristiche dell'atmosfera indotte dall'aumento dei gas cosiddetti “ad effetto serra”.

I due grandi sistemi dinamici prima ricordati, non soltanto regolano il tempo ed il clima dell'intero continente, ma, allo stesso tempo, determinano la cosiddetta “fase” della NAO (Fig. 2.1), distinta in positiva e negativa: nel primo caso, si assiste ad un contemporaneo rinvigorimento dell'alta pressione delle Azzorre e della depressione Islandese, le quali possono allungarsi con una propaggine anche all'Europa continentale; nel secondo caso, si assiste o ad un indebolimento simultaneo dei due regimi o ad uno scambio di posizione, generando su Islanda e Scandinavia un'alta pressione e spostando il ciclone d'Islanda in prossimità delle Azzorre: si tratta, quindi, di un vero e proprio fenomeno di “teleconnessione” tra due distinti e lontani centri d'azione.

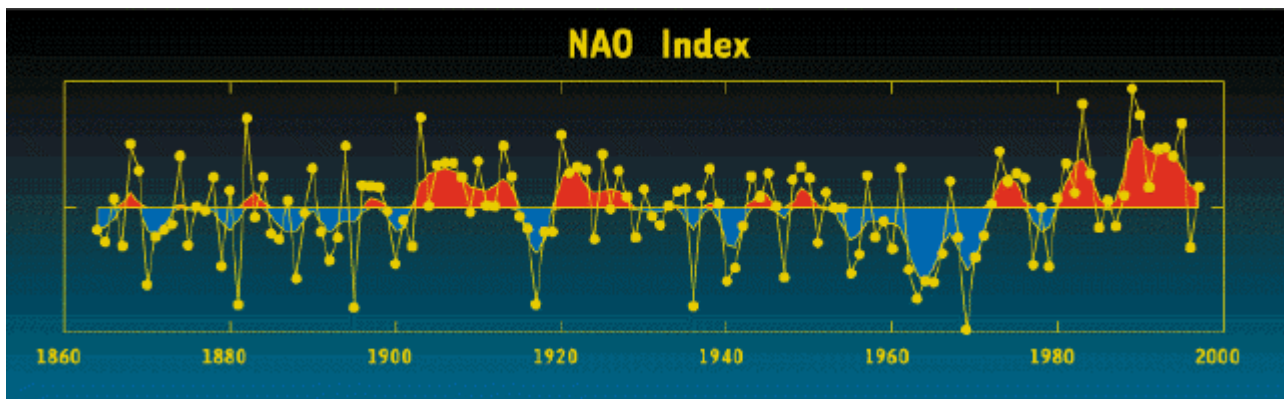


Figura 2.1

Sinora è stata appurata un'influenza della NAO sul clima invernale dell'Europa e della stessa Italia almeno per quanto riguarda gli ultimi 20 anni, periodo all'interno del quale i fenomeni atmosferici hanno mostrato un aumento della loro variabilità, messa in evidenza proprio dagli indici numerici di questa oscillazione.

## *2.2 – Valutazioni sull'area padana*

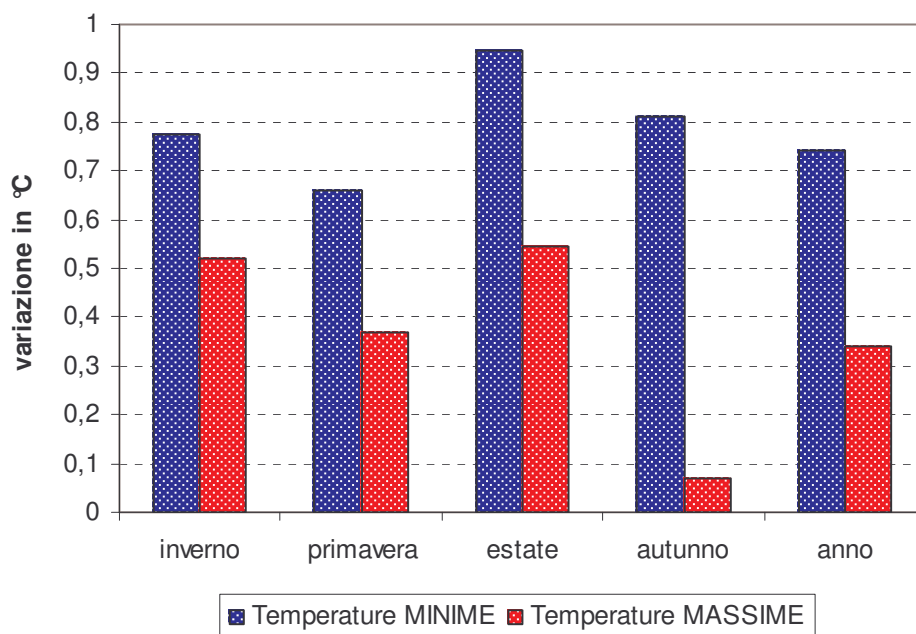
Alla variabilità di cui al paragrafo precedente ha fatto seguito un aumento generalizzato della frequenza di fenomeni estremi, come i periodi siccitosi e gli eventi temporaleschi di grande violenza in zone dove questi fenomeni erano considerati rari: da tale considerazione deriva l'ipotesi del cambiamento climatico.

A scala più locale, ovvero per l'area padana, lo studio della circolazione atmosferica a livello europeo può evidenziare le tendenze del clima: negli ultimi 100-150 anni si sono verificate variazioni climatiche a ritmi talmente elevati da far attribuire le cause maggiori al notevole aumento dei “gas serra”: tra le preoccupanti conseguenze di tale incremento, i dati di osservazione confermano proprio lo stravolgimento della circolazione atmosferica (Monsoni, Alisei, El Nino, NAO).

### 2.2.1 – Sulla temperatura

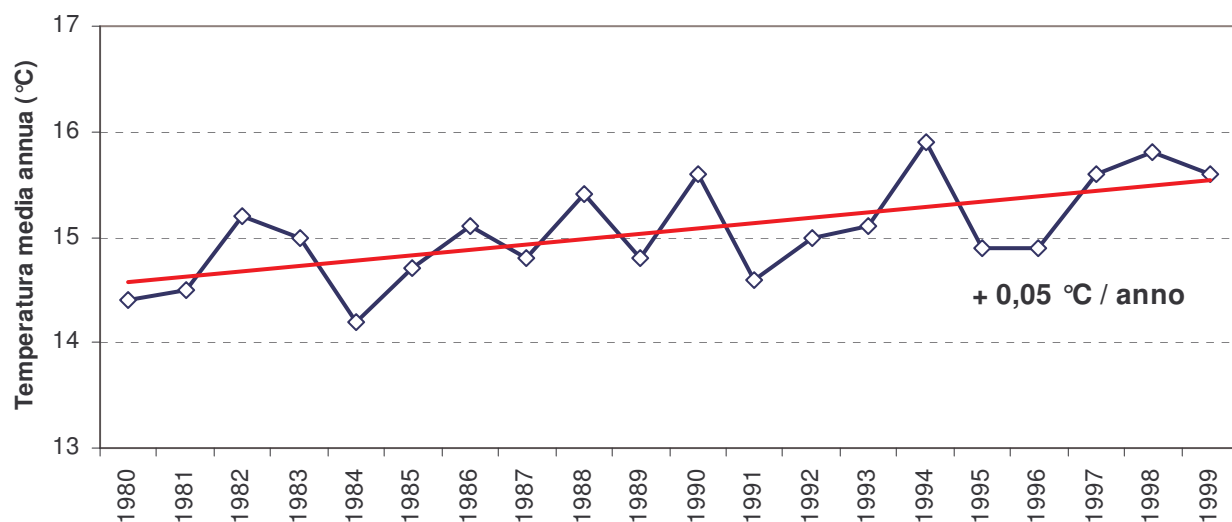
Le elaborazioni statistiche, effettuate sui dati di temperatura provenienti dalle principali stazioni meteorologiche dell'Italia settentrionale, dimostrano ampiamente la tendenza, ormai riconosciuta da anni, ad un graduale e generalizzato rialzo termico. Si può affermare che anche l'ultimo ventennio si inserisce in questa fase climatica, iniziata nella seconda metà del XIX secolo e caratterizzata da una costante crescita delle temperature.

Per quanto riguarda gli ultimi vent'anni, la temperatura, rispetto al ventennio 1960-1979, ha subito un incremento su tutta l'Italia e in tutte le stagioni dell'anno, con valori particolarmente pronunciati in estate per quel che riguarda le massime sull'intero Paese (+0,6 / +0,7 °C) e le minime per quanto riguarda le regioni del Nord nell'arco dell'anno (+0,7 / +0,8 °C) (Giuliaci et al., 2001).

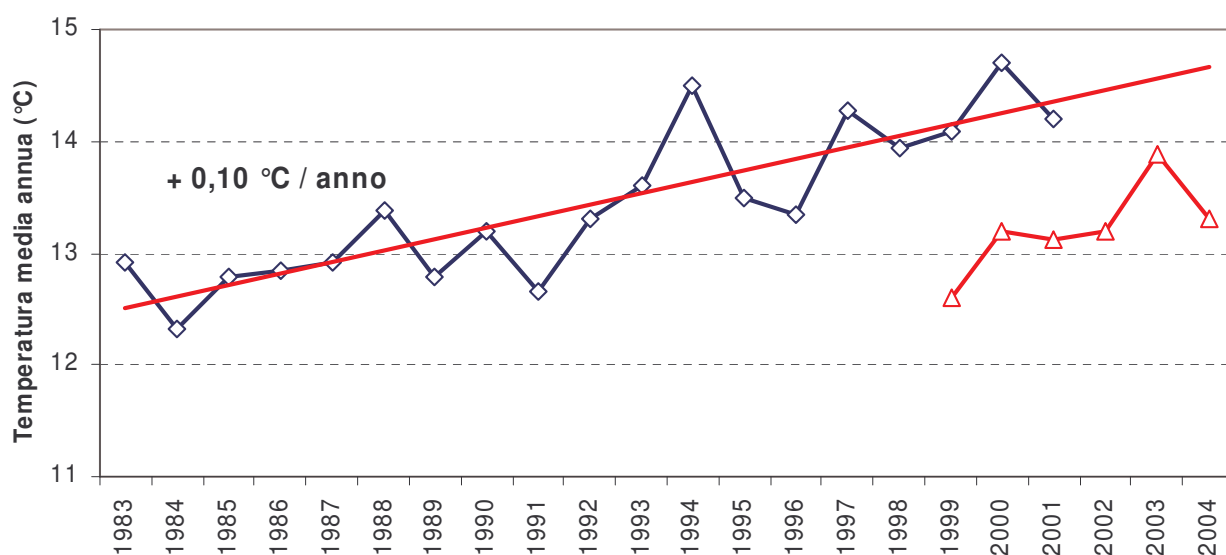


**Figura 2.2** – Aumento medio delle temperature minime e massime stagionali e annuali al Nord rispetto al ventennio 1960-1979 (modificato da: Giuliaci et al., 2001).

La figura 2.3 mostra la variazione dei valori medi di temperatura per il Nord Italia per il ventennio 1980-1999, evidenziando un trend continuo in aumento della temperatura media stimabile in 5 centesimi di grado ogni anno, per arrivare a un decimo di grado per la stazione meteo di Codogno (LO) (rappresentata in fig. 2.4), con cui si trovano in buon accordo anche i dati recuperati nel corso del presente lavoro presso l'Osservatorio Meteo di Voghera (fig. 2.4).



**Figura 2.3** – Temperature medie annuali per il Nord Italia (modificato da: Giuliacci et al., 2001).

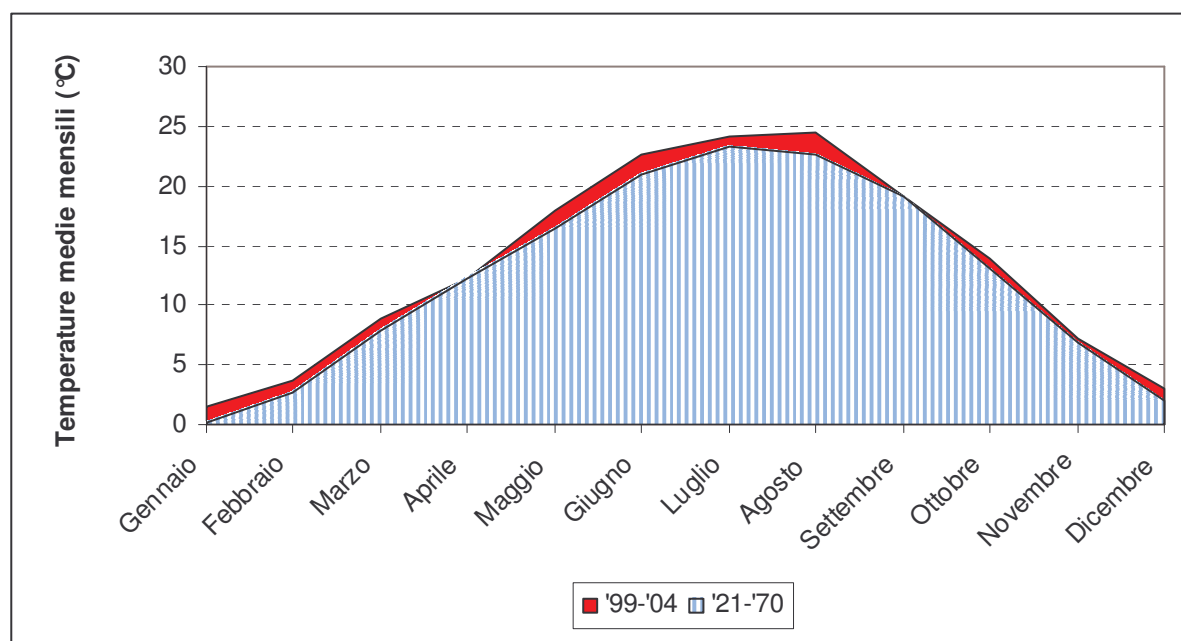


**Figura 2.4** – In blu: temperature medie annuali per la Stazione Meteo di Codogno (LO)  
(modificata da: MeteoCodogno – <http://www.meteocodogno.it>);  
in rosso: temperature medie annuali misurate presso la Stazione Meteo di Voghera  
(dati: ITAS Voghera - <http://213.26.33.137/>).

In tabella 2.1 sono mostrati i valori delle temperature medie per alcune località della Pianura Padana per il periodo 1921-1970, ivi comprese Pavia e Voghera, di stretto interesse ai fini del presente studio.

Stazioni	Temperatura media (in °C)											
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Brescia	1,8	4,4	9,6	13,7	17,9	22,3	24,7	23,9	20,1	14,3	8,1	3,7
Milano	1,7	4,3	9,2	14,0	18,0	22,6	25,1	24,2	20,4	14,0	8,0	3,1
Pavia	0,6	3,3	8,4	13,0	17,1	21,4	23,6	22,7	19,3	13,3	7,2	2,4
Torino	0,5	3,2	8,3	12,8	16,8	21,1	23,4	22,7	18,8	12,6	6,8	2,1
Voghera	0,2	2,6	7,9	12,2	16,5	20,9	23,3	22,6	19,1	13,1	6,9	2,0

**Tabella 2.1** (modificata da: Cati, 1981)



**Figura 2.5** – Aumento di temperatura media mensile del periodo 1999-2004 per Voghera (in rosso) rispetto al periodo 1921-1970 (in azzurro).

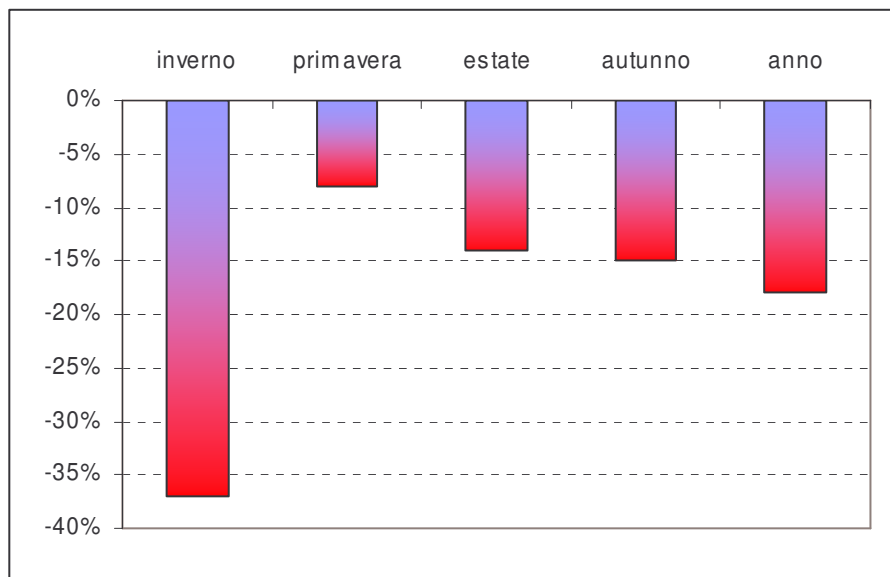
La figura 2.5 permette di osservare la stessa tendenza, già sottolineata in figura 2.4, anche per le medie mensili attuali, se paragonate a quelle del cinquantennio 1921-1970, confermando per il territorio in esame un deciso aumento delle temperature al suolo.



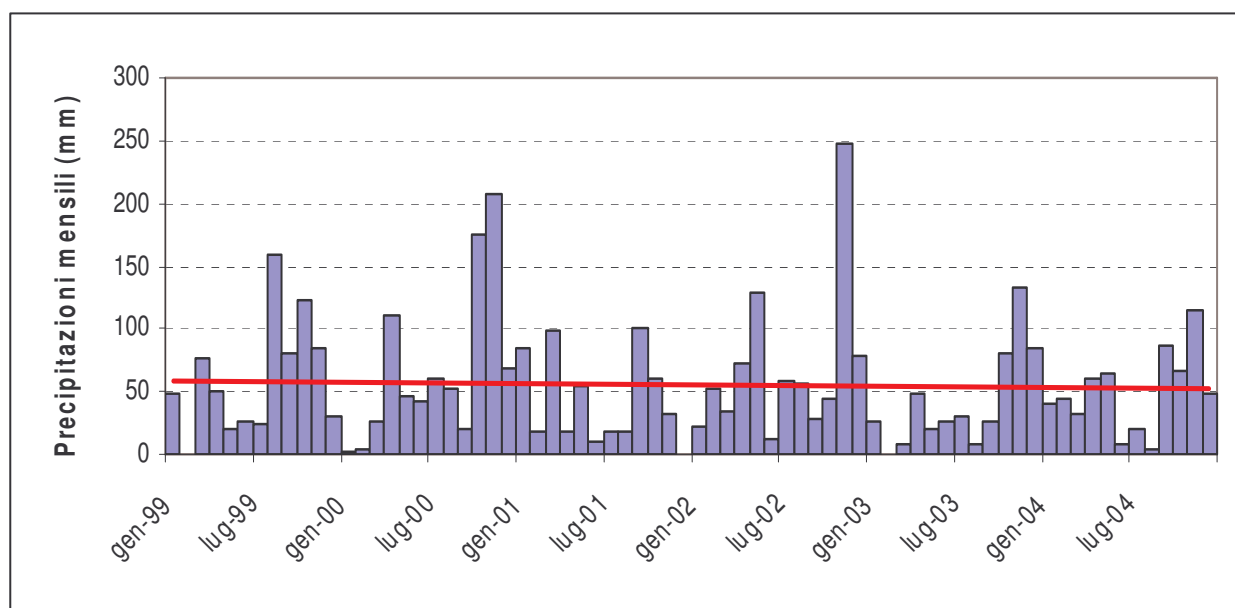
### 2.2.2 - Sulle precipitazioni

Dall'analisi delle serie storiche delle piogge, almeno fino all'anno 2001, si può osservare che le precipitazioni sono sostanzialmente diminuite su tutto il Paese e in ogni periodo dell'anno. Il dato di sintesi è una diminuzione percentuale, almeno per gli ultimi anni di riferimento, del 14% a livello nazionale delle piogge annuali, ma il calo è diffuso ed evidente in ogni area geografica, in ogni stagione e quasi in ogni mese. Il Nord risulta essere l'area geografica con i cali più evidenti in ogni stagione (fig. 2.6), dal 8% della primavera al 37% dell'inverno, con un valore medio annuo del 18% (Giuliacchi et al., 2001) in meno.

Localmente, anche Cortemiglia (1999), attraverso l'analisi climatica della serie pluviometrica storica di Tortona per il periodo 1873-1997, ha potuto osservare una chiara evidenza di diminuzione delle precipitazioni medie annue.



**Figura 2.6** – Riduzione dei totali medi di pioggia stagionali e annuali nel periodo 1980-1999 rispetto al periodo 1960-1979 per il Nord Italia (modificato da: Giuliacchi et al., 2001)



**Figura 2.7** – Precipitazioni mensili dell'Osservatorio Meteo di Voghera e linea di tendenza.

In Tabella 2.2 sono riportati i valori delle precipitazioni medie per alcune località della Pianura Padana per il periodo 1921-1970.

Stazioni	Precipitazioni (in mm di pioggia)											
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Brescia	50	54	62	83	113	95	71	92	78	90	92	63
Milano	58	58	71	84	91	93	64	76	71	102	109	74
Pavia	55	52	65	73	78	61	57	60	63	84	98	68
Torino	31	33	56	93	112	81	58	64	69	77	80	54

**Tabella 2.2** (modificata da: Cati, 1981)

### 2.2.3 – *Sull'evaporazione e sull'evapotraspirazione*

L'effetto combinato dell'evaporazione dal suolo e della traspirazione delle piante prende il nome, come noto, di “*evapotraspirazione*”.

La discriminazione quantitativa tra le due componenti è estremamente difficile, data la complessità degli elementi che intervengono nel fenomeno.

Prima di procedere al computo dell'evapotraspirazione per alcune località del bacino del Po, giova ricordare alcune nozioni di carattere generale concernenti le sperimentazioni fatte in tali campi dell'idraulica agraria.

#### Evaporazione dagli specchi d'acqua

L'evaporazione dagli specchi d'acqua dipende da vari parametri, che, in linea generale, sono la radiazione solare, la pressione atmosferica, la temperatura dell'acqua, l'intensità del vento, il gradiente verticale della tensione di vapore, la temperatura dell'aria al di sopra della massa evaporante, l'area e la forma del bacino evaporante.

La misura dell'evaporazione dagli specchi d'acqua può essere fatta con metodi diretti (evaporimetri) o indiretti (basati sul bilancio, per un determinato tempo, fra gli afflussi e i deflussi al lago e le sue variazioni di livello). Per quanto riguarda gli specchi d'acqua palustri, giacché la stratificazione termica, diretta o inversa, avviene in breve tempo, ne deriva che l'evaporazione in essi è sempre notevole e tale da produrre, se mancano apporti meteorici, il loro prosciugamento.

#### Evaporazione dal suolo

Per valutare al meglio questo parametro occorrerebbe distinguere la percentuale d'acqua che viene sottratta dalle piante per necessità fisiologiche da quella del terreno incolto nelle sue diverse tipologie ed in presenza o meno di una falda. Già Pantanelli nel 1939 era giunto alla conclusione che l'evaporazione del terreno incolto è sempre inferiore a quella di un'uguale superficie d'acqua ed è regolata, nei terreni non saturi, dal rapporto tra la tensione di vapore acqueo nell'atmosfera e quella dei meati nel terreno. In linea del tutto generale, si può affermare che l'evaporazione dai

terreni incolti è superiore a quella da un terreno boscoso nelle stesse condizioni, a causa della protezione del fogliame nei riguardi del riscaldamento diurno.

#### ***2.2.4 - Considerazioni sull'evapotraspirazione potenziale (Ep)***

Si sa che il computo dell'evapotraspirazione potenziale riveste grande importanza nel bilancio idrologico di un'area, soprattutto in estate quando la temperatura alta dell'aria e la vegetazione sottraggono una non trascurabile quantità d'acqua al deflusso superficiale e all'infiltrazione. Nonostante il grande rilievo di questo parametro mancano ricerche e studi sistematici atti a fornire validi elementi sperimentali. Di conseguenza, si ricorre a metodi di calcolo empirici ed approssimati che considerano globalmente tutta l'acqua sottratta al deflusso superficiale e sotterraneo senza distinguere l'evaporazione dalla traspirazione.

Keller (1983) per l'evaporazione annua  $E_a$  propone la formula:

$$E_a = 0,116P + 460$$

dove P è uguale alla precipitazione annua.

Il Meyer (1928) suggerisce un diagramma per la valutazione dell'evaporazione in funzione della temperatura e delle precipitazioni medie mensili. Il valore ricavato da tale diagramma rappresenta soltanto l'evaporazione teorica dell'acqua sul suolo e deve essere perciò modificata tramite opportuni coefficienti correttivi variabili tra 0,8 e 1,25, per prendere in considerazione le condizioni geologiche, topografiche e fitologiche del bacino; in tale modo viene ad essere considerata la traspirazione.

Turc (1954) valuta invece l'evapotraspirazione reale media annua con l'espressione:

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

dove: P è la piovosità media annua in mm;  $L=30+25T+0,05T^3$ , essendo T la temperatura media annua dell'atmosfera espressa in °C.

Spesso per maggiore approssimazione, onde tenere in considerazione l'umidità dell'aria che influisce sul potere evaporante dell'atmosfera, al posto di  $T$  è conveniente inserire una temperatura fittizia così calcolata:

$$T_p = \frac{\sum T_i \cdot P_i}{\sum P_i}$$

essendo  $T_i$  e  $P_i$  le temperature e le precipitazioni relative a ciascun mese.

Secondo Thornthwaite (1948) l'espressione idonea a stimare l'evapotraspirazione potenziale, non corretta, è la seguente:

$$E_p = 1,6 \cdot \left( 10 \cdot \frac{T}{I} \right)^a$$

dove  $E_p$  è l'evapotraspirazione potenziale mensile non corretta espressa in centimetri,  $T$  è la temperatura media mensile in °C,  $I$  è l'indice calorico annuo risultante dalla somma dei dodici valori mensili  $i$  calcolati come

$$i = \left( \frac{T}{5} \right)^{1,514}$$

e  $a$  è una funzione complessa di  $I$ :

$$a = 0,49239 + 1729 \cdot 10^{-5} \cdot I - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3$$

I valori di Evapotraspirazione potenziale così calcolati, per essere condotti all'effettiva situazione territoriale, devono essere corretti in funzione del rapporto fra le ore diurne e la metà delle ore giornaliere di ogni fase mensile nonché del fattore latitudine.

Si ricorda che per  $E_p$  si intende la quantità di acqua che andrebbe persa per evaporazione dalla superficie del suolo e per traspirazione delle piante, in un ambiente in cui vi sia una continua scorta d'acqua.

In Tabella 2.3 sono mostrati i valori dell'Evapotraspirazione potenziale media corretta per alcune località della Pianura Padana per il periodo 1921-1970.

Stazioni	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Brescia	2,02	7,70	30,13	58,57	97,40	139,12	159,32	141,15	94,54	50,38	18,17	5,46
Milano	1,81	7,25	28,66	59,10	96,89	138,71	162,93	148,84	95,25	49,17	18,09	4,15
Pavia	0,56	8,99	25,67	56,16	92,20	129,74	151,13	132,24	90,63	49,27	17,05	3,38
Torino	0,49	6,14	26,82	60,43	92,16	127,44	149,38	131,43	88,08	46,00	16,67	1,93
Voghera	0,14	4,49	26,32	52,76	91,11	126,30	147,62	131,08	90,08	48,27	17,22	3,09

**Tabella 2.3** - Evapotraspirazione potenziale corretta (in mm) (modificata da: Cati, 1981), riferita anche ad alcune zone di specifico interesse ai fini del presente lavoro (anni 1921-1970).

E' inoltre doveroso osservare come nelle zone pianeggianti e nel fondovalle padano i valori di  $E_p$  tendano ad un'evidente uniformità, ovviamente in stretta correlazione con la temperatura.

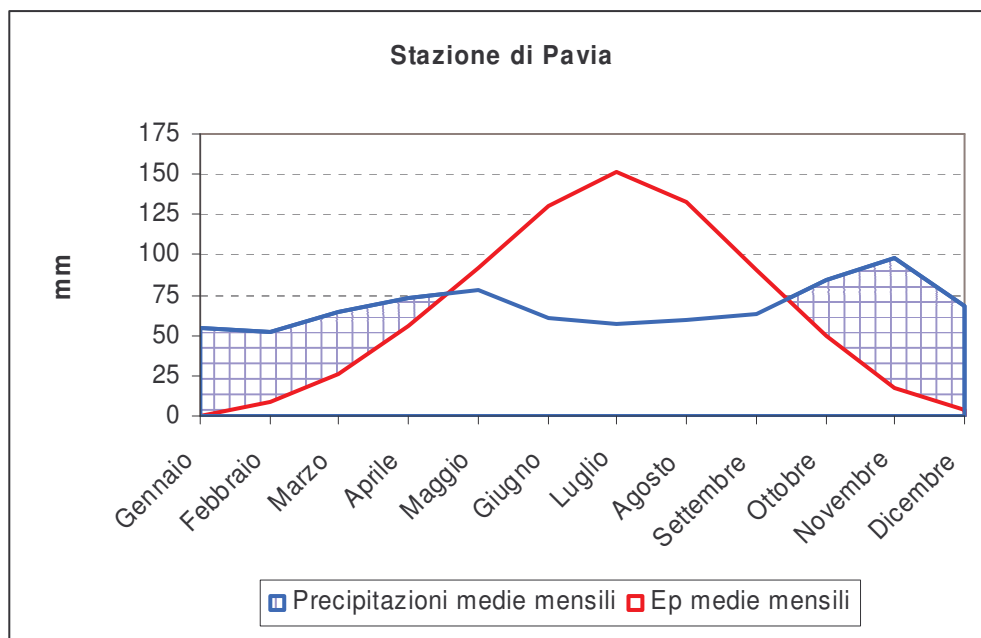
I valori minimi si osservano naturalmente in gennaio, i massimi nei mesi estivi da giugno ad agosto, con le punte più alte nel mese di luglio. Anche i mesi di maggio e settembre danno luogo a notevoli fenomeni evapotraspirativi, praticamente sulla stessa linea quantitativa.

La ricerca dell'evapotraspirazione potenziale costituisce il primo passo per l'indagine sul bilancio idrico di un determinato territorio. Il bilancio idrico è rappresentato dalla seguente equazione fondamentale:

$$P = E \pm \Delta R + D$$

in cui  $P$  rappresenta le precipitazioni,  $E$  l'evapotraspirazione,  $\Delta R$  la variazione della riserva idrica al suolo,  $D$  il deflusso.

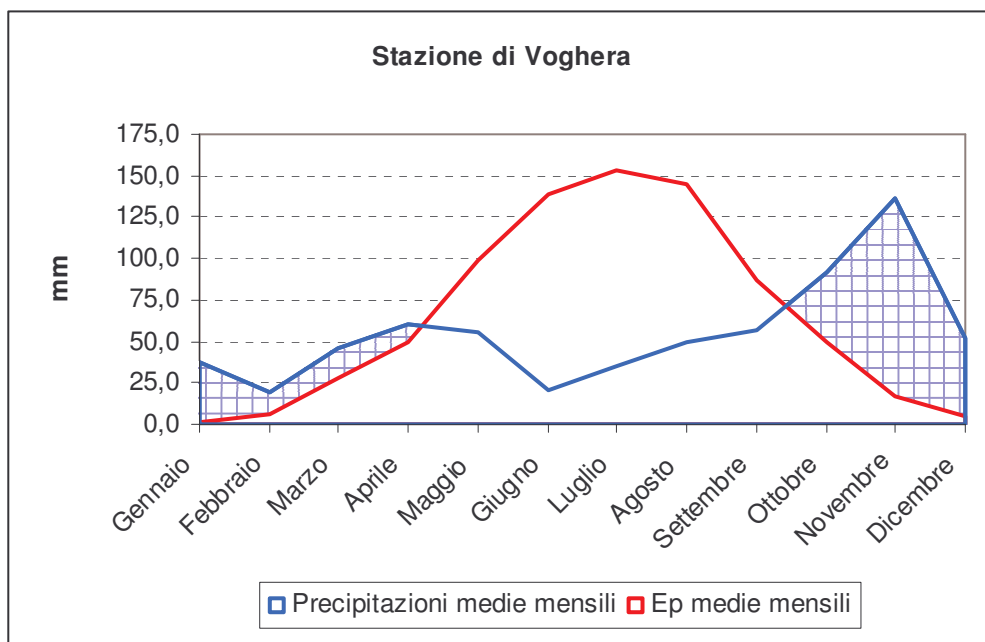
Partendo dalle differenze  $P-E_p$  mensili è possibile calcolare per ogni mese il deficit idrico, l'eccedenza idrica, l'evaporazione reale, il deflusso e quindi, in via estimativa, le variazioni della riserva idrica del suolo e la quantità e il periodo della ricostituzione della riserva. Occorre però che sia conosciuto il valore della capacità di immagazzinamento idrico del suolo.



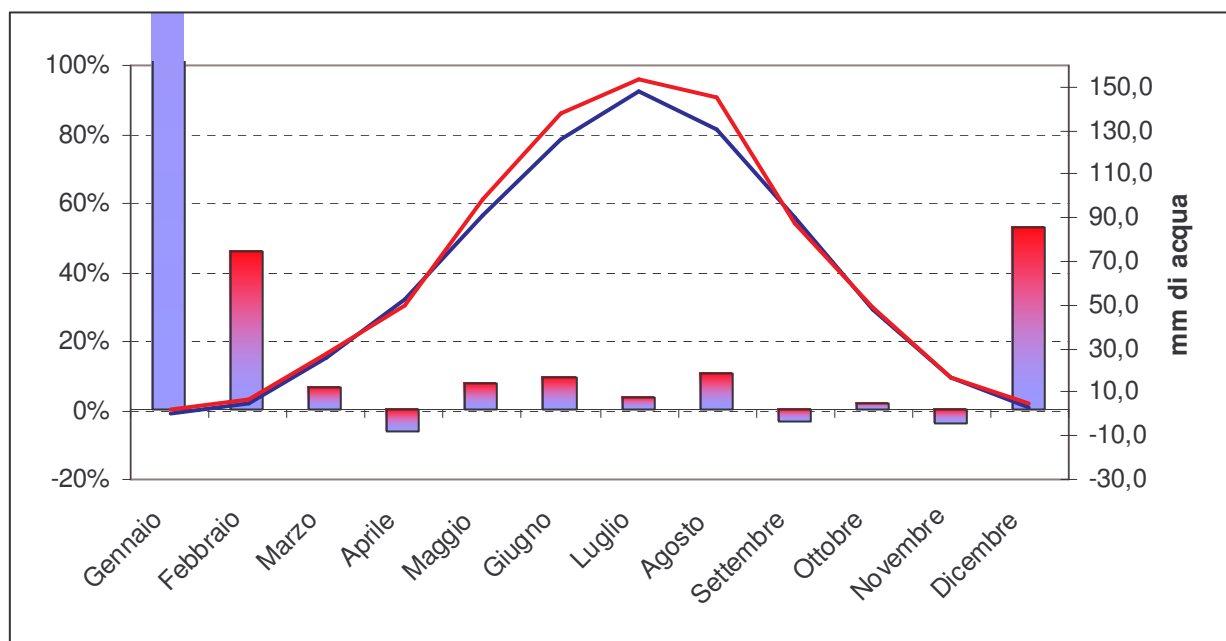
**Figura 2.8** – Precipitazioni medie mensili e evapotraspirazione potenziale media mensile per la Stazione Meteo di Pavia nel periodo 1921-1970. L'area contrassegnata dal quadrettato azzurro corrisponde al "surplus idrico", il quale da origine a scorrimento superficiale e, in parte, a infiltrazione nel terreno con ricarica degli acquiferi

Nella figura 2.8 sono riportate le variazioni mensili delle precipitazioni (in blu) e dell'evapotraspirazione (in rosso) per la stazione di Pavia nel periodo 1925-1970. L'area contrassegnata dal quadrettato azzurro corrisponde, almeno in prima approssimazione, alla quota parte di pioggia che può potenzialmente infiltrarsi nel terreno e ricaricare le falde. La stima fatta per la stazione di Pavia indica, per il periodo considerato, una quantità di acqua potenzialmente disponibile pari a 269 mm/anno rispetto ad una precipitazione media annua di 814 mm di pioggia (33%).

La ricostruzione dell'Evapotraspirazione potenziale media mensile di Voghera confrontata con le precipitazioni medie mensili evidenzia, per il periodo 1999-2004 (figura 2.9), un aumento della quantità di acqua potenzialmente disponibile all'infiltrazione: 287 mm di pioggia su un totale annuo di 661 mm (43%). Tale quantità, concentrata nel mese di novembre (42% di 287 mm), potrebbe però favorire maggiori fenomeni di ruscellamento a scapito della ricarica delle falde.



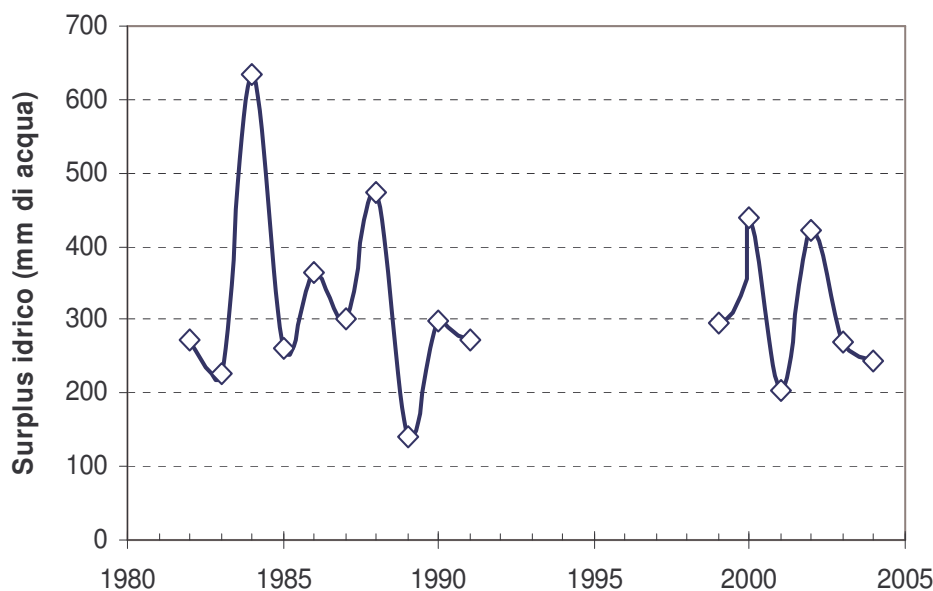
**Figura 2.9** – Precipitazioni medie mensili e Evapotraspirazione Potenziale media mensile per la Stazione Meteo di Voghera nel periodo 1999-2004. Dal grafico si nota come le precipitazioni siano concentrate nel periodo autunnale, momento in cui vengono generalmente favoriti i fenomeni di scorrimento idrico superficiale.



**Figura 2.10** – Variazioni percentuali (barre) e andamenti mensili di  $E_p$  media mensile corretta per la Stazione Meteo di Voghera del periodo 1999-2004 (curva rossa) rispetto al periodo 1921-1970 (curva blu).



Un confronto tra l'Evapotraspirazione Potenziale mensile di Voghera calcolata da Cati (1981) e quella calcolata in questo lavoro è mostrato in figura 2.10. E' possibile osservare un generalizzato aumento di Ep, in modo particolare nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio, anche se di piccola entità in valore assoluto.



**Figura 2.11** – Variazione assoluta del Surplus idrico (pioggia – Ep) per la Stazione Meteo di Voghera nel periodo 1999-2004 e 1982-1991

Fra i dati disponibili sopra esposti assume particolare significato il confronto tra gli apporti idrici e le perdite di umidità nel corso dell'anno medio. In particolare, il grafico di figura 2.9 evidenzia come le perdite per evapotraspirazione, che seguono sostanzialmente l'andamento delle temperature, raggiungono nella stagione estiva valori molto elevati proprio quando le piogge sono di minore entità. A questo punto, il suolo, che può trattenere una certa quantità di acqua (AWC o capacità idrica utile), può renderla disponibile alle piante ma, ipotizzando tale riserva nel valore più plausibile di 100-150 mm (stima di prima riferimento), essa non riesce completamente a sopperire alle perdite di umidità che si verificano nei mesi di luglio, agosto e settembre, soprattutto nelle stagioni più siccitose.

Quanto sopra esposto, quindi, evidenzia come l'area del Parco sia minacciata dalle caratteristiche meteo-climatiche soprattutto nel periodo estivo, a meno che intervengano fattori antropici (rete irrigua, derivazione di acqua sotterranea) o fenomeni idrogeologici naturali (apporto idrico dalle colature, alimentazione da falde idriche sospese, infiltrazioni da sub-alveo del reticolo superficiale, ecc.) in grado di sopperire al deficit idrico naturale.

Tali esigenze assumono dimensioni più significative se esaminate alla luce sia delle variazioni climatiche (aumento di temperatura media, diminuzione di precipitazioni, ecc.) degli ultimi anni

(grafico di figura 2.10), sia di previsioni basate sulla proiezione futura della linea di tendenza di figura 2.7.

E' inoltre interessante notare, ai fini di una corretta pianificazione della risorsa idrica, come le precipitazioni raggiungano i livelli più elevati nella stagione autunnale, momento in cui si verifica un forte surplus idrico: quest'ultimo si traduce principalmente in ruscellamento e, secondariamente, in infiltrazione efficace con ricarica degli acquiferi. Vista la natura impermeabile dei depositi più superficiali, tuttavia, è ipotizzabile che la ricarica degli acquiferi avvenga a monte rispetto al Parco Palustre, ovvero nelle zone apicali del conoide dello Staffora e dei torrenti appenninici, generalmente caratterizzati dalla presenza di depositi grossolani sviluppati circa a partire dal piano campagna.

### 3.0 - ASSETTO IDROGRAFICO E GESTIONE IDRICA DEL PARCO PALUSTRE DI LUNGAVILLA

Le funzioni, lo sviluppo e, al limite, la sopravvivenza del Parco Palustre sono necessariamente condizionati dalla locale disponibilità idrica, tanto da risultare necessario un periodico intervento dei gestori finalizzato ad apportare dall'esterno (ovvero dai limitrofi corpi idrici o attraverso emungimenti da sottosuolo) il volume di acqua utile a compensare il deficit idrico a cui il Parco stesso è soggetto soprattutto nelle stagioni più siccitose, accanto agli interventi necessari al fine di evitare, nei giorni più freddi del periodo invernale, la trasformazione dei bacini in superfici ghiacciate.

Nello svolgimento del presente studio, si è allora provveduto a definire le caratteristiche idrografiche e idrogeologiche locali, allo scopo di valutare le modalità di approvvigionamento idrico e la compatibilità ambientale delle operazioni di derivazione di acque superficiali e sotterranee in relazione alle esigenze idriche.

I bacini di cava all'interno del Parco (Tav. 1 "Assetto idrografico") presentano le seguenti caratteristiche:

Bacini 1,3,7,8,9,10,11 – Presentano acqua relativamente abbondante e quota del pelo libero generalmente compresa fra -1/2 m e -4/5 m rispetto al limitrofo piano di campagna. Gli invasi sono fra loro comunicanti (canali o tombinature) e vengono alimentati attraverso una derivazione dal Rio Luria. Poiché la derivazione idrica dal R. Luria avviene dal lato E del Parco per tracimazioni successive (attraverso tubazioni, interruzione dei setti divisorii e/o locali tracimazioni), il livello idrico degli invasi è progressivamente inferiore da E verso W.

Bacino 13 – E' un invaso che presenta acqua generalmente abbondante e viene alimentato sia attraverso una derivazione superficiale dal T. Luria (o per flusso in subalveo dello stesso corso d'acqua), sia dalle colature dei campi sviluppati a monte del Parco in occasione di eventi meteorici.

Bacini 4,5,6,12 – Si tratta di depressioni morfologiche con sponde e fondo colonizzati da vegetazione arborea e arbustiva sovente di tipo palustre; le depressioni presentano un ristagno d'acqua al fondo dovuto sostanzialmente ad apporti meteorici di carattere stagionale o alla derivazione di troppo pieno del R. Luria (bacino n. 6) e del T. Luria (bacino n. 12).

Bacino 2 – Presenta caratteristiche simili ai precedenti; la porzione settentrionale è adibita ad allevamento di pesci e a zona di rifugio dell'avifauna durante la stagione invernale. La lama

d'acqua minima necessaria alla conservazione della fauna viene garantita, durante il periodo invernale, attraverso periodiche derivazioni dal vicino pozzo al servizio del Parco Palustre.

Da quanto sopra si evince come l'apporto idrico degli invasi avvenga sostanzialmente dal reticolo superficiale, limitato a due corsi d'acqua principali: il Rio Luria (a E del Parco Palustre) e il T. Luria o Lurione (a W dell'area). Entrambi i corsi d'acqua scorrono su un substrato impermeabile e presentano un alveo pensile e arginato rispetto al piano campagna. Il T. Luria e il R. Luria hanno carattere torrentizio e la loro portata è fortemente condizionata dalle precipitazioni meteoriche stagionali: ne consegue un flusso idrico significativamente elevato durante le stagioni piovose (primaverili e autunnali), mentre nella stagione estiva la portata si riduce a valori molto bassi nulli.

Scorrendo su un substrato impermeabile, inoltre, gli interscambi con eventuali acquiferi sono molto scarsi o limitati a flussi di subalveo entro locali falde sospese.

Per garantire acqua al Parco Palustre, è stata realizzata, in passato, una specifica opera di derivazione, costituita da due canalette in cemento e da paratoie metalliche manuali che regolano l'immissione di acqua dal Rio Luria (foto n. 1).

Recenti interventi di regimazione idraulica, invece, hanno portato alla realizzazione di due scaricatori di piena (uno per il T. Luria e l'altro per il Rio Luria) in grado di regolare la portata di deflusso di questi due corsi d'acqua (che si rendevano pericolosi per i vicini abitati di Porana e di Lungavilla in occasione di piene) e di sfiorare quella eccedente nelle cave del Parco Palustre.

L'apporto idrico ai bacini avviene quindi dal Rio Luria e del T. Luria o attraverso specifiche opere di derivazione o per laminazione dei corsi d'acqua in parola quando la piena supera determinate portate: l'acqua così immagazzinata negli invasi è sufficiente per superare la stagione estiva, ma non è sufficiente per soddisfare le esigenze irrigue della vegetazione.

Va tuttavia segnalato che gli sfioratori di troppo pieno dei due corpi idrici immettono acqua nei bacini palustri più meridionali (in particolare nel n. 12 per il T. Luria e nel n. 6 per il R. Luria), i quali, a causa di un fondo non completamente impermeabile, perdono buona parte del loro contenuto per infiltrazione e non contribuiscono ad aumentare la capacità di invaso complessiva del Parco. Gli interventi idraulici eseguiti sul R. Luria (il corso d'acqua che principalmente contribuisce ad alimentare il Parco Palustre) hanno però influito negativamente sui volumi derivabili: poiché l'opera (costituita da uno stramazzone funzionante anche con portate molto basse) è stata realizzata in posizione di monte rispetto all'opera di derivazione del Parco, la laminazione del Rio Luria sottrae acqua al Parco stesso, facendo diminuire la portata utile ad impinguare i bacini lacustri.

Per le esigenze irrigue del Parco, invece, non potendo ricorrere ad acque superficiali nel periodo estivo (il T. Luria e il R. Luria sono generalmente asciutti per tutta la stagione estiva), è stato appositamente realizzato un pozzo, il quale viene utilizzato anche nel periodo invernale per

impinguare e svolgere la funzione antigelo degli invasi (bacino 1 e 2) destinati all'allevamento dei pesci e a rifugio dell'avifauna.

In sintesi, l'alimentazione dei bacini idrici avviene nel seguente modo:

2. attraverso un'opera di presa regolata da paratoie viene derivata acqua dal Rio Luria è immessa nei bacini n. 1 e n. 3 (dal bacino n. 3, attraverso una interruzione del setto divisorio, l'acqua sfiora dapprima nel bacino 7, per giungere poi nei bacini n. 9 e n. 11 attraverso tubazioni di troppo pieno; sempre per troppo pieno, il bacino n. 9 sfiora nel bacino n. 10, mentre il n. 3 tracima nel bacino n. 8 – foto nn. 4 e 5);
3. il bacino n. 13 viene alimentato attraverso una derivazione dal T. Luria e dalla raccolta di colature dei terreni lungo il confine meridionale;
4. i bacini n. 6 e n. 12 vengono riempiti attraverso le opere di laminazione della portata rispettivamente del R. Luria e del T. Luria, oltre che dall'apporto di acque meteoriche e/o di colo dei terreni limitrofi; i due bacini, non sufficientemente impermeabili, si svuotano in tempi relativamente rapidi e non sono utili per apportare acqua ai bacini adiacenti;
5. i bacini n. 2, 4 e 5 raccolgono le acque meteoriche e quelle di colo provenienti dai terreni sviluppati a S del Parco.

Per quanto attiene alla derivazione d'acqua dal pozzo di competenza del Parco Palustre, esso viene utilizzato per le seguenti finalità:

1. l'irrigazione delle aree verdi più distanti dagli invasi idrici e di quelle interessate da nuovi impianti vegetazionali (in particolare, si segnala che le aree verdi che maggiormente necessitano di irrigazione sono quelle sviluppate a E del bacino 2 e a W del bacino 12 - i cui substrati sono costituiti da riporti di inerti - e quella compresa tra i bacini 6, 4 e 3; l'irrigazione avviene a pioggia e, sebbene l'utilizzo sia funzione delle caratteristiche meteorologiche, il pozzo deriva mediamente una portata di 20 l/sec per circa 10 giorni ogni mese tra giugno e agosto, per un totale di circa 30 gg/anno).
2. l'alimentazione invernale dei bacini idrici n. 1 e parte del n. 2 (porzione settentrionale) che fungono da allevamento pesci e rifugio dell'avifauna (in questi casi l'immissione di acqua di falda ha lo scopo di evitare il gelo della superficie idrica nei mesi più freddi - generalmente dicembre e gennaio - e l'impiego del pozzo a tale scopo avviene con portate di 20 l/sec per un periodo continuativo di circa 40-60 gg/anno).

## 4.0 - ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

La porzione di territorio interessata dallo studio è caratterizzata da sedimenti geneticamente legati alle fasi di alluvionamento che hanno portato alla formazione della Pianura Padana. La successione stratigrafica individuata nello studio di Marchetti (1985), al quale si rimanda per i necessari approfondimenti, mostra un livello superficiale di natura argillo-limosa e di spessore generalmente compreso entro 8-15 m, sviluppato a copertura di depositi granulari (sabbia e ghiaia fino a circa 40-50 m di profondità), per buona parte riferibili ad un antico conoide del T. Staffora.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi permeabili saturi sviluppati al di sotto della copertura fine più superficiale costituiscono un sistema acquifero a comportamento artesiano (tradizionalmente definito “*falda principale*”). Locali eteropie tra sedimenti argillosi e sedimenti sabbioso-ghiaiosi all’interno dello strato più superficiale, invece, giustificano la presenza di falde sospese, la cui potenzialità idrica (molto più limitata rispetto alla falda principale) è direttamente collegata all’estensione areale delle lenti di materiale poroso-permeabile che svolgono la funzione di serbatoio.

### ***4.1 – I risultati dei rilevamenti piezometrici: raffronto con la campagna di misure del 1985***

Allo scopo di precisare i rapporti idrici esistenti tra Parco Palustre e acque sotterranee, è stata eseguita una campagna di rilevamenti piezometrici, i cui risultati (Tav. 2 allegata) sono stati successivamente confrontati con quelli di G. Marchetti nello studio del 1985 (Tav. 3 allegata).

Sulla scorta delle considerazioni prima esposte circa lo sviluppo di un acquifero principale e di alcune locali falde sospese, nel corso della campagna di rilevamento è stata posta particolare attenzione nel discriminare tra pozzi con livelli di captazione profondi (ovvero superiori a 15 m e, come tali, attingenti alla falda principale) e quelli più superficiali (inferiori a 10-15 m, sviluppati in una falda sospesa).

E’ doveroso segnalare come la totalità dei pozzi utilizzati a scopi produttivi (agricoli, industriali, potabili ecc.) attinga nella falda principale, mentre quelli più superficiali (generalmente di tipo “battuto” e collegati a pompa aspirante manuale o elettrica) sono impiegati solo per usi secondari (quale l’irrigazioni di orti e giardini): tale aspetto sottolinea la relativamente maggiore potenzialità idrica della falda profonda rispetto a quelle più superficiali.

Sebbene dei molti pozzi esistenti in zona solamente pochi siano risultati accessibili a sonda freaticometrica, il numero di misure eseguite è risultato sufficiente per ricostruire le linee di flusso sotterranee: i risultati sono rappresentati nella Tav. 2 (Assetto idrogeologico) nella quale, unitamente all'ubicazione dei pozzi, sono stati evidenziati i valori di soggiacenza misurata.

La ricostruzione delle isopiezometriche descrive una generale direzione di flusso sotterraneo orientata SSW-NNE, immergente in direzione NNE con gradienti medi del 2‰. Nell'area di interesse, i valori di soggiacenza aumentano mediamente da W verso E da circa 7 m a quasi 11 m per un effetto combinato tra gradiente piezometrico e innalzamento di quota della superficie topografica nella medesima direzione.

Dai risultati ottenuti è possibile affermare quanto segue:

1. il circuito idrogeologico principale, che assume comportamento marcatamente artesianico, risulta sostanzialmente indipendente rispetto alla circolazione idrica superficiale (R. Luria, T. Luria, ecc.).
2. non esiste interscambio idrico di sostanziale interesse tra i bacini idrici del Parco Palustre e la falda profonda principale, la cui superficie piezometrica si attesta sulla verticale del Parco ad una quota di -7.5 m rispetto al piano campagna.
3. la presenza di un pozzo di modesta profondità poche centinaia di metri a SSE del Parco Palustre (pozzo P6 in Tav. 2) e la relativa soggiacenza misurata (3.32 m) confermano lo sviluppo di modeste (e probabilmente effimere) falde sospese, ospitate in sottili orizzonti acquiferi sviluppati entro i depositi fini superficiali, indipendenti dalla falda profonda.
4. rispetto al rilievo eseguito nel 1985 non si notano significative modifiche delle linee di flusso o della quota piezometrica, eccezione fatta per il blando asse drenante evidenziato nel 1985 e oggi scomparso (alla data del 1985, tuttavia, era già stato ipotizzato che tale asse fosse l'effetto di locali emungimenti idrici).

Il confronto tra i dati acquisiti nell'attuale campagna piezometrica e in quella effettuata nel precedente studio (Marchetti, 1985) evidenzia solamente un abbassamento della superficie piezometrica di circa 0.5 m nel settore nord e un lieve innalzamento della stessa misura verso sud, portando così a un aumento del gradiente piezometrico rispetto al 1985.

Nell'interpretazione dei dati occorre però considerare che le misure effettuate nella campagna del 1985 hanno interessato un *“periodo caratterizzato da notevolissime precipitazioni nevose ed in piena fase di scioglimento del manto nevoso”*: in accordo con gli Autori del precedente studio, è plausibile ritenere che i valori della primavera 1985 fossero corrispondenti ad un livello di massima escursione delle falde.

Per quanto riguarda le misure del settembre 2005, invece, bisogna tenere in considerazione che il valore attuale, misurato in un diverso periodo stagionale, può essere altresì condizionato dal termine di un periodo fortemente siccitoso in cui sono avvenuti intensi prelievi da falda, soprattutto a scopi irrigui.

Sulla base di tali considerazioni, quindi, è possibile affermare che la falda si presenta in sostanziale regime di equilibrio ed il bilancio idrogeologico complessivo tra prelievo, flusso e emungimento si conclude con un sostanziale pareggio.

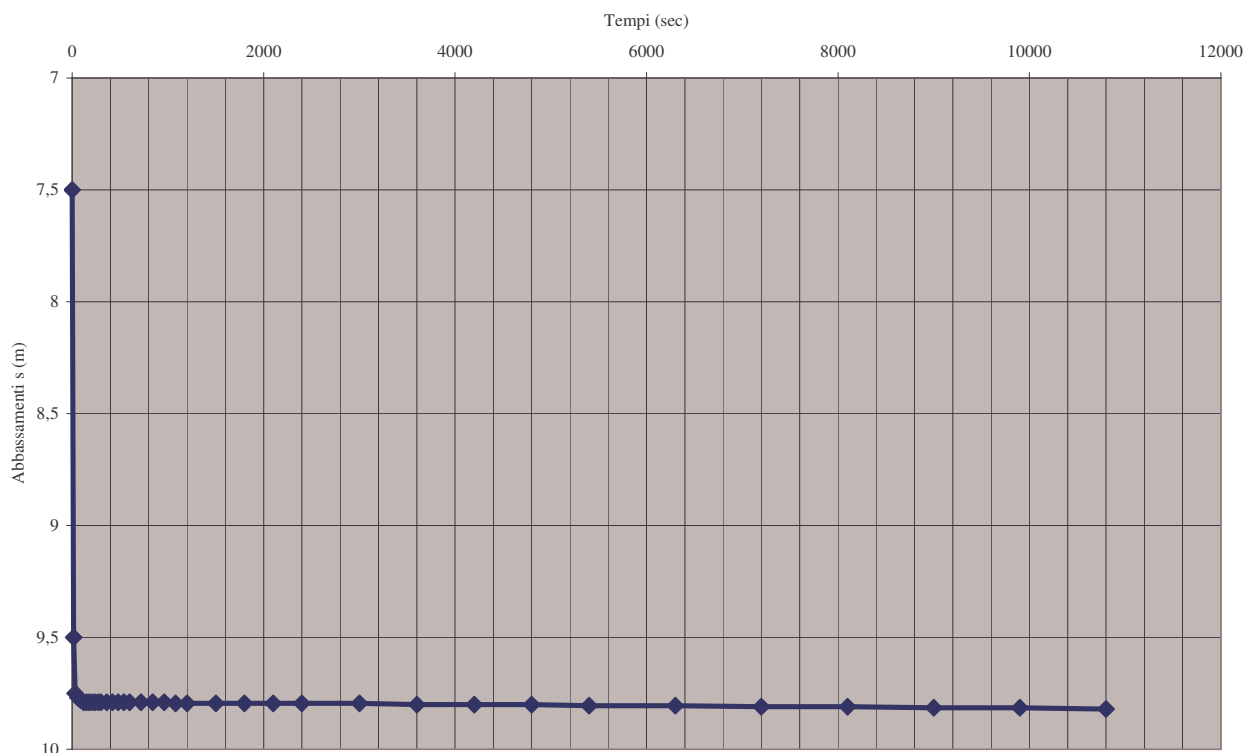
Risulta pertanto evidente come le attuali derivazioni che avvengono da sottosuolo nell'area in esame siano da ritenersi compatibili con la capacità di ricarica delle falde localmente sviluppate.



## 4.2 – Il pozzo posto a servizio del Parco e i suoi effetti sulla falda

Allo scopo di definire le potenzialità della falda sottoposta a sfruttamento attraverso il pozzo utilizzato come opera di approvvigionamento idrico del Parco, è stata eseguita una prova di pompaggio finalizzata a determinare i parametri idrogeologici dell'acquifero fenestrato. La prova è stata eseguita con un unico gradino di portata pari a quella di utilizzo della pompa installata (pari a circa 20 l/sec secondo il personale di gestione del Parco), ricorrendo per l'interpretazione alla teoria del "regime transitorio". A tal proposito, si segnala che il pozzo, profondo circa 24 m, si sviluppa nella falda principale e risulta solo parzialmente completato in essa: lo sviluppo del tratto filtrante, infatti, è limitato agli ultimi 10-15 m di profondità del pozzo, sviluppato nella porzione sommitale di un acquifero di spessori anche rilevanti (circa 30-40 m).

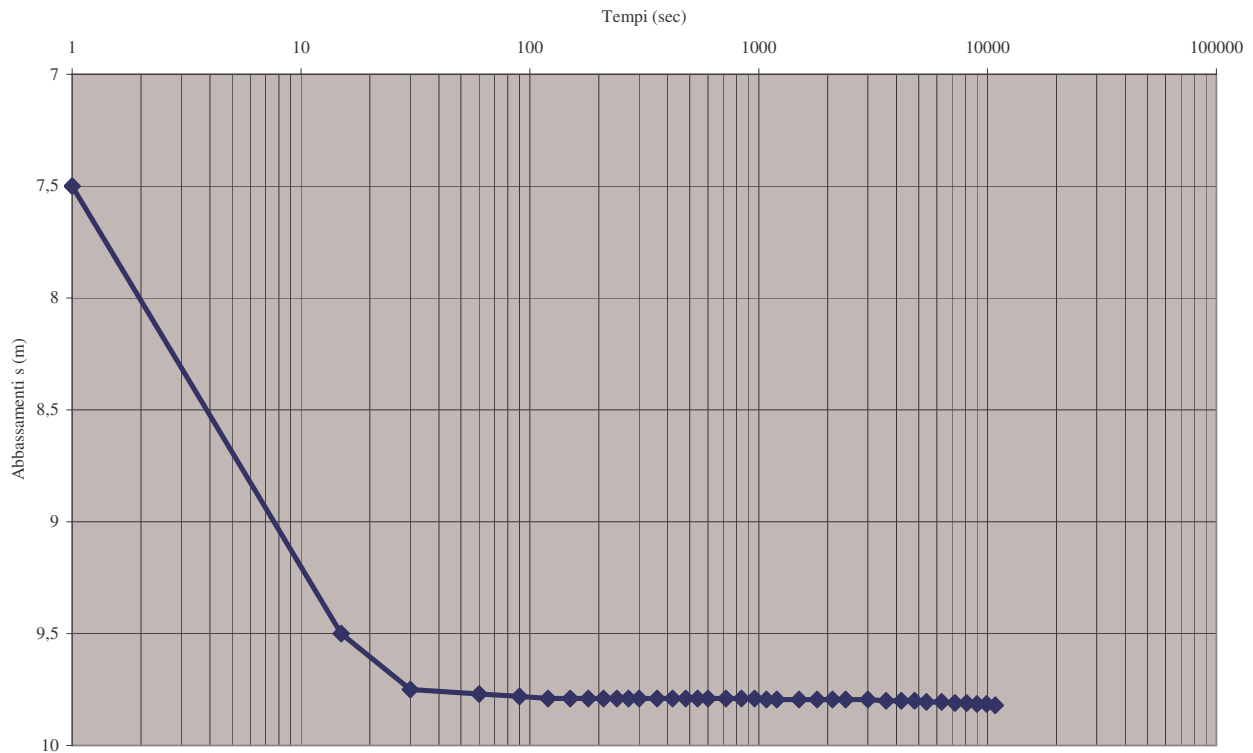
Mediante sonda freaticometrica sono stati misurati gli abbassamenti nel tempo ad intervalli prestabiliti in fase di pompaggio (abbassamenti) e le coppie di valori abbassamenti/tempo sono plottati nel grafico seguente:



**Figura 4.1** – Abbassamenti piezometrici rilevati nel pozzo posto a servizio del Parco durante la prova di pompaggio

Le stesse coppie abbassamento/tempo sono diagrammati nel successivo grafico semilogaritmico, dal quale si evince un buon allineamento delle misure (non si rilevano significativi limiti drenanti o

alimentati del sistema acquifero nel raggio di influenza determinato dal pompaggio): si discostano dall'allineamento soltanto le prime misure a causa del deflusso turbolento iniziale (effetto "capacità del pozzo").



**Figura 4.2** – Grafico semilogaritmico relativo alle coppie abbassamento/tempo misurate nel pozzo posto a servizio del Parco durante la prova di emungimento

La trasmissività è stata calcolata applicando il criterio di Jacob per acquiferi artesiani, secondo il quale

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta s}$$

dove

$T$  = trasmissività media dell'acquifero

$Q$  = portata utilizzata per la prova

$\Delta s$  = abbassamento relativo ad un ciclo logaritmico

Risolvendo opportunamente l'equazione, è stata determinata una trasmissività  $T = 1.8 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{sec}$  che, per uno spessore saturo di circa 30 m (dedotto dai dati stratigrafici disponibili), corrisponde ad una permeabilità  $K = 6.16 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$ , valore che confermerebbe una matrice sabbioso-ghiaiosa dei depositi poroso-permeabili costituenti l'acquifero da cui attinge il pozzo.

Nel caso di pozzi incompleti quale quello in oggetto, cioè di pozzi in cui la colonna filtrante non attraversa completamente lo strato acquifero, il metodo di calcolo dei parametri idrogeologici visto in precedenza andrebbe corretto, per tener conto della presenza di una componente di flusso non radiale.

In pratica, nelle prove di pompaggio eseguite in regime transitorio, gli abbassamenti misurati nei pozzi incompleti risultano superiori a quelli che si avrebbero in pozzi completi (a parità di portata), essendo la parte filtrante, nel primo caso, inferiore: applicando senza correzioni gli abbassamenti misurati ai normali metodi di calcolo si ottengono valori di trasmissività inferiori a quelli reali. In ogni caso, il calcolo del fattore correttivo non può prescindere dall'esatta conoscenza sia dello spessore dell'acquifero sulla verticale indagata, sia dello sviluppo preciso del tratto filtrante (informazioni non disponibili con altrettanta precisione). Pertanto, date le finalità del presente lavoro, le conoscenze acquisite (da ritenersi una stima di primo riferimento) sono sufficienti per giustificare l'elevata produttività della struttura acquifera.

Come ultima operazione è stato stimato il raggio di influenza del pozzo.

Rammentando che in condizioni Darcyane

$$Q = Av = 2\pi r H k (dh / dr)$$

dove

Q = portata del pozzo

K = coefficiente di permeabilità

dh/dr = gradiente della superficie freatica

ed integrando l'equazione fra i limiti rappresentati da due pozzi di osservazione posti alle distanze  $r_1$  e  $r_2$  dal pozzo di emungimento, in cui l'abbassamento è rispettivamente  $s_1$  e  $s_2$ , è possibile ottenere l'equazione nella forma

$$Q = \frac{2\pi k H (s_1 - s_2)}{\ln(r_2 / r_1)}$$

Poiché  $T = kH$ , l'equazione diventa

$$Q = \frac{2\pi T(s_1 - s_2)}{\ln(r_2 / r_1)}$$

Nella condizione limite in cui sono noti solo gli abbassamenti nel pozzo di pompaggio, si può considerare  $s_1$  pari all'abbassamento  $s_w$  nel pozzo e  $s_2=0$  per un raggio  $r_2$  corrispondente al raggio di influenza del pozzo (R). Risolvendo opportunamente l'equazione, Chiesa (1994) suggerisce

$$R = 3000 * \Delta s * \sqrt{K}$$

Pertanto, nel caso di un abbassamento di 2.32 m misurato con il pozzo funzionante a pieno regime (portate di 20 l/sec), è ipotizzabile un raggio d'influenza pari a circa  $R = 544$  m: sulla base di tali risultati, si escludono interferenze significative con altre opere di captazione presenti in zona e, in particolare, con le strutture utilizzate a scopi acquedottistici dal Comune di Lungavilla.

## 5.0 – VALUTAZIONI CONCLUSIVE E SUGGERIMENTI

### *5.1 – Sulle modalità di approvvigionamento idrico e sulla compatibilità idrogeologica dell'attingimento da pozzo*

L'analisi delle caratteristiche climatiche locali, in perfetto accordo con il trend generale dell'Italia del Nord, ha evidenziato un incremento del deficit idrico medio risultante dal bilancio tra precipitazione ed evapo-traspirazione.

Il deficit idrico è molto evidente nella stagione estiva, momento in cui le temperature e le esigenze idriche sono più elevate e le precipitazioni ridotte a valori pressochè nulli. Al contrario, le precipitazioni sono statisticamente concentrate nel periodo autunnale, momento in cui i valori di evapotraspirazione sono decisamente poco significativi.

Anche le serie pluviometriche indicano cambiamenti in atto: la quantità di pioggia media annua è globalmente in calo, in concomitanza però ad un aumento delle precipitazioni intense a carattere di nubifragio concentrate nei mesi di ottobre-novembre. Tali precipitazioni, deleterie per una efficace ricarica delle falde, si riversano quasi totalmente nelle reti idriche superficiali e possono creare problemi di alluvionamento. La differenza tra le piogge cadute e l'evapotraspirazione, definita come surplus idrico, mostra un andamento irregolare ma globalmente con un trend in diminuzione come valor medio, almeno in riferimento agli ultimi anni. Se la tendenza climatica rimarrà quella attuale, ovvero quella di gravose quantità di pioggia concentrate in brevi periodi, la maggior parte del surplus verrà perso sottoforma di ruscellamento a scapito dell'infiltrazione, portando plausibilmente a problemi di abbassamento del livello di falda in tempi futuri.

Il substrato impermeabile che caratterizza l'area sul quale si sviluppa il Parco Palustre è comunque tale da far escludere significativi fenomeni di infiltrazione che, generalmente, sono concentrati nelle zone apicali dei conoidi che costituiscono l'alta pianura.

Da quanto sopra ne consegue, allo stato attuale ma in modo sempre più accentuato per un prossimo futuro, che la sopravvivenza del Parco come zona umida sia intimamente legata alla capacità di invasare un sufficiente volume idrico durante i periodi piovosi che compensi l'evaporazione estiva e sopperisca alle esigenze irrigue della vegetazione.

La realizzazione in passato di un sistema di paratoie sul Rio Luria ha consentito di sfruttare il surplus idrico che si manifesta nel periodo autunnale (e, più raramente primaverile), derivando acqua verso i bacini lacustri. Tuttavia, recenti interventi idraulici, finalizzati a scolmare la portata di piena

del Rio Luria e del T. Luria, hanno deviato parte della portata nelle depressioni palustri più meridionali che, vista la presenza di un fondo non completamente impermeabile, perdono per infiltrazione e in tempi relativamente brevi il loro contenuto idrico: gli interventi di laminazione della piena, seppur efficaci ai fini della tutela idraulica per cui sono stati realizzati, sono andati a scapito della derivazione che invasava acqua nel bacini lacustri più settentrionali.

Tali interventi, unitamente ad una generalizzata diminuzione di precipitazioni, costituiscono un elemento di criticità nel tempo sulla capacità del Parco di invasare e mantenere i volumi idrici necessari alla sua sopravvivenza.

La soluzione per ridurre tale elemento di criticità potrebbe essere quella di un intervento strutturale, da attuarsi attraverso la realizzazione di un sistema di canalizzazioni che apporti il troppo pieno scolmato dai due stramazzi del R. Luria e del T. Luria nei bacini lacustri settentrionali (i quali, avendo un fondo impermeabile, sono in grado di mantenere per tempi più lunghi l'acqua invasata), a loro volta scolmati verso S (ovvero nei bacini palustri) da un sistema di troppo-pieno adeguatamente dimensionato. L'intervento avrebbe così il duplice scopo di aumentare la capacità di laminazione delle piene del Rio Luria e del T. Luria e, al contempo, aumentare i volumi idrici disponibili per il Parco Palustre (figura 5.1).

Discorso a parte, invece, meritano le necessità irrigue della vegetazione esistente, che, non potendo accumulare come per i bacini idrici il volume d'acqua durante i periodi di surplus idrico per compensare le perdite estive, devono necessariamente essere soddisfatte attraverso un apporto circostanziato nel tempo e nelle modalità di distribuzione: mentre la vegetazione presente lungo i margini dei bacini lacustri e palustri risente della benefica presenza dell'acqua in essi contenuti, nelle aree più distanti è necessario distribuire acqua attraverso specifici impianti di irrigazione. In assenza di risorse derivabili da corpo idrico superficiale, gli impianti di irrigazione possono essere alimentati solamente in due modi:

1. attingendo con un apposito impianto di sollevamento l'acqua presente nei bacini lacustri;
2. prelevando acqua sotterranea dal pozzo già realizzato a servizio del Parco.

Poiché la prima operazione provocherebbe il depauperamento degli stessi invasi idrici arrecando potenzialmente danno alle specie vegetali e animali ivi sviluppate, sino ad oggi si è optata per la soluzione di derivare acqua dal pozzo: tale operazione, sulla base delle analisi eseguite nel corso del presente studio, è risultata comunque del tutto compatibile con le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero captato e, soprattutto, con l'attuale capacità di ricarica dello stesso.

La situazione riscontrata è in accordo con recenti studi della Regione Lombardia per il bacino dell'Oltrepo Pavese, secondo i quali viene stimato un abbassamento massimo nell'ordine di circa

2.5 metri in seguito ad un periodo prolungato di siccità, comunque meno pronunciato nelle aree più distanti dalla fascia collinare e in prossimità del Fiume Po.

## ***5.2 – Suggerimenti mitigativi e/o alternativi***

Nonostante la derivazione di acqua sotterranea sia da valutarsi compatibile con le caratteristiche idrogeologiche locali e attuali, si affaccia all'orizzonte l'ipotesi che la ricarica futura degli acquiferi possa progressivamente diminuire a causa di una probabile e supposta diminuzione delle precipitazioni, peraltro sempre più intense e concentrate in brevi periodi.

Sulla base di tale considerazione e ritenendo che, come qualsiasi area naturale (o naturalizzata), il Parco Palustre dovrebbe autosostenersi anche dal punto di vista idrico, si giunge inevitabilmente alla conclusione che l'impiego del pozzo dovrebbe avvenire solo occasionalmente (ad esempio per irrigazioni di soccorso) e non in modo sistematico.

Restano pertanto da individuare soluzioni che conducano l'area verso una propria autonomia, secondo ipotesi in questa sede soltanto accennate, ma tali da ritenersi degne di più profonde e compiute considerazioni. Tra le soluzioni proponibili e di minor costo si potrebbe individuare una diversa scelta sulla tipologia vegetazionale, meglio se distribuita secondo una zonazione che limiti le essenze idrofile in prossimità delle fonti idriche (quali le sponde degli invasi) e favorisca l'impianto di specie meno idroesigenti nelle aree più distanti. A tal proposito, sarebbe interessante lo sviluppo di un eventuale campo prova che conduca a scelte corrette anche attraverso una fase sperimentale (si rimanda in merito anche alla relazione ricordata nella nota del paragrafo 1).

Una ipotesi alternativa potrebbe essere quella di pensare una soluzione che modifichi la distribuzione e/o la presenza dell'acqua all'interno del Parco e favorisca lo sviluppo della vegetazione: a titolo di esempio, sulle superfici non interessate dagli invasi idrici potrebbero essere realizzate delle aree depresse e impermeabili, in diretta connessione con gli invasi idrici lacustri (a guisa di propaggini nastriformi) e sufficientemente profonde da garantire una lama d'acqua che, imbibendo il terreno, favorisca lo sviluppo della vegetazione nelle aree circostanti (figura 5.2), consentendo in tal modo un sensibile risparmio dei volumi oggi derivati dal pozzo ai fini irrigui.

Anche in questo caso, le modalità di approvvigionamento idrico del Parco restano la tematica principale da affrontare: scartando l'ipotesi di derivare maggiori quantitativi di acqua sotterranea per i motivi suddetti di possibili futuri trend di abbassamento piezometrico, si ritiene che la scelta migliore possa essere inevitabilmente quella di aumentare la capacità di invaso idrico del Parco

Palustre attraverso opere strutturali e di adeguamento dei bacini alle caratteristiche idrografiche, idrogeologiche e meteo-climatiche dell'area.

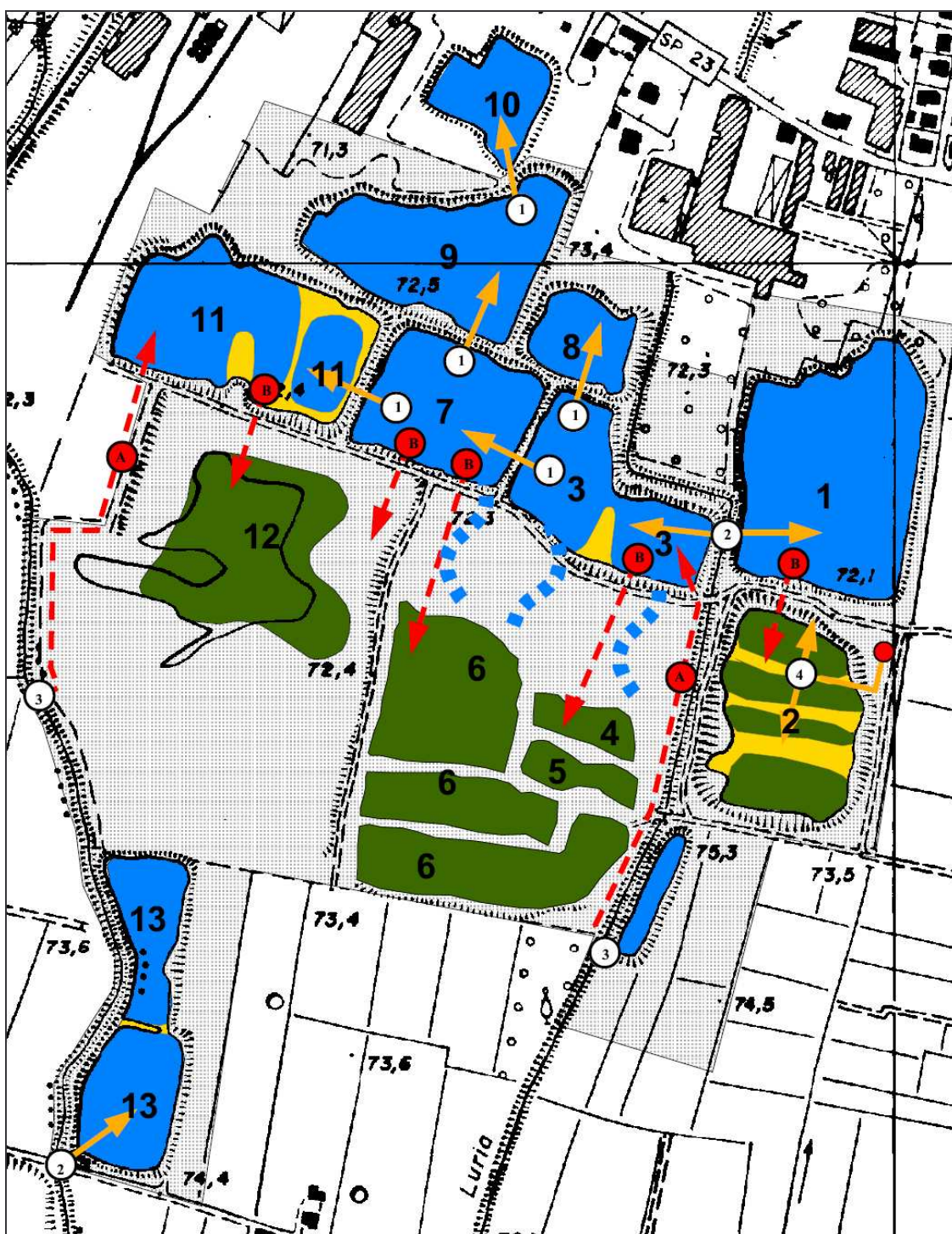




**Figura 5.1** – Schema relativo all’ipotesi di progetto che prevede la realizzazione di un sistema di canalizzazioni scaricanti il troppo pieno degli sfioratori del R. Luria e del T. Luria nei bacini lacustri (in blu), a loro volta scolmati (nei momenti di eccessivi apporti idrici) nei bacini palustri (in verde) attraverso sistemi di sfioro adeguatamente dimensionati.

LEGENDA	
OPERE ESISTENTI (in arancio)	IPOTESI DI PROGETTO (in tratteggio rosso)
<p>1 → Interconnessioni tra i bacini lacustri</p> <p>2 → Opere di derivazione dal R. Luria e dal T. Luria</p> <p>3 → Opere di laminazione del Rio Luria e del T. Luria</p> <p>4 → Tubazioni alimentanti il bacino n. 2 con acqua di pozzo</p>	<p>A → Opere di collegamento tra gli sfioratori del R. Luria e del T. Luria con apporto idrico ai bacini lacustri</p> <p>B → Sfioratori di troppo pieno dei bacini lacustri verso i bacini palustri</p>





**Figura 5.2** – Schema relativo all’ipotesi di progetto che prevede la realizzazione di aree depresse nastriformi, alimentate dai bacini lacustri attraverso interconnessioni idriche, finalizzate ad incrementare la presenza di acqua all’interno del Parco, nonché l’imbibizione dei suoli, per favorire lo sviluppo della vegetazione.

#### LEGENDA

Le superfici nastriformi ipotizzate



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**FOTO n. 1** – L'opera di derivazione dal R. Luria  
e la canaletta in cemento di adduzione idrica verso il bacino n. 3





**FOTO n. 2** – Uno degli invasi idrici (bacino n. 1) a carattere lacustre con abbondante lama d’acqua



**FOTO n. 3** – Particolare del bacino n. 11, il più occidentale fra quelli a carattere lacustre; si noti la differente lama d’acqua rispetto all’invaso della foto n. 2 (bacino n. 1) per effetto della tracimazione idrica successiva che avviene per sfioro da E verso W dell’acqua derivata dal R. Luria





**FOTO n. 4** – L'interconnessione (evidenziata in rosso) esistente tra i bacini lacustri n. 3 e n. 7 per interruzione dei setti divisorii (foto ripresa dal bacino n. 7)



**FOTO n. 5** – La tubazione di sfioro (evidenziata nel cerchio rosso) che consente la connessione idrica tra il bacino n. 7 e il bacino n. 11 (foto ripresa dal bacino n. 7).





**FOTO n. 6** – Particolare del bacino n. 6, corrispondente ad una delle depressioni a carattere palustre entro la quale viene scolmata la portata di piena del R. Luria.



**FOTO n. 7** – Lo scolmatore di piena (stramazzo) del R. Luria (visto da monte)





**FOTO n. 8** – Il Rio Luria a valle dello scolmatore di piena di cui alla foto n. 5; al momento della foto (settembre 2005) la portata del corso d'acqua era nulla (vista da valle)



**FOTO n. 9** – Lo scolmatore di piena del T. Luria (vista da monte)



## BIBLIOGRAFIA

- Cati L. (1981) - Idrografia e idrologia del Po. Pubblicazione n 19 dell'Ufficio Idrografico del Po, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Chiesa G. (1994) – Idraulica delle acque di falda, Dario Flaccovio Editore
- Cortemiglia G.C. (1999) - Caratteristiche e tendenza evolutiva delle piogge a Tortona (Piemonte – Italia) nel periodo 1873 – 1997. In "Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni". Università degli Studi di Milano e Milano-Bicocca, 223-233.
- Giuliacci M., Abelli S., Dipierro G. (2001) - Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio. Collana meteo, Edizioni Alpha Test, Milano.
- Keller R. (1983) Proceedings of Symposium on the Hydrology of Humid Tropical Regions. Hamburg, IAHS Publ. No. 140.
- Meyer A. (1928) - The elements of hydrology. John Wiley e sons. New York
- Pantanelli E. (1939) - Rapporti fra clima e vegetazione. La meteorologia pratica, anno XX; 5, 213-225; 6, 263-272.
- Turc L. (1954) - Le bilan d'eau des sols: Relation entre les precipitations, l'evaporation et l'ecoulement. Ann. Agron., 5, 491– 569.
- Thornthwaite C.W. (1948) - An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38, 55-94.





COMUNE DI LUNGAVILLA  
(Provincia di Pavia)

GESTIONE DEI BACINI IDRICI  
DEL PARCO PALUSTRE

Valutazione di compatibilit  idrogeologica dell'attuale  
attingimento da pozzo idrico e suggerimenti in merito

TAV. 1 - Assetto idrografico

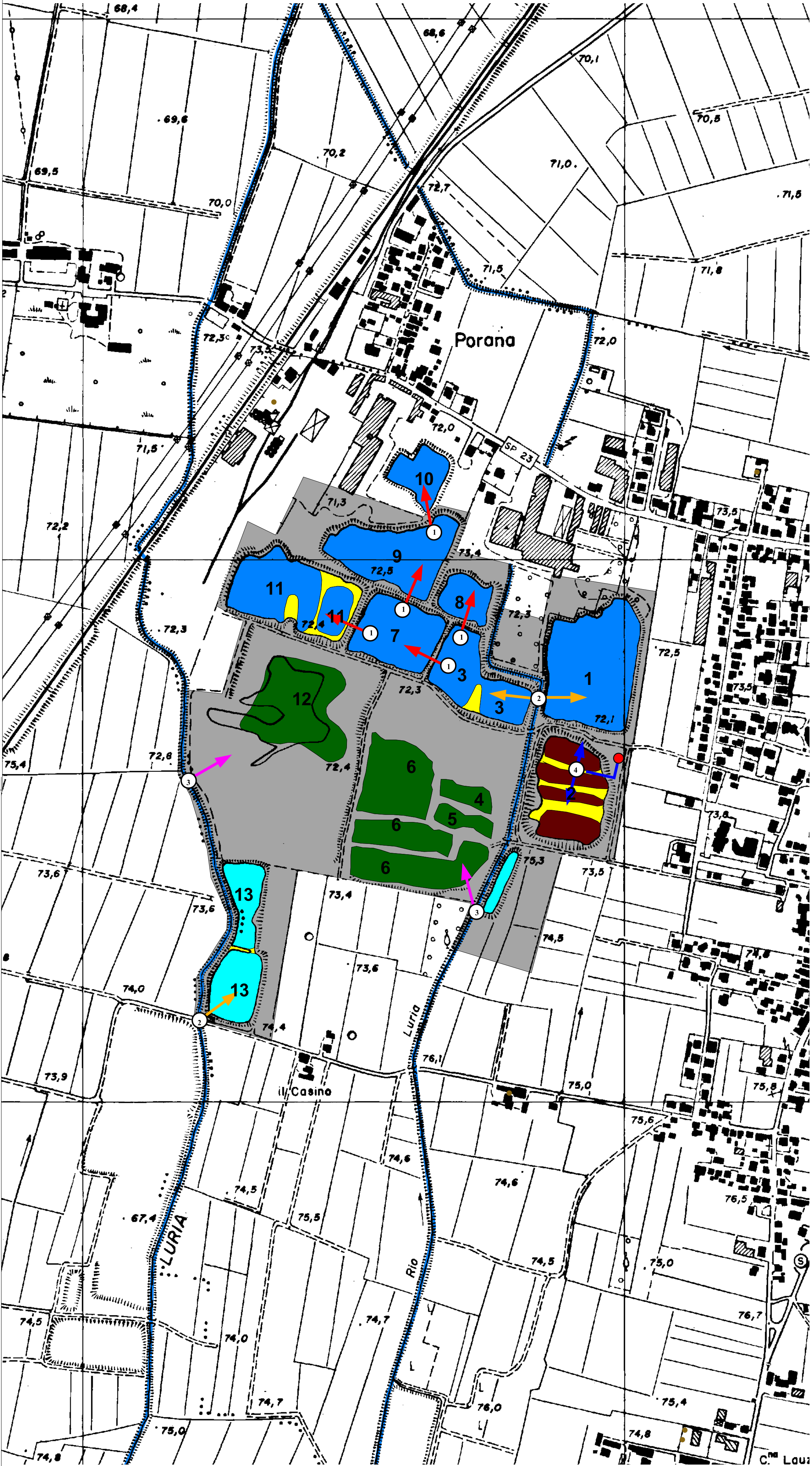
SCALA 1:5.000

A cura di:

Prof. Giuseppe Marchetti (Geologo) per conto CoRo Marketing Activities S.r.l.  
Via Pirandello 21/A, 29100 Piacenza

Con la Collaborazione di:  
dott. geol. Marco Daguati - Via Diaz 22, 26845 Codogno (LO)

LEGENDA		
		Superficie di pertinenza del Parco
	1-3-7-8 9-10-11	Invasi idrici a carattere lacustre, con acqua relativamente abbondante e quota del pelo libero progressivamente inferiore da E verso W, generalmente compresa fra -1/2 m e -4/5 m rispetto al limitrofe piano di campagna. Gli invasi sono fra loro interconnessi e vengono alimentati attraverso una derivazione dal Rio Luria.
	13	Bacino idrico con acqua abbondante, alimentato dal T. Luria attraverso una derivazione e per flusso in sub-alveo.
	4-5-6-12	Depressioni morfologiche, generalmente colonizzate sulle sponde e sul fondo da vegetazione palustre, con ristagno d'acqua dovuto sostanzialmente ad apporti meteorici a regime stagionale o alla laminazione delle piene del R. Luria e del T. Luria
	2	Bacino idrico adibito ad allevamento di pesci, con lama d'acqua minima necessaria alla conservazione dell'ittiofauna garantita attraverso periodiche derivazioni dal vicino pozzo.
		Accumulo di depositi argillo-limosi e sartumosi franati dalle sponde dei bacini e/o trasportati dal R. Luria; i depositi sono frequentemente vegetati da specie arboree e arbustive.
	Pozzo idrico del Parco Palustre	
	Reticolo idrico superficiale (Rio Luria; Torrente Luria)	
	Opere principali di interconnessione (tubazioni, interruzioni dei setti divisorii, ecc.) tra bacini di cava attigui	
	Opere di derivazione lungo il T. Luria e il R. Luria regolate con un sistema di paratoie manuali	
	Opere di laminazione di piena (stramazzi) del T. Luria e del R. Luria di recente realizzazione	
	Opere di alimentazione dei bacini palustri con derivazione idrica dal pozzo	







COMUNE DI LUNGAVILLA  
(Provincia di Pavia)

## GESTIONE DEI BACINI IDRICI DEL PARCO PALUSTRE

Valutazione di compatibilit  idrogeologica dell'attuale  
attingimento da pozzo idrico e suggerimenti in merito

TAV. 2 - Assetto idrogeologico:  
aggiornamento a settembre 2005

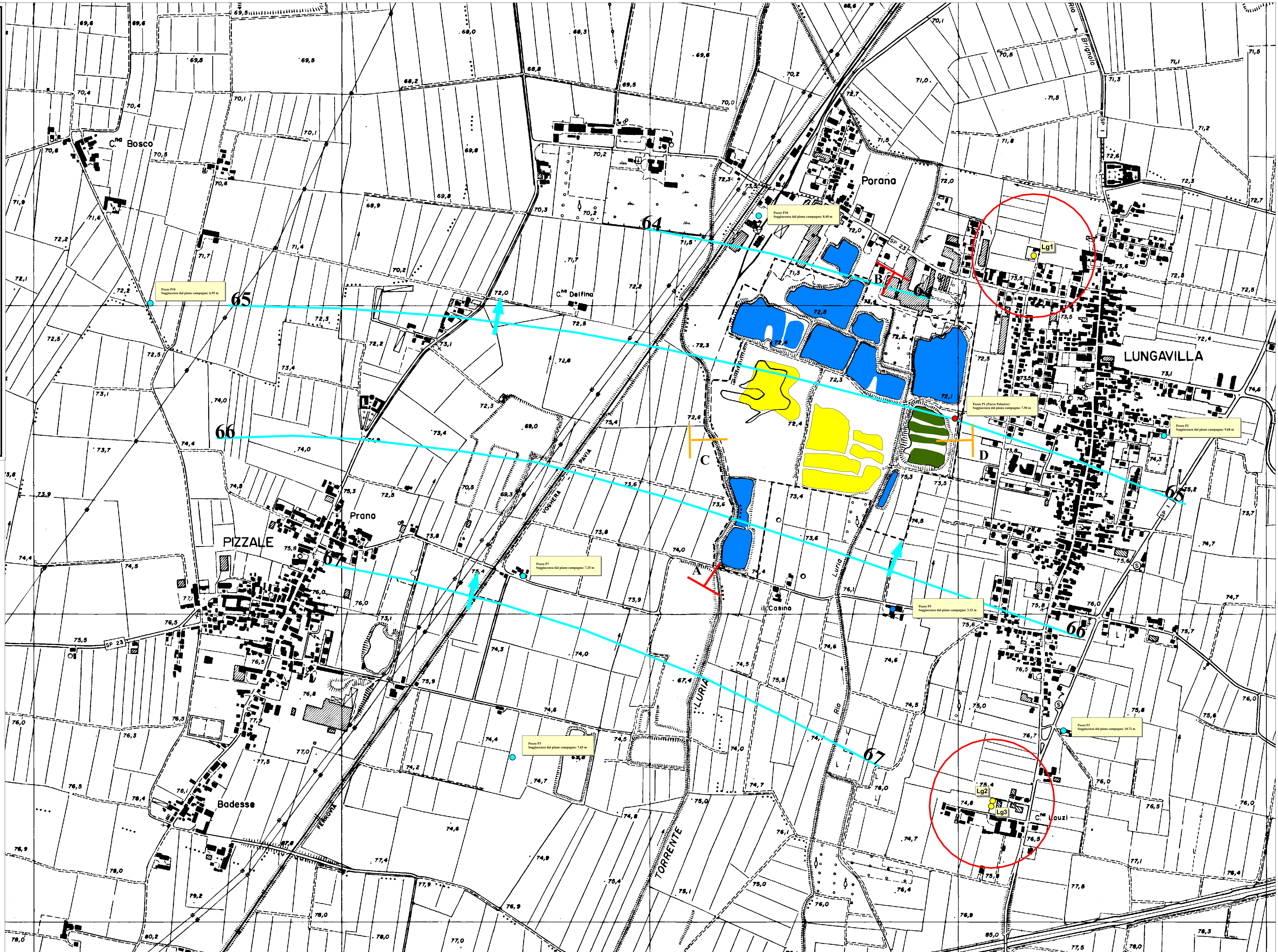
SCALA 1:5.000

A cura di:

Prof. Giuseppe Marchetti (Geologo) per conto CoRo Marketing Activities S.r.l.  
Via Pirandello 21/A, 29100 Piacenza

Con la collaborazione di:  
dott. geol. Marco Dagupati - Via Diaz 22, 26845 Codogno (LO)

LEGENDA	
	Linee isopiezometriche della falda superficiale e relative quote in m s.l.m.
	Verso di flusso della falda idrica principale
	Pozzi idrici captanti la falda principale (a comportamento artesiano) e relativa soggiacenza misurata rispetto al piano campagna (rilievo: settembre 2005)
	Pozzi attingenti a locali falde sospese e relativa misura di soggiacenza (rilievo: settembre 2005)
	Pozzo a servizio del Parco Palustre
	Pozzi idrici profondi, utilizzati a scopi acquedottistici, e relativa fascia di rispetto (200 m) ai sensi del D.Lgs. 152/99 e s.m.i.
	Bacini idrici a carattere lacustre con alimentazione periodica da acque superficiali (derivazione idrica dal R. Luria e del T. Luria)
	Bacini idrici a carattere palustre con ristagni d'acqua al fondo e alimentazione occasionale da acque meteoriche o di colto e con acqua sotterranea derivata dal pozzo
	Bacini idrici a carattere palustre con ristagni d'acqua al fondo e alimentazione occasionale per laminazione della portata di piena del R. Luria e del T. Luria
	Sezione A-B
	Traccia delle sezioni di Tav. 3







COMUNE DI LUNGAVILLA  
(Provincia di Pavia)

GESTIONE DEI BACINI IDRICI  
DEL PARCO PALUSTRE

Valutazione di compatibilità idrogeologica dell'attuale  
attingimento da pozzo idrico e suggerimenti in merito

TAV. 3 - Sezioni idrogeologiche

A cura di:  
Prof. Giuseppe Marchetti (Geologo) per conto CoRo Marketing Activities S.r.l.  
Via Pirandello 21/A, 29100 Piacenza  
Con la collaborazione di:  
dott. geol. Marco Daguati - Via Diaz 22, 26845 Codogno (LO)

