



## S.S. N. 9 "Via Emilia" Variante di Casalpusterlengo ed eliminazione passaggio a livello sulla SP ex S.S. N. 234

### PROGETTO DEFINITIVO

#### CONTRIBUTI SPECIALISTICI

**TECNOSTUDIO BIEFFE S.R.L.**  
VIA MAZZETTI 7  
FONTANELLATO (PR)

COMPONENTE STRADALE  
E STRUTTURALE;  
SICUREZZA, CANTIERE,  
RILIEVI E COMPUTAZIONE.

**CONSORZIO MUZZA  
BASSA LODIGIANA**  
VIA NINO DALL'ORO, 4 -  
LODI

COMPONENTE  
IDRAULICA

**STUDIO GEOLOGICO  
G. GRAZIANO M. MASI**  
VIA AQUILEIA, 34/A  
PALERMO

APPROFONDIMENTO  
GEOLOGICO DELLE  
MATRICI AMBIENTALI  
SUOLO E SOTTOSUOLO

**ARCH. MADDALENA  
GIOIA GIBELLI**  
VIA SENATO, 45  
MILANO

COMPONENTE  
PAESAGGISTICA  
ED AMBIENTALE

**P I GIOVANNI PERRI**  
VIA PRIORATO, 16  
FONTANELLATO ( PR )

COMPONENTE  
IMPIANTISTICA,  
TECNOLOGICA ED  
ILLUMINOTECNICA

**CI.TRA S.R.L.**  
VIALE LOMBARDA, 5  
MILANO,  
IN COLLABORAZIONE CON  
**L.C.E. SRL**  
VIA DEI PLATANI, 7  
OPERA

COMPONENTE  
TRASPORTISTICA  
ED ACUSTICA

#### I PROGETTISTI

**Arch. Savino GARILLI** PROVINCIA DI LODI  
Iscritto all'Ordine degli Architetti della Provincia di Piacenza al n° 280

**Ing. Antonio SIMONE** COMUNE DI CASALPUSTERLENGO  
Iscritto all'ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia al n° 1270

#### IL GEOLOGO

**Dott. Geol. Gianluca CANTARELLI**  
Iscritto all'Ordine dei Geologi dell' Emilia Romagna al n° 359  
via Malpelli, 2  
FIDENZA (PR)

#### COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

**Geom: Fiorenzo BERGAMASCHI**  
Iscritto al Collegio dei Geometri della Provincia di Parma al n° 1606  
via Mazzetti, 7  
FONTANELLATO (PR)

VISTO:IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO  
Ing Raffaele Franco CARSO

DATA

PROTOCOLLO

**STUDIO DI PREFATTIBILITA' AMBIENTALE - APPROFONDIMENTO MATRICI SUOLO E SOTTOSUOLO**

CODICE PROGETTO

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

D	RECEPIMENTO PRESCRIZIONI ISTRUTTORIA ANAS	MAGGIO 2012			
C	RECEPIMENTO PRESCRIZIONI CONFERENZA DEI SERVIZI	FEBBRAIO 2011			
B	VERIFICA DI OTTEMPERANZA AL DECRETO VIA	APRILE 2010			
A	PRIMA CONSEGNA PROGETTO	MARZO 2009			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO RESP. TECNICO	CONTROLLATO RESP. D'ITINERARIO	APPROVATO RESP. DI SETTORE

Codice  
Elaborato

**0006 0603**

Data Revisione:  
**MARZO 2012**

REV.  
**D**

FOGLIO  
**01** DI **01**

Scala:  
**ELABORATO DI TESTO**

## INDICE

1. PREMESSA.....	pag. 3
------------------	--------

### **PARTE PRIMA: Quadro di riferimento ambientale**

#### 2. DOCUMENTAZIONE DI BASE

<b>2.1 Lo studio geologico del dott. Cantarelli.....</b>	<b>pag. 7</b>
2.1.1 Inquadramento geologico a scala regionale.....	pag. 9
2.1.2 Contesto geologico locale.....	pag. 10
2.1.3 Assetto idrogeologico del territorio lodigiano.....	pag. 13
2.1.4 Assetto idrogeologico locale.....	pag. 17
2.1.5 Inquadramento pedologico.....	pag. 20
<b>2.2 Il Piano Cave della Provincia di Lodi (2002).....</b>	<b>pag. 22</b>
2.2.1 Assetto idraulico-territoriale.....	pag. 22
2.2.2 Assetto idrogeologico.....	pag. 23
2.2.3 Inquadramento naturalistico ed agricolo.....	pag. 26
<b>2.3 Suoli e paesaggi della provincia di Lodi - (E.R.S.A.F. 2004).....</b>	<b>pag. 28</b>
2.3.1 Il pedopaesaggio.....	pag. 28
2.3.2 I suoli.....	pag. 30
<b>2.4 Rapporto ambientale sul Piano di Indirizzo Forestale (Provincia di Lodi).....</b>	<b>pag. 35</b>
<b>2.5 Il Piano d'Ambito della Provincia di Lodi (2006).....</b>	<b>pag. 37</b>
2.5.1 Inquadramento idrogeologico generale.....	pag. 37
2.5.2 Risorse idriche sotterranee.....	pag. 40

2.5.3 Qualità delle risorse idriche sotterranee.....	pag. 41
2.6 Sintesi dei dati di riferimento.....	pag. 44

## **PARTE SECONDA: Verifiche di campo**

### 3. MISURE DEI LIVELLI FREATICI

3.1 La soggiacenza della falda freatica.....	pag. 49
3.2 Nuove misure ai piezometri.....	pag. 50

## **PARTE TERZA: Impatti e sostenibilità**

### 4. STIMA DEGLI IMPATTI SULLE ACQUE SOTTERRANEE

4.1 Interferenze sul deflusso delle acque sotterranee.....	pag. 52
4.2 Interferenze sulla qualità delle acque sotterranee.....	pag. 59
4.3 Bilancio idrico.....	pag. 61

### 5. STIMA DEGLI IMPATTI SUI SUOLI

5.1 Interferenze sullo stato dei suoli.....	pag. 63
5.2 Reimpiego dei materiali di scavo prodotti in cantiere.....	pag. 64
5.3 Sostenibilità del reimpiego dei materiali di scavo.....	pag. 65

### 6. ORIENTAMENTI PER LA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE.....pag. 66

### 7. CONCLUSIONI.....pag. 69

## 1. PREMESSA

A seguito delle revisioni apportate al progetto della *Variante di Casalpusterlengo della SS 9 Via Emilia*, già sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale, la Commissione tecnica VIA/VAS, alla luce dell'articolato sviluppo che il progetto ha subito a partire dal 2003 (anno di emanazione del Decreto di Compatibilità Ambientale), ha manifestato la necessità di esperire, unitamente alla verifica di ottemperanza al Decreto VIA del progetto 2011, una verifica di assoggettabilità delle modifiche alla Valutazione di Impatto Ambientale.

Il progetto della variante stradale si propone di porre rimedio alle criticità costituite dalla traversa urbana di Casalpusterlengo della SS9 - via Emilia, di garantire agli abitanti migliori e più salubri condizioni di vivibilità e di conferire all'infrastruttura un migliore funzionalità sia trasportistica, che infrastrutturale.

Per esperire la suddetta verifica di assoggettabilità, si è redatto uno Studio Preliminare Ambientale, di cui all'art 20 del D.lgs 152/06, relativo specificamente alle modifiche apportate al progetto definitivo della Variante, a seguito della Conferenza dei Servizi del 28 aprile 2010.

E' necessario ricordare che il progetto è stato redatto secondo tre successive versioni:

1. la prima, denominata "Progetto originario", è stata valutata dalla Commissione VIA, dal Ministero dell'Ambiente, dal Ministero per i Beni e per le Attività Culturali e dalla Regione Lombardia, nel corso del procedimento che ha portato al Decreto di Compatibilità Ambientale del 20 giugno 2003;
2. la seconda, denominata "Progetto 2008", è stata redatta in attuazione delle prescrizioni del Decreto VIA, perseguendo l'adeguamento al nuovo quadro normativo e pianificatorio. La Giunta Provinciale di Lodi ha preso atto dell'elaborato con DGP n. 84 dell'8 aprile 2009. Nell'aprile 2009 l'elaborato è stato poi trasmesso ad ANAS, che l'ha sottoposto alla verifica di ottemperanza

poi esperita con i pareri della Commissione Tecnica VIA/VAS n. 441 del 16 aprile 2010 e n. 513 del 5 agosto 2010. Il progetto è stato poi esaminato nella Conferenza dei Servizi del 28 aprile 2010 presso il Provveditorato Interregionale alle OO.PP. della Lombardia e della Liguria;

3. la terza ed attuale versione del progetto, denominata "Progetto 2011", tiene conto dell'iter sopra richiamato, recependo il combinato disposto delle prescrizioni del Decreto VIA del 2003, dei pareri della Commissione Tecnica VIA/VAS n. 441 del 16 aprile 2010 e n. 513 del 5 agosto 2010, nonché delle prescrizioni emerse in Conferenza dei Servizi. La Giunta Provinciale ha preso atto dell'elaborato con DGP n. 109 dell'19 maggio 2011.

Lo Studio Preliminare Ambientale, oltre a dover dimostrare che le soluzioni progettuali introdotte sono coerenti con quelle valutate nell'istruttoria VIA e che il progetto recepisce tutte le prescrizioni formulate nel giudizio di compatibilità ambientale, dovrà anche fornire gli elementi necessari alla verifica di assoggettabilità delle modifiche introdotte nel progetto definitivo successivamente alla valutazione ambientale.

Più specificamente queste modifiche riguardano la ridefinizione del profilo dell'asse stradale, per fare posto alla realizzazione di alcuni sottopassi.

Nel quadro delle attività che contribuiscono allo sviluppo dell'adeguamento del progetto definitivo, il Comune di Casalpusterlengo ha dato incarico allo scrivente della consulenza specialistica finalizzata allo sviluppo della componente sottosuolo, facendo espressa richiesta di (art. 4 del disciplinare d'incarico):

- *"sviluppare, anche con l'ausilio di elaborati grafici, lo studio di impatto ambientale della componente sottosuolo delle modifiche progettuali evidenziate nella planimetria di confronto (elab. 0006-0603 – all. B), tralasciandone l'inserimento nello Studio Preliminare Ambientale....., quale paragrafo dedicato;*

- *sviluppare una relazione di sostenibilità, ai sensi del D.lgs 152/06, del reimpiego dei materiali di scavo prodotti in cantiere per la realizzazione dell'opera, previsto dal progetto definitivo in oggetto ed esplicitati nell'elaborato 0003-0308 Relazione di Cantierizzazione e Monitoraggio, basandosi sulla documentazione e sui dati relativi agli impieghi agricoli delle aree, alla presenza di siti inquinati ovvero di bonifiche in corso insistenti sulle aree di esproprio o nelle prossimità, che saranno forniti dal coordinamento progettuale;*
- *integrare la documentazione relativa alla componente geologica del progetto, ove le elaborazioni sviluppate nell'ambito delle voci di cui sopra lo rendessero necessario”.*

Per quanto riguarda gli elaborati di progetto relativi alla componente geologica (elaborati Serie 0002 del progetto), essi sono stati redatti dal geologo Dott. Gianluca Cantarelli. Su di essi si basa l'inquadramento geologico dell'area interessata dagli interventi progettuali.

Sulla scorta di tutti gli elementi di conoscenza geologica acquisiti, si è proceduto all'illustrazione delle caratteristiche dell'impatto potenziale, da cui è stato possibile desumere che le variazioni apportate al progetto non introducono impatti negativi e significativi sull'ambiente, né aumentano l'impatto globale dell'intero intervento.

Ne deriva che le soluzioni proposte non introducono elementi in contrasto con le valutazioni ambientali contenute nel Decreto VIA, evidenziando la sostanziale coerenza con la versione progettuale oggetto del parere VIA.

***PARTE PRIMA: Quadro di riferimento ambientale***

## 2. DOCUMENTAZIONE DI BASE

### **2.1 *Lo studio geologico del dott. Cantarelli***

Come si è detto in premessa, l'inquadramento geologico dell'area interessata dagli interventi progettuali si basa sullo studio condotto dal geologo Dott Gianluca Cantarelli a supporto della progettazione della Variante.

Il lavoro è supportato da una campagna di indagini dirette eseguita nel 2007, mediante n. 4 carotaggi, con contestuale esecuzione di prove SPT in foro, e n. 6 prove penetrometriche statiche CPT, ad integrazione di una precedente campagna risalente al 1997, realizzata con n. 6 carotaggi, anch'essi con contestuale esecuzione di prove SPT in foro, e n. 5 prove penetrometriche SCPT.

Lo studio è altresì supportato da una ulteriore campagna di acquisizione dati condotta nel 2010-2011, attraverso l'esecuzione di n. 4 traverse sismiche MASW.

Oltre a definire con buona approssimazione il modello geologico dell'area, lo studio contiene una caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dagli scavi e soprattutto una caratterizzazione di tipo idrogeologico, operata sia attraverso le misure dei livelli freatici nei piezometri, sia sulla scorta delle cartografie tematiche del Piano Cave della Provincia di Lodi.

Con riferimento alle misure dei livelli freatici, esse sono state condotte nei piezometri installati nella campagna d'indagine del 2007, oltre che in ulteriori due piezometri installati successivamente.

Lo studio geologico risulta corredato da una cartografia ben articolata, che affronta con chiarezza i diversi tematismi geologici, da quelli litologici, a quelli geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici, giungendo a definire il diverso grado di capacità protettiva dei suoli nei confronti della falda freatica.



In buona sostanza lo studio geologico redatto a supporto della progettazione della Variante fornisce buona parte dei dati di base necessari alla consulenza specialistica affidata allo scrivente.

Pertanto da esso sono stati di seguito stralciati gli aspetti più salienti ai fini della redazione della stessa consulenza.

### *2.1.1 Inquadramento geologico a scala regionale*

L'intero territorio della Provincia di Lodi si inserisce nel quadro stratigrafico ed evolutivo del bacino sedimentario Padano, che deriva dal riempimento progressivo del bacino compreso tra le falde delle Alpi Meridionali, vergenti a Sud, e le strutture a *thrust* dell'Appennino Settentrionale, vergenti a Nord.

Il riempimento del bacino marino e la transizione alla sedimentazione continentale sono il risultato dell'interazione di una serie di eventi tettonici, di fenomeni di subsidenza e di variazioni climatiche, che hanno interessato il bacino padano sin dalla sua origine collocabile nel *Miocene inferiore e medio*. A partire da questo periodo, la catena appenninica si salda con quella alpina, delineando i bordi di quello che diverrà l'attuale bacino padano.

Nel corso dell'*Oligo-Miocene* la sedimentazione nel bacino padano era ancora prevalentemente marina e le sue caratteristiche erano differenti sui versanti settentrionale (alpino) e meridionale (appenninico): mentre nel versante alpino il substrato degradava in modo più regolare verso il bacino, sul versante appenninico si risentivano gli effetti di una marcata attività tettonica.

Nel corso del *Messiniano*, importanti eventi geodinamici e variazioni climatiche su vasta scala determinarono in tutto il bacino Mediterraneo una serie di fasi di mare basso, che indussero il ritiro del mare dall'attuale area padana ed il conseguente abbassamento del livello di base dell'erosione (anche sotto all'attuale livello del mare). In queste condizioni intensi fenomeni di erosione fluviale determinarono l'incisione delle

valli principali e dei maggiori laghi prealpini che, interessati più tardi e in diverse fasi da fenomeni di erosione e di deposizione glaciali, hanno dato origine alla configurazione di drenaggio superficiale, che è tuttora riconoscibile nel bacino padano.

Nel corso del *Pliocene* e di parte del *Pleistocene* perdurò la sedimentazione in ambiente marino, mentre l'attività tettonica dei sovrascorrimenti appenninici determinava la formazione di alti strutturali. Circa 800.000 anni fa, ovvero al limite tra il *Pleistocene inferiore* e quello *medio*, una nuova fase tettonica parossistica determinò una sensibile traslazione verso Nord delle falde appenniniche e la progradazione verso Est del sistema fluviodeltizio centro-padano, attuando il progressivo ritiro del mare dall'area padana.

A partire dal *Pleistocene medio-superiore* l'assetto geomorfologico e deposizionale della Pianura Padana appena formata furono prevalentemente condizionati dalle variazioni climatiche che, con l'alternarsi di periodi glaciali ed interglaciali determinarono la formazione di estese piane di origine fluvioglaciale o fluviale, che sono state successivamente "terrazzate" dall'azione erosiva operata dai corsi d'acqua e che sono infatti note nella letteratura geologica come "terrazzi fluviali". Nella zona di transizione tra l'alta pianura ed i rilievi si sono formati i cosiddetti "Terrazzi antichi", di cui si dirà dettagliatamente più avanti, costituendo essi uno degli ambiti su cui si sviluppa la strada di progetto.

All'esterno rispetto alle superfici terrazzate antiche si è avuta, nel corso dell'ultimo massimo glaciale (LGM, "Wurm" Auct.), un'ulteriore fase di deposizione fluviale e fluvioglaciale, che ha determinato la formazione di una vasta superficie pianeggiante, nota come "*Livello Fondamentale della Pianura*", sulla quale si sviluppa parte della strada di progetto e di cui si dirà, anche in questo caso, dettagliatamente più avanti.

Completano il quadro geologico le alluvioni attuali e recenti riferibili agli alvei dei corsi d'acqua principali della zona.

### 2.1.2 Contesto geologico locale

In un'area dunque di bassa pianura, i cui unici elementi morfogenetici sono rappresentati dalle azioni erosive delle acque del reticolo fluviale, il contesto geologico locale è rappresentato da tre unità geologiche, tutte riferibili a sedimenti di origine fluvioglaciale o fluviale di età quaternaria, prevalentemente sabbiosi e limosi, terrazzati dall'azione erosiva operata dai corsi d'acqua.

I termini più antichi sono rappresentati appunto dai cosiddetti "*Terrazzi antichi*", riferibili stratigraficamente all'interglaciale *Mindel*, che costituiscono alcuni rilievi residuali, isolati in sono alle più recenti alluvioni dell'interglaciale *Wurm*, note come "*Livello Fondamentale della Pianura*".

Sopra queste ultime si impostano infine le alluvioni attuali e recenti riferibili, come si è detto, agli alvei dei corsi d'acqua principali della zona.

#### "TERRAZZI ANTICHI"

Si tratta delle alluvioni fluvioglaciali e fluviali riferibili all'interglaciale *Mindel*, che costituiscono dei rilievi isolati all'interno del "*Livello Fondamentale della Pianura*".

Uno di essi interessa direttamente il tracciato della variante stradale in progetto, nel tratto immediatamente a Sud dell'abitato di Zorlesco, mentre l'altro rilievo, evidenziato ancora più a Sud, si trova a Sud-Ovest dell'abitato di Casalpusterlengo ed è localizzato a breve distanza dal tracciato stradale. Esso interessa tuttavia, seppure marginalmente, la rampa laterale Ovest per l'accesso alla Strada vicinale delle Coste.

Il rilievo più settentrionale, che interessa anche il previsto svincolo di "Casalpusterlengo Nord – Zorlesco", è costituito da una superficie subpianeggiante sopraelevata di circa un metro rispetto alle alluvioni del "*Livello Fondamentale della Pianura*".

Il rilievo più meridionale è invece caratterizzato da una morfologia più articolata, con quote comprese tra 62 m e 73 m s.l.m. Contrariamente alla maggior parte dei terrazzi antichi, caratterizzati da scarso rilievo e morfologia subpianeggiante, questo

terrazzo presenta una morfologia leggermente ondulata, con dislivelli metrici e resti di scarpate morfologiche in parte rimaneggiate dalle attività agricole e di escavazione.

Nel resto del territorio lodigiano questi terrazzi, sebbene siano trascurabili per estensione, si ergono tuttavia in modo netto sui terreni circostanti, anche grazie a processi neotettonici che interessano le strutture sepolte.

I due terrazzi di cui si è detto mancano invece di una tale evidenza morfologica, anche perché essi risultano maggiormente soggetti a rimaneggiamento antropico

Dal punto di vista litologico entrambi i modesti rilievi terrazzati antichi sono caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali prevalentemente argillosi e sabbiosi.

Si tratta di depositi caotici formati da ghiaie arrotondate e da ciottoli, immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa, talora debolmente limosa.

I singoli elementi ghiaiosi, di forma arrotondata, presentano dimensioni perlopiù dell'ordine di pochi millimetri o di qualche centimetro.

A questa unità si riferiscono anche i depositi glaciali più antichi, caratterizzati da orizzonti argillosi ferrettizzati, ovvero di alterazione superficiale, che in qualche caso sono stati oggetto di attività estrattiva.

#### “LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA”

Costituisce l'espressione morfologica dei depositi fluvioglaciali e fluviali che hanno colmato il bacino padano tra il *Pleistocene superiore* e l'*Olocene* iniziale, durante l'ultimo massimo glaciale del *Wurm*.

Si tratta di depositi alluvionali che si estendono diffusamente nell'area intorno a Casalpusterlengo, secondo una superficie sub pianeggiante, leggermente inclinata verso SSE, con pendenze inferiori allo 0,2% nella parte settentrionale ed ancora più basse nel settore meridionale; i depositi sono limitati ad Ovest, a Sud e ad Est dai terrazzi fluviali principali, che marciano la transizione alle Valli fluviali del Po, dell'Adda e

del Lambro che, nel corso dell'*Olocene*, hanno inciso il "*Livello Fondamentale della Pianura*".

In provincia di Lodi il territorio pertinente al "*Livello Fondamentale della Pianura*" è compreso tra i m 47 s.l.m. di Castelnuovo Bocca d'Adda ed i m 108 s.l.m. della zona più settentrionale. L'area di Casalpusterlengo appartiene alla cosiddetta "bassa pianura", cioè alla parte dei depositi fluvioglaciali che si trova a valle della linea delle risorgive.

L'attuale morfologia dei depositi risente sicuramente dell'azione antropica, attraverso opere di livellamento, bonifica e canalizzazione dei corsi d'acqua naturali tese ad ottimizzare lo sfruttamento agricolo del territorio. La realizzazione della fitta rete irrigua in particolare ha comportato notevoli modifiche dell'assetto morfologico.

Alcuni corsi d'acqua, completamente o parzialmente naturali, sono tuttavia presenti nell'area, tra i quali ad esempio il Colatore Brembiolo, che attraversa l'abitato di Casalpusterlengo ed interessa anche il tracciato della strada in progetto.

Dal punto di vista litologico i depositi che costituiscono il "*Livello Fondamentale della Pianura*", poco selezionati e piuttosto ricchi di matrice, sono riconducibili ad alluvioni fluviali e fluvioglaciali prevalentemente sabbioso-limose, seppure debba evidenziarsi che il campo di variabilità delle litologie presenti nell'unità è estremamente vario e complesso.

All'interno di tali depositi non sussiste infatti un carattere omogeneo; essi sono il risultato di una mescolanza di litologie, in genere a granulometria fine ed eterogeneamente distribuite, con frequenti intercalazioni di orizzonti più definiti.

Si tenga conto che in seno all'unità è possibile riconoscere una fitta rete di paleoalvei sovrapposti e di dossi fluviali risalenti al *Pleistocene medio-superiore*, probabilmente abbandonati definitivamente a partire dall'*Olocene*.

In generale si osserva una graduale diminuzione della granulometria dei sedimenti da Nord a Sud.

Secondo i dati disponibili, la componente sabbiosa è formata quasi completamente da granuli di natura quarzosa, con feldspati, miche, minerali pesanti ed elementi calcarei subordinati.

Questa unità costituisce l'affioramento arealmente più vasto nell'area di Casalpusterlengo e di conseguenza è quello maggiormente interessato dallo sviluppo planimetrico del tracciato stradale.

Il suo spessore supera i m 100, sulla base dei dati desunti da pozzi AGIP, quale ad esempio il *Casalpusterlengo 5*, perforato in territorio comunale di Terranova dei Passerini.

#### ALLUVIONI ATTUALI E RECENTI

Sono i sedimenti riferibili agli alvei dei corsi d'acqua principali che interessano le aree di progetto, tra cui il Colatore Brembiolo.

A Sud dell'abitato di Casalpusterlengo la depressione morfologica del corso d'acqua interessa anche il tracciato della strada in progetto, che ne prevede l'attraversamento con un ponte, a breve distanza dal previsto svincolo di "Casalpusterlengo Sud".

Questi depositi alluvionali interessano il tracciato stradale nella sua parte più meridionale, laddove esso si sviluppa in prossimità dell'alveo del suddetto Roggia Brembiolo.

Si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi (sabbie medio fini) riscontrabili lungo una fascia allungata in direzione NO-SE, leggermente depressa rispetto al "*Livello Fondamentale della Pianura*".

#### 2.1.3 Assetto idrogeologico del territorio lodigiano

Il territorio lodigiano, come si visto, è pianeggiante, debolmente degradante verso Sud-Est ed interrotto dalle incisioni che costituiscono le valli fluviali dell'Adda e del

Lambro", anch'esse con sviluppo lungo la stessa direttrice, e da un reticolo minore costituito dai numerosi corsi d'acqua più piccoli.

Sotto il profilo della conducibilità idraulica, pur tenendo presente una certa anisotropia sia laterale sia verticale dovuta alla variabile percentuale di sabbia, ghiaia e talvolta limo presenti al loro interno, i vasti depositi di origine fluvioglaciale o fluviale risultano permeabili per porosità, con valori di permeabilità medio-elevati, differenziati in funzione della composizione granulometrica dei sedimenti.

Si tratta in pratica di terreni nei quali, nelle condizioni naturali di pressione, le acque sotterranee possono spostarsi seppur lentamente nei meati sufficientemente ampi.

Il drenaggio delle acque è localmente ostacolato dalla presenza della frazione *limo* all'interno della matrice che riduce in qualche caso il volume dei vuoti.

Nella tabella di *Casagrande e Fadum* che di seguito si riporta, sono indicati, in termini puramente qualitativi, i diversi valori del coefficiente di permeabilità *K* in funzione della granulometria:

k cm/sec	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1	10	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
drenaggio	buono						povero			praticamente impermeabile			
	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita				sabbia fina, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
							terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

La morfologia pianeggiante, la permeabilità dei terreni e l'abbondante alimentazione idrica (la piovosità media nel lodigiano si attesta tra gli 800 mm ed i 1000 mm) determinano una considerevole circolazione idrica sotterranea, la cui configurazione è difficilmente riconducibile a schemi geometrici ben definiti, considerato che i depositi fluvioglaciali e fluviali ospitano falde libere, artesiane e semiartesiane.

Sulla base dei dati stratigrafici a disposizione, nell'area di progetto è possibile distinguere un acquifero multistrato, costituito da almeno due principali livelli, uno superiore di tipo freatico e superficiale, l'altro inferiore di tipo confinato, dunque in pressione, separato dal livello superiore da un orizzonte geometricamente non facilmente definibile, caratterizzato da continuità orizzontale e da spessori estremamente variabili e formato da un insieme di livelli e di lenti prevalentemente argillosi di bassa permeabilità.

L'assetto generale consente di ritenere, con buona approssimazione, che i corpi acquiferi sottostanti questo orizzonte di separazione presentino un buon grado di protezione sotto il profilo squisitamente ambientale, al contrario di quanto avviene nel livello superficiale freatico. Si tratta ovviamente di una considerazione di carattere generale, che può risultare poco o per nulla significativa, in quanto anche lenti di materiali poco permeabili più superficiali e ridotte possono configurare condizioni di protezione sufficienti o addirittura condizioni di semiconfinamento della falda inferiore, e viceversa livelli che sembrano avere continuità laterale sufficiente a scala locale non consentono in realtà una adeguata protezione dell'acquifero sottostante.

Si aggiunga che la struttura idrogeologica risulta fortemente condizionata dalle strutture terziarie sepolte, che, proprio nella zona di Casalpusterlengo, a causa di culminazioni indotte da movimenti tettonici, determinano un assottigliamento del materasso alluvionale (a San Colombano al Lambro i terreni terziari vengono addirittura a giorno).

La cartografia idrogeologica prodotta dalla Provincia di Lodi nell'ambito della realizzazione del Piano Cave (2002), indica, come principale elemento che caratterizza la morfologia della superficie piezometrica, l'evidente funzione drenante esercitata dai fiumi Adda ad Est e Lambro ad Ovest.

La direzione generale di deflusso, conforme alla pendenza topografica, è rivolta verso Sud-Est, in direzione del Fiume Po, che costituisce l'asse di drenaggio principale di tutta la Pianura Padana. Tale direzione risulta evidente nel settore centrale del



territorio lodigiano, nella zona non influenzata dal drenaggio esercitato dai suddetti fiumi Adda e Lambro.

Sul "*Livello Fondamentale della Pianura*" si osserva una leggera alterazione delle direzioni di deflusso in corrispondenza dei terrazzi antichi nella zona di Casalpusterlengo.

Per quanto attiene ai valori del gradiente idraulico, nel settore centrale del lodigiano non influenzato dai fiumi, esso risulta pari a circa 0,1%, partendo da Nord, fino all'altezza di Codogno, per poi aumentare fino a quasi 0,2% a Sud, in corrispondenza del terrazzo morfologico che delimita la valle del Fiume Po.

Le aree influenzate dall'azione drenante del Fiume Lambro si estendono per circa 7 ÷ 8 km (3,5 ÷ 4 km per ciascuna sponda), dove si osservano valori del gradiente idraulico notevolmente superiori, risultando talora anche maggiori del 2%.

Lungo le aree influenzate dall'azione drenante del Fiume Adda si osserva una situazione leggermente differente a causa dell'ampiezza della valle fluviale. La distanza dal terrazzo morfologico al fiume può infatti raggiungere anche i 4 ÷ 5 km (e comunque generalmente superiore ai 2 km).

I valori del gradiente idraulico aumentano procedendo dal "*Livello Fondamentale della Pianura*" al Fiume Adda e si attestano intorno allo 0,5% in prossimità del terrazzo, per poi abbattersi all'interno della valle fluviale, dove i depositi alluvionali risultano prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi.

Per quanto attiene alla soggiacenza della falda freatica rispetto al piano di campagna, sempre con riferimento alla cartografia prodotta dalla Provincia di Lodi nell'ambito della realizzazione del Piano Cave, si individuano 3 classi di profondità della superficie piezometrica:

1. profondità della falda dal piano di campagna inferiore a m 2,50;
2. profondità della falda dal piano di campagna compresa tra m 2,50 e m 5,00;
3. profondità della falda dal piano di campagna superiore a m 5,00.

Le aree a minore soggiacenza sono quelle poste in corrispondenza del settore centrale del "*Livello Fondamentale della Pianura*", in asse ai fiumi Adda e Lambro, oltre a quelle localizzate all'interno della valle del Fiume Adda, lungo il settore immediatamente a valle del terrazzo nella valle del Fiume Po. Qui infatti, approssimandosi al fiume principale, l'effetto drenante risulta sempre più evidente, determinando progressivamente valori maggiori nel gradiente idraulico rispetto al gradiente topografico, con conseguente aumento del valore della soggiacenza.

Nella valle del Lambro non sono evidenti zone di soggiacenza minima, in quanto essa risulta stretta ed incassata e l'alveo attivo ancor più inciso. Pertanto il fiume, esercitando l'intenso effetto drenante precedentemente descritto, non consente l'individuazione di aree a soggiacenza ridotta.

In parecchie aree a valle del terrazzo morfologico che delimita le valli attuali di Adda e Lambro, si osservano emergenze idriche localizzate, di piccola entità, ma significative da un punto di vista ambientale, legate all'intercettazione della superficie freatica da parte dell'incisione valliva.

#### *2.1.4 Assetto idrogeologico locale*

Lungo il tracciato della strada in progetto, la direzione di deflusso della falda freatica presenta una certa omogeneità. Essa è infatti sostanzialmente costante e rivolta verso Sud-Est.

Con riferimento al Colatore Brembiolo, che rappresenta certamente l'elemento idrografico più rilevante nell'area sia sotto il profilo idraulico, sia sotto quello idrogeologico, soprattutto per i suoi rapporti di interazione con la falda freatica, si evidenzia che anch'esso presenta un decorso verso Sud-Est, sub-parallelo ai fiumi Adda e Lambro.

Questo corso d'acqua sembra esercitare una funzione debolmente drenante nei confronti della falda freatica superficiale, che risulta particolarmente evidente nella cartografia del Piano Cave, da Ossago Lodigiano fino a Casalpusterlengo.

L'azione drenante nei confronti delle acque della falda freatica si traduce in un'inflessione delle curve isopiezometriche, che risulta più evidente in corrispondenza del centro abitato di Casalpusterlengo, mentre all'altezza della frazione di Zorlesco, così come a Sud di Casalpusterlengo, si osservano solo delle deboli curvature delle linee isofreatiche.

Non sembra esercitare alcuna sostanziale influenza sulla falda invece il Colatore Guardalobbia, che decorre ad Ovest del tracciato stradale di progetto.

Rispetto all'assetto naturale del territorio, si deve anche rilevare il contributo idrologico di alcuni canali con funzione irrigua e/o con funzioni di raccolta delle acque in esubero dai terreni agricoli, che influenzano le locali condizioni idrogeologiche della falda freatica a causa delle perdite che si registrano al fondo.

Al di là di queste interferenze, nell'area interessata dallo sviluppo della strada si osserva una tendenza all'aumento dell'inclinazione della superficie freatica procedendo verso Sud.

I valori massimo e minimo del gradiente idraulico della falda freatica lungo il tracciato sono rispettivamente pari a 0,3%, nel settore compreso tra la zona della discarica di Coste Fagioli e l'abitato di Casalpusterlengo, ed a 0,08% nel settore più settentrionale, a nord della frazione di Zorlesco.

La soggiacenza della tavola d'acqua in ambito locale, secondo le indicazioni della cartografia tematica del Piano Cave provinciale, è diversificata: lungo tutto il settore Nord del tracciato in progetto, fino all'incirca all'altezza dell'intersezione con la S.P. 234, la falda freatica si attesta ad una profondità compresa tra m 2,50 e m 5,00 dal piano di campagna, ad eccezione del tratto ancora più a Nord (fino al sovrappasso ferroviario) e del terrazzo antico di Zorlesco, dove la soggiacenza può superare i m 5,00 dal piano di campagna.

Nel settore meridionale si osserva invece un graduale aumento della soggiacenza, che si interrompe laddove il tracciato interseca la valle del Brembiolo.

Solo nel settore meridionale si evidenzia che la piezometria del Piano Cave differisce in qualche caso rispetto ai dati misurati ai piezometri nelle diverse campagne di indagini, registrando scarti persino di m 4 rispetto a quelli misurati sui luoghi.

Nella maggior parte dei casi invece le misure piezometriche si collocano tra i m 2,50 e m 3,10 in linea dunque con le misure riportate nel Piano Cave.

Le oscillazioni della superficie piezometrica si attestano su valori massimi di un metro, dato questo ricavato dal geol. Cantarelli, incrociando le misure ai piezometri delle campagne d'indagine con i dati fornitigli dal Comune di Casalpusterlengo e riportate nel Piano Regolatore Generale. Occorre tuttavia precisare che questi ultimi dati sono riferiti ad un solo anno di misurazioni (2002).

Stralciata dallo studio geologico del dott. Cantarelli, si allega di seguito la scheda delle misurazioni ai piezometri compiute nell'ambito della campagna d'indagini 2007.

<b>Sondaggio</b>	<b>Data</b>	<b>Quota (m slm)</b>	<b>Prof. falda (m)</b>	<b>Quota falda (m slm)</b>
S1	05/07/2007	65.27	3.00	62.27
S3	09/07/2007	63.16	2.80	60.36
S4	13/07/2007	63.08	3.10	60.10
S5	11/07/2007	61.57	2.90	58.67
P1	30/07/2007	66.27	2.80	63.47
P2	30/07/2007	63.51	2.00	61.51
P3	27/07/2007	63.16		
P4	26/07/2007	63,08		
P5	26/07/2007	63.57		
P6	27/07/2007	61.86	2.50	59.36

Le misure eseguite ai due piezometri installati successivamente (2011), nei pressi dello svincolo con la S.P. 142 confermano sostanzialmente la configurazione che discende dal Piano Cave:

Sondaggio	Data	Quota (m slm)	Prof. falda (m)	Quota falda (m slm)
Pz1	Gennaio 2011	61.20	5.25	55.95
Pz2	Gennaio 2011	61.80	4.60	57.20

### 2.1.5 Inquadramento pedologico

Sopra i depositi sciolti che costituiscono il substrato di tutta l'area oggetto dello studio si rinviene un suolo agrario ben sviluppato, la cui capacità d'uso è generalmente elevata.

Nel territorio di Casalpusterlengo i suoli si sono sviluppati sulla superficie modale della pianura e sono ascrivibili nella stragrande maggioranza agli *alfisuoli*, cioè con un orizzonte illuviale argillico poco alterato e poco desaturato (tasso di saturazione basica > 35%). Più specificamente, in funzione dell'umidità che li caratterizza, essi sono ascrivibili a *Ultic Haplustalf*, *Acquic Haplustalf* ed *Aquultic Haplustalf*, secondo la classificazione della Soil Taxonomy.

Si tratta di suoli profondi o molto profondi a substrato sabbioso, a tessitura da media a medio fine, con drenaggio da mediocre a buono. Il ph risulta solitamente neutro.

Costituiscono un'unità diversa i suoli presenti nella depressione valliforme del Colatore Brembiolo, che sono ascrivibili agli *entisuoli*, suoli immaturi con sviluppo del profilo debolmente espresso.

Nella zona posta a Sud di Zorlesco e a Sud-Ovest di Casalpusterlengo, dove sono presenti i cosiddetti "Terrazzi antichi", le condizioni di deposizione di questi ultimi hanno permesso la deposizione e la conservazione di depositi di loess durante le fasi

pleistoceniche, che si sono poi intensamente pedogenizzati. In queste aree si rinvengono i suoli più profondi ed evoluti.

Per i suoli esaminati, presenti con diversa estensione lungo il tracciato stradale, la capacità protettiva media, ossia la loro attitudine a fungere da barriera naturale nei confronti di potenziali inquinanti idrosolubili, può definirsi genericamente di grado medio, ad esclusione del settore più meridionale dello stesso tracciato, quello relativo alla valle del Brembiolo, dove i suoli possiedono una capacità protettiva di basso grado.

Per quanto riguarda l'uso agricolo del suolo, le tipologie colturali più praticate sono in genere condizionate dall'orientamento prevalentemente zootecnico delle aziende agricole, per cui prevalgono gli erbai, i prati di leguminose foraggere, quali l'erba medica ed il trifoglio ladino, e soprattutto le colture cerealicole prevalentemente a mais e riso e subordinatamente a soia.

Rivestono una certa importanza anche alcune superfici a pioppeto presenti nella fascia prossima al corso del Brembiolo, solitamente più estese lungo le valli dei fiumi principali.

## **2.2 Il Piano Cave della Provincia di Lodi (2002)**

Lo studio geologico del Dott. Cantarelli, svolto a supporto della progettazione della Variante stradale, fa più volte riferimento al Piano Cave della Provincia di Lodi.

Quest'ultimo delinea un quadro ambientale assai articolato, a partire proprio dalla componente geologica di base, per giungere alla definizione degli assetti idraulico-territoriale, idrogeologico, naturalistico, agricolo, ecc.

In questa sede si sono stralciati gli aspetti ancora una volta più rilevanti ai fini della redazione della consulenza specialistica.

### **2.2.1 Assetto idraulico-territoriale**

Il territorio della bassa provincia lodigiana, cui appartiene l'area di Casalpusterlengo, è strutturalmente fondato sulla bonifica, che, almeno all'epoca della sua esecuzione, doveva intendersi nel senso più strettamente storico del termine.

Nello specifico la superficie di bonifica è divisa in sei bacini, ad ognuno dei quali corrisponde un collettore finale, che raccoglie le acque drenate al territorio sotteso direttamente o da canali che si immettono nel percorso.

Il reticolo è costituito da collettori naturali, parzialmente artificiali, ovvero eseguiti su vecchi percorsi naturali, o interamente artificiali. Tutto il reticolo, impianti idrovori di bonifica compresi, svolge anche la contemporanea funzione idraulica di smaltimento sia degli afflussi defluenti dall'altopiano, sia di quelli provenienti dalle numerose aree urbane e produttive sottese.

La distribuzione dell'acqua si identifica quasi esclusivamente con l'irrigazione, che avviene riutilizzando l'acqua proveniente da monte o per sollevamento dai Fiumi Adda e Po, che garantiscono la disponibilità dell'acqua superficiale, seppure sussistano apporti provenienti anche da altri torrenti e colatori.

La rete irrigua, relativamente nuova per concezione e per esecuzione, è direttamente connessa con la rete di bonifica, in particolare per gli attingimenti da sollevamento.

La dinamica idraulica è strettamente connessa con la falda freatica, alla quale pervengono consistenti quantità d'acqua dagli alvei permeabili della rete idrica e per filtrazione dalle campagne irrigate a scorrimento. Questo comporta inevitabilmente una cospicua perdita di risorsa lungo i tragitti dei canali che permane però nel sistema ambientale tornando utile per l'attingimento degli acquedotti.

La scelta relativa al mantenimento degli alvei permeabili, risalente ad alcune decine di anni orsono, garantisce un equilibrio complessivo del sistema idrico, attraverso una privazione programmata nei confronti dell'irrigazione, con benefici che si allargano a tutto il territorio.

In definitiva lo scenario idraulico definisce una situazione consolidata nel tempo, che apporta quantità apprezzabili di risorsa per un utilizzo plurimo della stessa, con restituzione pressoché integrale ai recapiti naturali.

### *2.2.2 Assetto idrogeologico*

Il territorio della bassa provincia lodigiana è pressoché pianeggiante, nel complesso debolmente degradante verso Sud-Est, interrotto da incisioni vallive il cui sviluppo prevalente è lungo la stessa direttrice.

Sulla base delle unità stratigrafiche che costituiscono lo stesso territorio, è possibile distinguere un acquifero costituito da due principali livelli di falda.

L'orizzonte di separazione consiste in un insieme di livelli e di lenti, con continuità orizzontale e spessori estremamente variabili, che comunque consentono di ritenere con buona approssimazione che i corpi acquiferi sottostanti presentino una certa separazione idraulica della falda freatica ed un grado di protezione rispetto agli



eventuali elementi inquinanti presenti negli strati superficiali tale da non comprometterne la qualità.

La carta idrogeologica allagata al Piano Cave mostra le direzioni di deflusso della falda freatica, da cui risulta evidente la funzione drenante esercitata dai fiumi Adda ad Est e Lambro ad Ovest.

La direzione generale di deflusso, conforme alla pendenza topografica, è rivolta verso Sud-Est, in direzione del Fiume Po, che costituisce l'asse di drenaggio principale di tutta la Pianura Padana. Tale direzione risulta evidente nel settore centrale del territorio lodigiano, nella zona non influenzata dal drenaggio esercitato dai suddetti fiumi Adda e Lambro.

Sul "*Livello Fondamentale della Pianura*" si osserva una leggera alterazione delle direzioni di deflusso in corrispondenza dei terrazzi antichi nella zona di Casalpusterlengo.

Per quanto attiene ai valori del gradiente idraulico, nel settore centrale del lodigiano non influenzato da Adda e Lambro, esso risulta pari a circa 0,1%, partendo da Nord, fino all'altezza di Codogno, per poi aumentare fino a quasi 0,2% a Sud, in corrispondenza del terrazzo morfologico che delimita la valle del Fiume Po.

Lungo le aree influenzate dall'azione drenante del Fiume Adda si osserva una situazione leggermente differente a causa dell'ampiezza della valle fluviale. La distanza dal terrazzo morfologico al fiume può infatti raggiungere anche i 4 ÷ 5 km (e comunque generalmente superiore ai 2 km).

I valori del gradiente idraulico aumentano procedendo dal "*Livello Fondamentale della Pianura*" al Fiume Adda e si attestano intorno allo 0,5% in prossimità del terrazzo, per poi abbattersi all'interno della valle fluviale, dove i depositi alluvionali risultano prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi.

Quale elemento idrografico naturale che risulta importante ai fini dell'assetto idrogeologico della falda freatica, il Piano Cave segnala il Colatore Brembiolo, che presenta un decorso sub parallelo ai fiumi principali. Esso sembra esercitare una

funzione debolmente drenante nei confronti della falda freatica, che risulta evidente nella cartografia di piano nel tratto tra Ossago Lodigiano sino a Casalpusterlengo.

Sempre con riferimento alla cartografia prodotta dalla Provincia di Lodi nell'ambito della realizzazione del Piano Cave, si individuano 3 classi di profondità della superficie piezometrica (Carta della soggiacenza):

4. profondità della falda dal piano di campagna inferiore a m 2,50;
5. profondità della falda dal piano di campagna compresa tra m 2,50 e m 5,00;
6. profondità della falda dal piano di campagna superiore a m 5,00.

Le aree a minore soggiacenza sono quelle poste in corrispondenza del settore centrale del "*Livello Fondamentale della Pianura*", in asse ai fiumi Adda e Lambro, oltre a quelle localizzate all'interno della valle del Fiume Adda, lungo il settore immediatamente a valle del terrazzo nella valle del Fiume Po. Qui infatti, approssimandosi al fiume principale, l'effetto drenante risulta sempre più evidente, determinando progressivamente valori maggiori nel gradiente idraulico rispetto al gradiente topografico, con conseguente aumento del valore della soggiacenza.

Nella valle del Lambro non sono evidenti zone di soggiacenza minima, in quanto essa risulta stretta ed incassata e l'alveo attivo ancor più inciso. Pertanto il fiume, esercitando l'intenso effetto drenante precedentemente descritto, non consente l'individuazione di aree a soggiacenza ridotta.

In parecchie aree a valle del terrazzo morfologico che delimita le valli attuali di Adda e Lambro, si osservano emergenze idriche localizzate, di piccola entità, ma significative da un punto di vista ambientale, legate all'intercettazione della superficie freatica da parte dell'incisione valliva.

Sempre con riferimento alla cartografia di piano, la carta della vulnerabilità della falda freatica, redatta secondo il modello SINTACS secondo cinque differenti livelli di vulnerabilità, evidenzia una vulnerabilità elevata su tutto il Livello Fondamentale della Pianura e dunque sui terreni dell'intero tracciato stradale.

Le altre informazioni circa la vulnerabilità della falda in seno allo stesso piano sono già state contenute nello studio del dott. Cantarelli e riportate ai paragrafi 2.1.3 e 2.1.4.

### *2.2.3 Inquadramento naturalistico ed agricolo*

Tra le tipologie ambientali rilevate nel territorio lodigiano, si possono annoverare gli agroecosistemi, ovvero ecosistemi antropizzati in cui al sistema naturale si sovrappongono gli effetti dovuti all'intervento antropico, quest'ultimo mirato ad ottenere la conversione di materiali non commestibili in prodotti direttamente utili per la popolazione umana.

Tra questi agrosistemi la categoria maggiormente diffusa è rappresentata dai seminativi, che includono cereali, orticole e foraggiere.

Si tratta perlopiù di colture condotte in appezzamenti di vaste dimensioni e senza presenza di elementi naturali lineari, quali siepi e filari, che costituiscono il quadro tipico delle aree agricole intensamente coltivate.

Questa tipologia ambientale si rileva in quasi tutto il territorio di Casalpusterlengo, che presenta una generale omogeneità, privo di importanti ambienti naturali. Si tratta infatti di un paesaggio agrario molto semplificato, in funzione anche della morfologia piatta del territorio, nel cui ambito il reticolo irriguo, fitto e funzionalmente complesso, rappresenta l'unica rete di connessioni ecologiche utili o potenziali. I piccoli corsi d'acqua presentano tuttavia una naturalità discontinua.

Tra i seminativi più diffusi nel territorio di Casalpusterlengo è prevalente il mais, mentre in subordine sono presenti orzo, frumento ed erbai.

Ai fini zootecnici il mais viene raccolto allo stadio di maturazione cerosa, trinciato ed insilato, costituendo la fonte principale di unità foraggiere per gli allevamenti di bovini.

Il mais ceroso può costituire anche erbaio intercalare, quando viene seminato in successione alla coltura invernale per l'ottenimento di un secondo raccolto.

Non mancano le aziende che praticano gli ordinamenti colturali ad indirizzo puramente cerealicolo, ovvero nella monocoltura di mais o in avvicendamenti stretti dominati da mais in coltura principale estiva ed orzo e frumento tra i cereali autunno-primaverili, con inserimento di colture intercalari di secondo raccolto.

### **2.3 Suoli e paesaggi della provincia di Lodi - (E.R.S.A.F., 2004)**

Diversi elementi di conoscenza sui suoli presenti nella provincia di Lodi e specificamente nell'area di Casalpusterlengo sono stati tratti dalla pubblicazione "Suoli e paesaggi della provincia di Lodi" edito dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF) della Regione Lombardia (2004).

Si tratta di un importante strumento di diffusione scientifica per la conoscenza del paesaggio agricolo del territorio lodigiano, nato per fornire agli addetti ai lavori strumenti efficaci per il controllo e la gestione del territorio.

Le informazioni in esso reperibili sono relative principalmente alle caratteristiche dei suoli ed alle unità morfologiche del paesaggio.

#### **2.3.1 Il pedopaesaggio**

Secondo una chiave di lettura che permette di capire, collocare e classificare i suoli in relazione all'ambiente nel quale si trovano e nel quale si sono evoluti, la provincia di Lodi è formata da tre grandi pedopaesaggi, due dei quali, quello del "*livello fondamentale della pianura*" e più marginalmente quello dei "*terrazzi subpianeggianti rilevati sulla pianura*", interessano l'area di Casalpusterlengo.

Il pedopaesaggio del "*livello fondamentale della pianura*" si estende molto diffusamente nel territorio lodigiano ed anche nella cosiddetta bassa pianura sabbiosa sulla quale si sviluppa il tracciato stradale.

La generalizzata stabilità di questo ambiente ha consentito una prolungata pedogenesi sui materiali d'origine, generalmente sabbioso-limosi, con diffusa presenza di orizzonti di illuviazione d'argilla in profondità. Locali fattori di disturbo, riconoscibili nell'attività di piccoli corsi d'acqua e/o nell'oscillazione della falda, hanno talvolta interferito con i processi di formazione del suolo, determinando la presenza di orizzonti di alterazione, talvolta con evidenze di deposizione di carbonati secondari.

I suoli sono fertili, generalmente ben drenati o con forme di idromorfia di lieve o modesta entità, equilibrati nelle proprietà chimico-fisiche; hanno tessitura da moderatamente grossolana a moderatamente fine, con falda assente nel primo metro di profondità; hanno altresì reazione perlopiù da subacida a subalcalina, con saturazione in basi medio alta.

Il pedopaesaggio dei "*terrazzi subpianeggianti rilevati sulla pianura*" ha una estensione areale molto limitata, ma, come è stato possibile trarre anche dalle informazioni contenute nello studio geologico del dott. Cantarella, due di essi sono ubicati nei pressi di Casalpusterlengo ed interessano, seppure marginalmente, lo sviluppo del tracciato stradale.

I suoli presenti riflettono le evidenze di una lunga esposizione a processi pedogenetici avvenuti sotto condizioni climatiche mutate più volte, da quelle tipiche subtropicali (interglaciali *Mindel-Riss* e *Riss-Wurm*) a quelle tipiche di ambienti glaciali e periglaciali.

I suoli hanno dunque un carattere composito, avendo subito ripetuti cicli erosivi e pedogenetici dei quali portano le tracce. Sulle superfici meglio conservate essi sono estremamente evoluti, caratterizzati dalla presenza di un orizzonte argillico ben espresso, arrossato, con molte figure pedogenetiche come pellicole illuviali d'argilla e concentrazioni di ossidi di ferro e manganese. Nelle superfici più incise e pendenti, l'erosione, così come in generale l'antropizzazione, possono aver determinato l'asportazione degli orizzonti superiori e talora dell'intero orizzonte argillico, determinando un ringiovanimento dei suoli.

Dal punto di vista chimico-fisico questi suoli evidenziano una saturazione in basi medio alta, con reazione tendenzialmente neutra o subacida in superficie, che diventa subalcalina o alcalina lungo il profilo, mentre la tessitura, condizionata dai processi erosivi, varia da moderatamente fine o media sino a moderatamente grossolana.

Una forma di sottosistema di pedopaesaggio, che interessa anch'essa marginalmente il tracciato stradale, è quella che afferisce alle piane alluvionali recenti

adiacenti ai corsi d'acqua, costruite per successive tracimazioni in occasione degli eventi di piena a seguito di una dinamica prevalentemente deposizionale.

Nel caso specifico si fa riferimento alla valle del Brembiolo, che interessa la variante stradale soltanto nel tratto più meridionale.

La pedogenesi è solitamente poco espressa, sia per la alternanza più o meno frequente di episodi erosivi e deposizionali, sia per l'altrettanto frequente sommersione da parte del corso d'acqua durante gli eventi di piena.

I suoli sono quindi scarsamente differenziati dal materiale di partenza e riflettono le particolari caratteristiche dei sedimenti sui quali si sono formati, potendo esprimere al massimo orizzonti d'alterazione, spesso ubicati nella parte del profilo e sepolti da sedimenti più recenti.

In genere essi presentano qualche problema di idromorfia, frequentemente con osservazione della falda entro il suolo, la quale può permanere presso la superficie anche per lunghi periodi di tempo.

### *2.3.2 I suoli*

La provincia di Lodi si caratterizza per l'uso a seminativo preponderante (78%) rispetto alle altre forme di utilizzo del territorio; questa presenza contraddistingue l'intera provincia, ad esclusione delle aree lungo i principali corsi d'acqua, dove il pioppeto assume una importanza areale significativa.

Tra le colture presenti riconducibili alla componente seminativo troviamo cereali autunno-vernini, colture industriali, quali il mais, e riso, quest'ultimo concentrato nella pianura centrale idromorfa al confine con la provincia di Pavia.

In linea generale i suoli presenti nell'area di Casalpusterlengo presentano una buona funzione produttiva, ovvero sono adatti a diverse tipologie di utilizzazione agricola, mentre essi non hanno una funziona naturalistica, ovvero non possiedono un

ruolo atto a determinare degli habitat naturali o a proteggere la biodiversità, né tanto meno a conservare importanti patrimoni culturali per l'umanità.

### I suoli dei "TERRAZZI ANTICHI"

Si tratta di suoli franco limosi, situati su morfologie subpianeggianti, formati su depositi fluviali e fluvioglaciali molto alterati, decarbonati, a tessitura sabbiosa con argilla.

A partire dalla superficie, mostrano i seguenti caratteri:

- topsoil di circa 30 cm di spessore, di colore bruno grigiastro scuro con screziature bruno giallastro scure, tessitura media, non calcareo con reazione neutra, CSC media e TSB alto;
- subsoil di circa 120 cm di spessore, di colore da bruno giallastro a bruno, con piccole screziature bruno intenso nella parte superiore e bruno giallastro chiare nella parte inferiore, tessitura da media a moderatamente grossolana, molte pellicole di ferro e manganese e di argilla, non calcareo con reazione subalcalina, CSC media e TSB alto;
- substrato di colore bruno, tessitura moderatamente grossolana con tracce di alterazione, non calcareo con reazione neutra, CSC media e TSB alto.

Sotto il profilo funzionale questi suoli hanno un buon drenaggio, una permeabilità moderata, una capacità di ritenzione idrica molto alta ed un forte rischio d'incrostamento superficiale.

Sono adatti all'uso agricolo senza alcuna limitazione e sono utilizzabili per un'ampia gamma di colture con buona resa produttiva; sono adatti altresì per l'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici e sono adatti a quella dei fanghi di depurazione, con lievi limitazioni dovute alla reazione del topsoil.

Nei confronti delle acque sotterranee hanno una capacità protettiva moderata, dovuta alla loro permeabilità moderata, mentre hanno una capacità protettiva elevata nei confronti delle acque superficiali.



Non presentano peculiarità ambientali di rilievo.

#### I suoli del “LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA”

Si tratta di suoli franco sabbiosi situati su superfici stabili pianeggianti, formati su sedimenti fluviali e fluvioglaciali pleistocenici, non calcarei, costituiti da sabbie eventualmente con limi o con ghiaia.

A partire dalla superficie, mostrano i seguenti caratteri:

- topsoil di circa 40 cm di spessore, di colore bruno grigiastro scuro, tessitura moderatamente grossolana, reazione subacida CSC e TSB medi;
- subsoil di circa 75 cm di spessore, di colore variabile da bruno scuro a bruno giallastro, con comuni screziature bruno giallastro scure nella parte superiore, tessitura grossolana, poche concentrazioni soffici ferromanganesifere e poche pellicole di argilla (più abbondanti nella parte inferiore), non calcareo con reazione neutra, CSC bassa e TSB da alto a medio;
- substrato di colore bruno giallastro nella parte superiore e bruno grigiastro in quella inferiore, con comuni screziature bruno grigiastre nella parte superiore e giallo brunastre in quella inferiore, tessitura media, moderatamente calcareo con reazione neutra, CSC da media a bassa e TSB alto.

Sotto il profilo funzionale questi suoli hanno un buon drenaggio, una permeabilità moderata, una capacità di ritenzione idrica moderata.

Sono adatti all'uso agricolo senza alcuna limitazione e sono utilizzabili per un'ampia gamma di colture con buona resa produttiva; sono adatti altresì per l'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici e per quella dei fanghi di depurazione, con lievi limitazioni in entrambi i casi dovute alla tessitura moderatamente grossolana e nell'utilizzazione dei fanghi anche alla reazione ed alla CSC.

Nei confronti delle acque superficiali hanno una capacità protettiva elevata, mentre hanno una capacità protettiva moderata nei confronti delle acque profonde a causa della granulometria e della permeabilità.

Non presentano peculiarità ambientali di rilievo.

#### I suoli delle ALLUVIONI ATTUALI E RECENTI

Si tratta di suoli franco sabbiosi situati su superfici subpianeggianti delle piane alluvionali, formati su depositi alluvionali calcarei a granulometria media (limi).

A partire dalla superficie, mostrano i seguenti caratteri:

- topsoil di circa 40 cm di spessore, di colore bruno oliva, tessitura media, non calcareo o poco calcareo con reazione alcalina, CSC elevata e TSB alto;
- subsoil di circa 45 cm di spessore, di colore variabile bruno oliva chiaro, tessitura media, con comuni concentrazioni soffici ferromanganesifere e poche pellicole di argilla, moderatamente calcareo con reazione alcalina, CSC media e TSB alto;
- substrato di colore da oliva a grigio oliva chiaro con screziature grigio oliva chiare da comuni ad abbondanti a partire da 120 cm, tessitura da media, a moderatamente fine, con moltissime concentrazioni soffici ferromanganesifere, non calcareo nella parte superiore e scarsamente calcareo in quella inferiore con reazione alcalina, CSC elevata e TSB alto.

Sotto il profilo funzionale questi suoli hanno un drenaggio mediocre, una permeabilità moderatamente bassa, una capacità di ritenzione idrica molto alta ed un forte rischio di incrostamento superficiale.

Sono adatti all'uso agricolo, ma hanno delle limitazioni dovute al drenaggio mediocre ed alla tessitura del topsoil, che riducono la scelta delle colture praticabili e impongono l'adozione di speciali pratiche di coltivazione. Sono adatti, senza limitazioni

nel rispetto della buona pratica agricola, sia all'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici, che a quella dei fanghi di depurazione.

Nei confronti delle acque sotterranee hanno una capacità protettiva elevata, mentre hanno una capacità protettiva moderata nei confronti delle acque superficiali a causa della permeabilità e del rischio di scorrimento superficiale.

Non presentano peculiarità ambientali di rilievo.

## **2.4 Rapporto ambientale sul Piano di Indirizzo Forestale (Provincia di Lodi)**

Il Piano Territoriale Paesistico Regionale classifica il territorio lombardo in “unità tipologiche di paesaggio”, individuando sette ambiti geografici, ciascuno distinto in tipologie e sottotipologie, alle quali sono associate specifiche linee ed indirizzi di tutela e valorizzazione paesaggistica.

La provincia di Lodi si colloca nella "Fascia della bassa pianura", costituita da paesaggi delle fasce fluviali emerse o pensili e dai paesaggi della pianura irrigua.

A sua volta la tipologia dei paesaggi della pianura irrigua si distingue in tre sottotipologie: paesaggi delle colture foraggere, paesaggi della pianura cerealicola e paesaggi della pianura risicola.

La pianura irrigua viene identificata come la parte di area di pianura a sud dell'area metropolitana, tra la Lomellina ed il Mantovano, ed a Sud della linea delle risorgive. Essa fa parte di quel sistema più ampio e interregionale del Nord Italia, che si caratterizza per la morfologia piatta, per la presenza di suoli molto fertili e per l'abbondante presenza di acqua sia superficiale, sia di falda.

Tali caratteristiche fisiche hanno determinato una ricca economia basata sull'agricoltura e sull'allevamento intensivo di grande valore (bovini e soprattutto suini), che presenta una produttività elevata, tra le maggiori in Europa.

La campagna in queste zone presenta un'elevata qualità paesistica, in cui la struttura originaria, frutto di secolari bonifiche e sistemazioni idrauliche, è ancora nettamente percepibile.

Nell'ambito delle produzioni vegetali i seminativi rappresentano l'orientamento produttivo maggiormente diffuso. Altre colture più praticate riguardano l'orticoltura e la vitivinicoltura. Questi sistemi agricoli occupano l'85,7% del territorio provinciale ed interessano anche il territorio di Casalpusterlengo.

Il territorio è stato interessato da uno sviluppo intensivo dell'attività agricola che ha determinato un radicale impoverimento della superficie forestale.

Le aree a bosco, generalmente isolate e frammentarie, sono costituite da cedui semplici e composti, con vegetazione forestale ed erbacea tipica delle aree rivierasche,

ma in buona parte sono rappresentati da boschi degradati e contaminati dalla presenza di vegetazione esotica avventizia.

Tra gli inquinanti più comuni dovuti all'attività agricola, che si riflettono nella qualità delle acque superficiali e profonde, si possono individuare i pesticidi, il fosforo ed i composti azotati.

Non a caso l'analisi della qualità ambientale dei corpi idrici risentono degli effetti delle attività agricole e zootecniche, evidenziando uno stato ambientale pessimo per il Fiume Lambro, mentre il Canale della Muzza e il Po raggiungono un livello sufficiente. Solo il tratto di Adda compreso tra Rivolta d'Adda e Turano Lodigiano viene giudicato complessivamente buono.

Anche il reticolo minore, recapito delle colature derivanti dalle attività agricole, presenta una qualità mediobassa con contaminazioni a scala locale, seppure raramente persistenti.

## **2.5 Il Piano d'Ambito della Provincia di Lodi (2006)**

Il Piano d'Ambito redatto dalla Provincia di Lodi e dall'Autorità dell'ATO della Provincia di Lodi delinea anch'esso un quadro ambientale assai articolato, a partire dalla definizione del contesto economico e produttivo del territorio, per giungere, sempre attraverso la componente geologica di base, alla definizione delle risorse idriche superficiali e sotterranee e delle loro qualità ambientali.

Come per tutte le altre documentazioni prese a prestito per la definizione del quadro di riferimento ambientale, si sono stralciati gli aspetti rilevanti ai fini della redazione della consulenza specialistica.

### **2.5.1 Inquadramento idrogeologico generale**

Con riferimento all'assetto idrogeologico, nel territorio lodigiano è possibile individuare una struttura multistrato dell'acquifero. Schematicamente:

1. *primo acquifero*: il primo acquifero ospita falde libere e semiconfinate. Le falde libere sono contenute entro sedimenti ghiaioso-sabbiosi, con scarse lenti argillose di ridotte dimensioni; le falde semiconfinate scorrono perlopiù all'interno di depositi fluvioglaciali più antichi, nei quali sono presenti diaframmi argillosi più estesi e spessi, capaci di produrre qualche differenza di livello piezometrico rispetto alla falda libera. I depositi che costituiscono il primo acquifero ricevono direttamente l'alimentazione proveniente dalle piogge, dai corsi d'acqua e dalle irrigazioni, che è poi trasmessa alle falde semiconfinate e, successivamente, al secondo acquifero. La trasmissività del complesso di questi depositi è molto elevata. La ricostruzione cartografica dell'andamento dei principali elementi strutturali dell'acquifero evidenzia come nella bassa pianura lo spessore del primo acquifero si riduca a una decina di metri circa.

2. *secondo acquifero*: il secondo acquifero s'ispessisce verso valle a detrimento del primo, che si riduce a poche decine di metri. In esso si riconoscono diversi livelli produttivi dello spessore di pochi metri, separati da *aquicludes* o da *aquitard*. Questi

sottili acquiferi possiedono una rilevante continuità laterale e uno spessore complessivo di alcune decine di metri. L'estensione verticale di questo acquifero ha una notevole importanza nel determinare le variazioni della trasmissività e quindi delle portate circolanti nelle falde che vi sono ospitate. Si è osservato che essa assume valori valutabili in circa 100 m nella zona della bassa pianura, dove però diventa difficilmente distinguibile dal terzo acquifero, sia per le caratteristiche idrauliche, sia per quelle litologiche.

3. *terzo acquifero*: il terzo acquifero è tipicamente un sistema multistrato, essendo costituito da banchi argillosi anche molto spessi e continui, ai quali sono intercalate lenti e orizzonti di ghiaie e sabbie. Contiene falde in pressione che ricevono alimentazione dagli altri acquiferi, dove l'erosione ha intagliato i livelli argillosi, permettendo il contatto fra gli acquiferi villafranchiani e quelli superiori. La continuità e la consistenza nel tempo di questi acquiferi sono stati più volte messi in dubbio; essi tuttavia costituiscono una riserva interessante, la cui trasmissività è di circa un ordine di grandezza inferiore a quella degli altri acquiferi.

I primi due acquiferi costituiscono, nel loro insieme, quello che normalmente viene identificato come "acquifero tradizionale" (Regione Lombardia, giugno 2001).

Quale elemento di separazione tra la prima e la seconda falda, si individua un livello argilloso-limoso, posto ad una profondità di alcune decine di metri dalla superficie. Questo "orizzonte" consiste in un insieme di livelli e lenti con continuità orizzontale e spessore estremamente variabili, che consentono comunque di ritenere, con buona approssimazione, che i corpi acquiferi sottostanti presentino una certa separazione idraulica dalla falda freatica ed un grado di protezione rispetto alle eventuali sostanze inquinanti presenti negli strati superficiali, tale da non comprometterne la qualità.

A scala locale tale approssimazione può risultare poco o per nulla significativa, in quanto anche lenti di materiali poco permeabili più superficiali e ridotte possono configurare condizioni di protezione sufficienti o addirittura condizioni di semiconfinamento della falda inferiore; oppure, viceversa, livelli che sembrano avere

continuità laterale sufficiente a scala locale in realtà non consentono adeguata protezione per l'acquifero sottostante.

La "Carta idrogeologica delle direzioni di deflusso" contenuta nel piano mostra le direzioni di deflusso della falda freatica, da cui risulta immediatamente evidente la funzione drenante esercitata dal Fiume Adda ad Est e dal Fiume Lambro ad Ovest e la direzione generale di deflusso verso sud-est (conforme al gradiente topografico) in direzione del Fiume Po, che costituisce l'asse di drenaggio della Pianura Padana.

Sul Livello Fondamentale della Pianura si osserva una leggera alterazione delle direzioni di deflusso in corrispondenza dei terrazzi antichi della zona di Casalpusterlengo.

Per quanto attiene i valori del gradiente idraulico, nel settore centrale del Lodigiano non influenzato da Adda e Lambro, questo risulta pari a circa 0,1% partendo da Nord fino all'altezza di Codogno, per poi aumentare fino a quasi 0,2% a sud, in corrispondenza del terrazzo morfologico che delimita la Valle del Po.

I valori del gradiente idraulico aumentano procedendo dal Livello Fondamentale della Pianura al Fiume Adda e si attestano attorno allo 0,5% in prossimità del terrazzo, per poi abbattersi all'interno della Valle dell'Adda, dove i depositi alluvionali risultano prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi e pertanto la perdita di carico idraulico risulta inferiore rispetto a quella osservata sul Livello Fondamentale della Pianura.

Inoltre le numerose divagazioni del fiume hanno lasciato diversi paleomeandri che, a causa della granulometria più grossolana, costituiscono direzioni preferenziali di deflusso delle acque sotterranee e rendono particolarmente complessa la situazione idrogeologica, soprattutto in presenza delle lanche del fiume.

Nel Piano d'Ambito si segnala ancora una volta, quale ultimo elemento idrografico naturale importante ai fini dell'assetto idrogeologico della falda freatica, il Colatore Brembiolo, che sembra esercitare una funzione debolmente drenante nei confronti della falda freatica, come risulta evidente nella cartografia da Ossago Lodigiano fino a Casalpusterlengo.



Come già evidenziato nel Piano Cave (paragrafo 2.2.1), si può affermare che nel territorio provinciale, viene esercitato un prelievo di risorsa dai fiumi, in particolare dall'Adda, che dopo essere stata utilizzata più volte all'interno del territorio stesso, viene restituita ai fiumi Adda, Lambro e Po in modo pressoché integrale.

Lo scenario generale idraulico del comprensorio lodigiano definisce infatti una situazione consolidata, che apporta quantità apprezzabili di risorsa per un suo utilizzo plurimo, con restituzione pressoché integrale ai recapiti naturali.

#### *2.5.2 Risorse idriche sotterranee*

A fronte di un'alimentazione generalizzata e continua proveniente dai settori centrosettentrionali del territorio lombardo, relativamente al territorio della Provincia di Lodi occorre sottolineare due aspetti:

- la funzione alimentatrice e rigeneratrice del reticolo irriguo, la cui influenza sull'acquifero si fa sentire in termini di innalzamento periodico della superficie piezometrica;
- la presenza di tre importanti fasce di deflusso superficiale, corrispondenti ai fiumi Adda, Lambro e Po, che contornano il territorio lodigiano ed incidono sul sistema di alimentazione e deflusso; i corsi d'acqua, infatti, esercitano una funzione diversificata in relazione al loro regime idrologico, alimentando l'azione drenate sull'acquifero durante i periodi di magra ed un'azione alimentatrice durante le piene.

Secondo gli studi più recenti, le risorse idriche sotterranee del territorio lodigiano sono contenute in un acquifero monostrato compartimentato, comprendente il "primo acquifero" ed il "secondo acquifero" descritti in precedenza, separati da un *aquitard* posto a profondità dell'ordine di 30-50 m.

La trasmissività media dell'acquifero oscilla tra  $2 \cdot 10^{-2}$  e  $8 \cdot 10^{-2}$  mq/s, con valori crescenti da Nord verso Sud ed in corrispondenza dei fiumi Adda e Po (Regione Lombardia, 2001).

Le condizioni del bilancio idrico possono essere complessivamente definite di "equilibrio" o di "semiequilibrio". In generale, è stata rilevata un'ottima condizione di alimentazione degli acquiferi (con rapporto prelievi/ricarica variabile da 0,3 nel settore centro-settentrionale a 0,1 in quello centro-meridionale), dovuta principalmente all'apporto irriguo e, in minor parte, alle piogge efficaci; non è da escludere, localmente, una significativa ricarica da parte dei corsi d'acqua (in particolare il Fiume Adda), anche se su tale elemento non si hanno dati certi.

Dal punto di vista della potenzialità dell'acquifero, il territorio provinciale può essere suddiviso in tre zone (Piano Regionale di Risanamento delle Acque; 1994):

- fascia centrale, cui appartiene il territorio di Casalpusterlengo, con portate specifiche abbastanza omogenee, inferiori o uguali a 5 l/sec m;
- fasce lungo gli assi dei fiumi Adda e Lambro, con portate specifiche molto elevate che superano i 20 l/sec m;
- fascia rivierasca del Fiume Po, che presenta portate specifiche crescenti dai 5-10 l/sec m ad Ovest ai 10-15 l/sec m ad Est.

Il prelievo medio areale, nel settore centro-meridionale, assume un valore medio di circa 1,1 l/s km<sup>2</sup>.

### *2.5.3 Qualità delle risorse idriche sotterranee*

Dal punto di vista qualitativo, i dati disponibili (P.R.R.A., 1994; Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia, 1999) evidenziano innanzitutto la diffusa presenza nelle acque sotterranee di inquinanti di natura endogena, quali Ferro, Manganese e, in subordine, Ammoniaca e Idrogeno solforato, il cui processo di formazione è da ricercarsi prevalentemente nelle caratteristiche confinate o semiconfinate dell'acquifero,

in cui si instaurano condizioni riducenti. La porzione di territorio interessata da tale inquinamento è quella centro-meridionale, a sud della città di Lodi.

Più in dettaglio, la zona di Casalpusterlengo è caratterizzata dalla presenza più o meno ubiquitaria di Ferro, Manganese, Ammoniaca ed Idrogeno solforato.

A partire dai primi anni '90 nelle acque sotterranee della pianura lodigiana è stata riscontrata anche la presenza di Arsenico di origine endogena che, in alcuni comuni, presenta concentrazioni superiori ai valori massimi stabiliti dalle vigenti norme in materia di acque destinate al consumo umano (10 mg/l - D.Lgs. 31/01). Nell'anno 2002 i comuni lodigiani interessati dalla presenza di As in concentrazioni superiori ai limiti di legge erano 40 (pari a 106.793 abitanti serviti), di cui 18 direttamente (in quanto interessati dalle opere di captazione delle acque) e 21 indirettamente (in quanto serviti da acquedotti alimentati da pozzi ubicati in altri comuni); tali Comuni comprendono quasi interamente il settore centro-meridionale del territorio provinciale.

In tutto il territorio provinciale sono state individuate localmente anche situazioni di inquinamento indotto di origine antropica, sia puntuale che diffuso, connesso essenzialmente ad attività industriali/artigianali i cui siti sono attualmente oggetto di bonifica ai sensi delle vigenti norme in materia. Il degrado delle risorse idriche, peraltro generalmente limitato al "primo acquifero", è dovuto principalmente alla presenza di metalli pesanti, idrocarburi e composti organoalogenati; in alcuni casi, riferibili al settore centro-settentrionale della Provincia, sono state rilevate anche contaminazioni da parte di composti farmaceutici.

Anche i prodotti fitosanitari, che vengono utilizzati prevalentemente in ambito agricolo, ma anche in ambito civile (diserbo di parcheggi, giardini, linee ferroviarie, annessi stradali e autostradali), rappresentano una sorgente di inquinamento diffuso, con potenziali pericoli per l'uomo e gli ecosistemi.

Ai sensi del D.lgs 152/99, la definizione dello stato ambientale delle acque sotterranee viene determinata valutando lo stato quantitativo dell'acquifero e lo stato qualitativo definito sulla base della determinazione di parametri chimici principali e addizionali.

Per la definizione dello stato quantitativo sono stati considerati differenti aspetti: il rapporto prelievi/ricarica, il confronto con il livello di riferimento e la definizione di un trend evolutivo.

Ne è derivato uno stato ambientale delle acque sotterranee nella bassa pianura lodigiana che rileva la presenza di particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni tali da evidenziare una certa compromissione.

In definitiva per il territorio sul quale si snoda la strada di progetto lo stato dei corpi idrici può essere considerato di livello sufficiente, interessato da una vulnerabilità legata proprio alle diffuse attività agricole che vi gravitano.

In particolare si rileva una vulnerabilità da nitrati di origine agricola, molto estesa in diverse parti del territorio. Giova sottolineare che la Regione Lombardia ha censito i comuni oggetto di questa contaminazione ed il relativo elenco è oggetto della delibera n. 3297 dell'11.10.2006. Il territorio del Comune di Casalpusterlengo non è tuttavia inserito nell'elenco, avendo rilevato una vulnerabilità relativa non particolarmente elevata.

## **2.6 Sintesi dei dati di riferimento**

Il territorio lungo il quale si sviluppa la variante stradale, seppure fortemente infrastrutturato, è tuttavia caratterizzato da un paesaggio prevalentemente rurale, che si è definito progressivamente sulle basi dell'organizzazione di matrice romana, caratterizzata da un impianto di suddivisione poderale a maglie ortogonali. Esso è ancora oggi individuabile dalla lettura dei confini di proprietà e dei tracciati delle strade più antiche.

La vocazione dell'area, sfruttata sin dall'antichità a fini colturali, ha determinato le forme insediative e le modalità d'uso del suolo.

Si tratta di un'area di bassa pianura, inserita in un contesto geologico di sedimenti di origine fluvioglaciale o fluviale di età quaternaria, prevalentemente sabbiosi e limosi, terrazzati dall'azione erosiva operata dai corsi d'acqua.

Ancora oggi gli unici elementi morfogenetici sono rappresentati dalle azioni erosive delle acque del reticolo fluviale.

La morfologia pianeggiante, la permeabilità dei terreni e l'abbondante alimentazione idrica determinano una considerevole circolazione idrica sotterranea, la cui configurazione è difficilmente riconducibile a schemi geometrici ben definiti, considerato che i depositi fluvioglaciali e fluviali ospitano falde libere, artesiane e semiartesiane.

Sulla base dei dati stratigrafici a disposizione è stato possibile rilevare la presenza di un acquifero multistrato, costituito da almeno due principali livelli, uno superiore di tipo freatico e superficiale, l'altro inferiore di tipo confinato, separati da un orizzonte geometricamente non facilmente definibile, caratterizzato da continuità orizzontale e da spessori estremamente variabili e formato da un insieme di livelli e di lenti prevalentemente argillosi di bassa permeabilità.

L'assetto generale consente di ritenere, con buona approssimazione, che i corpi acquiferi sottostanti questo orizzonte di separazione presentino un buon grado di protezione sotto il profilo squisitamente ambientale, al contrario di quanto avviene nel livello superficiale freatico.

La direzione generale di deflusso sotterraneo della falda freatica è rivolta verso Sud-Est, in direzione del Fiume Po, conformemente alla pendenza topografica. Una leggera alterazione delle direzioni di deflusso si osserva in corrispondenza dei terrazzi antichi.

Si rileva localmente anche il contributo idrologico di alcuni canali con funzione irrigua o con funzioni di raccolta delle acque in esubero dai terreni agricoli, che influenzano le locali condizioni idrogeologiche della falda freatica a causa delle perdite che si registrano al fondo.

Al di là di queste interferenze, nell'area interessata dallo sviluppo della strada si osserva una tendenza all'aumento dell'inclinazione della superficie freatica procedendo verso Sud.

I valori massimo e minimo del gradiente idraulico della falda freatica lungo il tracciato stradale variano dallo 0,3%, nel settore compreso tra la zona della discarica di Coste Fagioli e l'abitato di Casalpusterlengo e lo 0,08% nel settore più settentrionale, a nord della frazione di Zorlesco.

Più nel dettaglio, lungo tutto il settore Nord del tracciato, fino all'incirca all'altezza dell'intersezione con la S.P. 234, la falda freatica si attesta ad una profondità compresa tra m 2,50 e m 5,00 dal piano di campagna, ad eccezione del tratto ancora più a Nord (fino al sovrappasso ferroviario) e del terrazzo antico di Zorlesco, dove la soggiacenza può superare i m 5,00 dal piano di campagna.

Nel settore meridionale si osserva invece un graduale aumento della soggiacenza, che si interrompe laddove il tracciato interseca la valle del Brembiolo.

Le oscillazioni della superficie piezometrica si attestano su valori massimi di un metro, dato questo ricavato dal geol. Cantarelli, incrociando le misure ai piezometri delle campagne d'indagine con i dati fornitigli dal Comune di Casalpusterlengo e riportate nel Piano Regolatore Generale.

Sopra i depositi sciolti che costituiscono il substrato di tutta l'area oggetto dello studio si rinviene un suolo agrario ben sviluppato, la cui capacità d'uso è generalmente elevata.

Fatta eccezione per quelli presenti nella depressione valliforme del Colatore Brembiolo, che sono suoli immaturi con sviluppo del profilo debolmente espresso, per il resto si tratta di suoli profondi o molto profondi a substrato sabbioso, a tessitura da media a medio fine, con drenaggio da mediocre a buono. Il ph risulta solitamente neutro.

Nella zona posta a Sud di Zorlesco e a Sud-Ovest di Casalpusterlengo, dove sono presenti i cosiddetti "Terrazzi antichi", si rinvengono i suoli più profondi ed evoluti.

Per quanto riguarda l'uso agricolo del suolo, le colture presenti sono riconducibili alla componente seminativo, dai cereali al mais, quest'ultimo utilizzato quale coltura industriale.

Altre tipologie colturali frequentemente praticate sono condizionate dall'orientamento zootecnico delle aziende agricole, per cui prevalgono gli erbai, i prati di leguminose foraggere.

Le informazioni agricole fornite allo scrivente sulla scorta delle elaborazioni relative all'estrazione dal SIARL evidenziano una prevalenza di aziende agricole che raccolgono il mais allo stadio di maturazione cerosa. In subordine sono presenti erbai, frumento ed aree non seminate.

Ai fini zootecnici il mais costituisce la fonte principale di unità foraggere per gli allevamenti di bovini presenti sul territorio.

Gli insediamenti industriali sono distribuiti in maniera dispersa nel territorio comunale di Casalpusterlengo, ma nessuno di essi interessa la fascia di terreni posta lungo il tracciato stradale di progetto.

La logica di localizzazione ha visto inizialmente l'occupazione delle aree della prima periferia, quale la cosiddetta area Samor-Cereol a Nord e le aree ex-Peveralli ed ex Polenghi ad Est, vicino alla ferrovia; solo in seguito l'industria ha cercato nuovi spazi in aree non direttamente contigue ai margini urbani (area Labriola ad Ovest, aree Lever-Gibbs e Thermal Ceramics a Nord, area Sivam a Sud-Est), tra cui l'area artigianale di Zorlesco lungo l'attuale tracciato della Via Emilia.

Quelle ancora attive, ma si ribadisce fuori dalla fascia di terreni posta lungo il tracciato stradale, sono riconoscibili all'esterno del nucleo edificato di Casalpusterlengo e sono appunto l'area Lever–Gibbs, l'area Sivam, la nuova area ex Seliport e l'area Labriola.

Per il territorio sul quale si snoda la strada di progetto il degrado delle risorse idriche, peraltro generalmente limitato al primo acquifero freatico, è dovuto principalmente alle diffuse attività agricole che vi gravitano. Si rileva in generale, ovvero nel territorio della provincia, la presenza di elementi diffusi connessi all'utilizzo di prodotti fitosanitari in ambito agricolo.

Più in dettaglio si è constatata la presenza più o meno ubiquitaria, diffusa nel lodigiano, di Ferro, Manganese, Ammoniacca ed Idrogeno solforato, oltre ad una discreta vulnerabilità da nitrati.

Ad ogni modo per il territorio di Casalpusterlengo lo stato generale dei corpi idrici non è particolarmente compromesso, tanto da essere considerato di livello sufficiente nei rapporti sullo stato dell'ambiente.



## ***PARTE SECONDA: Verifiche di campo***

### 3. MISURE DEI LIVELLI FREATICI

#### 3.1 *La soggiacenza della falda freatica*

Come si deduce dal quadro di riferimento ambientale, la piezometria del Piano Cave differisce in modo sostanziale dai dati misurati ai piezometri nelle diverse campagne di indagini svolte a supporto dei diversi livelli di progettazione, registrando scarti di persino di m 4 rispetto a quelli misurati direttamente sui luoghi.

La cartografia tematica del Piano Cave provinciale indica una soggiacenza della tavola d'acqua in ambito locale piuttosto diversificata: lungo tutto il settore Nord del tracciato in progetto, fino all'incirca all'altezza dell'intersezione con la S.P. 234, la falda freatica si attesta ad una profondità compresa tra m 2,50 e m 5,00 dal piano di campagna, ad eccezione del tratto ancora più a Nord (fino al sovrappasso ferroviario) e del terrazzo antico di Zorlesco, dove la soggiacenza può superare i m 5,00 dal piano di campagna.

Nel settore meridionale si osserva invece un graduale aumento della soggiacenza, che si interrompe laddove il tracciato interseca la valle del Brembiolo.

Nella maggior parte dei casi invece le misure piezometriche si collocano tra i m 2,50 e m 3,10 in linea dunque con le misure riportate nel Piano Cave.

Anche le misure eseguite ai due piezometri installati successivamente (2011), nei pressi dello svincolo con la S.P. 142 confermano sostanzialmente la configurazione che discende dal Piano Cave:

<b>Sondaggio</b>	<b>Data</b>	<b>Quota (m slm)</b>	<b>Prof. falda (m)</b>	<b>Quota falda (m slm)</b>
Pz1	Gennaio 2011	61.20	5.25	55.95
Pz2	Gennaio 2011	61.80	4.60	57.20

E' evidente tuttavia che si rende necessaria una nuova verifica contestualizzata delle misure dei livelli freatici.

Il geologo dott. Cantarelli si è reso disponibile ad effettuare delle ulteriori verifiche di campo, procedendo a misurare i livelli freatici nei due piezometri dallo stesso fatti eseguire ad integrazione dello studio.

### *3.2 Nuove misure ai piezometri*

Come si è evidenziato al paragrafo precedente, rendendosi necessaria una verifica contestualizzata delle misure dei livelli freatici, il geologo dott. Cantarelli, insieme al progettista arch. Garilli, hanno proceduto ad effettuare delle ulteriori verifiche di campo, procedendo a misurare i livelli freatici nei due piezometri di cui si è detto.

In realtà, giunto sui luoghi, gli stessi professionisti rintracciavano solo uno dei due piezometri installati all'origine, in quanto il secondo di essi probabilmente era stato divelto durante le operazioni di aratura dei campi.

Le misure eseguite lo scorso 28 febbraio 2012 riguardano dunque il solo piezometro Pz2 installato nel 2011 nei pressi dello svincolo con la S.P. 142.

Risultato integro sino alla profondità di m 6,00 dal piano di campagna, esso è apparso privo d'acqua, per cui in quel punto si può ricondurre la superficie piezometrica della falda freatica ad una profondità superiore.

Si conferma sostanzialmente sia la configurazione piezometrica che discende dal Piano Cave, sia quella rappresentata dal geologo Cantarelli nei suoi elaborati idrogeologici.

<b>Sondaggio</b>	<b>Data</b>	<b>Quota (m slm)</b>	<b>Prof. falda (m)</b>	<b>Quota falda (m slm)</b>
Pz2	18 febbraio 2012	61.80	> 6,00	< 55.80

## ***PARTE TERZA: Impatti e sostenibilità***

## 4. STIMA DEGLI IMPATTI SULLE ACQUE SOTTERRANEE

Nel presente capitolo vengono prima analizzati e descritti i principali impatti attesi in seguito alla realizzazione della variante stradale, con riferimento ovviamente alla componente geologica, per poi procedere nel capitolo successivo a delineare i necessari orientamenti per perseguire la maggiore sostenibilità ambientale.

Per la stima degli impatti attesi ci si è avvalsi dei documenti esistenti e delle verifiche di campo appositamente effettuate, attraverso cui è stato possibile pervenire ad una descrizione sufficientemente dettagliata ed articolata del contesto territoriale di riferimento, sul quale è stato poi possibile simulare gli impatti indotti dalla realizzazione delle opere previste in progetto.

### *4.1 Interferenze sul deflusso delle acque sotterranee*

Lungo il tracciato della strada in progetto, la direzione di deflusso della falda freatica presenta una certa omogeneità. Essa è infatti sostanzialmente costante e rivolta verso Sud-Est.

Come si è visto il Colatore Brembiolo esercita una funzione debolmente drenante nei confronti della falda freatica superficiale, traducendosi in un'inflessione delle curve isopiezometriche, che risulta più evidente in corrispondenza del centro abitato di Casalbusterlengo.

All'altezza della frazione di Zorlesco, così come a Sud di Casalbusterlengo, si osservano invece solo delle deboli curvature delle linee isofreatiche.

Si deve anche rilevare il contributo idrologico di alcuni canali con funzione irrigua e/o con funzioni di raccolta delle acque in esubero dai terreni agricoli, che influenzano temporalmente le locali condizioni idrogeologiche della falda freatica a causa delle perdite che si registrano al fondo.

Al di là di queste interferenze, nell'area interessata dallo sviluppo della strada si osserva una tendenza all'aumento dell'inclinazione della superficie freatica, ovvero ad un leggero aumento della portata media, procedendo verso Sud.

I valori massimo e minimo del gradiente idraulico della falda freatica lungo il tracciato sono rispettivamente pari a 0,3%, nel settore compreso tra la zona della discarica di Coste Fagioli e l'abitato di Casalpusterlengo, ed a 0,08% nel settore più settentrionale, a nord della frazione di Zorlesco.

La soggiacenza della tavola d'acqua in ambito locale, secondo le indicazioni della cartografia tematica del Piano Cave provinciale, parzialmente confermata dai dati dello studio geologico e delle verifiche di campo recentemente effettuate, è piuttosto diversificata: lungo tutto il settore Nord del tracciato in progetto, fino all'incirca all'altezza dell'intersezione con la S.P. 234, la falda freatica si attesta ad una profondità compresa tra m 2,50 e m 5,00 dal piano di campagna, ad eccezione del tratto ancora più a Nord (fino al sovrappasso ferroviario) e del terrazzo antico di Zorlesco, dove la soggiacenza può superare i m 5,00 dal piano di campagna. Nel settore meridionale si osserva invece un graduale aumento della soggiacenza, che si interrompe laddove il tracciato interseca la valle del Brembiolo.

Si è già evidenziato che in questa zona la piezometria del Piano Cave differisce in qualche caso dai dati misurati ai piezometri nelle diverse campagne di indagini.

In questa sede i principali aspetti idrologici, desunti dalla bibliografia esaminata ed in particolare dalla relazione geologica del dott. Cantarelli, che fa proprie le misure allo stesso fornite dal Comune di Casalpusterlengo, si possono così riassumere:

1. il deflusso generale avviene in direzione da NNO a SSE ed è sostanzialmente regolare, modificato localmente dai diversi contributi idrologici di alcuni canali con funzione irrigua e/o con funzioni di raccolta delle acque in esubero dai terreni agricoli;
2. la soggiacenza minima della falda freatica dal piano di campagna si attesta a circa m 2,00, con valori più in generale compresi tra m 2,50 ed oltre m 5,00;
3. i gradienti idraulici sono compresi tra 0,3% e 0,08%;

4. l'oscillazione media stagionale è valutabile in circa m 1,00.

La direzione di flusso sotterraneo della falda è parallela allo sviluppo planimetrico della strada di progetto, che si snoda anch'essa da NNO a SSE, all'incirca perpendicolarmente alle curve isofreatiche.

La superficie piezometrica della estesa falda freatica degrada sotto il profilo altimetrico con pendenze medie simili a quelle con le quali si snoda il profilo stradale, fatta eccezione per l'area immediatamente ad Ovest dell'abitato di Casalpusterlengo, dove la superficie piezometrica assume una pendenza media leggermente maggiore.

Le possibili interferenze del tracciato stradale con le acque di falda riguardano le opere in sotterraneo previste nel nuovo progetto, che consistono in una galleria artificiale, 2 sottopassi stradali e 2 sottopassi ciclabili.

Di seguito si pone l'attenzione sulle opere in variazione introdotte dopo la Conferenza di Servizi del 28 aprile 2010 già citata in premessa ed in particolare:

- la galleria artificiale impiegata per la risoluzione dello svincolo con la S.P. 142 (km 6 + 538,57), è situata sull'asse principale con due fornici asimmetrici; sarà realizzata con cemento armato gettato in opera, secondo uno schema che è quello di uno scatolare chiuso a fondazione diretta, di circa m 30,00 di larghezza complessiva, parzialmente interrato sino ad una profondità massima di m 5,74;
- il sottopasso Zorlesco Sud sarà costituito da una struttura scatolare in cemento armato gettato in opera, di m 12,00 di larghezza complessiva, interrato sino ad una profondità di m 8,70;
- il sottopasso stradale S.P. 141 verso Brembio sarà costituito da una struttura scatolare in cemento armato gettato in opera, di m 12,00 di larghezza complessiva, interrato sino ad una profondità di m 8,70;
- il sottopasso ciclabile Cascina Borasca, sarà anch'esso costituito da una struttura scatolare in cemento armato gettato in opera, di m 4,50 di larghezza complessiva, interrato sino ad una profondità di m 3,30;

- il sottopasso ciclabile Molino Alberone sarà anch'esso costituito da una struttura scatolare in cemento armato gettato in opera, di m 4,50 di larghezza complessiva, interrato sino ad una profondità di m 2,70;
- la passerella ciclabile in attraversamento del colatore Brembiolo, di collegamento con un insediamento esistente lungo la Via Emilia (sez. A294 – km 7+062,64), è invece un'opera fuori terra, per la quale si prevede soltanto la realizzazione di un sottofondo stradale profondo pochi decimetri.

Se sotto l'aspetto paesaggistico l'intervento relativo alla modifica altimetrica del tracciato stradale per la risoluzione dello svincolo con la S.P. 142 debba ritenersi senza dubbio mitigativo, la scelta di prevedere invece un tracciato in trincea modifica, seppur marginalmente, la consistenza degli impatti, con riferimento principalmente alla componente sottosuolo ed alle acque di falda.

Se infatti gli impatti attesi per i sottopassi ciclabili appaiono sin dal primo momento di basso grado, in un caso addirittura trascurabili, in funzione della modestia delle relative strutture scatolari ed in qualche caso della loro profondità di interramento, diverse e più articolate considerazioni merita la definizione degli impatti dovuti alla costruzione dei sottopassi stradali e della galleria dello svincolo.

Si esaminano nel dettaglio i singoli casi.

- La passerella ciclabile in attraversamento del colatore Brembiolo, di collegamento con un insediamento esistente lungo la Via Emilia (sez. A294 – km 7+062,64), avrà una interferenza molto limitata con la componente sottosuolo, trattandosi di un'opera fuori terra, per la quale si prevede soltanto la realizzazione di un sottofondo stradale incassato per pochi decimetri in seno ai terreni naturali. Non è prevista alcuna interferenza con la falda freatica, quindi non è stimato alcun impatto.



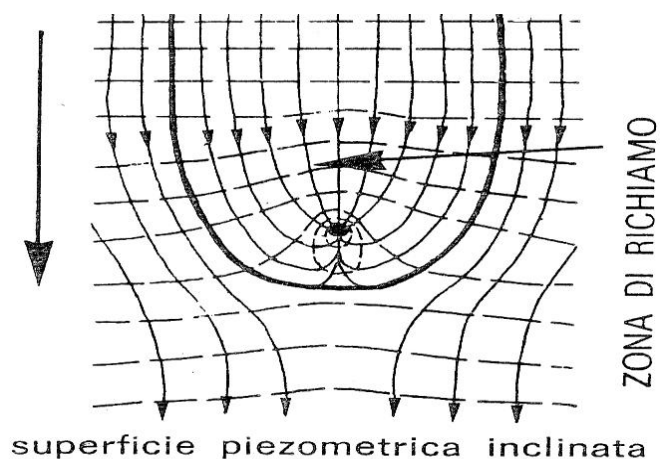
- Per quel che concerne il sottopasso ciclabile Molino Alberone, lo scatolare raggiunge la profondità di m 2,70, collocandosi sopra la superficie piezometrica della falda, che in quest'area si attesta mediamente intorno ai m 5,00 dal piano di campagna, sulla scorta delle misurazioni effettuate dal geol. Cantarelli al piezometro Pz1-11 posto a brevissima distanza;  
per questo manufatto non si prevedono interferenze con la superficie piezometrica della falda freatica, quindi non è stimato alcun impatto.
  
- Lo scatolare del sottopasso ciclabile Cascina Borasca raggiunge invece la profondità di m 3,30, collocandosi a quote inferiori alla superficie piezometrica della falda, che in quest'area si attesta a circa m 1,70 (quota falda stimata a m 61,50 s.l.m. sulla base dei sondaggi S2 ed S6 relativi alla campagna d'indagini 1997);  
il manufatto interferisce dunque con la falda, ma è pur vero che l'interferenza si esplica per poco più di un metro di altezza e dunque prevalentemente a livello del piano delle fondazioni;  
per questo scatolare si stima un impatto con le acque sotterranee non significativo sotto il profilo ambientale.
  
- Diverse e più articolate considerazioni merita, si diceva, la definizione degli impatti dovuti alla costruzione dei sottopassi stradali e della galleria dello svincolo con la S.P. 142;  
una maggiore profondità d'interramento è infatti prevista per gli scatolari dei sottopassi stradali Zorlesco Sud ed S.P. 141 verso Brembio, che raggiungono entrambi la profondità di m 8,70 dal piano di campagna, collocandosi dunque per alcuni metri in seno alla falda freatica, che in quest'area si attesta a circa m 3,00 ÷ 3,50 (quota falda stimata a m 61,05 s.l.m.);  
occorre considerare che anche in questo caso si tratta di strutture scatolari, di dimensioni di poco superiori rispetto ai sottopassi ciclabili, ma tuttavia ancora relativamente modeste e spazialmente limitate, le quali costituiscono un ostacolo

poco più che puntuale rispetto al deflusso sotterraneo della falda, che subisce dunque soltanto una locale interferenza in corrispondenza di ciascun manufatto, per ripristinare poi il suo normale decorso idraulico pochi metri più a valle;

in altre parole, in risposta prima all'impulso creato dalla loro costruzione, poi in regime ordinario dall'impulso creato dai sistemi di drenaggio, sollevamento e di smaltimento delle acque, ma per i quali è sempre previsto il pompaggio forzato delle acque, i sottopassi provocano sulla falda una leggera depressione idraulica, a forma di imbuto, il cui asse coincide con quello del manufatto;

le linee isopiezometriche convergono radialmente verso il manufatto, secondo curve concentriche, creando una zona di richiamo delle acque di falda;

morfologicamente simile al cono di depressione che si crea durante il pompaggio delle acque di un pozzo, il dominio di questa zona di richiamo è molto limitato, in funzione soprattutto della buona permeabilità dei terreni. Essa si estende attorno al manufatto per pochi metri, sviluppandosi esternamente sin dove si annulla il già modesto abbassamento della piezometrica, oltre il quale il deflusso riprende la sua originaria configurazione:



- Ragionamento analogo va fatto per la definizione degli impatti dovuti alla costruzione della galleria dello svincolo con la S.P. 142, ma occorre considerare

in questo caso le sue maggiori dimensioni rispetto a quelle dei sottopassi, ma allo stesso tempo una profondità d'interramento decisamente minore e dunque una minore interferenza con la falda freatica;

la soluzione in trincea grazie alla quale l'asse stradale principale corre sotto al piano campagna, consentendo l'attraversamento in sovrappasso della strada provinciale, è stata pensata soprattutto in relazione all'ottimizzazione delle soluzioni di inserimento paesaggistico;

la galleria è anch'essa costituita da uno scatolare chiuso, a due fornici, di circa m 30,00 di larghezza complessiva, in parte interrata sino ad una profondità massima di m 5,74. Essa si attesta dunque per alcuni decimetri in seno alla falda freatica, il cui livello piezometrico nello specifico si trova compreso tra m 5,25 e m 4,60 (misure effettuate dal geol. Cantarelli nel gennaio 2011 ai piezometri Pz1-11 e Pz2-11, localizzati proprio in corrispondenza dello svincolo);

la falda subisce una locale, ma complessivamente poco evidente, interferenza in corrispondenza della galleria, i cui imbocchi si sviluppano diagonalmente rispetto alla direzione di flusso delle acque sotterranee;

anche in questo caso in risposta agli impulsi creati dal pompaggio forzato delle acque sia in fase di costruzione dell'opera, sia in fase di sua gestione, il sottopasso provoca soltanto una leggera, seppure in questo caso più ampia, depressione idraulica sulla falda;

il dominio di questa zona di richiamo è limitato non soltanto dalla buona permeabilità dei terreni, ma anche dalla funzione drenante della Roggia Brembiolo, che si sviluppa ad alcune decine di metri di distanza;

i gradienti idraulici sostanzialmente modesti di una falda freatica molto estesa, senza limiti idrodinamici in tutto l'areale considerato, consentono di giungere alla considerazione che gli scatolari dei sottopassi e della galleria previsti in progetto non producono sul deflusso delle acque sotterranee impatti significativi.

#### *4.2 Interferenze sulla qualità delle acque sotterranee*

Alle considerazioni sul deflusso idrico sotterraneo della falda freatica, devono aggiungersi le valutazioni circa la vulnerabilità della falda, definita come la suscettibilità specifica del sistema acquifero ad ingerire e diffondere un inquinante fluido, talora anche mitigandone gli effetti, sino a produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea.

Si è riscontrato che l'acquifero superficiale a pelo libero presente nell'area presenta una vulnerabilità da media a medio-elevata, riconducibile alla buona permeabilità dei terreni sovrastanti ed alla sua ridotta soggiacenza rispetto alla superficie topografica.

Allo stesso modo è stato possibile verificare che lo stato delle acque nell'intero territorio sul quale si snoda la strada di progetto, seppure non risulti particolarmente compromesso, presenta tuttavia un certo degrado dovuto all'utilizzo agricolo dei suoli, con pratiche intensive che prevedono anche l'uso di prodotti chimici in grado di favorirne l'arricchimento. Il degrado delle risorse idriche è generalmente limitato al primo acquifero freatico.

Pur tenendo conto di questo contesto ambientale, il progetto prevede ad ogni modo i corretti sistemi di protezione della qualità delle acque.

E' stato progettato infatti un sistema di captazione, trattamento e smaltimento delle acque meteoriche che si riversano sulla sede stradale, sulle bretelle di raccordo, comprese la aree di intersezione. In particolare è previsto un sistema per la raccolta delle acque di piattaforma in quota strada, provvisto di pozzetti e di griglie recapitanti in un collettore, che, tramite un sistema chiuso, recapita a sua volta in apposite vasche di trattamento.

E' stato possibile verificare che il sistema è stato progettato con un tempo di ritorno di 25 anni, suddividendo l'asse stradale in 9 bacini distinti di raccolta e di trattamento, così da potere intervenire in modo mirato nel caso di immissione, anche accidentale, di agenti inquinanti sulla sede stradale.

Il sistema di raccolta prevede che le acque meteoriche siano convogliate in canalette a cielo aperto, collocate all'esterno della barriera di protezione marginale, raccordate da una condotta che conferisce le acque in 9 vasche di trattamento distribuite lungo il tracciato.

Nelle vasche viene eseguita una depurazione delle acque di prima pioggia tramite decantazione e parziale disoleazione per gravità.

In relazione alla dimensione dei bacini di raccolta delle acque meteoriche, determinate quale elemento di impatto, da ogni vasca le acque trattate giungono poi nei recapiti, individuati sulla base delle simulazioni di rete effettuate nello studio idrologico; essi sono la Roggia Triulza, il colatore Brembiolo e la Roggia Brembiolina.

Risultando critica la gestione dello smaltimento delle acque meteoriche delle rampe dei manufatti in sottopasso, sia per la loro collocazione ipogea, sia per la presenza della falda freatica, tali opere sono state anch'esse incluse nel sistema di captazione, trattamento e smaltimento delle acque meteoriche, prevedendo un impianto di sollevamento delle acque meteoriche.

In relazione alle richieste di ARPA, è stata prevista la possibilità di prevedere il telecontrollo delle valvole di scarico al fine di intercettare eventuali sversamenti inquinanti.

A valle del sistema di raccolta e trattamento delle acque meteoriche della sede stradale, costituisce un ulteriore elemento di depurazione il previsto processo di fitodepurazione delle acque di pioggia, che consente di recuperare una maggiore qualità delle acque prima della loro immissione nel corso d'acqua.

In buona sostanza le acque vengono dapprima filtrate attraverso uno strato di ghiaia, per poi defluire in un bacino in cui la presenza di vegetazione (*Fragmites*) svolge un'azione depurativa delle acque.

Solo a seguito di questa evoluzione, le acque vengono restituite al reticolo idrografico.

Gli interventi di fitodepurazione che si collocano lungo il corso del Brembiolo pongono anche il tema della conservazione della rete idraulica superficiale.

Per quest'ultima l'approccio progettuale è stato sostanzialmente conservativo anche per quanto attiene la capacità portante e di smaltimento del sistema.

Coerentemente con questa logica conservativa sono stati previsti una serie di interventi di carattere puntuale lungo il reticolo principale ed in particolare lungo il corso del colatore Brembiolo.

Sono stati infatti previsti interventi di consolidamento, rinforzo delle ripe e del fondo per consentire l'accesso ai mezzi utilizzati per eventuali regimazioni, in corrispondenza dei manufatti di attraversamento.

Sempre lungo le ripe del Brembiolo sono stati previsti altresì interventi di rinaturalizzazione e di consolidamento con tecniche di ingegneria naturalistica.

Sotto il profilo ambientale è evidente dunque che siano state attivate tutte le procedure atte alla salvaguardia delle acque di falda nei confronti di accidentali sversamenti di sostanze inquinanti sul suolo e/o nel sottosuolo.

Sono state attivate allo stesso tempo ulteriori procedure di salvaguardia della rete idraulica superficiale.

#### *4.3 Bilancio idrico*

Come si è visto lo scenario generale idraulico del comprensorio lodigiano definisce una situazione consolidata, che apporta quantità apprezzabili di risorsa idrica, soprattutto dai corsi d'acqua, per un utilizzo plurimo ma prevalentemente agricolo, con restituzione pressoché integrale ai recapiti naturali.

Anche la strada di progetto consente attraverso il suo sistema di captazione, trattamento e smaltimento delle acque meteoriche che si riversano sulla sede stradale e sulle bretelle di raccordo, oltre che sulle aree di intersezione, di pervenire ad una restituzione completa delle acque all'ambiente naturale circostante.

A valle del sistema progettato per la raccolta delle acque di piattaforma, queste ultime, dopo esser state appositamente trattate, giungono poi nei recapiti finali, ovvero nella Roggia Triulza, nel colatore Brembiolo e nella Roggia Brembiolina.

Non c'è dunque sottrazione al ciclo naturale dell'acqua, con un bilancio idrologico in pareggio ed assolutamente compatibile con l'assetto del territorio.

## 5. STIMA DEGLI IMPATTI SUI SUOLI

### 5.1 *Interferenze sullo stato dei suoli*

Considerazioni per certi versi analoghe a quelle svolte sulle acque, possono essere fatte circa le interferenze delle opere stradali sullo stato dei suoli.

Il territorio si caratterizza per l'uso a seminativo preponderante rispetto alle altre forme di utilizzo, fatta eccezione per le aree lungo i principali corsi d'acqua, dove il pioppeto assume una importanza areale significativa.

In linea generale i suoli presenti nell'area di Casalpusterlengo presentano una buona funzione produttiva, ovvero sono adatti a diverse tipologie di utilizzazione agricola, mentre essi non hanno una funzione naturalistica, ovvero non possiedono un ruolo atto a determinare degli habitat naturali o a proteggere la biodiversità, né tanto meno a conservare importanti patrimoni culturali per l'umanità. Non presentano in buona sostanza peculiarità ambientali di rilievo.

Preponderanti lungo il tracciato sono i suoli del Livello fondamentale della Pianura, ovvero suoli franco sabbiosi formatisi su sedimenti fluviali e fluvioglaciali pleistocenici, non calcarei, costituiti da sabbie eventualmente con limi o con ghiaia.

Sotto il profilo funzionale questi suoli hanno un buon drenaggio, una permeabilità moderata ed una capacità di ritenzione idrica moderata.

Nei confronti delle acque superficiali hanno una capacità protettiva elevata, mentre hanno una capacità protettiva moderata nei confronti delle acque profonde a causa della granulometria e della permeabilità.

La loro asportazione nell'ambito degli scavi previsti per la realizzazione della strada non pone dunque particolari criticità sotto il profilo ambientale, soprattutto in funzione del fatto che non si devono prevedere particolari accorgimenti per il presidio delle acque sotterranee, in virtù dei sistemi di cui si è detto in precedenza.

Lo stesso si può dire per i suoli franco limosi dei Terrazzi antichi, che hanno anch'essi una capacità protettiva moderata nei confronti delle acque sotterranee, e per i



suoli franco sabbiosi delle alluvioni attuali e recenti, seppure questi abbiano in effetti una capacità protettiva elevata.

Le interferenze prodotte dalla realizzazione della strada con i suoli presenti lungo il tracciato appaiono dunque compatibili con la prioritaria strategia di salvaguardia della componente geologica naturale.

### *5.2 Reimpiego dei materiali di scavo prodotti in cantiere*

Per perseguire la riduzione del fabbisogno di materiali provenienti da cava, il progetto di variante prevede il reimpiego dei materiali naturali prodotti dall'esecuzione degli scavi in seno al cantiere stradale, da utilizzare dunque come terre e rocce da scavo secondo la normativa vigente.

Dalla relazione di cantierizzazione e monitoraggio (elab. 0003 0308) si evince che i materiali di scavo saranno reimpiegati nella realizzazione dei rilevati e delle opere in verde, oltre che per la formazione delle dune vegetali fonoisolanti e per il rivestimento delle scarpate.

Il dettaglio dei reimpieghi è contenuto nella citata relazione di cantierizzazione, da cui si evince che il quantitativo complessivo reimpiegato è pari a 316.054.872 mc: di questi 101.854.722 mc saranno utilizzati per rilevati, 214.200.150 mc per dune vegetali ed opere in verde.

La quota più consistente di riutilizzo riguarda il materiale vegetale scavato. In termini cautelativi si stima tuttavia che non più del 60% del materiale di scavo possa venire reimpiegato.

Il reimpiego del materiale scavato avverrà direttamente nell'ambito dei singoli lotti, ovvero in lotti contigui senza la formazione di depositi anche temporanei.

Solo nel caso del materiale reimpiegabile scavato nell'ambito dei lotti 5a, 5b e 9 sarà necessario prevedere il suo trasporto nell'ambito del cantiere, in quanto destinato, parzialmente o in toto, ai lotti 1, 2 e 10. Prima di essere reimpiegato alla destinazione finale esso sarà depositato temporaneamente in prossimità delle aree di lavoro.

Il requisito principale per il riutilizzo delle terre di scavo è che si tratti di terreni naturali, in cui sono assenti frammenti o frazioni di materiali inerti di origine antropica, che la normativa considera rifiuti.

Per questa ragione è stata condotta dal gruppo di progettazione una elaborazione di dettaglio sull'uso dei suoli interessati, verificandone puntualmente la destinazione ora esclusivamente agricola, ora agricola e zootecnica, consentendo così di delineare degli scenari attendibili di sostenibilità ambientale del reimpiego dei materiali oggetto degli scavi.

### *5.3 Sostenibilità del reimpiego dei materiali di scavo*

I materiali oggetto degli scavi rispondono al principale requisito per il riutilizzo in termini di terre di scavo, trattandosi di terre naturali, oggetto nel passato di attività esclusivamente agricole e/o zootecniche, in cui sono assenti frammenti o frazioni di materiali inerti di origine antropica (che la normativa considera rifiuti).

Essi possono essere messi a deposito nei siti di destinazione, all'interno pertanto del cantiere stradale, in quanto sin dalla loro produzione soddisfano al requisito di qualità ambientale. Sono infatti idonei a garantire che il loro successivo impiego non dia luogo ad impatti ambientali.

Per questa ragione non saranno sottoposti a trattamenti preventivi o a trasformazioni preliminari al loro stoccaggio.

L'ampia documentazione in possesso dello scrivente ha consentito infine di accertare che essi non provengono da siti contaminati o sottoposti a procedimenti di bonifica (ai sensi del titolo V della parte quarta D.Lgs. 152/2006).

E' emerso infatti con chiarezza l'impiego agricolo e/o zootecnico delle aree interessate dalla strada, in assenza di attività industriali e/o produttive che possano far presumere la presenza di siti inquinati o di bonifiche, ancorché pregresse, sulle stesse aree di esproprio o in loro prossimità.

Le caratteristiche chimiche e chimico-fisiche delle terre e specificamente dei suoli vegetali sono tali che il loro deposito in seno al cantiere non determina né rischi per la salute, né per la qualità delle matrici ambientali.

Si può affermare dunque che il loro utilizzo avverrà nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee e più in generale della componente geologica.

E' ovvio che in sede di progettazione esecutiva si dovrà provvedere ad una effettiva caratterizzazione dei terreni, in forma analitica, per verificare la condizioni definite dal progetto, ovvero quali correzioni eventualmente apportare.

## 6. ORIENTAMENTI DI SOSTENIBILITA'

Sinteticamente dalla stima degli impatti non emergono particolari criticità ambientali, né in relazione all'attuale contesto territoriale ante opera, né in seguito alla realizzazione della totalità degli interventi previsti.

La presenza di falda a pochi metri dal piano campagna renderà certamente difficoltosa la realizzazione delle opere interrato che si spingono oltre la superficie piezometrica e richiederà l'adozione di opere provvisorie per la realizzazione degli scavi e soprattutto adeguati sistemi di impermeabilizzazione a protezione di tutte le strutture interrato.

Con particolare riferimento alla costruzione dei sottopassi stradali e della galleria dello svincolo con la S.P. 142, laddove gli scatolari si collocano per alcuni metri in seno alla falda freatica, provocando una locale interferenza rispetto al deflusso sotterraneo della vasta falda freatica (che tuttavia a valle ripristina poi il suo normale decorso idraulico), dovrà essere valutato con attenzione il ricorso ad eventuali impianti di depressione forzato della superficie piezometrica (sistemi di dewatering, quali *well-point* o pozzi di drenaggio).

Le acque emunte saranno convogliate nei corsi d'acqua ricettori posti nelle vicinanze. Queste acque, insieme a quelle di piattaforma, saranno regimate e raccolte in opportune vasche in cui verrà eseguita una depurazione di prima pioggia.

Non vi sono pertanto possibilità di contaminazione del suolo e delle acque di falda, essendosi prevista l'intercettazione di eventuali liquidi inquinanti sversati sulla piattaforma stradale.

La situazione ambientale delle acque restituite al sistema naturale potrà essere ancora migliorata con il ricorso alla pratica della fitodepurazione.

Si richiama infine l'attenzione alla gestione delle terre di scavo, di cui si prevede il reimpiego in seno al cantiere. In fase di esecuzione degli scavi dovranno essere effettuati dei prelievi di terreno, al fine di determinare analiticamente le

caratteristiche chimiche e chimico-fisiche delle stesse terre, in modo tale che la compatibilità del loro impiego nel sito prescelto sia comprovato definitivamente da analisi di laboratorio.

Le previsioni progettuali previste evidenziano come la nuova infrastruttura appaia compatibile con il sistema ambientale locale.

## 7. CONCLUSIONI

L'ampia documentazione consultata ha permesso di costruire un quadro di riferimento ambientale articolato ed esaustivo per esprimere un giudizio di compatibilità sulle revisioni apportate al progetto della *Variante di Casalpusterlengo della SS 9 Via Emilia*, già sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale.

Lo studio specialistico condotto, che si colloca in seno allo Studio Preliminare Ambientale, consente di fornire gli elementi necessari alla verifica di assoggettabilità delle modifiche introdotte nel progetto definitivo, riguardanti la ridefinizione del profilo dell'asse stradale, successivamente alla valutazione ambientale.

Sulla scorta di tutti gli elementi di conoscenza acquisiti, si è proceduto all'illustrazione delle caratteristiche dell'impatto potenziale, da cui è stato possibile desumere che le variazioni apportate al progetto non introducono impatti negativi e significativi sull'ambiente, né aumentano l'impatto globale dell'intero intervento.

Dalla stima degli impatti delle opere stradali sull'ambiente, e specificamente sulla sua componente sottosuolo, non emergono infatti particolari criticità ambientali, né in relazione all'attuale contesto territoriale, per così dire ante opera, né in seguito alla realizzazione delle opere previste.

In sintesi si può affermare che le modifiche apportate alla variante stradale non avranno impatti significativi e negativi sulla componente ambientale sottosuolo.

Ne deriva che le soluzioni proposte non introducono elementi in contrasto con le valutazioni ambientali contenute nel Decreto VIA, evidenziando la sostanziale coerenza con la versione progettuale oggetto del parere VIA.

Palermo, 12 marzo 2012

Gian Vito Graziano  
*geologo*