

giovanni bassi, geologo, via donatori di sangue, 13 - 26029 soncino (cr)
tel. e fax 0374 85486, e_mail: bassi.geologo@gmail.com

REGIONE LOMBARDIA

COMUNE DI CASTELVERDE
(Provincia di Cremona)



Piano di Governo del Territorio

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

*(L.R. 11.3.05 N.12, art. 57, D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566, Criteri attuativi, Componente geologica,
D.G.R.L. 28.05.08 n.8/7374)*

Zona sismica 4

RELAZIONE GEOLOGICA DI PIANO



IL GEOLOGO
DR GIOVANNI BASSI
NOVEMBRE 2009

INDICE

PREMESSA.....	3
1 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI.....	3
1.1 La formazione della Pianura Padana.....	3
1.2 Geomorfologia ed elementi geopedologici.....	6
1.3 Caratteristiche geopedologiche.....	10
1.4 Geositi.....	12
2 IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA.....	13
2.1 Idrografia.....	13
2.2 Idrogeologia.....	14
3 CARTA GEOTECNICA E DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	15
3.1 Caratteristiche geotecniche.....	15
3.2 Definizione della pericolosità sismica locale.....	16
4 CARTA DEI VINCOLI.....	17
5 CENNI DI URBANISTICA.....	17
5.1 Piano territoriale di coordinamento provinciale (P.T.C.P.).....	17
5.2 Urbanistica comunale.....	18
6 CARTA DI SINTESI.....	18
7 CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO.....	20
7.1 Generalità.....	20
7.2 Classi di fattibilità geologica.....	20
7.3 Pericolosità sismica locale.....	22
BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE.....	23

ALLEGATI:

- 1: Carta geomorfologica con elementi geopedologici, scala 1:10.000;
- 1A: Sezioni geomorfologiche;
- 2: Carta idrogeologica e dell'idrografia superficiale, scala 1:10.000;
- 2A: Sezioni idrogeologiche;
- 3: Carta dell'idrografia superficiale, scala 1:10.000;
- 4: Carta geotecnica e di pericolosità sismica locale, scala 1:10.000;
- 5: Carta dei vincoli di natura geologica, scala 1:10.000;
- 5A: Carta dei vincoli di natura geologica, dettaglio Castelveverde e Costa S. Abramo, scala 1:5.000;
- 5B: Carta dei vincoli di natura geologica, dettaglio S. Martino in Beliseto, scala 1:5.000;
- 6: Carta di sintesi, scala 1:10.000;
- 6A: Carta di sintesi, dettaglio Castelveverde e Costa S. Abramo, scala 1:5.000;
- 6B: Carta di sintesi, dettaglio S. Martino in Beliseto, scala 1:5.000;
- 7: Carta di fattibilità delle azioni di piano, scala 1:10.000;
- 7A: Carta di fattibilità delle azioni di piano, dettaglio Castelveverde e Costa S. Abramo, scala 1:5.000;
- 7B: Carta di fattibilità delle azioni di piano, dettaglio S. Martino in Beliseto, scala 1:5.000.
- 8: Rapporto geofisico.

PREMESSA

Il presente studio assolve a quanto previsto dalla Legge Regionale 11.03.05 n.12, art. 57; il contenuto del lavoro è definito seguendo il metodo della Deliberazione della Giunta della Regione Lombardia 22.12.05, n. 8/1566 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio".

La base cartografica adottata è quella della Carta Tecnica della Regione Lombardia, alla scala 1:10.000, edizione 1994, Sezioni: C7e3, C7e4, D7a3 e D7a4.

Per la descrizione delle caratteristiche geomorfologiche, geopedologiche, idrografiche e idrogeologiche del territorio, si rimanda alla relazione geologica generale, allegata allo "Studio geologico del territorio comunale", eseguito ai sensi della L.R. 24.11.97 N. 41, art. 2, redatto dallo scrivente nel 2002 e alla successiva revisione del 2004.

Per una ancor più dettagliata descrizione dei caratteri idrografici del territorio, si rimanda alla relazione allegata allo "Studio Reticolo Idrico Minore" eseguito ai sensi della D.G.R. 25.1.02 N. 7/7868 e successive modificazioni ed integrazioni, redatto dallo scrivente nel 2004.

Lo Studio Geologico giunge a suddividere il territorio comunale nelle "Classi di fattibilità geologica delle azioni di piano" che costituiscono il collegamento con la pianificazione urbanistica comunale.

CAPITOLO 1: ASPETTI GEOLOGICI GENERALI

1.1 La formazione della Pianura Padana

La formazione e l'evoluzione della Pianura Padana di cui fa parte la pianura cremonese è dovuta principalmente all'Orogenesi Alpina prima e successivamente all'Orogenesi Appenninica, costituendo inizialmente l'avanfossa del sistema alpino e poi di quello appenninico (fig. 1.1). L'avanfossa che si formò in corrispondenza dell'attuale Pianura Padana presenta un profilo asimmetrico con sedimenti che possono raggiungere anche 7000 m di spessore. Dal Pliocene (circa 7 milioni di anni fa) fino ad oggi la depressione rappresentata dall'avanfossa è stata gradualmente colmata dalla deposizione di sedimenti sia marini che continentali che si sono accumulati su un substrato miocenico continentale caratterizzato da una monoclina pedealpina regionale che si estende dal margine alpino a nord fino alla base della catena alpina a sud.

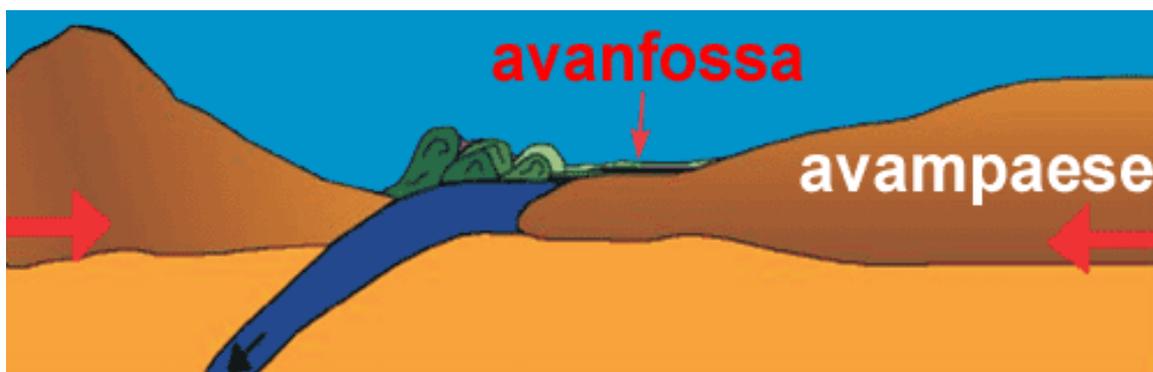


Fig. 1.1: Rappresentazione dell'avanfossa padana in riferimento al sistema appenninico in cui la placca europea (avampaese) viene subdotta dalla placca africana per un movimento compressivo delle zolle.

L'attività dei fiumi presenti nel settore di pianura padana cremonese è la principale causa della formazione dell'ambiente attuale con significativi condizionamenti dovuti alle glaciazioni ed ai fenomeni di subsidenza differenziali in corrispondenza di sinclinali e anticlinali sepolte, presenti nel territorio cremonese. La porzione di pianura lombarda, in cui si colloca il territorio in esame, nel suo assetto attuale, è il risultato dell'azione di numerosi corsi d'acqua che hanno, in successivi

tempi geologici e storici, apportato e asportato sedimenti fluviali sul bacino marino costiero, soggetto a fenomeni di subsidenza, che occupava l'odierna pianura padana. In particolare la gran parte dei depositi superficiali affioranti è il prodotto dell'attività fluviale, successiva all'ultima glaciazione wurmiana che si concluse circa 30000 anni fa. Lo scioglimento dei ghiacciai, liberando una gran quantità d'acqua in tempi geologicamente brevi (a partire dal Pleistocene superiore, 160000 anni fa, con il Pleniglaciale, Lascaux e Dryas I, epoche post wurmiane) ha comportato l'erosione dei grandi corpi morenici, edificati precedentemente dall'attività dei ghiacciai; i materiali erosi a monte o in prossimità dei depositi morenici depositi all'inizio delle vallate, furono depositi a valle. In questa fase si è venuto costituendo il complesso sedimentario chiamato "Livello Fondamentale della Pianura" o "Piano Generale Terrazzato", che occupa, oggi, gran parte della pianura padana. Questa formazione è caratterizzata da un ambiente deposizionale ad energia decrescente dalla zona di erosione (anfiteatri morenici e valli alpine) alle zone di deposizione; per tale ragione depositi gradualmente più fini costituiscono il LFdP, procedendo dal piede dei rilievi (Prealpi ed Appennini) verso il corso attuale del Po e, lungo il corso del fiume, verso la sua foce. Nella frazione di pianura oggetto della ricerca si è riscontrata la deposizione di sedimenti prevalentemente sabbiosi. Al compimento della fase immediatamente postglaciale (a partire da circa 15000-20000 anni fa), è seguita una fase erosiva che ha portato alla formazione delle grandi strutture morfologiche delle valli del Po e dei suoi principali affluenti (Adda, Serio, Oglio). Queste valli sono delimitate da orli di terrazzo morfologico che possono raggiungere fino a 8-10 m di altezza, al piede dei quali si trovano terrazzi secondari intermedi che indicano un altro, più limitato, ciclo di erosione - deposizione, interposto fra la fase deposizionale postglaciale e la fase erosiva attuale testimoniata dal corso attuale dei fiumi. Per comprendere l'assetto attuale della pianura bisogna considerare che nella fase intermedia, erano in attività corsi d'acqua oggi estinti o molto ridimensionati che hanno dato luogo a significative valli fluviali che sono ben più monumentali rispetto all'entità dei corsi d'acqua che oggi vi scorrono, ma che hanno lasciato segno del loro passaggio nei sedimenti depositi anche parecchi km di distanza dagli alvei attuali.

L'assetto tettonico del basamento terziario al di sotto della coltre alluvionale quaternaria, è interessato dalle complesse strutture scoperte dalle ricerche petrolifere.

La fig. 1.4 mette in evidenza la posizione e l'andamento di vari elementi strutturali (accavallamenti e pieghe) esistenti nel sottosuolo della pianura lombarda a nord del Po. Queste strutture sepolte consistono prevalentemente in sistemi di pieghe sud-vergenti ad orientamento ONO-ESE,

caratterizzate da ripetuti fenomeni di ondulazione assiale, e da sovrascorrimenti (fig. 1.4, fig. 1.5, fig. 1.6, fig. 1.7).

A questi sistemi di pieghe sono inoltre associate numerose faglie longitudinali, che in alcuni casi, danno luogo a dorsali e fosse tettoniche. La comparsa di tali strutture è riferibile ad una fase tettonica di età pliocenica media, dal momento che i sedimenti più recenti coinvolti nella deformazione raggiungono il Pliocene medio-superiore (circa 2 milioni di anni fa) e le strutture stesse sono ricoperte in discordanza dai sedimenti plio-pleistocenici marini. Le strutture in

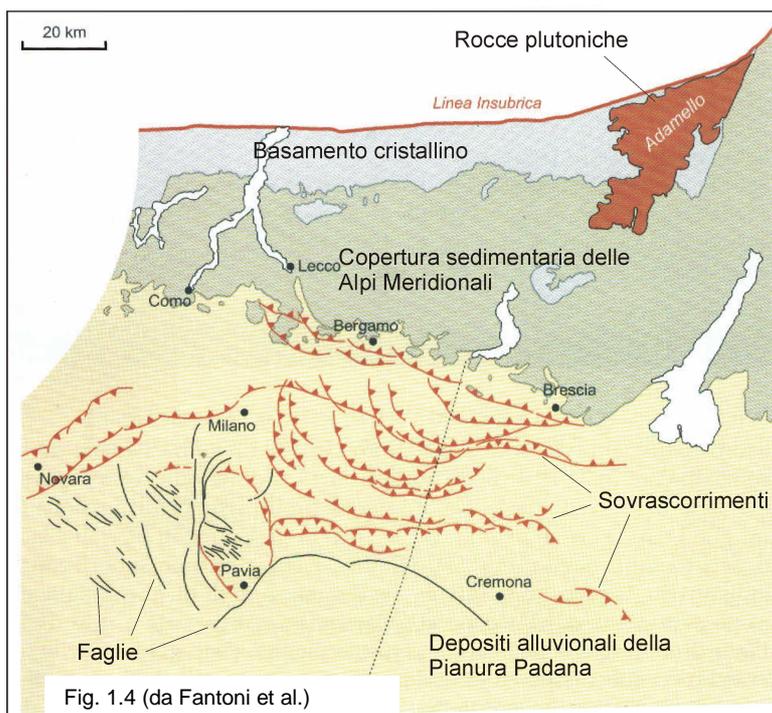


Fig. 1.4 (da Fantoni et al.)

questione e in particolare le faglie, possono essersi comunque mantenute attive, anche in epoche

successive, condizionando la sedimentazione della sovrastante coltre quaternaria o dislocandone i termini più antichi (pre-würmiani). Questi movimenti tettonici recenti sono testimoniati da lembi di depositi fluviali del Riss, che emergono, a guisa di piatti isolotti, dalle circostanti alluvioni würmiane, lungo gli assi di alcune strutture positive del substrato (Romanengo, Volongo, Torre de Picenardi Cavatigozzi, Braga et alii, 1976). Studi recenti (Burrato, Ciucci e Valensise, 2001) vogliono dimostrare che l'attività tettonica (sollevamenti e abbassamenti) di alcune di queste importanti strutture sepolte può influenzare l'andamento dell'idrografia superficiale, estremamente sensibile ai cambiamenti dei gradienti topografici indotti dall'attività tettonica. Sebbene gran parte di queste strutture siano sede di deformazioni continue ed essenzialmente asismiche, è comunque possibile che alcune di esse, oltre ad essere attive, siano anche sismogenetiche. Questa considerazione è giustificata dal fatto che esistono evidenti correlazioni tra la presenza di anomalie idrografiche superficiali, indotte dalle strutture sepolte e importanti terremoti storici (Soncino del 1802) localizzati in queste zone.

Non è da escludere che queste importanti strutture sepolte abbiano contribuito in modo decisivo al processo di diversione fluviale (es.: fiume Serio, Morbasco), avvenuto, come si è qui sopra scritto, tra l'XI ed il XIV sec (V.Ferrari, 1992). E' plausibile che i lenti movimenti tettonici verticali abbiano indotto impercettibili cambiamenti dei gradienti topografici superficiali, ponendo le basi affinché tale processo potesse realizzarsi definitivamente attraverso quel contributo climatico.

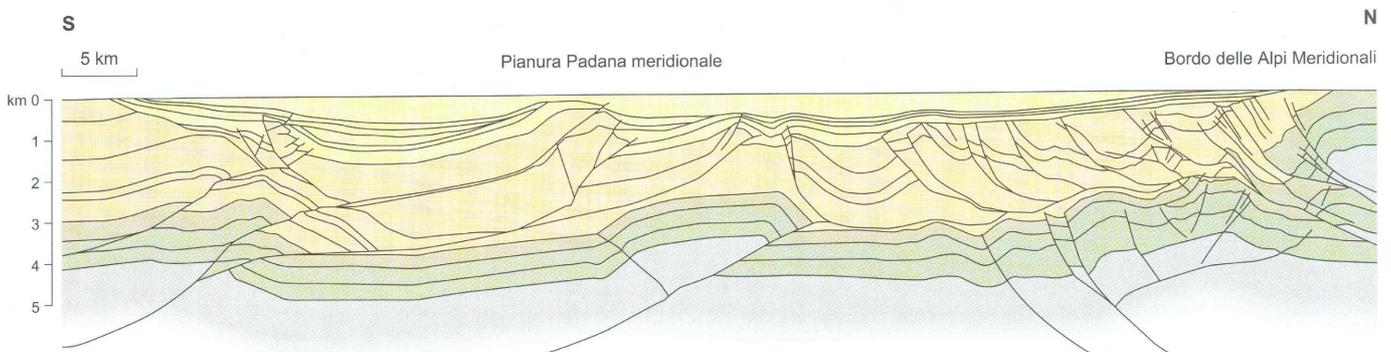


Fig. 1.5. Aspetto tettonico della Pianura Padana Meridionale (da Fantoni et al.).

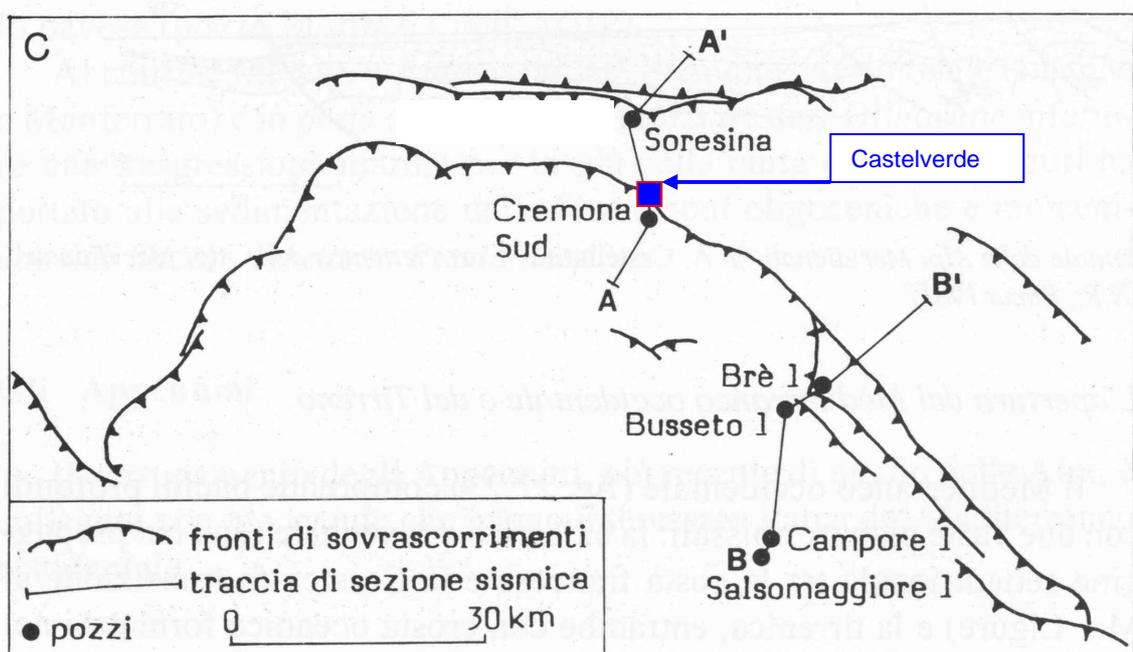


Fig. 1.6: Ubicazione dei tracciati di alcune sezioni sismiche attraverso la Pianura Padana (AGIP s.p.a.).

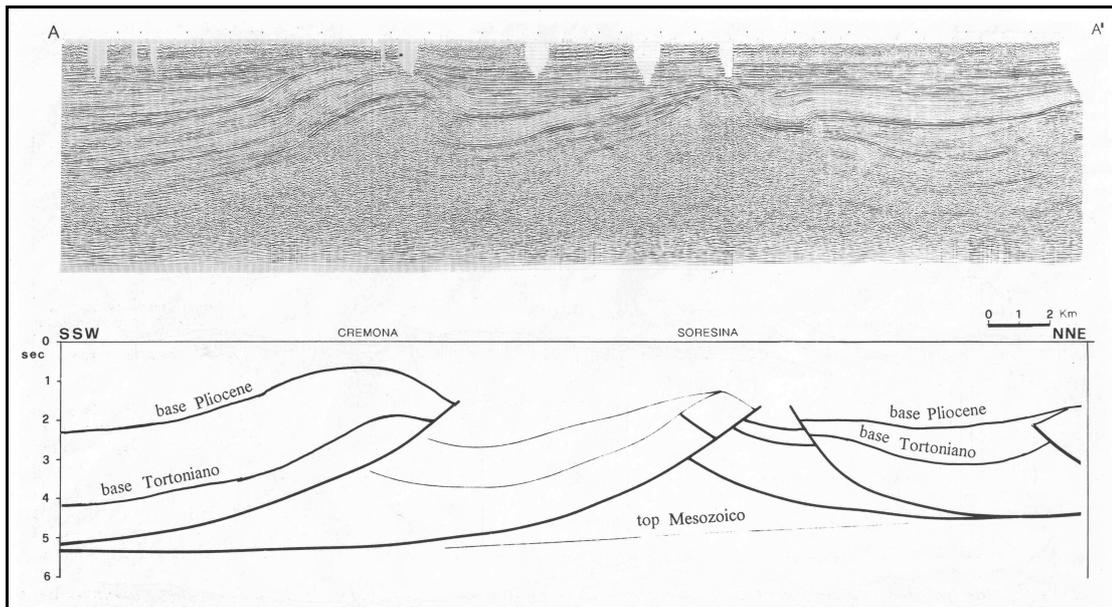


Fig. 1.7 Sezione sismica A-A' presso Cremona in cui sono evidenti alcuni sistemi a pieghe e sovrascorrimenti, tipiche del basamento terziario del sottosuolo della Pianura Padana (AGIP s.p.a.).

1.2 Geomorfologia ed elementi geopedologici

In questo capitolo viene illustrata la condizione geomorfologica di questa porzione di pianura cremonese e le relative caratteristiche geopedologiche.

La distribuzione ed i rapporti tra le unità geomorfologiche, qui di seguito descritte, sono illustrati nella "Carta geomorfologica con elementi di pedologia" (All. 1) e nelle due "Sezioni geologiche" allegate.

1.2.1 Metodologia

La presente indagine é basata, in via preliminare, sull'esame dei diversi documenti e dati di carattere geologico, geomorfologico, pedologico disponibili (v. Bibliografia).

In una fase successiva si é provveduto ad eseguire un'indagine geomorfologica di dettaglio così articolata:

- analisi fotointerpretativa su volo Regione Lombardia 1994,
- analisi morfometrica su base cartografica (C.T.R. della Regione Lombardia, alla scala 1:10.000) finalizzata alla individuazione delle variazioni altimetriche e di forme difficilmente apprezzabili in fase di fotointerpretazione,
- rilevamento e controlli diretti sul terreno, estesi all'intera area oggetto dell'indagine.

La "Carta geomorfologica con elementi geopedologici" prodotta evidenzia innanzitutto le unità presenti nell'area esaminata nonché le forme ed i processi connessi alla dinamica geomorfologica, attuale e trascorsa, legata all'azione dei corsi d'acqua ed alla attività antropica.

Sono state inoltre predisposte due sezioni geomorfologiche, al fine di evidenziare i rapporti tra le diverse unità geomorfologiche presenti nel territorio comunale.

Sono state infine rilevate le caratteristiche geopedologiche essenziali per le quali ci si è riferiti alla classificazione ed alla cartografia dell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo (ERSAL).

1.2.2 Caratteristiche geomorfologiche

Il territorio comunale di Castelveverde occupa una superficie di circa 31 kmq ed è localizzato a nord ovest di Cremona nell'ambito della pianura cremonese centrale.

L'area studiata è caratterizzata da superfici pianeggianti o debolmente ondulate e da una notevole ricchezza di forme di origine fluviale con presenza di idrografia di tipo meandriforme, riferibile al colatore Morbasco, prevalentemente costituita da depositi fluviali sabbioso-limosi, generalmente privi di petrosità e scheletro nei suoli.

L'assetto geomorfologico, in questo settore della pianura, è stato fortemente influenzato dalla successione di fasi erosive e deposizionali connesse all'alternarsi di cicli glaciali ed alle conseguenti variazioni del livello di base; in tali condizioni si è sviluppato, nel corso del Quaternario continentale, il processo di colmamento ed il modellamento dell'area.

Dal punto di vista geomorfologico, nel territorio oggetto dell'indagine, si distinguono due sistemi:

- Sistema della piana di alluvionamento wurmiano, che costituisce il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.), formato dai depositi fluvioglaciali e fluviali pleistocenici legati all'aggradazione alluvionale avvenuta durante l'ultima glaciazione quaternaria,
- Sistema delle Valli di pianura corrispondenti ai piani di divagazione di corsi d'acqua estinti, costituito da superfici alluvionali terrazzate separate da scarpate erosive o da raccordi in debole pendenza dal livello fondamentale della pianura e dalle piane alluvionali recenti. Localmente corrisponde al tratto finale della valle del colatore Morbasco, un antico percorso fluviale oggi abbandonato dal corso d'acqua che lo generò.

La gran parte del territorio comunale è costituita da superfici del L.F.d.P. sulle quali sono localizzati i centri abitati di Castelveverde, S. Martino in Beliseto, Marzalengo e Livrasco nonché la maggior parte degli insediamenti rurali presenti nell'ambito dell'area studiata.

Lungo la fascia occidentale del territorio comunale, il L.F.d.P. risulta inciso dall'andamento allungato e sinuoso dell'antico corso fluviale estinto, attualmente occupato dal Morbasco.

A sud di tale area, in corrispondenza della scarpata che segna il limite tra il L.F.d.P. e la valle fluviale del Morbasco, è localizzato l'abitato di Costa S. Abramo, mentre più a nord, al margine di un lembo di terrazzo ricollegabile al L.F.d.P., isolato dall'erosione all'interno della valle fluviale, si trova la frazione di Castelnuovo del Zappa.

Il limite morfologico tra i due sistemi: L.F.d.P. e valle fluviale, è abbastanza netto e contrassegnato da una evidente scarpata d'erosione fluviale, il cui andamento naturale risulta peraltro profondamente alterato dall'azione antropica lungo il tratto, posto immediatamente a nord di Costa S. Abramo, in corrispondenza di Fornace e Cura Affaitati. La continuità di tale scarpata si interrompe nell'area di Cascina Casella e Licengo, sostituita da un raccordo in debole pendenza che verosimilmente rappresenta la traccia di un'antica immissione di un corso d'acqua minore.

Il territorio di Castelveverde risulta infatti influenzato dall'azione morfogenetica di antiche linee di deflusso superficiale, a prevalente andamento meridiano, che, nelle fasi iniziali del cataglaciale wurmiano, hanno modellato la superficie del L.F.d.P. portando alla formazione di morfostrutture minori costituite dalle superfici allungate e depresse presenti nell'area centrale ed orientale del territorio.

La porzione occidentale del territorio comunale risulta, invece, modellata dall'azione predominante di un antico corpo idrico di significativa portata, che, nel corso del cataglaciale wurmiano, ha inciso i depositi del L.F.d.P. determinando la formazione della attuale valle fluviale relitta del colatore Morbasco.

Nell'ambito della valle fluviale sono riconoscibili almeno due superfici terrazzate, separate da scarpate erosive, dovute all'alternarsi di processi di erosione e sedimentazione, legati all'attività del fiume originario.

Nell'ambito del territorio comunale oggetto della presente indagine, in base ai caratteri geomorfologici, litologici e geopedologici rilevati, sono state riconosciute le seguenti unità,

a partire dalla più recente, a tal fine vedi l' allegata "Carta geomorfologica con elementi geopedologici":

⇒ VALLE DI PIANURA CORRISPONDENTE A CORSO D'ACQUA ESTINTO (OLOCENE) così suddivisa:

1. Aree depresse corrispondenti ad alvei abbandonati, con fitto reticolo idrografico superficiale naturale o artificiale
2. Superfici piane o debolmente ondulate, corrispondenti a superfici alluvionali intermedie

⇒ LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA -(L.F.P.) (PLEISTOCENE SUPERIORE) così' suddiviso:

3. Aree modali del L.F.d.P. pianeggianti o debolmente ondulate, generalmente ben drenate
4. Aree piatte lievemente depresse ed a drenaggio generalmente difficoltoso anticamente sede di linee preferenziali di deflusso idrico superficiale
5. Aree rilevate di alcuni metri sul L.F.P. (dossi).

1.2.3 Valli di pianura corrispondenti a corsi d'acqua estinti

Sono rappresentate dalle superfici alluvionali terrazzate che costituiscono i piani di divagazione di corsi d'acqua attualmente estinti, da tempo indisturbate da fenomeni deposizionali.

Sono separate da scarpate erosive o da raccordi in debole pendenza dal Livello fondamentale della pianura e dalle piane alluvionali più recenti.

I depositi prevalenti sono generalmente da limoso-sabbiosi a limosi.

Nell'ambito dell'area esaminata sono state riconosciute due differenti unità di paesaggio:

Unità 1 - Aree depresse corrispondenti ad alvei abbandonati, con fitto reticolo idrografico superficiale naturale o artificiale

L'unità è formata da aree allungate e depresse di paleoalveo che costituiscono la valle fluviale relitta, separate da scarpate erosive o da raccordi in debole pendenza dal Livello fondamentale della pianura e dalle superfici terrazzate intermedie da più tempo affrancate dall'attività fluviale.

Tale morfostruttura, nonostante gli interventi di livellamento antropici intervenuti, conserva ancora evidenti testimonianze dell'azione di modellamento naturale operata dal corso d'acqua originario.

E' costituita da depositi alluvionali antichi limoso-sabbiosi, di probabile età pre-romana, stabili, poco interessati da dinamiche erosivo-deposizionali recenti. Nell'ambito dell'unità, il reticolo idrografico di origine antropica ha mantenuto un andamento planimetrico sostanzialmente naturale, occupando l'interno delle depressioni originate dal corpo idrico che ha modellato la valle.

Localmente tali depressioni sono caratterizzate da falda subaffiorante.

Nell'area esaminata rientrano in queste unità le superfici concavo lineari che costituivano gli assi centrali drenanti della paleovalle e precisamente:

- l'ampia superficie depressa di paleoalveo che si estende lungo il confine comunale occidentale tra Ossolaro e Costa S.Abramo, occupata dall'attuale corso del Morbasco,

separata da una scarpata erosiva dal L.F.d.P. posto ad est mentre ad ovest si raccorda alle superfici alluvionali intermedie con deboli pendii alternati a scarpate di altezza limitata; - la superficie infossata di paleoalveo, di ampiezza ed estensione limitata, disposta al piede della scarpata che segna il limite con il L.F.d.P. ad est di Castelnuovo del Zappa, tra Licengo e Fossadoldo.

All'altezza di Licengo, tale morfostruttura, interna alla valle fluviale, si raccorda al L.F.d.P. in corrispondenza di un'area ribassata dello stesso, sede di una linea preferenziale di drenaggio che verosimilmente rappresenta la traccia di un'antica immissione nella valle di un corso d'acqua secondario, probabilmente attivo nelle fasi iniziali di modellamento della valle.

Unità 2 - Superfici piane o debolmente ondulate, corrispondenti a terrazzi alluvionali intermedi

Tale unità comprende:

- Il terrazzo, interno alla valle fluviale, posto ad ovest di Costa S. Abramo che si sviluppa, lungo il confine comunale, con andamento sub parallelo alla valle, separato dalle superfici più depresse della valle fluviale da raccordi in debole pendenza alternati a scarpate erosive di altezza ridotta;

- L'area circostante Castelnuovo del Zappa posta in posizione e quota intermedia tra il L.F.d.P. e le superfici più depresse della valle fluviale alle quali si raccorda attraverso un blando pendio. Al centro di tale area emerge un lembo di terrazzo ricollegabile al L.F.d.P., isolato dall'erosione all'interno della valle e delimitato da scarpate fortemente antropizzate;

- Il piccolo dosso, localizzato lungo la S.S. 415 immediatamente ad ovest di Costa S. Abramo, delimitato da scarpate ad andamento geometrico ed isolato all'interno della valle. Tali superfici, costituite da depositi alluvionali antichi prevalentemente limoso-sabbiosi, si presentano stabili e da tempo affrancate dall'attività di deposizione fluviale, come peraltro testimoniato dal grado di evoluzione pedologica.

La presenza di tali unità all'interno della valle fluviale in posizione e quota intermedia tra il L.F.d.P. e le superfici più depresse testimoniano che, a partire probabilmente dal termine dell'ultima glaciazione, il corpo idrico generatore che ha inciso la valle, ha operato in almeno due fasi, attraverso alterni episodi erosivi e deposizionali.

1.2.4 Livello Fondamentale della Pianura

E' rappresentato dalla estesa superficie terrazzata che costituisce il livello della pianura formatosi per colmamento alluvionale nel corso dell'ultima glaciazione würmiana ed è composto da depositi di origine fluviale prevalentemente sabbioso-limosi, localmente limoso-sabbiosi e limosi.

In relazione al più intenso intervento antropico oltre che alla prolungata assenza dell'attività fluviale la superficie del L.F.P. presenta generalmente una morfologia regolare; pur tuttavia nell'area in esame sono state riconosciute tre differenti unità di paesaggio:

Unità 3 - Aree modali del L.F.d.P. pianeggianti o debolmente ondulate, generalmente ben drenate

Queste aree rappresentano le superfici modali della bassa pianura, si presentano debolmente rilevate rispetto alle aree circostanti, caratterizzate da deboli ed ampie ondulazioni, generalmente allungate in direzione nord-sud e sono poste in posizione intermedia tra le superfici più rilevate dei dossi e quelle più depresse, sede di antiche linee preferenziali di deflusso idrico superficiale.

Il substrato prevalente e' di natura sabbiosa o sabbioso-limosa ed il drenaggio e' buono.

La maggior parte degli insediamenti urbani, nell'ambito dell'intero territorio cremonese, tendono a concentrarsi su tali superfici relativamente più rilevate e meglio drenate rispetto alle aree circostanti.

Gli abitati di Castelverde, S.Martino in Beliseto e Marzalengo sono infatti localizzati all'interno della superficie modale allungata che attraversa, con andamento meridiano, l'intero territorio comunale tra cascina Cavallara a nord e cascina Croce Grande a sud.

A tale unità sono riconducibili le aree relativamente più rilevate nell'ambito del L.F.d.P., localizzate rispettivamente: ad est del territorio, in corrispondenza dell'insediamento rurale di Costa S. Caterina, a nord-ovest, in corrispondenza del dosso di Castelletto Anghinori ed a sud, tra Costa S. Abramo e S. Pedrengo.

Alla medesima unità è attribuibile il lembo di livello fondamentale di pianura di Castelnuovo del Zappa che, pur isolato da processi erosivi e rimaneggiato da interventi antropici, risulta facilmente correlabile al limitrofo dosso di Castelletto Anghinori.

Unità 4 - Aree piatte lievemente depresse, a drenaggio generalmente difficoltoso, anticamente sede di linee preferenziali di deflusso idrico superficiale

Rispetto alle superfici modali sopradescritte, queste, che ne costituiscono la continuazione, sono pianeggianti o lievemente depresse, di varia forma, interpretabili come zone di flusso superficiale o come conche di decantazione collegabili ad antiche strutture fluviali non incise nel livello della pianura.

La tessitura dei depositi è variabile da sabbioso-limoso a limoso-argilloso.

Il deflusso idrico risulta spesso difficoltoso ed il drenaggio dei terreni risulta rallentato a causa della presenza di falda in prossimità della superficie oltre che per i bassi valori di permeabilità, laddove gli orizzonti superficiali presentano tessiture più fini.

A tale unità sono riconducibili le due ampie aree lievemente infossate ed allungate ad andamento prevalentemente meridiano che si estendono rispettivamente ad ovest e ad est della superficie modale sopradescritta che si estende tra S. Martino in Beliseto e Castelverde.

Unità 5 - Aree rilevate di alcuni metri sul L.F.P. (dossi)

Questa unità individua i dossi sabbiosi, di forma prevalentemente allungata, rilevati di alcuni metri sul livello della pianura, spesso separati da questa mediante scarpate ma naturalmente delimitati da superfici di raccordo in pendenza.

A tale unità è attribuibile il lembo di limitata estensione localizzato a sud di Costa S. Abramo in località Boffalora.

Il dosso risulta separato dal fondovalle del Morbasco da un'alta scarpata, localmente rimaneggiata, che raggiunge anche 5 m di altezza, mentre si raccorda alla superficie modale del L.F.d.P. attraverso una scarpata di altezza ridotta che tende a sfumare in debole pendio.

Dal punto di vista della litologia superficiale è caratterizzata da presenza di sedimenti sabbiosi con conseguente drenaggio accelerato.

1.3 Caratteristiche geopedologiche

Il territorio di Castelverde è caratterizzato da condizioni climatiche e geomorfologiche omogenee e da bassa energia del rilievo, pertanto i processi di formazione dei suoli sono stati principalmente influenzati dalla litologia dei substrati, dalla presenza d'acqua nel sottosuolo, dal tempo in cui hanno potuto agire i processi pedogenetici e dagli interventi antropici.

Sulle superfici che costituiscono il L.F.d.P. sono presenti generalmente suoli evoluti, poco influenzati dalle originarie differenze litologiche dei substrati.

Sulle superfici di raccordo tra L.F.P. e piana alluvionale recente e attuale e in quelle parti della piana alluvionale non più interessate dall'attività deposizionale se non sporadicamente, i suoli presentano apprezzabili differenziazioni in orizzonti pedogenetici ed una parziale decarbonatazione degli orizzonti più superficiali laddove le condizioni di drenaggio erano favorevoli.

I principali tipi di suolo presenti nell'area esaminata, classificati secondo le definizioni della Soil Taxonomy (U.S.D.A.) sono rappresentati da: Alfisuoli e Inceptisuoli.

Le unità tassonomiche prevalenti sono:

ORDINE	SOTTORDINE	GRANDE GRUPPO	SOTTOGRUPPO
ALFISOLS	UDALFS	HAPLUDALFS	TYPIC
“	“	“	AQUIC
INCEPTISOLS	OCHREPTS	EUTROCHREPTS	TYPIC
“	“	“	AQUIC
“	AQUEPTS	HAPLAQUEPTS	AERIC

1.3.1 Alfisuoli

Sono suoli che presentano un buon grado di evoluzione, evidenziato dalla presenza di un orizzonte diagnostico profondo in cui si è accumulata argilla illuviale (orizzonte argillico – Bt).

Si sono sviluppati, in condizioni climatiche certamente più umide e percolative delle attuali, su superfici stabili semprechè caratterizzate dall'assenza di processi di ringiovanimento significativi.

Nell'area oggetto dell'indagine sono presenti Alfisuoli appartenenti al Grande Gruppo degli Hapludalfs.

Gli Hapludalfs rilevati nell'area in esame appartengono a 2 Sottogruppi: Typic e Aquic.

I primi sono suoli ben drenati, diffusi nell'area indagata nell'ambito del L.F.d.P., in corrispondenza del dosso di Boffalora (Unità geomorfologica **5** – vedi Legenda della Carta Geomorfologica allegata), delle superfici modali distribuite su tutto il territorio comunale (Unità geomorfologica **3**).

Typic Hapludalfs alternati ad Aquic Hapludalfs sono presenti anche sui terrazzi intermedi interni alla valle fluviale (Unità geomorfologica **2**).

Sono suoli privi di particolari caratteri distintivi, se non la necessaria presenza dell'orizzonte argillico, da moderatamente profondi a profondi, limitati dall'idromorfia del substrato, presentano generalmente una colorazione bruno-rossastra, la tessitura va da franco-sabbiosa a franco-limosa e sono generalmente decarbonatati. Localmente presentano significativi disturbi e modificazioni dovute alle attività agricole che hanno comportato fenomeni di troncatura del profilo o di bonifica per colmatatura.

I Sottogruppi Aquic Hapludalfs, in associazione con Aquic Eutrochrepts che verranno descritti nel successivo paragrafo, sono invece presenti nell'ambito delle aree depresse, all'interno del L.F.d.P., anticamente sede di linee preferenziali di deflusso idrico superficiale (Unità geomorfologica **4**) nonché nelle porzioni più stabili delle aree pianeggianti e lievemente depresse in ambiente di paleoalveo, interne alla valle fluviale (Unità geomorfologica **1**).

Gli Aquic Hapludalfs sono suoli caratterizzati dalla presenza di falda poco profonda e/o dalla ridotta permeabilità dei depositi che, rallentando il drenaggio del suolo, hanno creato condizioni di idromorfia all'interno dell'orizzonte argillico.

1.3.2. Inceptisuoli

In quest' Ordine sono compresi suoli caratterizzati da un grado evolutivo più ridotto rispetto agli Alfisuoli.

I processi pedogenetici hanno determinato alterazioni di natura fisico-chimica del materiale parentale (roccia madre), con neoformazione di minerali argillosi, differenziazione di un orizzonte di alterazione detto cambico (Bw) e rimozione dei carbonati dagli orizzonti superficiali con un'eventuale rideposizione in profondità in un orizzonte calcico (Ck).

Gli Eutrochrepts, oltre che dalla presenza dell'orizzonte cambico, sono caratterizzati dallo sviluppo di un orizzonte superficiale di colore chiaro, con basso contenuto di sostanza organica e di scarso spessore (Epipedon Ochrico).

Nell'area oggetto dell'indagine sono presenti Inceptisuoli appartenenti a due differenti Grandi Gruppi: Eutrochrepts e Haplaquepts.

Gli Eutrochrepts presenti nell'area in esame appartengono ai sottogruppi Typic e Aquic; i primi sono suoli ben drenati che rispondono alla descrizione degli Inceptisuoli sopra riportata e si riscontrano, in associazione con Hapludalfs, sulle alluvioni antiche che costituiscono il terrazzo alluvionale intermedio (Unità geomorfologica **2**), mentre il Sottogruppo degli Aquic presenta tipici fenomeni di riduzione entro 60 cm dalla superficie, a causa della presenza della falda poco profonda e/o della ridotta permeabilità dei depositi.

Aquic Eutrochrepts, in associazione con Aquic Hapludalfs, sono presenti nell'ambito delle aree lievemente depresse corrispondenti ad antiche linee di flusso idrico superficiale presenti sia nell'ambito del L.F.d.P. che all'interno della valle fluviale (Unità geomorfologiche **4** e **1**).

All'interno di quest'ultima unità sono presenti localmente Aerice Haplaquepts che a causa della presenza della falda a profondità ridottissime (50 cm) presentano caratteristiche di estrema idromorfia.

1.4 Geositi

I Geositi evidenziano gli elementi prevalentemente morfopaesaggistici che modellano significativamente il paesaggio cremonese e che necessitano sia di essere ulteriormente studiati, sia di essere adeguatamente tutelati e valorizzati.

Nell'area in esame ricadono i seguenti geositi:

- **Il dosso "rissiano" di Costa S. Abramo-Cavatigozzi** di origine forse più antica rispetto al livello fondamentale della pianura, poiché attribuito dal Foglio n. 61 – "Cremona" della Carta Geologica d'Italia (1970) al Fluvioglaciale e Fluviale rissiano (Pleistocene medio), è rappresentato dallo stretto risalto di terreni, alterati dall'azione millenaria degli agenti atmosferici e leggermente aggettanti rispetto alle aree contermini, esteso al margine orientale della Valle del Morbasco, tra gli abitati di Costa S. Abramo, Casanova del Morbasco e Cavatigozzi, dove il dosso si affaccia al più ampio solco fluviale padano;

- **La valle del Morbasco o valle dei navigli** che solca con andamento sinuoso e per alcune decine di chilometri la porzione centro-settentrionale della provincia, rappresenta molto probabilmente un antico percorso del fiume Oglio, successivamente deviato verso est dal sollevamento tettonico del Pianalto di Romanengo. Spiccatosi presumibilmente dal corso principale a nord dell'abitato di Calcio (BG), è stato poi sostituito da una serie di altre acque spontanee tra cui il Morbasco che, sin dai secoli medievali, ne ha occupato la sede nel tratto compreso tra Genivolta e il punto in cui la valle relitta si innesta nel solco padano. Anche questa interessante formazione mostra una particolare importanza geostorica, mentre ha condizionato nel tempo la distribuzione dei centri abitati ad essa rivieraschi, oltreché la distrettuazione amministrativa di una parte del territorio provinciale.

2. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

E' stata prodotta una carta alla scala 1:10.000, comprendente tutto il territorio di Castelverde (All. 2, carta idrogeologica e dell'idrografia superficiale, e All. 3, carta dell'idrografia superficiale).

Il territorio in esame è stato suddiviso in zone a differente permeabilità e a diversa soggiacenza della falda superficiale, secondo la metodologia adottata nello studio precedente: in esso si possono distinguere aree con soggiacenza minore di 2 m, da 2 a 4 m e maggiore di 4 m; anche le classi di permeabilità attribuite non sono cambiate rispetto allo studio precedente: medio-bassa, media, alta.

Si descrivono di seguito i caratteri idrogeologici del territorio in esame, a tal fine è utilizzata la "Carta idrogeologica e del sistema idrografico" con "Sezioni idrogeologiche" e i diagrammi freaticometrici dei piezometri del Consorzio di bonifica Naviglio - Vacchelli posti ad Ossalengo, Fossadoldo e c.na Caffa.

2.1. Idrografia

Il reticolo idrografico è particolarmente fitto e sviluppato; il territorio è infatti attraversato da numerosi corpi idrici, i più importanti dei quali sono la roggia Morbasco e il Naviglio della Città di Cremona.

La roggia Morbasco occupa la zona occidentale del territorio di Castelverde, determinandone il confine comunale partendo da c.na Valcarengo fino all'abitato di Ossolaro.

Il suo percorso mantiene prevalentemente un andamento naturale, seguendo i meandri dell'antica valle del Morbasco; il suo corso si presenta parzialmente antropizzato in corrispondenza di Costa S. Abramo e nei pressi di Cura Affaitati.

Tale roggia presenta, nella maggior parte dell'area studiata, un alveo debolmente inciso (profondità massima 1 m), le cui sponde non denotano evidenti forme di erosione; solamente nei pressi dell'abitato di Costa S. Abramo si evidenziano alcune deboli differenze di profondità e di larghezza dell'alveo (1.5 m di profondità massima e 3 m di larghezza).

Il Naviglio della Città di Cremona o Civico occupa invece, la parte orientale del territorio di Castelverde, determinandone il confine a partire dalla zona Est dell'abitato di Marzalengo, fino a c.na Mascarpone ubicata più a Nord.

Il Naviglio di Cremona mantiene prevalentemente un andamento naturale, impostandosi totalmente sul Livello fondamentale della pianura, all'interno di un'ampia zona debolmente depressa e disposta in senso meridiano, seguendo le antiche linee di deflusso idrico superficiale (Unità geomorfologica 6, v. Cap. 1.2).

Il Naviglio di Cremona presenta anch'esso nell'area studiata un alveo debolmente inciso (profondità massima 1 m) le cui sponde non denotano evidenti forme di erosione.

Le rogge Frata, Maggia Ambrosina, Gambarà, Quistra sono impostate totalmente sul L.F.d.P., e presentano un andamento generale con direzione ovest-Est seguendo raramente le antiche linee di deflusso superficiale; la geometria dei loro percorsi evidenzia un marcato controllo antropico.

Con diverso assetto si presentano le rogge Malcorrente, Cavo, Soresina, Bonetta, Cappellana e Dugale, con percorso da NW-SE a N-S; la maggior parte di queste rogge sono impostate sul L.F.d.P.

Roggia Soresina e Malcorrente evidenziano un percorso misto: in un primo tratto, fin nei pressi della c.na Fossadoldo, si trovano all'interno del sistema "Valli di Pianura corrispondente al corso d'acqua estinto" (Unità 1 e 2 v. Cap. 1 – Carta Geomorfologica), per poi proseguire verso Sud all'interno dell'L.F.d.P., seguendo antiche linee di deflusso

idrico; anche roggia Maggia Ambrosina si imposta inizialmente sull'Unità 2 fino a Licengo, per poi proseguire verso Est sul L.F.d.P.

Complessivamente la rete idrografica superficiale, costituita dall'insieme di canali adduttori e colatori, presenta un andamento fortemente antropizzato ad eccezione dei due corsi d'acqua principali roggia Morbasco e Naviglio di Cremona.

La roggia Morbasco è inclusa negli Elenchi delle acque pubbliche.

E' stata prodotta una carta alla scala 1:10.000, comprendente tutto il territorio in esame.

In essa sono stati tracciati i numerosi corpi idrici che costituiscono il reticolo idrografico caratterizzante il territorio, tutti appartenenti al Reticolo Idrico Minore che, conformemente al precedente studio del 2004 sul Reticolo Idrico Minore (RIM), è rappresentato da rogge che si sviluppano per 150.704 m nel territorio in discussione e che sono elencate di seguito.

In carta, per ciascun corso d'acqua, è stato definito nome e numero d'ordine:

Competenza del Consorzio di Bonifica Naviglio Vacchelli (Allegato D, D. G. R. 7/13950) sono:

- ✓ Naviglio della Città di Cremona o Civico (n. 1);
- ✓ Colatore Morbasco (n. 2);
- ✓ Colatore Biribiscio (n. 3);
- ✓ Roggia Marca (ramo di Castelnuovo di Zappa) (n. 4);
- ✓ Roggia Soresina – Orezuolo (n. 5);
- ✓ Colatore Vallotto (n. 6);
- ✓ Roggia Malcorrente (n. 7);
- ✓ Roggia Malcorrente Gabbanina (n. 8);
- ✓ Roggia Cappellanino (n. 9);
- ✓ Fontanile Orezuolo (n. 10);
- ✓ Colatore roggia Cavo (n. 11);
- ✓ Colatore Rodano di Cremona (n. 12);
- ✓ Colatore Frata (n. 13);
- ✓ Colatore Trecca (n. 14);
- ✓ Roggia Albertina (n. 15);
- ✓ Roggia Conta Quistra (n. 16);
- ✓ Colo o Naviletto di Casalsigone (n. 17);
- ✓ Diramatore Cappelletta (n. 18);
- ✓ Roggia Marzalenga (n. 19);
- ✓ Roggia o cavo Cremonella (n. 20);
- ✓ Roggia Scalona (n. 21);
- ✓ Colatore Fregalino (n. 22).

Sono stati riportati in carta i canali artificiali che svolgono l'opera di smaltimento delle acque in eccesso e d'irrigazione dei fondi, anche in aree altrimenti non lambite da corsi d'acqua (canali di interesse aziendale). Questa capillare rete secondaria esercitò una insostituibile funzione di trattenere le acque meteoriche e di ritardarne l'arrivo nei corsi d'acqua del RIM.

2.2 Idrogeologia

Il flusso idrico della falda superficiale presenta una componente principale in direzione N-S con locali rotazioni nel quadrante N-E.

La ricostruzione dell'andamento della falda superficiale nell'ambito del territorio comunale, è stata effettuata sulla base di rilevazioni indirette ricavate dallo studio dei profili pedologici di ERSAL e sulla base di rilevazioni dirette effettuate nel mese di Agosto 2000 ottenute attraverso lo scavo di trincee in zone significative, nonché delle misure decadiche dei piezometri Fossadoldo e Ossalengo, c.na Caffa dal 1985 al 1999.

Il flusso idrico relativo alla falda profonda, è orientato in direzione NW-SE, parallelamente all'andamento dei corsi d'acqua dei principali assi strutturali (da Studio Idrogeologico della Provincia di Cremona – V. Francani et al.).

L'esame dei dati stratigrafici disponibili ha consentito una ricostruzione dell'assetto idrogeologico territoriale; per la scarsità di dati locali è stato necessario utilizzare le sole stratigrafie disponibili e relative ai pozzi pubblici dei Comuni limitrofi di Sesto, Pozzaglio e Cremona.

Il modello idrogeologico di riferimento nell'area in esame, ricostruito sulla base dei dati a disposizione, individua tre distinte litozone, come evidenziato dalle sezioni idrogeologiche allegate.

Litozona superficiale: si sviluppa dal piano campagna a profondità che va da 8 m ad un massimo di 30 m. Essa è costituita in prevalenza da strati sabbiosi, e subordinati, sabbioso ghiaiosi. Questa litozona è sede di falda freatica a permeabilità elevata, l'alimentazione dell'acquifero avviene per infiltrazione di acque meteoriche o da corpi idrici superficiali e per tanto è caratterizzata da un'elevata vulnerabilità. Localmente si può riscontrare la presenza di piccoli strati argillosi di limitato spessore.

Litozona intermedia: si sviluppa dal letto della precedente fino a profondità di 85-103 m da p.c. da un punto di vista litologico è caratterizzata in prevalenza da strati a granulometria fine costituita da depositi limoso-argillosi (potenza massima 18 m) talora con presenza di torba e subordinati strati sabbiosi e sabbioso ghiaiosi. I singoli strati non sono direttamente correlabili a causa della estrema variabilità dell'ambiente di deposizione. La vulnerabilità degli acquiferi si riduce notevolmente grazie alla protezione esercitata dai livelli argillosi a bassa permeabilità di notevole spessore ed alla modalità di alimentazione, tanto più remota tanto più è profondo l'acquifero.

Litozona profonda: si sviluppa a partire dal letto della precedente, da un punto di vista litologico è caratterizzata da un'alternanza tra strati in prevalenza a granulometria fine costituiti da depositi limoso-argillosi (potenza massima 35 m) talora con torba e strati sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi che possono raggiungere lo spessore di 20 m.

Dalle stratigrafie dei pozzi si può osservare come gli acquiferi in pressione della litozona profonda, siano anch'essi sufficientemente protetti e idrogeologicamente separati dalle falde soprastanti e in particolare dalla falda freatica; la vulnerabilità di questi acquiferi dalla superficie è pertanto notevolmente ridotta.

3. CARTA GEOTECNICA E DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

E' stata prodotta una carta alla scala 1:10.000 (All. 4), comprendente tutto il territorio in esame.

3.1 Caratteristiche geotecniche

In carta è riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite dallo scrivente, utili alla definizione delle successioni litologiche, del grado di addensamento, delle relative caratteristiche geotecniche e della soggiacenza della falda.

Le caratteristiche geotecniche sono state correlate alla vulnerabilità idrogeologica, definita sulla base della soggiacenza della falda e della permeabilità del non saturo (secondo la metodologia descritta nella relazione precedente e riportate in nota nel capitolo n. 7).

Il territorio in esame è caratterizzato principalmente da problemi di vulnerabilità idrogeologica estesa sia nell'ambito del L.F.d.P. che nelle aree più depresse presenti all'interno della valle fluviale relitta del Morbasco.

L'elevato livello di vulnerabilità e' determinato dalla presenza di depositi superficiali permeabili e/o dalla ridotta soggiacenza della falda freatica.

Quest'ultima condizione si manifesta principalmente nelle aree più depresse del fondovalle, lungo il vecchio percorso naturale del fiume, laddove la falda tende ad avvicinarsi alla superficie nonché nell'ambito del L.F.d.P. in corrispondenza dell'ampia area depressa, originata da un'antica struttura fluviale, che si estende a nord est di Castelverde.

In tali aree il deflusso idrico risulta spesso difficoltoso ed il drenaggio dei terreni rallentato a causa della presenza della falda in prossimità della superficie, oltre che per i bassi valori di permeabilità.

Nell'ambito della piana alluvionale, le aree più depresse con falda sub affiorante e presenza localizzata di depositi limoso-argillosi, sono peraltro costituite da terreni con caratteristiche geomeccaniche e geotecniche da scadenti a pessime.

In corrispondenza dei terrazzi alluvionali intermedi posti all'interno della valle fluviale e delle superfici che costituiscono il L.F.d.P., laddove la soggiacenza della falda aumenta progressivamente rispetto alla quota del p.c., la vulnerabilità idrogeologica tende ad attenuarsi, in presenza di depositi limoso-sabbiosi caratterizzati da permeabilità medio-bassa, mentre mantiene valori medio-alti, in corrispondenza delle superfici modali e dei dossi costituiti da depositi a più elevata permeabilità.

3.2 Definizione della pericolosità sismica locale

Per la definizione della *pericolosità sismica locale* si è applicata la metodologia definita dalla L.R. n. 12/2005 (DGR 8/1566, *Criteri attuativi*, All. 5); l'intero territorio di Castelverde ricade in zona sismica 4, pertanto la normativa prevede un approfondimento obbligatorio di primo livello sull'intero territorio, tramite la redazione della Carta di pericolosità sismica locale. Tale carta è stata desunta dalla cartografia d'inquadramento e dagli scenari di pericolosità sismica locale.

All'interno del territorio in oggetto è stato individuato un unico scenario di pericolosità sismica, corrispondente allo Z4a, definito come zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi.

Per tale scenario, in corrispondenza delle costruzioni strategiche e rilevanti (ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003), la normativa prevede un approfondimento ulteriore (secondo livello), con lo scopo di valutare i fattori di amplificazione locali, legati alla natura litologica dei sedimenti.

Gli elementi sensibili individuati all'interno del territorio di Castelverde sono 17 e sono stati riportati in carta.

Sono state eseguite delle prove sismiche mediante microtremori (cfr. All. 8); la metodologia applicata prevede la ricostruzione delle velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (onde S), da cui si ricavano i fattori di amplificazione sismica locale (F_a) per i due periodi caratteristici $0,1 < T \leq 0,5$, e $T > 0,5$ s.

Si rimanda alla visione dell'Allegato 8 per l'interpretazione di tali prove.

Come evidenziato in All. 8, Rapporto geofisico, i valori soglia aggiornati indicati dalla scheda regionale nel Comune di Castelverde, per suoli di tipo C, sono di 1.8 e di 2.4 rispettivamente per edifici con periodo inferiore a 0.5 s (bassi e rigidi) e superiore a 0.5 s (edifici alti ed elastici).

Il risultato comune alle linee effettuate è che i valori di F_a calcolati sono più elevati di quelli forniti dalla regione Lombardia, per gli edifici con periodo inferiore. Pertanto, in fase progettuale, in tutte le aree indagate soggette a predominante rischio di tipo litologico (scenario di PSL Z4) per questa tipologia di edifici sono necessarie indagini di III livello oppure dovranno essere utilizzati gli spettri di normativa validi per la categoria di suolo sismico D. Per tutti gli edifici con periodo superiore a 0.5 s, i valori di F_a sono inferiori a quelli regionali per una differenza maggiore di 0.1, e pertanto sono da considerare validi gli spettri di normativa per la categoria di suolo sismico C.

In tabella 3.2 sono sintetizzati i valori di V_{s30} (velocità media delle Vs nei primi 30 m), il tipo di suolo di fondazione, il periodo proprio del sito (T_p) calcolato dalle Vs ed i valori calcolati del Fattore di Amplificazione (Fa) per le due tipologie di edifici: $0.1 < T \leq 0.5$ s e $T > 0.5$ s. Nell'ultima riga sono riportati i valori soglia (di riferimento) forniti dalla regione Lombardia.

Linea	V_{s30}	Terreno di fondazione	Periodo (T_p)	Fa ($T=01-0.5$ s)	Fa ($T>0.5$ s)
Cv01	216	C	1.07	2.1	1.4
Cv02	220	C	1.08	2.1	1.4
Cv03	209	C	1.06	2.1	1.4
Cv04	220	C	1.07	2.1	1.4
Cv05	191	C	1.08	2.1	1.4
Fa di riferimento Regione Lombardia				<u>1.8</u>	2.4

Tabella 3.2 – Parametri Sismici

4. CARTA DEI VINCOLI

La carta dei vincoli è stata redatta alla scala 1:10.000 (All. 5) su tutto il territorio del comune di Castelverde; sono state inoltre realizzate due carte di dettaglio alla scala 1:5.000, la prima per gli abitati di Castelverde e Costa S. Abramo, la seconda per S. Martino in Beliseto e Marzalengo.

Sul Reticolo Idrico Minore sono state individuate delle fasce di rispetto così differenziate:

- Per i tratti al di fuori del centro urbano e non adiacenti a zone già edificate, è prevista una fascia di 10 m;
- Per i tratti all'interno del centro urbano, o adiacenti a zone già edificate o in corrispondenza dei tratti tombinati sono state tracciate sia la fascia di 10 m che la proposta di 4 m.

Sui canali d'interesse interaziendale ed aziendale (da mantenere in funzione ed in efficienza poiché a loro è legato il contenimento dell'erosione in atto nella pianura irrigua) è prevista l'istituzione della fascia di vincolo di 4 m.

Alla zona di tutela assoluta appartengono i terreni racchiusi entro 10 m di raggio dai pozzi pubblici per approvvigionamento idropotabile; in essa si applica il disposto del D. Lgs. n. 258/00 art. 5 comma 4, tale fascia è irriducibile. In base al criterio idrogeologico, la fascia di rispetto per i pozzi pubblici ad uso idropotabile è stata ridotta a 10 m, con domanda formulata dal Comune di Castelverde che ha prodotto la documentazione necessaria, in ottemperanza alla D.G.R. 27.6.96 n.6/15137 (domanda presentata in data 2 ottobre 2003 prot. 191268). Poiché la domanda è stata accolta con parere favorevole (Decreto n° 761 del 16 Novembre 2004, prot. 225221) dalla Provincia di Cremona, si cartografa la riduzione della fascia di rispetto da 200 (stabiliti in applicazione del criterio geometrico) a 10 m di raggio dai pozzi (stabiliti in applicazione del criterio idrogeologico), facendo così coincidere le rispettive zone di rispetto con le relative zone di tutela assoluta.

5. CENNI DI URBANISTICA

In questo capitolo sono trattate le definizioni urbanistiche manifestate dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale approvato.

5.1 Piano territoriale di coordinamento provinciale (P.T.C.P.)

Il P.T.C.P., approvato dalla Provincia di Cremona definisce alcuni elementi di quadro sintetizzati come segue.

La *Carta degli indirizzi per il sistema paesistico ambientale*, predisposta nell'ambito degli studi finalizzati alla redazione del P.T.C.P., classifica la valle del Morbasco quale "componente strutturale di 2° livello della rete ecologica". Tale classificazione comprende aree caratterizzate da una significativa sensibilità ambientale, da un elevato valore paesaggistico ed insediativo nonché da un rilevante pregio morfologico.

La *Carta delle opportunità insediative*, prevista dal P.T.C.P., indica i livelli di compatibilità insediativa e di idoneità agricola di ciascuna delle unità riportate nell'allegata Carta geomorfologica scala 1:10000:

- ⇒ Le unità geomorfologiche distinte nell'ambito della valle del Morbasco (Unità **1, 2**), rappresentano aree che in generale sono incompatibili con l'insieme degli insediamenti di tipo urbano e con le infrastrutture di collegamento e che risultano idonee per le sole attività agricole che ne rispettino i caratteri di vulnerabilità e sensibilità fisico – naturale.
- ⇒ La porzione del terrazzo alluvionale intermedio (Unità **2**), localizzata a sud ovest del territorio comunale (in corrispondenza della centrale elettrica), costituisce un'area che, in generale, risulta incompatibile con le industrie a medio impatto e con le infrastrutture di collegamento su gomma e che risulta idonea per l'attività agricola.
- ⇒ Tutte le altre unità geomorfologiche costituenti il L.F.d.P. (Unità **3, 4, 5**) vengono classificate come aree che, in generale, risultano compatibili con l'insieme degli usi del suolo di tipo urbano e che sono idonee per le sole attività agricole che ne rispettino i caratteri di vulnerabilità e sensibilità fisico – naturale.

5.2 Urbanistica comunale

Alla luce degli studi geologici eseguiti potrebbero insorgere interferenze tra la presenza, in Costa S. Abramo e Castelnuovo di Zappa, di due situazioni ben distinte: quella caratterizzata da ridotto rischio idrogeologico (terreni più elevati in quota, appartenenti al Livello fondamentale della pianura) e quella con rischio maggiore (terreni più bassi appartenenti alla valle del Morbasco).

Come atteggiamento generale si consiglia di eseguire specifici accertamenti geognostici nelle aree interessate da nuove espansioni sia civili che produttive che rurali, al fine di raggiungere una ulteriore e più significativa caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni.

In base ai principali elementi, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici, ottenuti dagli studi generali effettuati, sono emerse limitazioni fondamentalmente dovute alla ridotta soggiacenza della falda (Unità **1 e 4**) alla elevata permeabilità di alcuni terreni (Unità **3, 5**) e localmente da scarse caratteristiche geotecniche dei terreni (Unità **1, 2 e 4**).

Per tali motivi si consiglia di procedere ad un approfondimento di indagine geognostica con relativa relazione geologica e geotecnica, segnatamente nel caso si prevedano insediamenti produttivi e significative costruzioni rurali.

Tale indagine dovrà determinare:

- La massima escursione stagionale della falda,
- La natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione,
- Le modalità di smaltimento per le acque meteoriche e di scarico,
- L'eventuale necessità di sopraelevare il piano utile di calpestio sopra l'attuale piano di campagna,
- L'eventuale necessità di esecuzione di idonee opere di impermeabilizzazione.

6. CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi è stata redatta alla scala 1:10.000 (All. 6) su tutto il territorio del comune di Castelverde; sono state inoltre realizzate due carte di dettaglio alla scala 1:5.000, la prima per gli abitati di Castelverde e Costa S. Abramo (All. 6A), la seconda per S. Martino in Beliseto e Marzalengo (All. 6B).

La Carta di sintesi ha lo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio comunale al fine di procedere alle successive valutazioni diagnostiche. Tale carta,

contiene gli elementi più significativi evidenziati dall'analisi dei caratteri geomorfologici, idrografici ed idrogeologici del territorio, sviluppati nella cartografia di inquadramento. In particolare vi sono indicate le aree interessate da diversa vulnerabilità idrogeologica, classificate sulla base della soggiacenza della falda e della permeabilità del non saturo, secondo la metodologia descritta in nota¹.

Sono state riportate anche nella carta di sintesi:

- La zona di tutela assoluta, pari a 10 m di raggio dai pozzi pubblici per approvvigionamento idropotabile (non cartografabile alla scala della carta); in essa si applica il disposto del D. Lgs. n. 258/00 art. 5 comma 4, tale fascia è irriducibile;
- La fascia di rispetto per i pozzi pubblici ad uso idropotabile, ridotta a 10 m in base al criterio idrogeologico (domanda formulata dal Comune di Castelveverde, accolta con parere favorevole dalla Provincia di Cremona con Decreto n° 761 del 16 Novembre 2004, prot. 225221);
- Le fasce di rispetto per i corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore, così differenziate:
 - Per i tratti al di fuori del centro urbano e non adiacenti a zone già edificate, è prevista una fascia di 10 m;
 - Per i tratti all'interno del centro urbano, o adiacenti a zone già edificate o in corrispondenza dei tratti tombinati sono state tracciate sia la fascia di 10 m che la proposta di 4 m.

Per il rilevante significato ambientale sono stati cartografati gli orli di terrazzo morfologici. Per completezza, in carta di Sintesi sono stati cartografati i depuratori presenti sul territorio e le indagini geognostiche eseguite dallo scrivente.

¹ METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA

La vulnerabilità verticale della prima falda viene generalmente calcolata in base al tempo impiegato da un'eventuale inquinante per raggiungere dal piano campagna la falda superficiale.

Il tempo di infiltrazione complessivo è determinato dalla somma dei tempi di infiltrazione nel suolo e nel substrato non saturo fino al raggiungimento della falda superficiale.

Tale parametro viene calcolato attraverso il rapporto tra lo spessore del suolo più quello del substrato non saturo e la velocità di infiltrazione, data dalla permeabilità (K) per un gradiente 100%.

Ciò premesso, per il calcolo delle vulnerabilità è stata seguita la seguente metodologia:

- in primo luogo si è operata una classificazione basata sulle zone a differente permeabilità e capacità di drenaggio, individuate attraverso il rilievo geomorfologico e sulla base dei dati ERSAL relativi ai suoli; ad ogni classe è stato attribuito un grado di permeabilità media, tenendo conto della composizione litologica;

- successivamente è stata eseguita una ulteriore zonizzazione basata su dati stimati relativi alla soggiacenza della falda. Incrociando i due parametri, permeabilità e soggiacenza, sono state individuate 12 classi di rischio (4 di permeabilità e 3 di soggiacenza), in cui il peso preponderante è attribuito ai valori stimati di permeabilità, salvo che nelle aree con falda subaffiorante;

- per determinare il diverso grado di vulnerabilità si è attribuito ad ogni classe di permeabilità un coefficiente di rischio (RK) arbitrario ma crescente, al crescere dei valori di permeabilità, con legge logaritmica;

- ad ogni classe di soggiacenza è stato attribuito un coefficiente di rischio (RH) anch'esso arbitrario ma decrescente in relazione inversamente proporzionale ai valori di soggiacenza.

In realtà a RH sono stati attribuiti valori con una logica più complessa:

valore 1 è stato assegnato alla classe (h) con soggiacenza compresa tra 2 e 4 m (hm=3m), alla classe con h>4m (hm=5) è stato attribuito il valore 0,6 (3/5), alla classe con h<2 (hm=1) spetterebbe il valore 3 (3/1), ma si è preferito assegnare il valore 10 per sottolineare l'amplificazione del rischio causata dalla presenza di falda subaffiorante; infatti uno spessore di non saturo ridotto può essere superato agevolmente da un potenziale inquinante, grazie a fattori di permeabilità secondaria (arature, pozzi, scavi, ecc.).

- attribuiti questi valori ai coefficienti di rischio si è calcolato il coefficiente totale (V) moltiplicando RK x RH, in modo da poter assegnare ad ogni area, con permeabilità e soggiacenza definite, un livello di rischio, arbitrario in assoluto, ma significativo nel confronto con gli altri valori.

Sulla base di questi coefficienti si sono successivamente definite 4 classi di vulnerabilità: alta (A), medio-alta (MA), medio-bassa (MB), bassa (B), per le quali sono stati calcolati i tempi teorici di percorrenza dell' inquinante dalla superficie del terreno alla superficie freatica.

In questa carta le caratteristiche geotecniche sono state correlate alla vulnerabilità idrogeologica.

7. CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO

In questo capitolo vengono definite, sulla base dell'analisi geologica del territorio illustrata nei capitoli precedenti, la distribuzione delle 4 classi di fattibilità geologica e delle azioni di piano.

La carta di fattibilità per le azioni di piano è stata redatta alla scala 1:10.000 (All. 7) su tutto il territorio del comune di Castelverde; sono state inoltre realizzate due carte di dettaglio alla scala 1:5.000, la prima per gli abitati di Castelverde e Costa S. Abramo (All. 7A), la seconda per S. Martino in Beliseto e Marzalengo (All. 7B).

7.1 Generalità

Lo studio geologico realizzato ha lo scopo di supportare le scelte urbanistiche; a questa finalità operativa risponde la "Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano" (All. 7, 7A, 7B).

Tale carta è derivata dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti negli studi generali d'inquadramento.

Pertanto la carta di fattibilità rappresenta lo strumento di base per accertare le condizioni limitative all'espansione urbanistica ed alla modifica di destinazione d'uso del suolo.

La classificazione del territorio, rispetto alla fattibilità delle azioni di piano, tiene conto della pericolosità dei fenomeni e del rischio conseguente ed inoltre fornisce indicazioni generali in ordine agli studi ed alle indagini di approfondimento eventualmente necessarie.

Sono state adottate, secondo le indicazioni della Regione Lombardia, contenute nel paragrafo 4.2. del D.G.R. 08.08.1998 n. 6/37918, quattro classi di fattibilità:

CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni.

7.2 Classi di fattibilità geologica

CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

Nel territorio comunale non sono state individuate aree completamente prive di limitazioni alle variazioni delle destinazioni d'uso dei terreni, poiché le condizioni geologiche, soprattutto l'estrema vulnerabilità della falda, non sono ottimali.

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

Comprende i terreni del L.F.d.P., ad esclusione dell'area costituita dall'antica depressione fluviale che si estende con andamento meridiano a nord-est di Castelverde (valle del Naviglio di Cremona) e dei terreni intorno al lembo isolato all'interno della valle fluviale in corrispondenza di Castelnuovo del Zappa.

I terreni del L.F.d.P. considerati sono caratterizzati da soggiacenza della falda superiore a 2 m, da vulnerabilità variabile da medio-bassa a medio-alta e da caratteristiche geotecniche generalmente buone.

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

In questa classe sono state distinte le quattro sottoclassi qui di seguito illustrate.

Sottoclasse 3a: pianura cremonese centrale

Comprende due grandi porzioni di territorio, la prima, posta ad occidente con il terrazzo intermedio sovrastante la valle del Morbasco costituito da alluvioni antiche, la seconda costituita dall'antica depressione fluviale che si estende con andamento meridiano a nord-est di Castelveverde.

Tali terreni sono caratterizzati da soggiacenza della falda compresa tra 2 e 4 m, drenaggio mediocre, vulnerabilità idrogeologica medio-bassa, caratteristiche geotecniche generalmente scadenti e da rilevanti valori geologico ambientali.

Nella seconda porzione, la più orientale, ricade inoltre quella parte di L.F.d.P. costituita dall'antica depressione fluviale, oggi occupata dal Naviglio di Cremona, che si estende con andamento meridiano a nord-est di Castelveverde.

La tessitura di tali depositi e' variabile da sabbioso-limosa a limoso-argillosa, il deflusso idrico risulta spesso difficoltoso ed il drenaggio dei terreni rallentato, a causa della presenza della falda in prossimità della superficie, oltre che per i bassi valori di permeabilità, la vulnerabilità idrogeologica è pertanto medio-alta, mentre i terreni presentano generalmente scarsa qualità geotecnica.

Sottoclasse 3b: valle del Morbasco

Comprende i terreni posti nell'impluvio della valle del Morbasco nonché le aree allungate e depresse di paleoalveo che costituiscono la valle fluviale relitta, separate da scarpate erosive o da raccordi in debole pendenza dal livello fondamentale della pianura e dalle superfici terrazzate intermedie.

Tali aree sono caratterizzate da falda con soggiacenza inferiore a 2 m, localmente sub-affiorante, vulnerabilità idrogeologica medio-alta, scarse caratteristiche geotecniche e da rilevante valore paesistico ambientale e naturalistico.

Sottoclassi 3c e 3d: Corsi d'acqua e relative fasce di rispetto

I corsi d'acqua individuati nella "Carta dell'idrografia superficiale", alla scala 1:10.000, sono oggetto di particolare tutela poiché costituiscono un elemento paesistico ambientale essenziale della pianura cremonese. Essi vanno salvaguardati nel loro percorso, mantenuti nella piena funzionalità idraulica ed integrati nel contesto paesistico ambientale in cui scorrono.

Sul Reticolo Idrico Minore, si individuano delle fasce di rispetto così differenziate:

- Per i tratti al di fuori del centro urbano e non adiacenti a zone già edificate, è prevista una fascia di 10 m (sottoclasse 3c);
- Per i tratti all'interno del centro urbano, o adiacenti a zone già edificate o in corrispondenza dei tratti combinati, sono state tracciate sia la fascia di 10 m (sottoclasse 3c) che la proposta di riduzione a 4 m (sottoclasse 3d).

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe sono state distinte le sottoclassi qui di seguito illustrate.

Sottoclasse 4a: zona di tutela assoluta e di rispetto di pozzo pubblico per approvvigionamento idropotabile

Alla zona di tutela assoluta appartengono i terreni racchiusi entro 10 m di raggio dai pozzi pubblici per approvvigionamento idropotabile; in essa si applica il disposto del D. Lgs. n. 258/00 art. 5 comma 4, tale fascia è irriducibile.

Come spiegato precedentemente, in base al criterio idrogeologico, la fascia di rispetto per i due pozzi pubblici è stata ridotta a 10 m, in seguito a regolare domanda formulata dal Comune di Castelveverde.

Sottoclasse 4 b: orlo di terrazzo morfologico

In tutto il territorio comunale sono presenti **orli di terrazzo morfologico**, alcuni integri altri rimaneggiati; essi delimitano gli elementi morfologici essenziali del paesaggio e perché siano mantenuti in evidenza i limiti naturali delle valli e del territorio è vietata l'esecuzione di scavi, sbancamenti, livellamenti ed altri lavori od interventi che possano alterare l'attuale profilo piano altimetrico in corrispondenza degli orli di terrazzo morfologico evidenziati nella Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano alla scala 1:10.000.

Il terrazzo morfologico verrà tenuto integro nella sua attuale giacitura anche nelle fasce di raccordo poste al pizzo ed al piede della scarpata, per una profondità di almeno 10 m; particolarmente utili e consigliabili, al fine di evidenziare questa morfologia, gli interventi di riforestazione con essenze tipiche.

In corrispondenza dei centri edificati l'orlo di terrazzo morfologico dovrà essere individuato in loco.

7.3 Pericolosità sismica locale

Al mosaico della fattibilità è stato inoltre considerato il tematismo relativo alla pericolosità sismica locale e i fattori di amplificazione locale (Fa) ottenuti dalle prove sismiche.

Come spiegato nel paragrafo 5.2, è importante sottolineare che i fattori Fa calcolati sono più elevati di quelli forniti dalla Regione Lombardia; pertanto in tutte le aree indagate soggette a predominante rischio di tipo litologico (scenario di PSL Z4) per tutti gli edifici con periodo inferiore a 0.5 s sono necessarie indagini di *terzo livello* in fase progettuale, oppure dovranno essere utilizzati gli spettri di normativa validi per la categoria di suolo sismico D. Per tutti gli edifici con periodo superiore a 0.5 s, i valori di Fa sono inferiori a quelli regionali per una differenza maggiore di 0.1, e pertanto sono da considerare validi gli spettri di normativa per la categoria di suolo sismico D.



Il Geologo
Dr Giovanni Bassi
Novembre 2009

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

1. AA. VV., 1997, Quaderni agro-ambientali n.1; Rischio di esondazione e vulnerabilità verticale della falde, Centro di documentazione ambientale, Provincia di Cremona.
2. B. Moretti e C. Loffi, Relazione agronomica inerente il comune di Salvirola.
3. ERSAL, Paesaggi e suoli della provincia di Cremona, 1997
4. ERSAL, Provincia di Cremona, 1997, I suoli della pianura cremonese centro orientale.
5. Ferrari V. e Lavezzi F. 1995, I fontanili ed i bodri in provincia di Cremona.
6. Ferrari V., Ghezzi D., 1999, "Le siepi", Edagricole - Bologna
7. Francani V. et Alii, 1993, Studio idrogeologico della provincia di Cremona.
8. G. Bassi, 1997, Analisi geomorfologica ed idrogeologica di dettaglio del territorio del Comune di Cremona. Comune di Cremona, Studi per la variante generale del P.R.G. .
9. Petrucci F., Tagliavini S., 1969, Note illustrative della Carta geologica d'Italia, Foglio 61 Cremona.
10. Prov. di Cremona, Assess. Agricolt., Servizio Prov. del Suolo, Carta delle componenti geoambientali del territorio cremasco, 1997
11. Prov. di Cremona, Assess. Agricolt., Servizio Prov. del Suolo, Quaderno agro-ambientale n.3 Catalogo dei suoli cremonesi, 1998
12. Prov. di Cremona, Assess. Agricolt., Servizio Prov. del Suolo, Analisi del carico zootecnico comunale e attitudine dei suoli all'utilizzo agronomico dei reflui zootecnici in provincia di Cremona, 1998
13. USDA, Soil Conservation Service, Keys to Soil Taxonomy, 1994