

**RIASSETTO LINEE AEREE 132 KV "TAVAZZANO-PAVIA CS"
E "LACCHIARELLA-PAVIA O."**

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

Storia delle revisioni

Storia delle revisioni		
Rev. 00	Del 20/07/2018	Prima emissione



Elaborato	Verificato	Approvato
Dott. Geol. F. Melchiorri  <small>Progettazione Integrata Ambiente S.r.l.</small>	V. De Santis F. Salomone (ING-PRE-IAM)	N. Rivabene (ING-PRE-IAM)

INDICE

1	PREMESSA	4
2	UBICAZIONE E DESCRIZIONE DEL PROGETTO	5
2.1	UBICAZIONE E CONSISTENZA TERRITORIALE	5
2.2	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	6
2.3	SOSTEGNI	7
2.4	FONDAZIONI	8
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	9
4	CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE	15
4.1	ASPETTI IDROLOGICI	16
4.2	PORTATE DI PIENA E PIENE STORICHE PRINCIPALI	17
4.3	GLI SQUILIBRI SUL CORSI D'ACQUA PRINCIPALE E NEI TERRITORI DI FONDOVALLE	17
4.4	RISCHIO IDRAULICO	18
5	SISMICITÀ DELL'AREA	20
5.1	EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA ANTISISMICA	20
5.2	SISMICITÀ DELL'AREA	24
5.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	24
6	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	27
6.1	ASSETTO IDROGEOLOGICO	28
6.2	QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE	30
6.3	POZZI IDROPOTABILI CENSITI	31
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI ED INDICAZIONI SUI DEI CARICHI AMMISSIBILI	33
7.1	DEPOSITI FLUVIOGLACIALI E ALLUVIONI DI NATURA SABBIOSO-GHIAIOSA	33
7.2	DEPOSITI FLUVIOGLACIALI E ALLUVIONI DI NATURA LIMOSA E LIMOSO-ARGILLOSA	34
7.3	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	34
8	CRITERI PROGETTUALI DELLE OPERE	35
8.1	AREA CENTRALE, AREE DI MICROCANTIERE	35
8.2	PISTE DI ACCESSO	37
8.3	DEMOLIZIONE DEGLI ELETTRODOTTI ESISTENTI	38
9	MOVIMENTO TERRE	38
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	41
10.1	ASPETTI GEOLITOLOGICO-TECNICI	41
10.2	PERICOLI IDRAULICI	43

10.3	ASPETTI GEOMORFOLOGICI	43
10.4	ASPETTI SISMICI	43
10.5	ASPETTI IDROGEOLOGICI	44
10.6	MOVIMENTO TERRE	44
11	BIBLIOGRAFIA	45

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica Preliminare riguarda il progetto di riassetto delle linee 132kV nella zona dei Comuni di Vellezzo Bellini e Certosa di Pavia a seguito della demolizione parziale della linea 132kV Garlasco Tavazzano, interferente con la realizzazione della linea 380kV Trino-Lacchiarella.

Terna ha infatti studiato il nuovo assetto della linea tenendo conto delle seguenti necessità:

- preservare i collegamenti elettrici preesistenti con le CP Pavia Ovest e Pavia CS
- preservare il collegamento di telecomunicazioni tra Garlasco e Tavazzano Est, attualmente transitante nella fibra ottica della linea 132kV Garlasco – Tavazzano.

Terna, a seguito delle considerazioni di cui sopra e facendo riferimento alle indicazioni del vigente Piano di Sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale di Sviluppo attiva, congiuntamente con i Comuni di Vellezzo Bellini e Certosa di Pavia, la localizzazione di massima relativa al riassetto delle linee 132kV nell'ambito del territorio comunale dei suddetti comuni.

La linea 132kV Garlasco-Tavazzano, attualmente non in tensione, sarà demolibile nel tratto stabilito dai protocolli di intesa a patto di realizzare un nuovo percorso per il transito dei segnali tra le due stazioni elettriche.

Con riferimento alla Circ. 09/01/1996 n. 218/24/3 ed alla L. 11/02/1994 n. 109 (legge quadro in materia di lavori pubblici o "legge Merloni" coordinata con le modifiche e integrazioni apportate dal D.L.101/95 e dalla legge di conversione, L.216/95.), in cui si prevedono tre fasi di progetto ("preliminare", "definitivo" ed "esecutivo"), nella fase preliminare della progettazione di opere pubbliche e private si potrà far riferimento a informazioni di carattere geologico generale e a dati geotecnici deducibili dalla letteratura. Solo in fase di progettazione definitiva ed esecutiva, pertanto, secondo quanto prescritto dalle D.M. 17/01/2018 "Testo Unico – Norme tecniche per le costruzioni", saranno eseguite indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche opportunamente localizzate in modo da rilevare la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) e, quindi, poter effettuare la microzonazione sismica e definire gli effetti locali sulla modalità di propagazione delle onde sismiche attribuendo la corretta categoria di sottosuolo.

La relazione geologica preliminare documenta, quindi, la prefattibilità dell'opera, con indagini geologiche e idrogeologiche preliminari (acquisizione di dati bibliografici disponibili, rilevamenti geologici di inquadramento, eventuali indagini geognostiche preliminari ecc.) e contiene il modello geologico preliminare con indicazione delle possibili criticità geologiche.

Il piano delle indagini viene redatto sulla base del modello geologico preliminare e del modello geotecnico preliminare.

Il presente studio, quindi, si è articolato nella raccolta di dati bibliografici e documenti esistenti reperiti presso le Amministrazioni Pubbliche, tra le quali i Comuni di Vellezzo Bellini, Certosa di Pavia, Battuda, Tirvolzio, Bereguardo, Zerbolo e Garlasco, e attraverso i portali web disponibili.

A corredo della presente relazione sono stati redatti, in allegato, i relativi elaborati grafici di cui si riporta di seguito l'elenco

TITOLO	SCALA	CODIFICA
Inquadramento generale su ortofoto	1:25.000	DEBR13002BIAM02462_01
Corografia di progetto	1:10.000	DEBR13002BIAM02462_02
Carta lito-morfologica	1:10.000	DEBR13002BIAM02462_03
Carta delle acque superficiali e sotterranee	1:10.000	DEBR13002BIAM02462_04

2 UBICAZIONE E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

2.1 Ubicazione e consistenza territoriale

I Comuni interessati dall'intervento sono elencati nella seguente tabella:

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	INTERVENTO
Lombardia	Pavia	Battuda	Demolizioni
		Bereguardo	Demolizioni
		Certosa di Pavia	Nuova realizzazione
		Garlasco	Demolizioni
		Tirvolzio	Demolizioni
		Vellezzo Bellini	Nuova realizzazione
		Zerbolo	Demolizioni

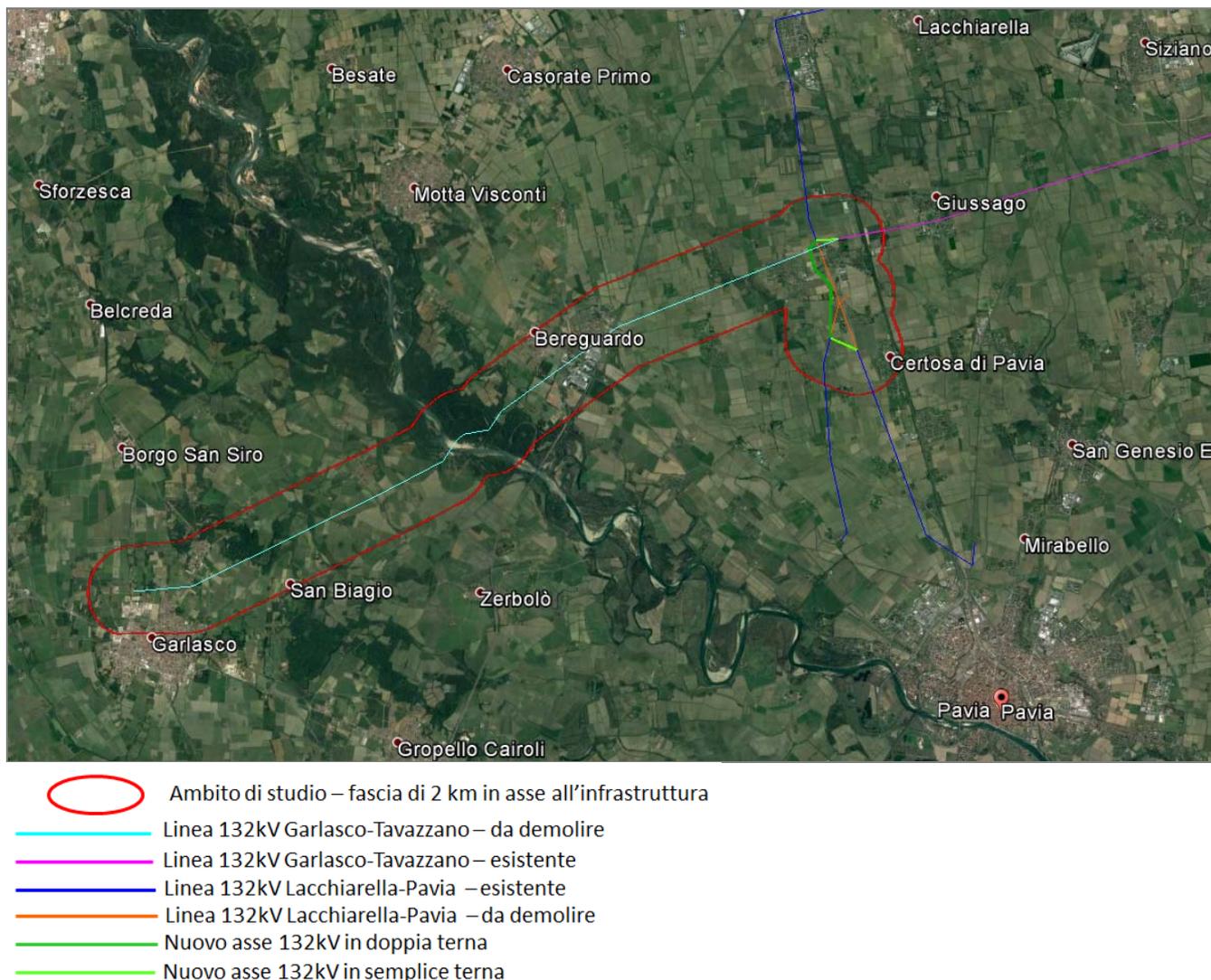


Figura 2-1 Localizzazione territoriale del progetto

2.2 Descrizione del tracciato

L'assetto attuale della rete è costituito dalle linee:

- Linea 132kV Garlasco-Tavazzano, attualmente fuori tensione ma non demolibile in quanto di servizio alla trasmissione di dati tra le due stazioni;
- Linea 132kV a tre estremi Lacchiarella - Pavia O. - Pavia CS

Nell'assetto definitivo a seguito degli interventi ci saranno:

- linea 132kV Lacchiarella-Pavia O.
- linea 132kV Tavazzano-Pavia CS

Le due linee saranno nella stessa palificata (configurazione in doppia terna) partendo dal sostegno **A01**, ubicato a Nord di Vellezzo Bellini lungo l'asse della linea Lacchiarella-Pavia O.-Pavia CS esistente, a cui si attestano i rami provenienti rispettivamente da Lacchiarella e da Tavazzano.

Il tratto in doppia terna prosegue verso sud per circa 2,5 km nel corridoio tra i comuni di Vellezzo Bellini e Certosa di Pavia fino al sostegno **A10** in cui le due linee si dividono riattestandosi sugli assi esistenti in direzione delle CP Pavia O. e Pavia CS.

Nuove realizzazioni:

- Lunghezza del collegamento in doppia terna: **2,5 km**
- Lunghezza dei collegamenti in semplice terna: **1,2 km**
- Nuovi sostegni DT: **10**
- Nuovi sostegni ST: **3**

Demolizioni

- Lunghezza di linee 132kV smantellate: $17,6+2,6+1,1=$ **20,8 km**
- Sostegni demoliti dell'esistente Lacchiarella-Pavia O.-Pavia CS: **19**
- Sostegni demoliti dell'esistente Garlasco Tavazzano: **69**

2.3 Sostegni

I sostegni saranno del tipo a tronco-piramidale a semplice terna, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. Gli angolari di acciaio sono raggruppati in elementi strutturali. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature sono stati eseguiti conformemente a quanto disposto dal DM 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona "A" che in zona "B".

Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme; l'altezza totale fuori terra non sarà in ogni caso superiore a 50 m. I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

Per quanto concerne detti sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, TERNA si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da esigenze tecniche ed economiche, senza però modificare sostanzialmente la tipologia dei sostegni e ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

Ciascun sostegno si può considerare composto dai piedi, dalla base, da un tronco e dalla testa, della quale fanno parte le mensole. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Infine vi è il cimino, atto a sorreggere la corda di guardia.

I piedi del sostegno che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

La serie 132 kV semplice e doppia terna è composta da diversi tipi di sostegno, che variano a seconda delle prestazioni a cui possono resistere, disponibili in diverse altezze utili (di norma da 12 m a 33 m).

I tipi di sostegno 132 kV semplice terna utilizzati e le loro prestazioni nominali (riferiti alla ZONA B con conduttore alluminio acciaio Ø 31,50 mm EDS 12%), rappresentate dai parametri di campata media (Cm), angolo di deviazione (δ) e costante altimetrica (K) sono le seguenti:

"L"	Leggero	H = 12 ÷ 33 m	Cm = 254 m	$\alpha = 0^\circ$	K = 0.0984
"N"	Normale	H = 12 ÷ 33 m	Cm = 350 m	$\alpha = 0^\circ 44'$	K = 0.0770
"M"	Medio	H = 12 ÷ 33 m	Cm = 350 m	$\alpha = 5^\circ 24'$	K = 0.1117
"P"	Pesante	H = 12 ÷ 48 m	Cm = 350 m	$\alpha = 14^\circ 44'$	K = 0.1816
"V"	Vertice	H = 12 ÷ 33 m	Cm = 350 m	$\alpha = 31^\circ 12'$	K = 0.3219
"C"	Capolinea	H = 12 ÷ 33m	Cm = 350 m	$\alpha = 59^\circ 06'$	K = 0.1816
"E"	Eccezionale	H = 12 ÷ 33 m	Cm = 350 m	$\alpha = 88^\circ 52'$	K = 0.3219

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione (vedere, ad esempio, il diagramma di utilizzazione nel doc. UL00004 rev. 01 del 27/07/07) nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campate media), trasversali (angolo di slineamento) e verticali (Costante altimetrica K).

2.4 Fondazioni

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto da:

- un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di

ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Per il calcolo di dimensionamento sono state osservate le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle fondazioni, viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall'articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988.

L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M. prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "Tabelle delle corrispondenze" che sono le seguenti:

- Tabella delle corrispondenze tra sostegni, monconi e fondazioni;
- Tabella delle corrispondenze tra fondazioni ed armature colonnino

Con la prima tabella si definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato mentre con la seconda si individua la dimensione ed armatura del colonnino corrispondente.

Come già detto le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, pertanto le fondazioni per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili sono oggetto di indagini geologiche e sondaggi mirati, sulla base dei quali vengono, di volta in volta, progettate ad hoc.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

L'area in esame, come detto, si sviluppa nei comuni di Vellezzo Bellini, Certosa di Pavia, Battuda, Tirvolzio, Bereguardo, Zerbolo e Garlasco, tutti ricadenti nella Provincia di Pavia; tale area è geograficamente e fisicamente parte della Pianura Padana, della quale ripropone alcune delle caratteristiche più rimarchevoli.

Dal punto di vista geologico, l'intero territorio di studio si imposta su depositi alluvionali sciolti, a dominante sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa, di età pleistocenica e olocenica.

Lo spessore complessivo di questi depositi è notevole (dell'ordine delle centinaia di metri), come rilevabile dalle stratigrafie desunte da perforazioni di pozzi idrici nell'area.

La presenza di orizzonti limoso-argillosi (a varie profondità e ad andamento e spessore discontinui) all'interno della successione litologica del "Piano Generale Terrazzato" e, in parte, nell'Alluvium antico o Diluvium tardivo (penultimo dei raggruppamenti in parola) costituisce il presupposto di base cui è legata l'esistenza, nel sottosuolo, di falde idriche in pressione (cfr. Cap. 6).

Nell'area, come osservabile nella carta geologica allegata, sono presenti i terreni di seguito descritti a partire dal termine più recente:

- DEPOSITI ALLUVIONALI FLUVIALI ATTUALI (Aa): si tratta dei depositi che caratterizzano i ripiani dei fondi delle valli attualmente attive e che risultano litologicamente costituiti da ghiaie prevalenti e sabbie, con locale presenza di lenti torbose.
- DEPOSITI ALLUVIONALI FLUVIALI TERRAZZATI recenti (Am) e ANTICHI (Aat): si tratta dei terrazzi compresi tra la superficie dell'Alluvium recente e la superficie principale della pianura: corrispondono per lo più ad alluvioni (Alluvium antico o Diluvium tardivo) deposte nel corso di una temporanea fase di interruzione del processo prevalentemente erosivo che ha generato la "Valle del Ticino"; dal punto di vista litologico sono classificati come prevalenti ghiaie e sabbie e subordinatamente limi.
- FLUVIALE WURM (FW): si tratta delle alluvioni del "livello principale della Pianura" - Diluvium recente - di età pleistocenica nei quali è modellato il cosiddetto "Piano Generale Terrazzato" (P.G.T.) della pianura lombarda; la loro sedimentazione è ricollegabile alla fase anaglaciale dell'ultima grande glaciazione pleistocenica (Würm); sono litologicamente costituiti da sabbie e sabbie a matrice limosa, alternate a sottili livelli di ghiaietto, con intercalazioni di banchi di limi e argille.
- FLUVIALE RISS (FR): leggermente rilevato rispetto al precedente, è costituito da ghiaietto, sabbie, limi, limi argillosi e argille.

Il territorio si presenta generalmente piatto e monotono e, verso il Ticino, mostra una morfologia più articolata e topograficamente mossa (*Figura 3-1*).

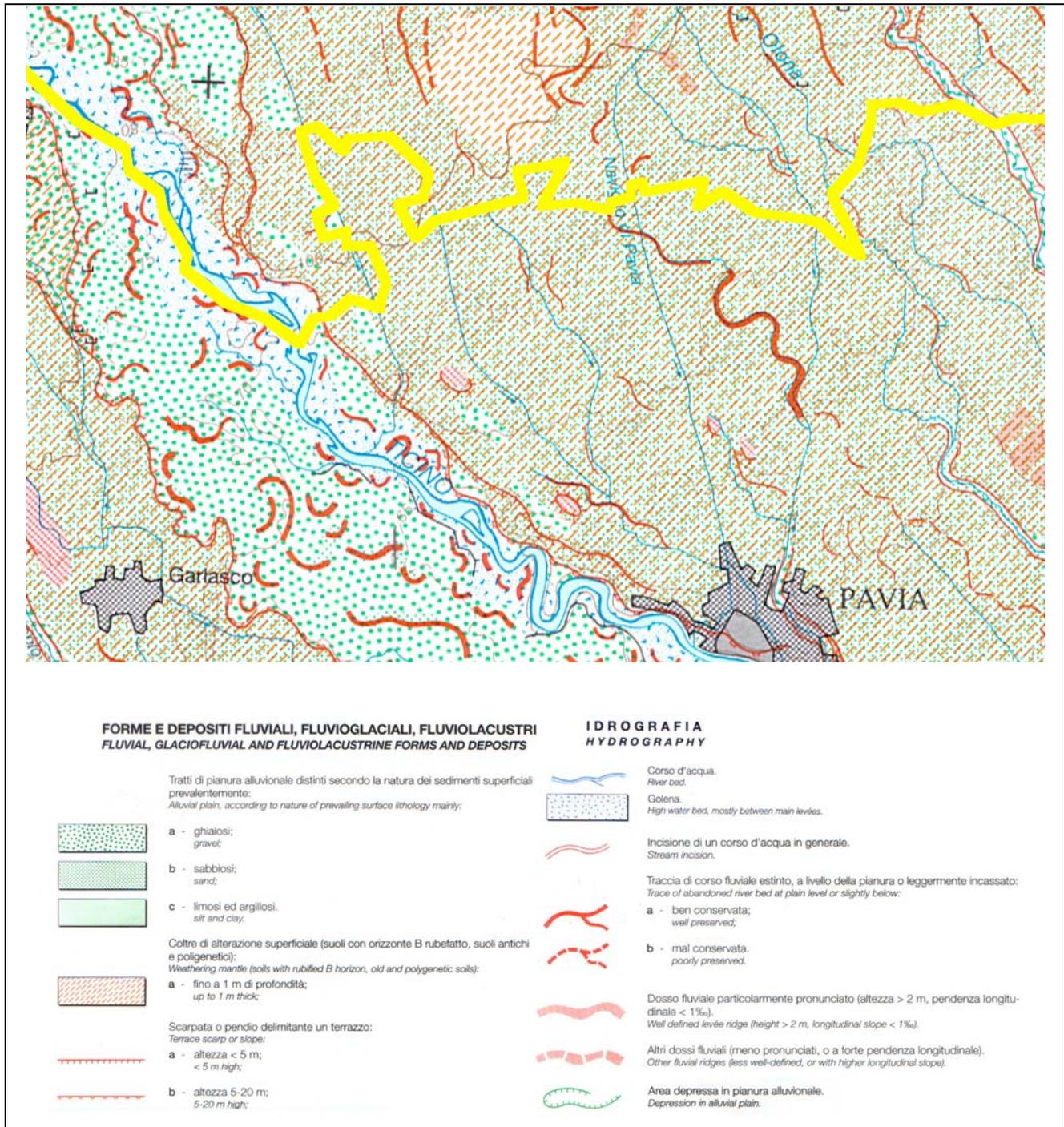


Figura 3-1: Stralcio della Carta Geomorfológica dell'area vasta.

Tale variazione dei tratti del paesaggio è da ricollegare alla presenza in loco di numerose scarpate di terrazzo (v. Carta lito-geomorfologica allegata), incise dai locali corsi d'acqua (F. Ticino in particolare) e successivamente spesso modificate dagli interventi antropici, finalizzati prevalentemente per i previsti utilizzi urbanistici, agricoli ed estrattivi.

L'insieme di tali scarpate viene, in pratica, a delimitare, verso settentrione, la "Valle del Ticino", modellata (per erosione) in tempi geologicamente recenti all'interno dei depositi alluvionali da esso stesso (e dai suoi affluenti) depositati in precedenza.

Verso meridione (ossia in destra Ticino), la "Valle" risulta delimitata da un'analogha scarpata più "compatta" e ben delineata, non essendo suddivisa in distinti elementi come avviene invece in sinistra del F. Ticino.

In altre parole, il Ticino scorre oggi, nell'area pavese, sul fondo di una tipica "valle a cassetta", ovvero di una depressione a fondo piatto, lateralmente delimitata dalle citate scarpate, che, spesso, presentano andamento planimetrico "falcato", conseguenza del tracciato meandriforme che caratterizzava il Ticino nel momento in cui, abbassando il proprio alveo, le incideva.

Sull'ampio e piatto fondo della "valle a cassetta" sono ben visibili le tracce dei più recenti fenomeni di divagazione del fiume, che ancora nell'andamento meandreggiante trovano il loro più diretto riscontro.

Nell'area di indagine si localizza il "livello fondamentale della pianura lombarda" (o "Piano Generale Terrazzato" - P.G.T., precedentemente descritto come "piatto e monotono" e che si estende, praticamente senza soluzione di continuità, da Pavia a Milano) e quello che coincide con il vero e proprio "fondovalle".

In altre parole questo tre ripiani risultano essere separati (in sinistra Ticino) da due nette ed alte scarpate, generate, come detto, dalla naturale azione morfogenetica connessa alla dinamica fluviale ticinese.

Queste scarpate (e i tratti di ripiani immediatamente retrostanti) risultano a loro volta interessate dalla presenza di vallecole minori, scavate dagli affluenti del Ticino nel corso dei secoli.

Il livello fondamentale della pianura padana è impostato sui terreni che costituiscono il terrazzo Wurmiano, ossia l'insieme dei sedimenti continentali che ha colmato le preesistenti depressioni originarie dalla fase interglaciale erosiva Riss- Wurm con il sovralluvionamento delle antiche superfici, ad esclusione di taluni lembi residuali (dossi).

Entro tale ambito di inquadramento locale, la presenza dell'ampia valle del fiume Ticino consente di attuare una differenziazione morfologica e sedimentologica basata sulla evoluzione paleodinamica fluviale, ove si distinguono estese superfici terrazzate, con sviluppo planimetrico subparallelo all'asta fluviale attiva, delimitate da scarpate caratterizzate da accentuati dislivelli, solo in parte smussati dagli interventi di insediamento antropico.

I cicli fluvio-glaciali, di cui il Wurm rappresenta l'ultima fase, corrispondono al periodo quaternario di alluvionamento successivo al Villafranchiano e coincidono con l'alternarsi di pulsazioni climatiche calde e fredde, correlabili direttamente con le azioni di avanzamento ed arretramento delle fronti glaciali con apporto ed accumulo di sedimenti durante i cicli freddi (glaciali o stadiali) e terrazzamento erosivo durante i periodi caldi (interglaciale o interstadiale).

Nell'ambito della fase Wurmiana sono stati distinti più cicli stadiali (Wurm 1,2,3) di cui al primo (Wurm 1), corrispondente alla massima espansione glaciale, è attribuibile il maggior apporto di sedimenti e quindi la prevalente azione di colmamento e seppellimento delle antiche depressioni interglaciali, mentre i cicli successivi avrebbero operato l'apporto di modeste coltri detritiche, producendo principalmente dei terrazzi di erosione nella superficie principale.

Le accentuazioni positive della superficie fondamentale della pianura sono costituite dai dossi che rappresentano ondulazioni altimetricamente elevate di pochi metri rispetto alle piane circostanti, aventi senso di allungamento planimetrico NNO-SSE, analogo a quello delle paleolinee di drenaggio; essi rappresentano i lembi residuali di paleosuperfici relitte di formazione Rissiana, e sono riconducibili a quelle forme caratteristiche della morfologia fluviale rappresentate dalle barre sabbiose.

La maggiore potenza del ciclo deposizionale Riss nei confronti di quello Wurmiano, fu la causa del non completo colmamento delle antiche superfici e forme di modellamento fluviale da parte delle nuove assise alluvionali, motivo per cui i rilievi attuali, sebbene rimaneggiati parzialmente dalla rielaborazione eolica e soprattutto dagli interventi di insediamento che ne hanno provocato il progressivo livellamento alla pianura circostante, sono da considerarsi come delle forme di modellamento o paleosuperfici fluviali relitte, corrispondenti dal punto di vista della genesi sedimentologica ad una fase antecedente ai cicli alluvionali Wurmiani, così come le linee di paleodrenaggio attualmente riconoscibili corrispondono ai relitti di un sistema di canalizzazione modello "braided" collegato alle divagazioni fluviali e parzialmente sepolto dai successivi eventi di colluvionamento.

Nell'area si rileva inoltre la presenza di tracce di paleoalvei abbandonati, osservabili presso l'abitato di Vellezzo Bellini e di Torre del Mangano.

Di seguito si riportano, in forma tabellare le litologie corrispondenti ed i morfotipi principali limitrofi ai sostegni in demolizione e a quelli di nuova realizzazione (*cf. Carta Lito- Geomorfologica*).

Comune	Litologie e morfotipi intercettati	Sostegni		
		Nuovo asse 132 kV	Linea 132 Kv Lacchiarella-Pavia (da demolire)	Linea 132 Kv Garlasco-Tavazzano (da demolire)
Vellezzo Bellini		8 sostegni	Da 048 a 053	Da 757 esistente a 767
	<i>Litologie</i>	FW (tutti)	FW (tutti)	FW (tutti)
	<i>Morfotipi</i>	-	-	Paleoalveo/scarpata (765, 766)
Certosa di Pavia		6 sostegni	Da 054 a 058 Da 157 a 162	
	<i>Litologie</i>	FW (tutti)	FW (tutti)	
	<i>Morfotipi</i>	-	Paleoalveo (58, 162)	
Battuda				Da 768 a 775
	<i>Litologie</i>			
	<i>Morfotipi</i>			
Trivolzio				Da 778 a 782
	<i>Litologie</i>			Tutti FW tranne 780-781 (FR)
	<i>Morfotipi</i>			-
Bereguardo				Da 783 a 795
	<i>Litologie</i>			783÷787 (FW) 788÷790 (Aat) / 791÷795 (Aa)
	<i>Morfotipi</i>			Scarpata (790)
Zerbolò				Da 796 a 808
	<i>Litologie</i>			796÷799 (Aa) / 800÷808 (Am)
	<i>Morfotipi</i>			-
Garlasco				Da 809 a 826 999 - GAR
	<i>Litologie</i>			809÷811/815 (Am) 812÷814/816÷899-GAR(FW)
	<i>Morfotipi</i>			

Tabella 3-1 Litologie attraversate dall'opera in progetto

4 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE

L'area di interesse si inserisce nel bacino idrografico del Ticino, la cui superficie complessiva è pari a circa 6.033 km².

Una parte significativa del bacino del Ticino (53%) si trova in territorio svizzero, pertanto solo 2.822 km² appartengono al territorio italiano (4% della superficie complessiva del bacino del Po). Complessivamente il bacino si trova per il 79% in ambito montano e per il 21% in pianura. La parte italiana del bacino si trova in ambito montano per il 49%.

Il corso d'acqua ha origine in territorio svizzero, in prossimità del passo del S. Gottardo, ed ha una lunghezza complessiva di 284 km. Costituisce con il fiume Toce il principale affluente del lago Maggiore o di Verbano; a monte della sua immissione in lago, in località Locarno, riceve in sinistra torrenti Brenno e Moesa.

Il lago di Verbano ha una superficie media di 212 km², sul livello idrico medio a quota 193,87 m s.m.; l'invaso del lago raccoglie le acque provenienti dal versante meridionale delle Alpi Lepontine. Il fiume riprende il suo corso quale emissario del lago, dallo sbarramento della Miorina (Sesto Calende) e prosegue fino alla confluenza con il Po, al ponte della Becca. In questo tratto non riceve tributari naturali ma le acque del Terdoppio novarese che si immette a valle di Cerano; esso scorre in una valle a fondo circa piatto, incisa nella superficie fondamentale della circostante pianura e a essa raccordata per mezzo di un terrazzo principale, la cui altezza decresce da 40 a 15 m circa; l'alveo è dapprima monocursale, per poi divagare formando meandri con alveo pluricursale ramificato.

Il corso d'acqua è caratterizzato da un assetto idraulico di tipo naturale in quanto sede del Parco Regionale.

Per la parte sublacuale può essere suddiviso in due diverse tipologie fluviali (Figura 4-1):

- la prima, tra Sesto Calende e Oleggio è caratterizzata da un alveo molto inciso in cordoni morenici e in terrazzi fluviali, incanalato in un unico filone di corrente con velocità discreta, sezione media di larghezza pari a 50-80 m, sponde ripide e vegetate. Nella parte alta del tratto il deflusso risente della regolazione del lago effettuata dalla traversa della Miorina; i livelli hanno mediamente escursioni poco rilevanti e permettono una stabilizzazione delle sponde e dell'interfaccia sponda-alveo;
- la seconda fino alla confluenza in Po, di gran lunga più estesa e in cui ricade l'area di progetto, ha una tipologia fluviale costituita da un alveo molto ampio (larghezza massima sui 400 m), a filone divagante in diversi rami, sponde basse, vegetazione molto consistente sia di sponda che in alveo, con notevole presenza di isole, sabbioni, terre nude.

I corsi d'acqua naturali compresi nel bacino sono prevalentemente tributari dei laghi di Lugano e Maggiore; solo il torrente Strona è affluente diretto del fiume.

Ai fini delle analisi conoscitive e della successiva delineazione degli interventi di Piano, il bacino idrografico del Ticino viene suddiviso nell'asta principale e nel suo bacino montano¹.

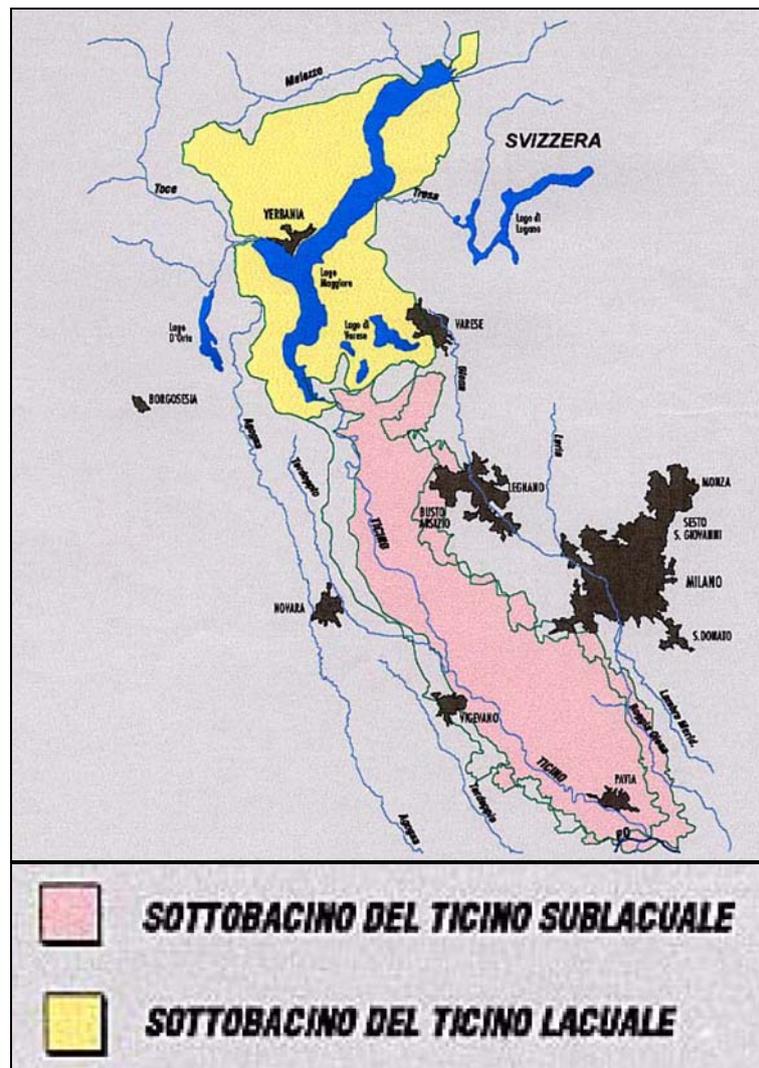


Figura 4-1: Sottobacini del Fiume Ticino

4.1 Aspetti idrologici

Il regime idrologico del Ticino sublacuale è condizionato da alcuni fattori principali:

- la regolazione del deflusso dal lago Maggiore allo sbarramento della Miorina;
- lo scambio di portate con la fitta e complessa rete dei canali artificiali derivatori e tributari;
- l'alimentazione da parte del bacino imbrifero superficiale sotteso.

Di fondamentale importanza per il regime idrologico del Ticino è la regolazione del lago, che è legata prevalentemente alle esigenze delle utenze idroelettriche e irrigue di valle. La regolazione

opera in modo tale da ritenere i deflussi nei periodi invernali e primaverili, per distribuirli nei mesi estivi; l'intervallo di regolazione è fissato tra i livelli idrometrici -0.50 m e +1.50 m nel periodo tra il 15 novembre e il 31 marzo.

Il regime delle portate di regolazione del Ticino è caratterizzato da massimi deflussi nel periodo maggio-luglio e minimi deflussi nella stagione invernale. Le portate di massima piena si registrano prevalentemente nel periodo autunnale.

4.2 Portate di piena e piene storiche principali

Alla sezione della Miorina i deflussi del Ticino sono regolati dal 1° ottobre 1942, con una capacità massima di regolazione pari a 420 milioni di m³ la portata massima che può defluire dallo sbarramento in condizioni di massimo invaso del lago è dell'ordine di 2.000 m³ /s. Prima della realizzazione dell'opera le portate di piena defluite erano sicuramente maggiori; la massima piena storica, del 2 ottobre 1868, è stata infatti pari a 5.000 m³ /s. I valori delle portate di piena desunte dalle serie storiche disponibili sono riportati nella sottostante tabella.

Sezione	Superficie km ²	Hmedia m s.m.	Hmin m s.m.	Qmax m ³ /s	qmax m ³ /s km ²	Data
Ticino a Bellinzona	1.515	1.615	219	1.500	0,99	25/09/1927
Tresa a Ponte Tresa	615	786	270	223	0,36	25/10/1896
S. Bernardino a Santino	125	1.230	225	389	3,11	16/09/1960
Bardello a Ponte Bardello	112	370	237	25	0,22	21/11/1951
Ticino a Miorina	6.599	1.283	190	5.000	0,76	02/10/1868

Tabella 4-1 Elenco piene storiche Fiume Ticino

4.3 Gli squilibri sul corsi d'acqua principale e nei territori di fondovalle

I principali squilibri individuati, per altro limitati ad alcuni tratti dell'asta, afferiscono ai seguenti aspetti:

- nel tratto dalla Miorina a Turbigo si manifestano situazioni critiche di deflusso in piena con rischi di esondazione in corrispondenza della centrale idroelettrica di Somma Lombarda e in prossimità di attraversamenti, ove sono a rischio nuclei abitati;
- in corrispondenza del molo di imbocco del Naviglio Grande il deflusso in piena avviene in condizioni critiche per gli ostacoli rappresentati dalle opere presenti;
- nel tratto da Turbigo all'attraversamento autostradale A7 vi è rischio di allagamento per abitazioni e cascine isolate, elevato rischio di inondazione per le abitazioni ubicate sulle

aree in prossimità dell'abitato di Vigevano, a valle dell'attraversamento della SS 494 e della linea ferroviaria Novara-Milano;

- nel tratto terminale dell'asta fluviale, dalla A7 alla confluenza in Po, vi è rischio di inondazione per i centri abitati di Verzuolo e S. Lazzaro in sinistra, a valle di Pavia, e in destra per parte del quartiere Borgo Ticino di Pavia; particolarmente critica risulta la zona di confluenza, dove in caso di eventi straordinari viene investita dalla piena un'area urbanizzata in destra orografica.

4.4 Rischio idraulico

Nel corso del 2014 Autorità di bacino e Regioni hanno svolto un'analisi approfondita per l'individuazione, fra tutte le aree allagabili, di quelle a rischio significativo (*Aree a Rischio Significativo - ARS*), in quanto caratterizzate da elevate portate di piena, rilevante estensione delle aree inondabili, coinvolgimento di insediamenti abitativi e produttivi di grande importanza, infrastrutture strategiche e principali vie di comunicazione.

In linea con quanto richiesto dalla Direttiva alluvioni e dal D. Lgs. 49/2010 in tema di misure per la gestione del rischio, Regione Lombardia, considerata l'elevata porzione del territorio coinvolto dal rischio di alluvioni (circa 6500 kmq) e l'entità degli abitanti esposti al rischio (almeno 1,5 milioni di persone, concentrate specialmente in ambito urbano), ritiene di proporre specifiche misure a valenza regionale, articolate nelle categorie richieste dalla Direttiva alluvioni (adeguamento normative per la prevenzione del rischio, promozione di buone pratiche, maggiore integrazione delle politiche regionali in tema di Difesa del suolo, qualità dell'ambiente e protezione civile, ecc.), con l'obiettivo di contestualizzare l'attuazione del Piano di gestione nella realtà lombarda e di renderlo più efficace.

Le misure messe a punto per la scala regionale, sono misure di carattere generale, trasversali e indipendenti sia dagli ambiti territoriali sia dalla tipologia di aree.

Di seguito vengono descritte nel dettaglio le singole ARS regionali per le quali vengono individuate misure specifiche, da verificare e condividere nella fase di partecipazione del 2015, che dovranno costituire priorità nell'ambito della programmazione degli interventi di riduzione del rischio.

Ciascuna scheda di ARS regionale è individuata da un codice composto dai seguenti campi:

- codice ARS: è il codice identificativo composto dalla sigla M (montagna) o P (pianura), dalla sigla del bacino di appartenenza (esempio TIC = bacino del Ticino) e da un numero progressivo (1, 2., 3);
- dati geografici - bacino, relativo corso d'acqua e ubicazione (comune e provincia);
- dati relativi a superficie, abitanti e elementi esposti nell'area rischio R4;

Le schede descrittive delle ARS regionali, che contengono una rappresentazione schematica e speditiva delle situazioni analizzate, sono strutturate in una prima parte (sulla pericolosità) ed una seconda (sul rischio) entrambe costituite da una parte alfanumerica (tabelle) e da una parte cartografica.

I dati relativi alla pericolosità sono:

- ambito territoriale (RP – reticolo principale, RSCM – reticolo secondario collinare e montano, RSP – reticolo secondario di pianura e ACL – aree costiere lacuali);
- scenario (H, M, L) e relativa pericolosità (P3, P2, P1);
- descrizione: viene fornita una sintetica rappresentazione delle situazioni a rischio.

Nella cartografia, che è stata acquisita ed adottata nel presente studio, è rappresentata la mappatura delle aree allagabili relative all'area interessata dall'ARS.

I dati relativi al rischio sono:

- superficie perimetrata in classe di rischio R4;
- numero complessivo di abitanti in classe di rischio R4;
- tipologia, numero e ubicazione degli elementi esposti in classe di rischio R4.

Nella cartografia è rappresentata la mappatura delle aree a rischio relative all'area interessata dall'ARS.

Gli stralci di mappa rappresentativi di ciascuna ARS non sono riportati alla medesima scala: si è cercato infatti di far rientrare in un unico estratto o in un numero ridotto di estratti, l'ARS di volta in volta illustrata.

Nella "Carta delle acque superficiali e sotterranee", allegata al presente studio sono state, quindi riportate le perimetrazioni delle aree soggette da a rischio di diverso grado (R1, R2, R3, R4), come indicato nella sottostante legenda.

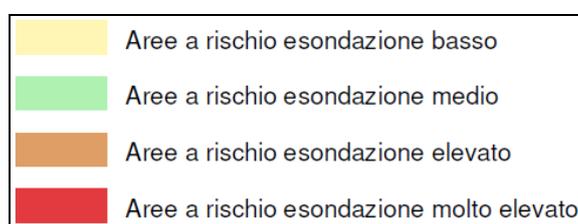


Figura 4-2 – Legenda aree a rischio esondazione

A titolo riassuntivo nella sottostante tabella (Tabella 4-2) si riportano, in forma schematica, i gradi di rischio delle aree di pertinenza dei sostegni (*cf.* *Carta delle acque superficiali e sotterranee*). Si evidenzia che ricadono in queste aree solamente sostegni oggetto di demolizione della Linea 132 Kv Garlasco-Tavazzano, in particolare:

- Sostegni nn. 791÷795 e 797÷802 (Rischio basso R1)
- Sostegno n. 796 (Rischio molto elevato R4)

Comune	Aspetti idraulici	Sostegno			
		Linea 132 Kv Garlasco-Tavazzano (da demolire)			
Beregardo	Aree a rischio idraulico	R1	R2	R3	R4
		791÷795			
Zerbolò	Aree a rischio idraulico	R1	R2	R3	R4
		797÷802			796

Tabella 4-2 Sostegni in demolizione situati in aree soggette a rischio esondazione

5 SISMICITÀ DELL'AREA

5.1 Evoluzione del quadro normativo in materia antisismica

O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003

"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa Ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base ai parametri V_{s30} , N_{spt} , C_u .

DM Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005

"Norme Tecniche per le Costruzioni" del Ministero delle Infrastrutture che di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile ha emanato un nuovo corpo normativo che assorbe anche quello adottato con l'Ordinanza 3274/03, pervenendo alla suddivisione delle zone sismiche 1, 2 e 3 anche in sottozone caratterizzate da valori dell'accelerazione intermedi rispetto ai valori di soglia;

OPCM n. 3519 del 28.04.2006

"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

E' stata emanata ad integrazione della OPCM n° 3274/03, tenuto conto che in tale Ordinanza contestualmente si dà atto della provvisorietà dei suddetti criteri, in attesa del completamento delle

attività del Gruppo di Lavoro istituito con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici finalizzato alla revisione dei Criteri. Tale Ordinanza ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 (vedi *Figura 5-1*) quale riferimento ufficiale.

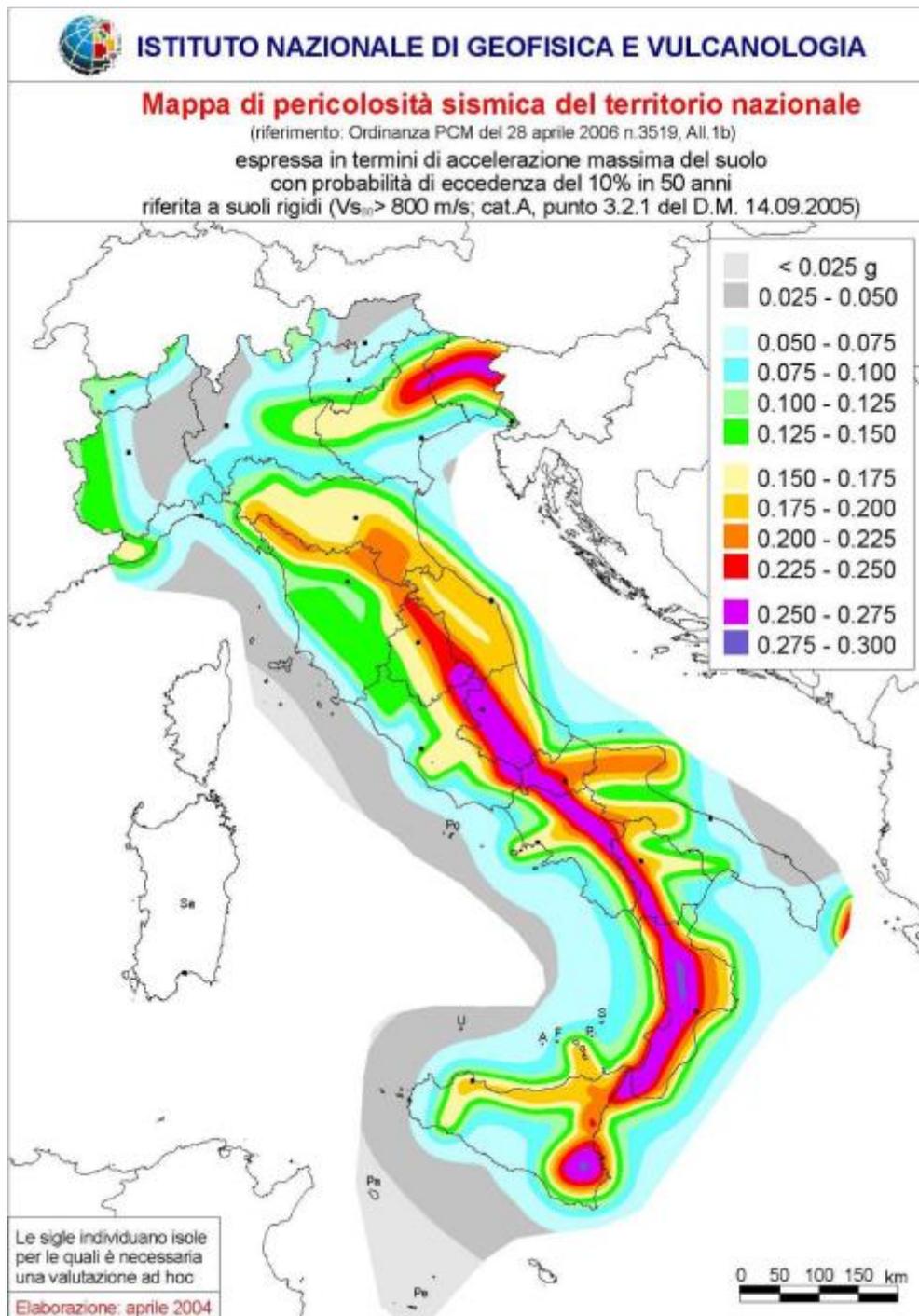


Figura 5-1: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)

DM Infrastrutture 14.01.2008

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che entrano in vigore il 30 giugno 2009. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008.

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.

"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

DPCM 09.02.11

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri contenente le «Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008».

DM Infrastrutture 17.01.2018

Il nuovo Decreto Ministeriale è costituito da 3 articoli e un allegato contenente il testo relativo alla revisione delle norme. Le novità introdotte dalle NTC 2018 sono:

- Semplificazioni per la messa in sicurezza per gli interventi di adeguamento sismico;
- Materiali e i prodotti per uso strutturale, introducendo anche i nuovi materiali da costruzione, come i calcestruzzi fibrorinforzati, per dare sostegno all'applicazione delle nuove tecnologie;
- Verifica al confinamento dei nodi introducendo la progettazione in capacità della verifica a confinamento dei nodi trave/pilastro anche per la classe di duttilità bassa.
- Aggiornamento dei coefficienti di sovraresistenza per i vari meccanismi relativi alla "gerarchia delle resistenze";
- Relativamente alla geotecnica, ad eccezione di poche casistiche, è previsto sempre l'uso dell'approccio geotecnico tipo 2;
- Eliminata la possibilità di utilizzare le "vecchie" tensioni ammissibili anche nel caso di calcolo semplificato previsto per le zone a bassissima sismicità (vecchie zone 4 – $ag \cdot S \leq 0.075$). Si progetta solo con il metodo degli stati limite;

- Modificati, rispetto alle precedenti NTC, i fattori di struttura per gli edifici in muratura;
- Appendici agli Eurocodici: costituiscono il collegamento tra le NTC nazionali e gli Eurocodici, indispensabili per consentire l'uso nell'ambito della normativa nazionale. Essendo, infatti, la sicurezza strutturale di competenza dei Paesi membri, è necessario che i parametri di sicurezza da utilizzare con gli Eurocodici siano coerenti con quelli delle NTC 2018. Le appendici agli Eurocodici, garantiscono appunto questa coerenza.

La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03 ed ha aggiornato la precedente classificazione di cui al d.m. 5 marzo 1984 (che individuava come sismici n. 41 comuni ricadenti in zona 2), inserendo n. 238 comuni in zona 3 e i 1267 restanti in zona 4.

Successivamente, la Regione Lombardia con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 1566 ha introdotto la nuova metodologia di analisi e valutazione degli effetti sismici di sito, finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio. Tale metodologia è stata recentemente aggiornata con Deliberazione G. R. Lombardia 28 maggio 2008 N. 8/7374, in particolare per quanto riguarda i valori di "soglia" calcolati per ogni singolo Comune.

Tale procedura prevede tre livelli di approfondimento, con grado di dettaglio in ordine crescente:

- il 1° livello, da attuare in fase pianificatoria, è obbligatorio per tutti i Comuni;
- il 2° livello, da attuare anch'esso in fase pianificatoria, per i Comuni in zona 4 è obbligatorio solo in presenza di determinati scenari di pericolosità sismica locale (individuati con il 1° livello) ed esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti;
- il 3° livello riguarda la fase progettuale ed è obbligatorio: 1) quando attraverso gli approfondimenti di 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale (PSL) caratterizzati da effetti di amplificazione; 2) per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione, contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; 3) per edifici con determinate caratteristiche e destinazione.

In alternativa all'effettuazione dell'analisi del 3° livello si può utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello di suolo D.

5.2 Sismicità dell'area

Il comuni compresi nell'ambito di analisi secondo l'attuale classificazione sismica ricadono in "zona 4", quindi al minor grado di sismicità.

Secondo la carta della "massima intensità macrosismica risentita in Italia" (dati dall'anno 1 al 1992), alla scala 1:1.500.000 del 1995, a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica, l'area pavese presenta una intensità sismica, espressa in scala MCS (Mercalli- Cancani-Sieberg), pari al VI grado. L'effetto di un sisma di tale intensità, è il seguente: *avvertita da tutti con apprensione; parecchi fuggono all'aperto, forte sbattimento di liquidi, caduta di libri e ritratti dalle mensole, rottura di qualche stoviglia, spostamento di mobili leggeri con eventuale caduta di alcuni di essi, suono delle più piccole campane delle chiese; in singole case crepe negli intonaci, in quelle mal costruite o vecchie danni più evidenti ma sempre innocui; possibile caduta di qualche tegola o comignolo.*

Ai fini dell'applicazione delle normative antisismiche, per ciascuna zona sismica nei calcoli strutturali è stata prevista l'applicazione di un parametro "ag" rappresentante l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di "ag", espressi come frazione dell'accelerazione di gravità "g", da adottare in ciascuna zona sismica sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, come da tabella seguente.

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 la stima della pericolosità sismica non è più correlata direttamente alla Zona sismica di appartenenza, ma deve essere definita in relazione all'ubicazione del sito di progetto, utilizzando il reticolo di riferimento.

5.3 Pericolosità sismica

Come già sopra evidenziato, i comuni ricadenti nell'area di studio ricadono in un territorio che non presenta condizioni di rischio sismico significativo. Tuttavia localmente possono sussistere particolari condizioni geologiche e geomorfologiche che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti e per questo motivo è di fondamentale importanza identificare la categoria di terreno presente.

L'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, in riferimento all'art. 3.2.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni, deve essere valutata mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di tali studi si può

utilizzare la classificazione dei terreni riportata nella seguente tabella. La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s) oppure sul numero medio di colpi N_{SPT} ottenuti in prove penetrometriche dinamiche oppure sulla coesione non drenata media (c_u).

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi , caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di V_{s30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata media $c_u > 2.5$ Kg/cmq).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $0.7 < c_u < 2.5$ Kg/cmq).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti , caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $c_u < 0.7$ Kg/cmq).
E	Depositi di terreni costituiti da strati superficiali alluvionali , con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Per lo studio del 1° livello di approfondimento ci si basa su un approccio qualitativo utilizzando le informazioni acquisite per la componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto dei diversi Piani di Governo del Territorio.

Sono state quindi individuate le situazioni tipo (v. tabella seguente) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1B	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni Litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

I diversi valori di pericolosità sismica locale deve essere utilizzata tutte le volte che si intendono modificare le previsioni urbanistiche per determinare preventivamente la necessità di applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

Il territorio comunali in esame presentano scenari di pericolosità sismica riconducibili a "Z3a" e "Z4a" della precedente tabella.

Lo scenario Z4a deriva dall'origine alluvionale del territorio, suscettibile di amplificazioni sismiche litologiche, legate alla natura dei terreni. Lo scenario Z3a corrisponde a cigli di scarpata suscettibili di amplificazioni sismiche di tipo topografico, legate alla geometria (principalmente l'altezza) dei profili del terreno.

6 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area di studio si inserisce in una zona caratterizzata da notevole spessore dei depositi alluvionali sciolti a granulometria prevalentemente sabbiosa e/o ghiaioso-sabbiosa (e quindi permeabili), intercalati da numerose lenti limoso-argillose (a comportamento semi-permeabile o impermeabile) che porta alla formazione, nel sottosuolo, di numerose falde idriche sovrapposte, generalmente caratterizzate da un alto grado di isolamento reciproco e da pressione crescente con la profondità. Le caratteristiche idrogeologiche di quest'area sono adeguatamente note e sono state oggetto di numerosi studi, tra i quali si citano:

- Amministrazione Comunale di PAVIA (2012) - *Studio per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio* (L.R. 11/03/2005, n. 12; D.G.R. 28/05/2008, n. 8/7374).
- I.R.S.A. - C.N.R. (1981) - *Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana*, Quaderni I.R.S.A., 51/2, Roma.
- Peloso G. F. (2006) - *La struttura idrogeologica delle aree di pianura*, Lo stato delle acque in Provincia di Pavia; criticità, necessità e corretta gestione della risorsa idrica, Provincia di Pavia, Divisione Ambiente, Settore Risorse Naturali, e ARPA Dipartimento Provinciale di Pavia, Nuova Tipografia Popolare, Pavia.
- Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP (2002) - *Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia*, a cura di Carcano C. e Piccin A., S.E.L.C.A., Firenze.

Come visto nel sottosuolo della Pianura sono presenti sedimenti di varia età e natura, appartenenti al sistema deposizionale che ha dato origine alla Pianura Padana. I livelli basali, la cui età è riferibile al Pliocene - Pleistocene inferiore, sono di origine marina e costituiti, nella quasi totalità, da marne argilloso-limose e da argille variamente limose.

Al di sopra del substrato marino si sviluppa una sequenza di depositi continentali (Pleistocene medio/superiore - Olocene) la cui base è caratterizzata da sedimenti di origine palustre-lacustre, costituiti da un complesso limoso-argilloso e al cui interno si rinvengono frequenti livelli sabbiosi, verosimilmente attribuibili al "*Villafranchiano Auctorum*". A tetto del complesso villafranchiano sono presenti depositi, tipici di un ambiente fluviale, costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie, alle quali si intercalano livelli limosi ed argillosi. Su tali depositi è impostato il "Livello Principale della Pianura" o "Piano Generale Terrazzato (P.G.T.)".

Infine, sul fondo delle incisioni fluviali scolpite all'interno del P.G.T. (terrazzi inscatolati) sono presenti ghiaie, sabbie e limi (depositi alluvionali attuali e recenti olocenici).

6.1 Assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, all'interno della sequenza sopra descritta si possono individuare, dall'alto verso il basso, tre distinte unità: i depositi alluvionali di età olo-pleistocenica, la successione "villafranchiana", il basamento marino ().

La prima delle suddette unità assume particolare interesse per quanto attiene alle risorse idriche sotterranee in quanto sede di vari acquiferi di notevole importanza.

In linea generale, all'interno dei depositi alluvionali è possibile distinguere una falda freatica, caratterizzata da un livello piezometrico soggetto a sensibili variazioni stagionali, e diversi acquiferi a comportamento francamente artesiano.

Scendendo nel dettaglio, si osserva che la porzione più superficiale del materasso alluvionale è caratterizzata dalla netta prevalenza di litotipi sabbiosi, non di rado miscelati in varia percentuale a ghiaietto, talora con intercalazioni di lenti argillosolimose.

La presenza di tali lenti permette la locale formazione di orizzonti freatici sospesi che, in funzione dei locali assetti litostratigrafici, si posizionano a profondità varie; non di rado anche a pochi metri dal piano di campagna. Tali orizzonti, che traggono la propria alimentazione unicamente dalla locale infiltrazione superficiale (acque di precipitazione meteorica e, nel periodo tarda primavera - metà estate, acque irrigue), sono caratterizzati da un flusso idrico complessivamente diretto verso meridione, ma che, localmente, risulta condizionato dalla presenza delle principali incisioni fluviali che svolgono una sensibile azione drenante.

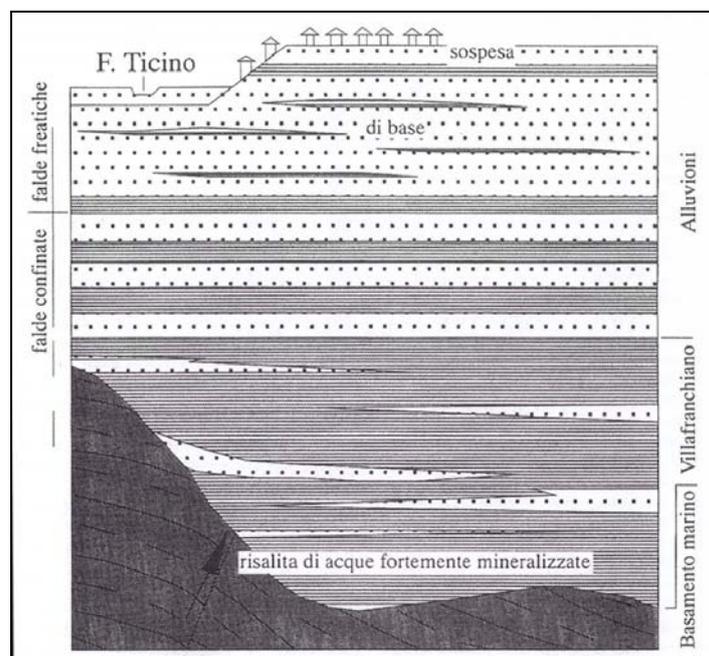


Figura 6-1 - Schema idrogeologico delle unità presenti nel sottosuolo di Pavia; tratto da Pilla G. e Savarino R. (1998), op. cit..

A profondità variabili è presente una sequenza, particolarmente potente (50-60 metri), costituita da sabbie di varia granulometria, ma con prevalenza di quella media, con locali livelli di ghiaie medio-fini. Tale sequenza poggia su un orizzonte impermeabile continuo, costituito da sedimenti argillosi compatti e il cui spessore varia tra i 10 ed i 20 metri circa e ospita un corpo idrico a pelo libero (falda freatica di "fondo") che, a differenza degli orizzonti sospesi, i quali hanno una rilevanza esclusivamente locale, rappresenta un cospicuo serbatoio idrico a livello provinciale, sia per il suo spessore che per la sua estensione areale.

Il primo orizzonte acquifero artesiano presente al di sotto della falda freatica è, come detto, separato da questa da un diaframma a bassissima conducibilità idraulica, generalmente di potenza plurimetrica, fino a decametrica, e di buona continuità laterale, che impedisce significativi scambi idrici con il sovrastante serbatoio freatico. A profondità comprese tra 80 metri circa e 200 metri circa, si rinvengono almeno quattro acquiferi artesiani, con carichi piezometrici differenziati in funzione delle corrispondenti quote delle aree di alimentazione, di potenza anche pluridecametrica e caratterizzati da una buona continuità laterale.

Il sottostante Villafranchiano è sede, come detto, di un secondo serbatoio idrico, nettamente separato da quello ospitato nel materasso alluvionale da una potente sequenza argillosa ed argillo-limosa, arealmente meno esteso, ma caratterizzato da un notevole sviluppo verticale.

A causa del limitato numero di pozzi che raggiungono profondità superiori ai 200 metri, risulta assai difficile stabilire il numero di orizzonti acquiferi, indipendenti tra loro, qui ospitati. Da segnalare, peraltro, che i livelli acquiferi finora intercettati sono caratterizzati da un elevato regime artesiano, ma non sempre l'acqua sembra avere caratteristiche favorevoli all'uso idropotabile.

La terza unità idrogeologica, costituita dai sopra citati terreni del basamento marino, risulta essere complessivamente formata da litotipi impermeabili (marne argilloso-limose e argille variamente limose).

Più in dettaglio sono riconoscibili due principali unità idrogeologiche:

- 1) Unità delle "Alluvioni recenti". Depositi poroso - permeabili contraddistinti da una permeabilità da alta a medio - alta, che localmente, in superficie, diventa bassa per la presenza di coperture di natura limosa. E' sede di una attiva circolazione idrica sotterranea a carattere freatico (falda libera principale), con superficie libera stagionalmente assai prossima al piano campagna e in diretta connessione con le acque di alveo e di subalveo del F. Ticino. In profondità, si ha la presenza di più falde sovrapposte confinate e talora anche artesiane per la presenza di orizzonti semipermeabili e impermeabili continui arealmente;
- 2) Unità delle "Alluvioni antiche" (ivi comprese le zone interessate da riporti antropici con quote confrontabili a tale ripiano) e del "Fluviale recente". Rispetto alla precedente, questa unità è generalmente caratterizzata dalla presenza di una ulteriore falda libera, sospesa

rispetto alla falda libera principale, con superficie localizzata a pochi metri dal piano campagna e, comunque, con profondità variabile in funzione dell'andamento morfologico (sia topografico, sia dell'orizzonte semipermeabile che la sostiene), della stagione e dei "richiami" esercitati dalle scarpate di terrazzo. L'alimentazione della falda sospesa avviene sostanzialmente per infiltrazione diretta di acque irrigue e/o di precipitazione meteorica. La sottostante falda libera principale, la cui superficie si trova a parecchi metri dal piano campagna, corrisponde a quella caratterizzante l'unità precedentemente descritta. In profondità, come nel caso precedente, per la presenza di orizzonti semi-permeabili ed impermeabili, si ha la presenza di più falde sovrapposte confinate e talora anche artesiane.

6.2 Qualità delle acque sotterranee

Come precedentemente descritto il territorio in esame è contraddistinto da un acquifero monostrato, comunemente di spessore ridotto, a causa dell'approssimarsi verso la superficie dei depositi marnoso-argillosi, siltosi e argilloso-siltosi di origine marina.

Nel suo settore orientale l'acquifero presenta spessori non superiori ad una decina di metri, mentre verso il F. Po e verso occidente (conoide del T. Staffora), esso presenta spessori maggiori, dell'ordine di un centinaio di metri.

Le acque sotterranee sono di tipo bicarbonato-calcico, ad eccezione di una fascia allungata circa SE-NO (tra la località Casteggio e la confluenza del F. Ticino nel F. Po) dove si assiste alla risalita verso la falda acquifera di acque clorurato-sodiche provenienti dal sottostante substrato di origine marina.

Il mescolamento tra queste acque e quelle della falda freatica determina, spesso, un forte decadimento qualitativo di quest'ultime fino a pregiudicarne completamente la potabilità.

I nitrati nelle acque sotterranee si mantengono generalmente entro concentrazioni modeste. Queste risultano più elevate, ma sempre inferiori a 35-40 mg/l, in corrispondenza allo sbocco in pianura dei conoidi dei principali corsi d'acqua, rappresentanti le principali aree di ricarica della falda.

L'origine prevalente dei nitrati in falda è da attribuirsi all'utilizzo di fertilizzanti azotati in agricoltura. Solamente un campione di acque, ad elevata concentrazione in nitrati (circa 150 mg/l), prelevato nell'abitato di Stradella mostra un segnale isotopico tipico di reflui da fognature o da fosse perdenti.

Questo settore è inoltre caratterizzato da intensi fenomeni di denitrificazione, pressoché ubiquitari, in grado localmente, di determinare un'abbattimento naturale delle concentrazioni in nitrati anche dell'ordine del 60%-80%. Questi fenomeni, che si creano nell'acquifero anche a deboli profondità, sono favoriti dalla presenza dell'orizzonte superficiale impermeabile di natura argillosolimosa.

Tale orizzonte, infatti, oltre a limitare l'infiltrazione verticale delle acque di ricarica, impone la chiusura del sistema idrico sotterraneo all'ossigeno atmosferico. Non è possibile escludere comunque che anche la risalita delle acque profonde di tipo clorurato-sodico all'interno dell'acquifero freatico dell'are contribuisca ad incentivare la denitrificazione.

6.3 Pozzi idropotabili censiti

All'interno dell'area di indagine sono presenti alcuni pozzi idropotabili, che riforniscono gli acquedotti di Vellezzo Bellini (*Figura 6-2*), Garlasco (*Figura 6-3*) e Bereguardo (*Figura 6-4*), nei confronti dei quali è necessario considerare le fasce di tutela assoluta (10 m) e di protezione (200 m) come regolamentato dal D.Lgs. 152/2006. La falda sfruttata per l'approvvigionamento acquedottistico avviene mediamente a 160-180 m di profondità.

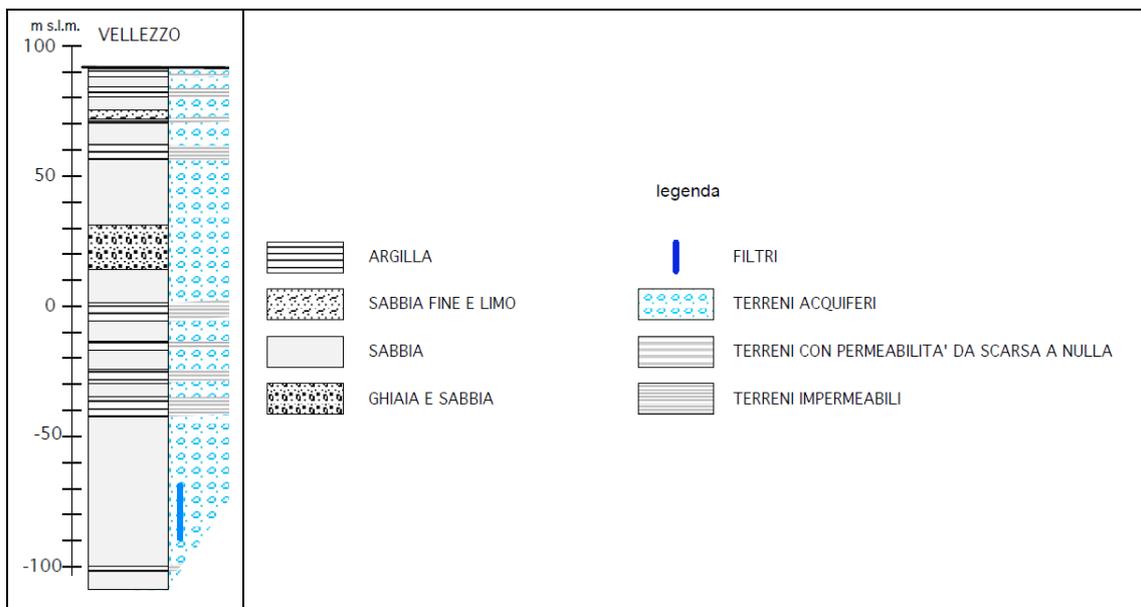


Figura 6-2 - Schema idrogeologico pozzo idropotabile comunale di Vellezzo Bellini.

Sigla d' ordine: P 4'	Sigla d' ordine: P 7
Località: Bozzola	località: Garlasco
Quota p.c.: 93	Quota p.c.: 93,3
Profondità: 55	profondità: 165
Anno: 1985	Anno: 1976
Ditta esecutrice: Negretti	Ditta esecutrice: Negretti
Proprietario: Acquedotto comunale	Proprietario: Acquedotto comunale
Classe: Pubblico	Classe: Pubblico
FENESTRATURE: diametro mm	FENESTRATURE: diametro mm
da m 32 a m 50 600	da m 121 a m 129 300
STRATIGRAFIA:	STRATIGRAFIA:
da m a m	da m a m
0 2 Terreno coltivato	0 2 sabbia rossiccia
2 10 Sabbia argillosa	2 3 argilla gialla
10 15 Sabbia gialla	3 20 sabbia rossiccia
15 17 Sabbia grigia	20 30 sabbia grigia con poco ghiaietto
17 19 Argilla con torba	30 38 sabbia con ghiaia e ghiaietto
19 23 Limo argilloso	38 42 ghiaietto con poca sabbia grossa
23 24 Torba	42 48 sabbia media chiara
24 28 Argilla cenere	48 52 argilla scura
28 51,5 Sabbia granosa con ghiaia e ghiaietto	52 59 sabbia con tracce di ghiaietto
51,5 55 Sabbia con lenti di argilla	59 62 argilla grigia
	62 79 sabbia argillosa con trovanti di arg. scura
	79 87 sabbia media con ghiaietto e qualche ciottolo
	87 96 ghiaia viva e ghiaietto con sabbia granosa
	96 102 sabbia fine con trovanti
	102 116 sabbia fine con lenti di argilla
	116 120 argilla compatta
	120 130 sabbia argillosa con ghiaietto
	130 135 argilla
	135 145 sabbia media
	145 165 argilla compatta dura

Figura 6-3 – Stratigrafie pozzi idropotabili comunali di Garlasco.

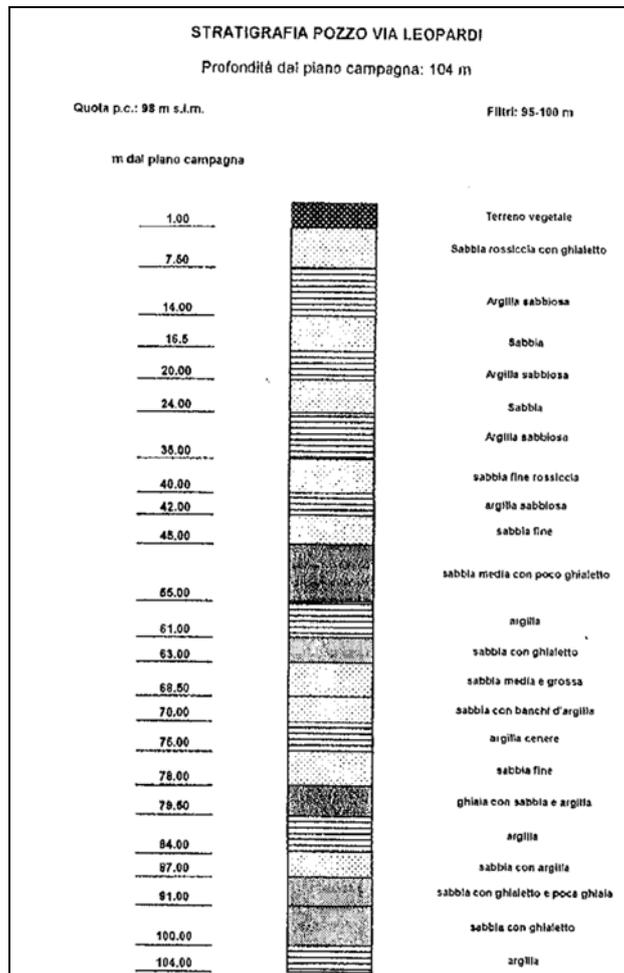


Figura 6-4 – Stratigrafia pozzo comunale di Bereguardo.

Ricadono all'interno dell'area di protezione i sostegni nn. 762, 768, 821 della Linea 132 Kv Garlasco-Tavazzano, oggetto di demolizione.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI ED INDICAZIONI SUI DEI CARICHI AMMISSIBILI

In riferimento alla natura dei terreni che possono essere incontrati nel corso della realizzazione delle Opere in progetto, vengono indicate nel seguito le principali caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei diversi litotipi interessati direttamente dalle opere in progetto.

7.1 Depositi fluvioglaciali e alluvioni di natura sabbioso-ghiaiosa

Sono materiali che si presentano in strati più o meno spessi e costituiscono, in generale, un buon terreno da fondazione con una resistenza pregevole e danno luogo a deformazioni limitate e rapide (a condizione che lo spessore sia sufficiente, se posa su uno strato plastico, affinché il medesimo non ne sia influenzato). L'equilibrio delle sabbie è condizionato dall'attrito interno dei grani ed è quindi influenzato dalla distribuzione delle particelle di diversa dimensione.

L'attrito attribuisce alla sabbia secca una resistenza al taglio proporzionale, in ogni direzione, al carico normale ed al coefficiente di attrito interno (legge di Coulomb): $t = n \cdot \text{tg}\phi$. Quando la sabbia è umida, ma non immersa, il film capillare che si forma intorno ad ogni grano aumenta notevolmente la resistenza al taglio e dà un contributo coesivo.

In presenza di una quantità d'acqua ben determinata, si forma un solido coerente che consente, per determinate dimensioni dei grani, il deflusso dell'acqua in regime capillare. Quando, invece, i vani sono totalmente riempiti dall'acqua, questa viene espulsa più o meno rapidamente a seconda delle dimensioni dei grani e della intensità del carico.

Di conseguenza, le costruzioni fondate su questo materiale subiscono, in generale, dei cedimenti rapidi ma piccoli.

Mobilità delle sabbie fini—Alcune sabbie a grani fini, presentano un grave difetto su cui è necessario fare delle considerazioni, la mobilità. Questo fenomeno, identico a quello delle sabbie mobili, può rendere lo sterro impossibile. In alcuni casi accade che masse di sabbia, specie se a grani fini, in equilibrio allo stato naturale, perdano tutta la coesione; per esempio quando viene eseguito uno scavo od una battitura di pali. La resistenza d'un terreno sabbioso può raggiungere $6 \div 7$ kg/cmq, ma più sovente è di 4 kg/cmq in profondità ed anche inferiore se la granulometria è molto dispersa. Per una soletta incorporata per 20 cm in uno strato sabbioso, il carico non può superare i 2 kg/cmq. Gli assestamenti sono sempre rapidi e la costruzione non rischia deformazioni a meno che un pompaggio nelle vicinanze trascini via gli elementi fini.

7.2 Depositi fluvioglaciali e alluvioni di natura limosa e limoso-argillosa

I limi sono formati da grani molto fini e si collocano fra le sabbie e le argille. Per effetto dell'essiccamento danno luogo a fessurazioni superficiali con al formazione di zolle che hanno tanto minor coesione quanto più grossi sono i loro grani, ossia quanto più sono lontani dalla classe delle argille. Quando i limi sono secchi, hanno una resistenza media dell'ordine di 3 kg/cm^q, ma subiscono molto lentamente assestamenti assai importanti. Nei limi, data la loro poca permeabilità l'acqua circola molto lentamente. Quando lo strato del limo è orizzontale, la presenza dell'acqua non ha molta importanza. I cedimenti possono perciò avvenire in un periodo molto lungo, poiché l'acqua può uscire solo lentamente.

In altri casi, questo fatto può risultare particolarmente grave, cioè quando lo strato del limo giace su un versante. In questo caso una instabilità di versante è frequente a causa della fluidità del limo umido. Dopo che il limo ha preso la sua pendenza naturale, i minimi lavori di sterro lo possono perturbare e possono provocare dei gravi disordini. Effettuati in periodi secchi, questi lavori sono sovente senza pericolo, ma si è sempre legati al ritorno di un periodo umido, dove l'instabilità si può manifestare senza preavviso.

7.3 Parametri geotecnici caratteristici

I dati provenienti dalle prove, reperiti in parte da pubblicazioni esistenti e in parte da studi condotti per edifici privati realizzati nell'area, hanno consentito una ricostruzione geologico-tecnica di una fascia di sottosuolo compresa tra 0 e 15 m a partire dal piano campagna.

Poiché si ritiene che esista una reale omogeneità tra le varie fasce di territorio individuate sull'area, sia dal punto di vista geologico che morfologico, si possono ragionevolmente raggruppare anche dal punto di vista geotecnico le litologie precedentemente descritte.

A tale scopo la sottostante riassume i parametri più importanti di riferimento per un dimensionamento di massima delle opere fondazionali:

Litologia di riferimento	γ_{sat} (t/m ³)	attrito effettivo (°)	coesione effettiva (t/m ²)
FW	1.5-1.8	32-35°	0-2
FR	1.4-1.7	27-31°	0-1

dove:

- γ_{sat} = peso di volume saturo del terreno
- ϕ = angolo di attrito del terreno espresso in gradi
- c = coesione espressa in sforzi effettivi

A questi parametri, in genere ricavati direttamente dalle prove in sito o in laboratorio, se ne possono aggiungere altri quali la densità relativa (D_r -espressa in%) nel caso di terreni sabbiosi e il contenuto d'acqua (W - espresso in %), i quali però risultano ricavabili per successive estrapolazioni e quindi meno attendibili.

Sulla validità e sulla attendibilità dei parametri geotecnici sopraconsiderati vanno comunque aggiunte alcune considerazioni al fine di un loro corretto utilizzo:

- in tutte le diverse situazioni geologiche non sono stati valutati i parametri geotecnici relativi al terreno vegetale, il quale in genere viene asportato completamente, per uno spessore variabile a 0.5 m fino ad 1.0 m circa al fine di evitare cedimenti indesiderati alle fondazioni;
- i parametri considerati sono stati dedotti attraverso abachi che prendono in considerazione prove S.P.T., eseguite nei fori di sondaggio, e prove penetrometriche statiche e dinamiche, condotte, come risulta dalle descrizioni, secondo gli standard consigliati dall'AG.I.(Associazione Geotecnica Italiana-1977);
- i valori riportati sono quindi valori medi, che indicano uno spettro di variabilità all'interno dei quali i progettisti possono pensare di muoversi per gli opportuni calcoli fondazionali.

8 CRITERI PROGETTUALI DELLE OPERE

8.1 Area centrale, aree di microcantiere

La realizzazione dell'elettrodotto aereo è suddivisibile nelle seguenti fasi operative principali:

- attività preliminari;
- esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
- trasporto e montaggio dei sostegni;
- messa in opera dei conduttori e delle funi di guardia;
- ripristino aree di cantiere.

L'insieme del "cantiere di lavoro" per la realizzazione dell'elettrodotto è composto da un'area centrale (cfr. Figura 8-1) e da più aree di intervento, aree di micro-cantiere (cfr. Figura 8-2) ubicate in corrispondenza dei singoli sostegni.

Le aree centrali, che verranno individuate in una fase di progettazione di maggiore dettaglio, risponderanno alle seguenti caratteristiche:

- destinazione preferenziale d'uso industriale o artigianale o, in assenza di tali aree in un intorno di qualche chilometro dal tracciato dell'elettrodotto, aree agricole;

- aree localizzate lungo la viabilità principale e prossime all'asse del tracciato;
- morfologia del terreno pianeggiante, in alternativa sub-pianeggiante;
- assenza di vincoli ambientali, dove possibile;
- lontananza da possibili recettori sensibili quali abitazioni, scuole ecc.

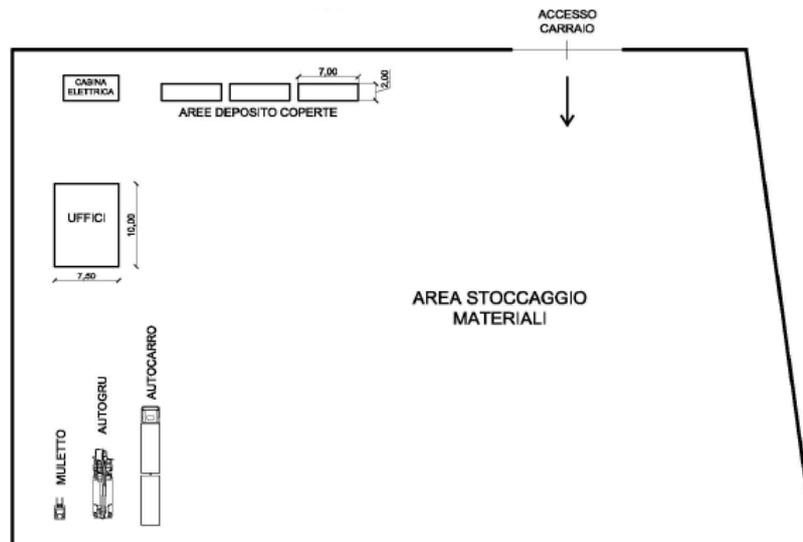


Figura 8-1 Tipologico del layout dell'area centrale di cantiere

Per quanto concerne le aree di micro-cantiere, coincidenti con la localizzazione dei sostegni, esse saranno di due tipologie: cantiere costruzione, avente dimensione di circa 20 x 30 m, e cantiere demolizione avente dimensione di circa 15 x 15 m.

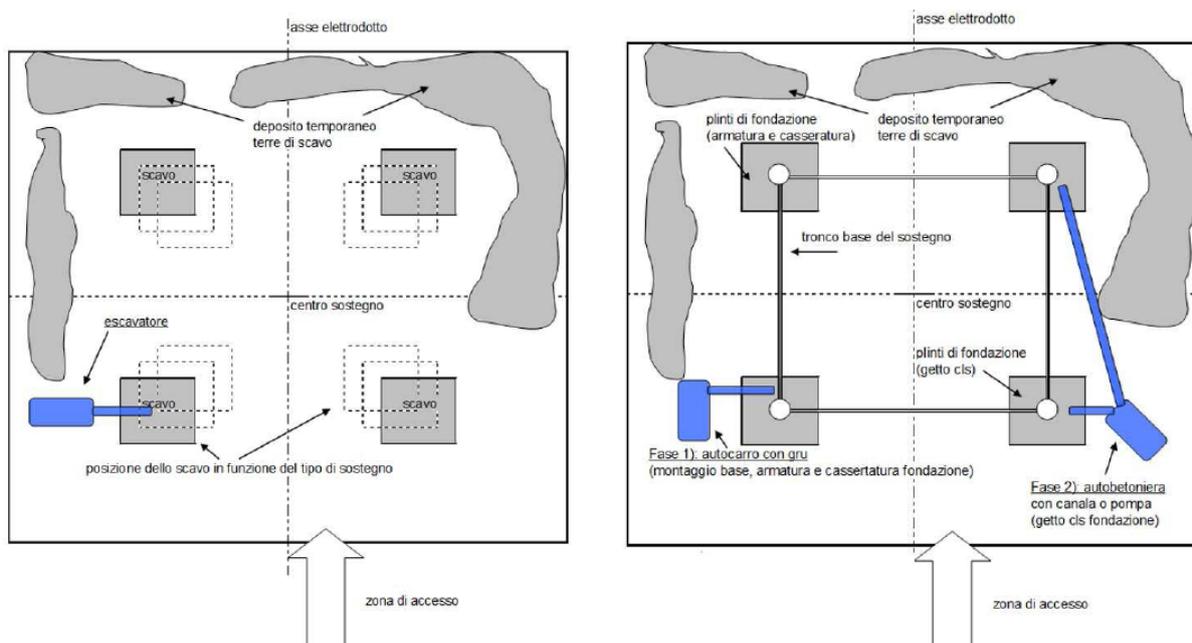


Figura 8-2 Tipologico planimetria dell'area di micro-cantiere per il sostegno (scavo di fondazione - getto e basi)

Non è prevista l'occupazione di altre aree esterne, ad esclusione delle aree per la tesatura o riavvolgimento dei conduttori, localmente intervallate e contigue alle altre aree. La localizzazione di questa terza tipologia di aree verrà definita in fase esecutiva. In alcuni casi è possibile che il cantiere costruzione e il cantiere demolizione coincidono in un'unica area.

Il cantiere sarà organizzato per squadre specializzate nelle varie fasi di attività (scavo delle fondazioni, getto dei blocchi di fondazione, montaggio dei tralicci, posa e tesatura dei conduttori), che svolgeranno il loro lavoro in successione sulle piazzole di realizzazione dei sostegni.

In ciascun microcantiere si prevede che saranno impiegati i seguenti mezzi:

- autocarri da trasporto con gru;
- escavatore;
- autobetoniera;
- mezzi promiscui per trasporto;
- attrezzatura di tesatura, costituita da un argano e da un freno;
- gru per il montaggio carpenteria;
- elicottero (solo dove necessario).

8.2 Piste di accesso

L'accesso ai microcantieri potrà avvenire secondo le seguenti modalità:

Utilizzando la viabilità esistente: si prevede l'accesso alle aree di lavorazione mediante l'utilizzo della viabilità esistente (principale o secondaria). Si potrà presentare la necessità, da verificarsi in fase di progettazione

esecutiva, di ripristinare localizzati tratti della viabilità esistente mediante circoscritte sistemazione del fondo

stradale o ripristino della massicciata al fine di consentire il transito dei mezzi di cantiere;

Attraverso aree/campi coltivati/aree a prato: in corrispondenza di tali aree, generalmente piane o poco acclivi, prive di ostacoli morfologici o naturali e di vegetazione naturale, non si prevede la realizzazione di piste di cantiere propriamente dette ma semplicemente il costipamento del fondo attraverso il passaggio dei mezzi di cantiere ed il successivo ripristino, a chiusura del cantiere, dello stato originario dei luoghi.

Nell'ambito in esame, il territorio risulta essere pianeggiante con una significativa presenza di viabilità principali, secondarie e campestri per accedere ai sostegni di nuova realizzazione.

Per l'esecuzione dei tralicci non raggiungibili da strade esistenti sarà necessaria la realizzazione di piste di accesso ai siti di cantiere, data la loro peculiarità esse sono da considerarsi opere

provvisorie; infatti, le piste di accesso alle piazzole saranno realizzate solo dove strettamente necessario, dal momento che verrà per lo più utilizzata la viabilità ordinaria e secondaria esistente. In funzione della posizione dei sostegni, generalmente localizzati su aree agricole, si utilizzeranno le strade campestri esistenti e/o gli accessi naturali dei fondi stessi; si tratterà al più, in qualche caso, di realizzare brevi raccordi tra strade esistenti e siti dei sostegni. Le stesse avranno una larghezza media di circa 3 m, e l'impatto con lo stato dei luoghi circostante sarà limitata ad una eventuale azione di passaggio dei mezzi in entrata alle piazzole di lavorazione.

In ogni caso, a lavori ultimati le aree interferite verranno tempestivamente ripristinate e restituite agli usi originari.

Si evidenzia che il tratto di linea in demolizione interessa, in parte, l'habitat prioritario della Rete Natura 2000 "91F0 - Boschi misti di quercia, olmo e frassino di grandi fiumi"; in ragione di ciò, per lo smantellamento dei sostegni 792-793-794-795, ricadenti all'interno dell'habitat sopra citato, si prevede di utilizzare l'elicottero al fine di evitare l'occupazione di suolo delle aree di micro-cantiere in tali zone sensibili.

8.3 Demolizione degli elettrodotti esistenti

Per le attività di smantellamento dei sostegni si possono individuare le seguenti fasi:

- recupero dei conduttori, delle funi di guardia e degli armamenti;
- smontaggio della carpenteria metallica dei sostegni;
- demolizione delle fondazioni dei sostegni. Si provvederà sempre al trasporto a rifiuto dei materiali di risulta, lasciando le aree utilizzate sgombre e ben sistemate in modo da evitare danni alle cose ed alle persone.

9 MOVIMENTO TERRE

L'entrata in vigore del DPR 13 giugno 2017, n. 120, ovvero del nuovo regolamento sulla "disciplina semplificata delle terre e rocce da scavo", il quale abroga sia il DM n. 161/2012, che l'art. 184-bis, comma 2bis del il Testo Unico Ambientale (D.Lgs 152/2006), nonché gli artt. 41, c.2 e 41-bis del DL n. 69/2013.

Sostanzialmente questo decreto rappresenta l'unico strumento normativo da oggi applicabile per consentire l'utilizzo delle terre e rocce da scavo quali sottoprodotti, sia provenienti dai piccoli che dai grandi cantieri, compresi quelli finalizzati alla costituzione o alla manutenzione di reti e infrastrutture.

Il DPR, che consta di 31 articoli e 10 allegati, si occupa altresì dei materiali da scavo gestiti come rifiuti e di quelli derivanti da attività di bonifica. All'art. 1 (Oggetto e finalità) rammenta innanzitutto la norma contenuta nel DL n. 133/2014 ("Sblocca Italia") che ha dato origine a tale decreto.

L'art. 2 (Definizioni) contiene, fra le altre, la stessa definizione di "terre e rocce da scavo" (lett. c), specificando quali materiali possano essere contenuti nelle medesime, nonché quella di "sito" (lett. i) e di "normale pratica industriale" (lett. o), chiarendo che in tale concetto rientrano quelle operazioni "finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace".

L'art. successivo esclude dal campo di applicazione le ipotesi di cui all'art. 109 T.U.A. (materiale derivante da attività di escavo e attività di posa in mare di cavi e condotti), nonché i rifiuti provenienti direttamente da attività di demolizione.

Dall'art. 4 inizia il Capo I, il quale stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo possano essere qualificate come sottoprodotti:

- a)devono essere generate durante la realizzazione di un'opera di cui costituiscono parte integrante;
- b)l'utilizzo è conforme al piano di utilizzo ex art. 9 o alla dichiarazione di utilizzo per i piccoli cantieri ex art. 21;
- c)sono idonee ad essere utilizzate direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d)soddisfino i requisiti di qualità ambientale previsti dai capi II, III e IV del medesimo DPR.

Il terzo comma, poi, si occupa della questione dei materiali di riporto, mentre il quarto affronta il tema del "parametro amianto".

Di estremo interesse il "deposito intermedio", disciplinato dall'art. 5, ed il "trasporto" di cui all'art. 6. Con riferimento a quest'ultimo importante è il rimando alla documentazione di cui all'allegato 7. Centrale è poi (art. 7) la "dichiarazione di avvenuto utilizzo" attestata dall'autorità competente.

Il capo II, ovvero dall'art. 8 al 19, contiene la specifica disciplina delle "terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di grandi dimensioni", ovvero quelli con produzione di materiali di scavo superiori ai seimila metri cubi.

In particolare l'art. 9 si dedica al "piano di utilizzo", il quale deve essere redatto in conformità alle disposizioni dell'allegato 5. Il comma 4 – in particolare – prevede una sorta di "silenzio assenso". Infatti, trascorsi novanta giorni dalla presentazione del piano all'autorità competente, il proponente può avviare la gestione delle terre nel rispetto del medesimo piano di utilizzo.

L'art. 10 tratta delle terre e rocce conformi alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), mentre l'art. 11 tratta di quelle conformi ai valori del fondo naturale ed il 12 di quelle prodotte in un sito oggetto di bonifica.

Gli artt. 14, 15, 16 e 17 disciplinano – rispettivamente – l'efficacia, l'aggiornamento, la proroga e la realizzazione del piano di utilizzo.

Alla originaria problematica delle "terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni" si occupa il capo III (artt. 20 e 21). Interessante in particolare è la dichiarazione di utilizzo che assolve la funzione del piano di utilizzo, utilizzando una procedura decisamente più semplificata. Mentre l'art. 22 puntualizza che le terre e rocce generate in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA, per essere qualificate come sottoprodotti devono rispettare sia i requisiti di cui all'art. 4, nonché quelli ambientali di cui all'art. 20; l'art. 23 si occupa del deposito temporaneo delle terre e rocce qualificate come rifiuti, ovvero qualificate con i codici CER 17.05.04 e 17.05.03*. L'art. 25 cerca di chiarire l'ambito di applicazione della esclusione dalla disciplina dei rifiuti, prevista dall'art. 185, c.1, lett. c, per i materiali di scavo utilizzati nel sito di produzione. In particolare sull'obbligo di "non contaminazione" si puntualizza che deve essere verificata ai sensi delle procedure di caratterizzazione di cui all'allegato 4.

Alle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica, si occupano gli artt. 25 e 26, mentre le norme transitorie e finali sono contenute nell'art. 27 che chiarisce a quali piani e progetti di utilizzo già approvati, continua ad applicarsi la normativa previgente.

All'art. 31 (Abrogazioni) seguono infine ben 10 allegati tecnici.

Il Decreto in oggetto è completato da dieci allegati, alcuni dei quali riprendono o integrano quanto già specificato nelle abrogate disposizioni. In particolare agli Allegati 1 e 4 sono riportate le procedure e le metodologie per la caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo, caratterizzazione svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale. In particolare all'allegato 4 sono riportate le caratteristiche dei campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimica di laboratorio ed i criteri per la definizione degli analiti da ricercare, stabilendo (tab. 4.1) un set analitico minimo da considerare. Quest'ultimo allegato presenta una novità relativa alle metodologie di verifica dei requisiti ambientali delle rocce massive, infatti la caratterizzazione ambientale di questi prodotti che dovrà essere eseguita previa porfirizzazione dell'intero campione. Infine, risulta interessante soffermarsi sull'ultimo allegato al DPR in oggetto, ovvero l'allegato 10, che disciplina l'analisi e la metodologia di quantificazione dei materiali di origine antropica frammisti ai terreni naturali (art. 4). Non si tratta di una novità assoluta rispetto alle disposizioni precedenti, infatti già all'allegato 9 del D.M. 161/12 era stabilito un quantitativo massimo di materiali antropici che potevano essere frammisti ai terreni naturali, pari al 20%. Il DPR n.120 introduce la novità relativa alla formula matematica da utilizzare per il calcolo della percentuale di materiale antropico considerata come rapporto tra il peso totale del materiale di origine antropica rilevato nel sopravaglio ed il peso totale del campione sottoposto ad analisi (sopravaglio e sottovaglio). Come specificato dall'articolo 4, comma 3, la percentuale massima non può superare il 20%.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso ciascun "microcantiere" e successivamente il suo utilizzo per il rinterro degli scavi e per il riempimento in corrispondenza dei sostegni demoliti, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito. In caso contrario, saranno eseguiti appositi campionamenti e il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente.

Il volume totale di terreno movimentato è stimato pari a **610.101** mc.

In fase di esercizio le aree definitivamente impegnate coincideranno con la superficie dei nuovi sostegni, mentre sarà apposta un'adeguata fascia di servitù (se non già presente) anche lungo le tratte dove sono posizionati i conduttori aerei, necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto.

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In forma schematica possono essere riassunte le seguenti considerazioni conclusive per ciascun aspetto geolitologico-tecnico, idrologico, geomorfologico, sismico ed idrogeologico. Sono riassunte, infine, anche le valutazioni che riguardano i movimenti terre nel rispetto delle vigenti normative.

10.1 Aspetti geolitologico-tecnici

Lo studio condotto ha consentito di valutare le caratteristiche geolitologiche e geotecniche dei terreni sono caratterizzati da buoni valori di resistenza. In prima analisi le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione escludono la necessità di intervenire sul substrato fondale tramite consolidamenti per il miglioramento delle caratteristiche statiche del complesso substrato-fondazione relativi ai sostegni di nuova realizzazione.

Le fondazioni delle strutture di sostegno dovranno essere spinte in profondità fino a raggiungere terreni caratterizzati da buona capacità portante entro i quali garantire l'uniforme appoggio della struttura.

Analizzando la carta della fattibilità geologica pubblicata nel PGT del Comune di Vellezzo Bellini, in cui ricadono i sostegni nn. A01÷A05, 757n e 758n di nuova costruzione, di cui si riporta uno stralcio (Figura 10-1), si osserva che le strutture ricadono in Zona 2 definita come zona caratterizzata da "Fattibilità con modeste limitazioni". In queste zone, nel rispetto delle disposizioni del D. Min. Infrastrutture 14/01/2008, è richiesta l'esecuzione di indagini geotecniche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione e per la valutazione dell'interferenza delle nuove edificazioni con gli edifici eventualmente esistenti nell'intorno. È necessario tenere conto delle interferenze della falda più superficiale e della frangia capillare con le fondazioni; in particolare se

ne dovrà tenere conto in caso di realizzazione di piani seminterrati, per poter assumere gli accorgimenti costruttivi del caso.

Nel tratto meridionale del nuovo elettrodotto, in direzione del Comune di Certosa di Pavia in cui fondano i nuovi sostegni A06÷ A10 si osserva il passaggio alla Zona 3 a, definita come zona caratterizzata da "Fattibilità con consistenti limitazioni". Si tratta di aree ribassate rispetto alle zone circostanti, corrispondenti al paleoalveo di corso d'acqua estinto e aree limitrofe, caratterizzate nelle parti più basse da terreni potenzialmente cedevoli. La realizzazione degli interventi ammissibili è subordinata all'esecuzione di indagini geotecniche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione e per la valutazione dell'interferenza delle nuove edificazioni con gli edifici eventualmente esistenti nell'intorno. È necessario tenere conto delle interferenze della falda più superficiale con le fondazioni.



Figura 10-1 Stralcio "carta della fattibilità geologica" del PGT-Comune Vellezzo Bellini.

10.2 Pericoli idraulici

Come visto ricadono in aree soggette a rischio esondazione solamente i sostegni oggetto di demolizione della Linea 132 Kv Garlasco-Tavazzano, in particolare:

- Sostegni nn. 791÷795 e 797÷802 (Rischio basso R1)
- Sostegno n. 796 (Rischio molto elevato R4)

Per le lavorazioni inerenti le demolizioni in progetto saranno quindi adottati tutti gli accorgimenti progettuali per rispettare i vincoli derivanti da tale livello di rischio.

10.3 Aspetti Geomorfologici

Le lavorazioni in progetto non apportano modifiche morfologiche sostanziali del sito e non provocano condizioni di potenziale predisposizione al dissesto per cui non modificheranno l'attuale condizione di stabilità; non esistono motivi di incompatibilità con le limitazioni imposte dalle vigenti normative.

Il terreno di risulta dagli scavi potrà essere conguagliata in loco per la risistemazione dell'area oggetto dei lavori, al di fuori di corsi d'acqua, fossi, impluvi e linee di sgrondo delle acque, senza determinare apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei terreni, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso ed evitando che abbiano a verificarsi fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. I materiali lapidei di maggiori dimensioni devono essere separati dal materiale terroso al fine di garantire un omogeneo compattamento ed assestamento di questi ultimi. I materiali lapidei potranno essere reimpiegati in loco per la sistemazione dell'area oggetto dei lavori purché gli stessi siano depositati in condizioni di stabilità ed in modo da non ostacolare il regolare deflusso delle acque superficiali.

Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi e lapidei dovranno essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. Detti depositi non devono essere collocati all'interno di impluvi, fossi o altre linee di sgrondo naturali o artificiali delle acque e devono essere mantenuti a congrua distanza da corsi d'acqua permanenti.

10.4 Aspetti sismici

I comuni compresi nell'ambito di analisi secondo l'attuale classificazione sismica ricadono in "zona 4", quindi al minor grado di sismicità. Gli studi di microzonazione sismica effettuati nei comuni di interesse hanno presentato scenari di pericolosità sismica riconducibili a "Z3a" e "Z4a" definibili come segue:

- lo scenario Z4a deriva dall'origine alluvionale del territorio, suscettibile di amplificazioni sismiche litologiche, legate alla natura dei terreni;

- lo scenario Z3a corrisponde a cigli di scarpata suscettibili di amplificazioni sismiche di tipo topografico, legate alla geometria (principalmente l'altezza) dei profili del terreno.

Nelle fasi di progettazione successive saranno eseguite indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche opportunamente localizzate in modo da rilevare la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) e, quindi, poter definire gli effetti locali sulla modalità di propagazione delle onde sismiche attribuendo la corretta categoria di sottosuolo.

10.5 Aspetti idrogeologici

Le fondazioni dei sostegni non provocano alterazioni del drenaggio superficiale e non determinano interferenze con la circolazione idrica sotterranea la cui piezometrica risulta essere quasi costantemente a circa 10 m di profondità dal p.c.

10.6 Movimento terre

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il reinterro degli scavi, previo accertamento, da svolgersi durante la fase di progettazione esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito. In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà gestito come rifiuto, secondo le modalità previste dalla normativa vigente in materia, ed il riempimento sarà fatto con materiale inerte di idonee caratteristiche. Il materiale di riempimento potrà essere miscelato con sabbia vagliata o con cemento 'mortar' al fine di mantenere la resistività termica del terreno al valore di progetto.

Poiché per l'esecuzione dei lavori non sono utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e le terre, nelle aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali in cui sono assenti scarichi e in tutte le aree in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà preliminarmente considerato idoneo al riutilizzo in sito.

11 BIBLIOGRAFIA

- AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO (2012) - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi bacino del Ticino
- Comune di Battuda (PV) (2011) – Piano Assetto del Territorio
- Comune di Bereguardo (PV) (2008) – Piano Assetto del Territorio
- Comune di Certosa Di Pavia (PV) (2012) – Piano Assetto del Territorio
- Comune di Garlasco (PV) (2009) – Piano Assetto del Territorio
- Comune di Trivolzio (PV) (2005) – Piano Assetto del Territorio
- Comune di Vellezzo Bellini (PV) (2010) – Piano Assetto del Territorio
- Comune di Zerbolo' (PV) (2006) – Piano Assetto del Territorio
- Giorgio PILLA, Elisa SACCHI, Laure GERBERT-GAILLARD, Gian Maria ZUPPI, Gian Francesco PELOSO, Gianfranco CIANCETTI (2005) - Origine e distribuzione dei nitrati in falda nella Pianura Padana occidentale (Province di Novara, Alessandria e Pavia) - Giornale di Geologia Applicata 2 (2005) 144–150
- ISPRA – Servizio Geologico d'Italia - Carta geologica alla scala 1:100.000 – Foglio n 58 (Mortara-1969) e n. 59 (Pavia-1967)
- PROVINCIA DI PAVIA (2015) – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale
- REGIONE LOMBARDIA – Geoportale regionale – www.geoportale.regione.lombardia.it
- REGIONE LOMBARDIA & AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO (2014) – Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni