

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO
COMUNE DI BRA

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
Area DI 2104 del P.R.G.C. del Comune di Bra

STUDIO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO DI COMPATIBILITÀ
CLASSE DI RISCHIO II-3P
(Ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C.)

RELAZIONE GEOLOGICA
(D.M. 14 GENNAIO 2008 E S.M.I.)

Firma e timbro del tecnico incaricato

Redatto: **Geol. Enrico ARESE**
Elaborato n.: **GT-16-R-080**
Data: **dicembre 2016**



INDICE

1.	PREMESSA	2
1.1	Vincoli geologici.....	2
2.	GEOLOGIA.....	4
2.1	Assetto territoriale.....	4
2.2	Assetto geomorfologico	4
2.3	Assetto geologico	7
2.3.1	<i>Caratterizzazione del volume geologico significativo</i>	<i>10</i>
2.3.2	<i>Assetto geologico-strutturale</i>	<i>12</i>
2.3.3	<i>Assetto geologico-tecnico.....</i>	<i>12</i>
2.4	Assetto idrogeologico.....	13
2.5	Assetto idraulico	19
3.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	22
3.1.1	<i>Pericolosità sismica.....</i>	<i>22</i>
3.1.2	<i>Pericolosità idraulica.....</i>	<i>22</i>
3.1.3	<i>Criticità antropica.....</i>	<i>23</i>
3.2	Fattibilità dell'intervento	24

1. PREMESSA

La presente Relazione illustra gli studi e le indagini geologiche condotte nell'ambito del Piano Esecutivo Convenzionato Area DI 2104 inserito nel P.R.G. del Comune di Bra.

L'esigenza di definire in modo completo l'assetto dell'ambiente fisico in cui si colloca il sito in esame, con riferimento sia alla configurazione originaria, sia alla configurazione di progetto ha comportato lo sviluppo di un'indagine articolata, svolta in più fasi condotte attraverso:

- raccolta della documentazione scientifica e d'archivio;
- rilievo diretto di terreno;
- ricostruzione dell'assetto del sottosuolo.

La compatibilità dell'intervento nel contesto territoriale presente, elaborata sulla base dei dati di superficie e della bibliografia scientifica, viene svolta nel Cap. 3.

L'analisi è stata indirizzata all'acquisizione dei dati esistenti con successiva elaborazione come richiesto dal:

- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (nel seguito indicate con N.T.C.) e specificatamente a quanto espresso nel Capitolo 6.2.1 "CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO". In questo capitolo si evidenzia come "*La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.*".
- N.T.A. allegate al P.R.G. del Comune di Bra.

1.1 Vincoli geologici

La Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" provvede all'aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche in virtù delle disposizioni dell'O.P.C.M. 3519/2006 e conferma che il comune di Bra è classificato come appartenente alla zona 4.

L'area, sulla base del P.R.G., risulta inserita nella "Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità all'utilizzazione Urbanistica", nella classe II-3p "Settori a rischio di allagamenti conseguenti:

- *a tracimazione di tratti d'alveo artificiali arginati:*
 - *Zone soggette a possibili invasi temporanei e ristagni di acque esondate a bassa energia; altezze d'acqua < 40 cm.*
 - *Livello di pericolosità: media / moderata - EmA.*
- *Zone agricole sistemate planoaltimetricamente per l'irrigazione a scorrimento: si tratta di aree pianeggianti facilmente allagabili, ma con minimi battenti d'acqua (acque a bassa energia).*
Livello di pericolosità: media / moderata - EmA.
- *Ad insufficienza della rete fognaria:*
Aree soggette ad allagamenti con battenti dell'ordine di 10 cm sul piano strada a seguito di eventi meteorici di notevole intensità e breve durata, con possibilità di allagamento dei piani interrati qualora questi ultimi non risultino protetti dalle acque eventualmente defluenti sul piano strada oppure direttamente collegati alla fognatura in assenza di valvole di non ritorno.
Livello di pericolosità: media / moderata – EmA.

In tale classe, le Norme di Attuazione, prescrivono che " *Gli interventi edilizi ed urbanistici, eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nel D.M. 11/03/1988 e s.m.i. – Circ. P.G.R. n. 1/DOP del 27/04/2004 e s.m.i., dovranno essere preceduti:*

- *da una verifica tecnica, con studi idrogeologici di dettaglio, volta a dimostrare la compatibilità dell'intervento e le condizioni di rischio esistente in rapporto al condizionamento locale presente.*
- *Da un'eventuale verifica idraulica, in relazione a quanto disposto nello studio redatto dall'Ing. V. PEISINO nell'ambito delle "Elaborazione dei rilievi e degli studi di carattere idrologico-idraulico per la redazione degli elaborati a supporto dell'adeguamento al P.A.I." del Comune di Bra.*

2. GEOLOGIA

2.1 Assetto territoriale

L'intervento si estende per complessivi 14774 m² ed è delimitato a Sud da Strada Tetti Arlorio, ad Ovest dalla tangenziale, a Nord dalla linea ferroviaria Bra-Cavallermaggiore. La quota media è di 274 m s.l.m. (Sezione 192110 della cartografia BDTRE2010 colori scala 1:10.000 - Regione Piemonte) in un contesto pianeggiante (Fig. 2.1)

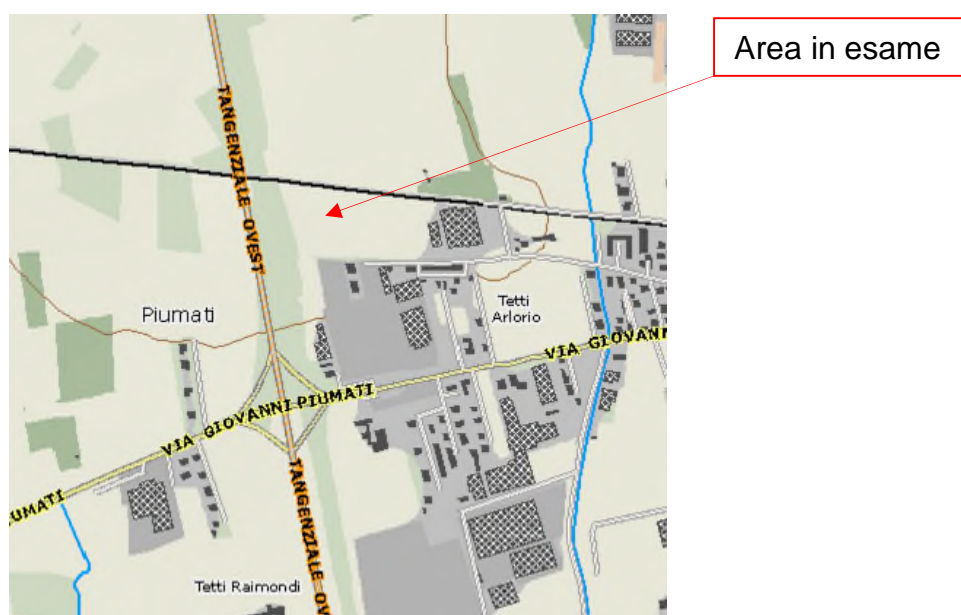


Fig. 2.1 – Estratto (non in scala) da “BDTRE2010 colori - Regione Piemonte” Sezione 192110.

2.2 Assetto geomorfologico

La morfologia pianeggiante dei luoghi è conseguente ad azioni naturali, divagazione del paleo-Tanaro, ed antropiche:

- il Paleo-Tanaro (antecedentemente all'interglaciale Riss-Würm) proseguiva oltre Bra in direzione NNO toccando Sommariva Bosco, Caramagna fino all'antica confluenza nel Po presso Carmagnola (CARRARO *et alii*, 1995; CARRARO, 1996).

L'esistenza di un paleoalveo, oltre che da evidenze morfologiche derivanti dall'interazione tra la mobilità tettonica recente, la situazione morfologica al contorno e l'elevata erodibilità delle formazioni presenti, è comprovata dalla

presenza, lungo l'antico alveo ed in profondità, di ciottoli di conglomerati Permo-Carboniferi tipici del bacino montano del Tanaro.

- Le azioni antropiche più evidenti sono connesse ad un iniziale livellamento, per scopi agrari, della morfologia fluviale presente a cui sono seguite ampie trasformazioni connesse sia alla realizzazione del Canale Naviglio di Bra, sia alla messa in opera di elementi infrastrutturali e sottoservizi connessi allo sviluppo urbano delle aree circostanti.

Il Canale Naviglio di Bra, posto a circa 400 m dall'area d'intervento, è alimentato, a monte, da prelievi diretti nel Torrente Stura di Demonte, presenta una portata regolabile, in relazione alle esigenze irrigue, mediante un sistema di paratoie e derivazioni laterali.

Come evidenziato nella Relazione Illustrativa redatta dall'Ing. PEISINO ed allegata al P.R.G. del Comune di Bra: *"Poiché il Naviglio è l'unico ricettore delle acque di pioggia che scolano dalla collina a Nord di via Brizio – viale della Costituzione, il suo regime idraulico ha un forte impatto sulla capacità di smaltimento delle acque che interessano la zona Nord del centro abitato e la frazione Bandito di Bra"*.

Dall'esame della documentazione consultata:

- *"Delimitazione delle aree in dissesto"* dell' *"Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici"* del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) vigente in scala 1:25.000.

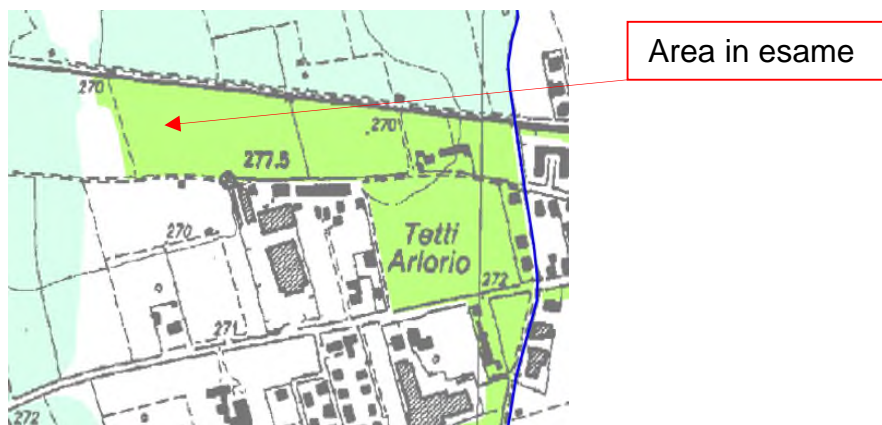
Non è stata evidenziata la presenza di dissesti.

- *Geoportale* (ARPA Piemonte - Settore Studi e Ricerche Geologiche Sistema Informatico Prevenzione Rischi).

Non è stata evidenziata la presenza di dissesti.

- *"Carta Geomorfologica e dei Dissesti"* – allegata al P.R.G. del Comune di Bra (Fig. 2.2).

Zone soggette a possibili invasi temporanei e ristagni di acque esondate a bassa energia; altezze d'acqua < 40 cm.



DISSESTI LEGATI ALLA DINAMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI

(Studio redatto dall'Ing. V. PEISINO nell'ambito delle "Elaborazione dei rilievi e degli studi di carattere idrologico-idraulico per la redazione degli elaborati a supporto dell'adeguamento al P.A.L." per il Comune di Bra)

Aree a rischio di allagamenti

A) conseguenti a traccimazione di tratti d'alveo artificiali arginati




-  Zone di possibile deflusso sul piano campagna con energia medio-alta e battenti dell'ordine di 30-40 cm; possibilità di formazione di vie d'acqua preferenziali con incisioni localizzate del suolo conseguenti a fenomeni erosivi provocati dalle acque defluenti. Alta probabilità di inondazione. Livello di pericolosità: molto elevata - Ee A
-  Zone soggette a possibili invasi temporanei e ristagni di acque esondate a bassa energia; altezze d'acqua < 40 cm. Livello di pericolosità: media / moderata - Em A
-  Zone agricole sistemate planoaltimetricamente per l'irrigazione a scorrimento: si tratta di aree pianeggianti facilmente allagabili, ma con minimi battenti d'acqua (acque a bassa energia). Livello di pericolosità: media / moderata - Em A

Fig. 2.2 – Estratto, non in scala, dalla Carta Geomorfologica e dei dissesti allegata al P.R.G. del Comune di Bra.



Fig. 2.3 – Fotogramma dell'area in esame (Google Earth, 9/06/2015).

Dal sopralluogo condotto dallo scrivente l'area, oggetto di intervento, è caratterizzata da un coltivo (Fig. 2.3), topograficamente depresso sia rispetto al piano stradale di Via Tetti Arlorio e della Linea ferroviaria Bra-Cavallermaggiore, sia rispetto al piano piazzale della proprietà privata ubicata ad Est del sito in esame. L'attuale regimazione delle acque superficiali viene effettuata mediante fossi adacquatori ed il fosso a lato di Via Tetti Arlorio.

2.3 Assetto geologico

L'area è, da un punto di vista paleogeografico, collocata all'interno del Bacino Terziario Piemontese (B.T.P.) ed in particolare a lato del "depocentro" cuneese, situato, questi, all'incirca nei dintorni di Savigliano.

Il B.T.P. rappresenta un bacino di sedimentazione, costituito da un ampio braccio di mare con una profondità sui 200 metri, che, all'inizio del Pliocene, si estendeva tra le Langhe a Sud e una porzione isolata di quello che sarà il Monferrato a Nord (CAVALLO & REPETTO, 1992).

Nello studio di Bottino *et alii* (1994) si suddivide la sequenza stratigrafica dell'area cuneese in tre unità stratigrafico-deposizionali, delimitate alla base e al tetto da evidenti superfici di discontinuità, così composte:

- **Unità I:** comprendente i depositi attribuiti in letteratura al "Piacenziano" e "Astiano" (Sacco, 1989-1990) e rappresentata da facies passanti da peliti grigio-azzurre a sabbie, ciottoli e bioclasti.
- **Unità II:** includente i depositi attribuiti dal SACCO (1889-1990) all'"Astiano", al "Fossaniano", ed al "Villafranchiano" e costituita da depositi granulometricamente eterogenei comprendenti associazioni di facies rappresentate da ghiaie sabbiose, limi, ghiaie e sabbie. I depositi risultano blandamente inclinati verso Ovest ed interessati da alcune faglie con rigetti di diverse decine di metri, orientate parallelamente ai margini della depressione e che individuano blocchi tiltati verso Est con inclinazione di circa 30°.
- **Unità III:** contiene i depositi continentali attribuiti dal Sacco (1989-1990) alle Alluvioni Quaternarie (*l.s.*) ed ai depositi ascritti da Carraro *et alii* (1978) come fluvio-glaciali e fluviali mindelliani, rissiani e würmiani. Nell'ambito di quest'unità sono stati individuati almeno tre "cicli" principali di erosione e se-

dimentazione che trovano espressione morfologica nelle relative unità fisiografiche (Provincia di Cuneo / Politecnico di Torino, 2005):

- Unità Alluvionale dei terrazzi sospesi;
- Unità Alluvionale della Pianura Principale;
- Unità Alluvionale dei fondovalle e dei terrazzi annessi.

Queste tre sub-unità dovrebbero essere collocate temporalmente (*sensu Carraro et alii*, 1978) in un'età compresa dal Pleistocene medio all'Olocene

In relazione alla suddivisione proposta da Bottino *et alii* (1994) l'area in esame risulta costituita da depositi appartenenti all'**Unità II** (associazione di *facies 5*) e all'**Unità III** (*sub-unità 2*).

L'**Unità II** (associazione di *facies 5*), rappresentata da sabbie medio grossolane con allineamenti, lungo le superfici di laminazione, di ghiaietto e piccoli ciottoli, costituisce il "substrato". I depositi di quest'unità, seppur non affioranti nell'area di indagine, immergono debolmente verso Ovest con una inclinazione di 7° - 8°.

Nel complesso quest'associazione viene interpretata come un ambiente di sedimentazione marino-marginale, probabilmente deltizio, a cui potevano essere associati cordoni litorali e zone più protette con una sedimentazione di tipo lagunare. Corrisponde all'unità geologica del "Villafranchiano" (Carta Geologica d'Italia F° 68 Carmagnola).

L'**Unità III** consta della *sub-unità 2*, costituita da ghiaie ciottolose (diametro inferiore ai 20 cm) in matrice sabbioso-limosa. La genesi di questi depositi può essere ricollegata ad un apparato di conoidi coalescenti, formatesi dalla migrazione di corsi d'acqua tipo "braided", che, dalle valli dei Torrenti Gesso e Stura, si estendeva su tutta l'attuale pianura fino a lambire le Langhe. Corrisponde alle unità geologiche del "Fluviale Riss" (Carta Geologica d'Italia F° 68 Carmagnola).

I depositi fluviali del paleo-Tanaro sono caratterizzato da tassi di sedimentazione e portate estremamente variabili, per la presenza di canali multipli che cambiavano rapidamente posizione. La geometria interna di questi depositi viene definita da interdigitazioni di lenti allungate e separate da superfici erosive, leggermente concave, con una granulometria decrescente verso l'alto, ghiaie alla base e limi con sabbia a tetto.

In un recente lavoro la *Regione Piemonte - Direzione Ambiente*, il *CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse - Unità Operativa di Torino* e l'*Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra* hanno, attraverso l'integrazione delle competenze geologico-stratigrafiche, geologico-strutturali, micropaleontologiche e idrogeologiche, fornito, per la prima volta in Piemonte, un modello geologico tridimensionale regionale della geometria e struttura interna degli acquiferi "profondi" e "molto profondi" (oltre a quelli superficiali) e sviluppato i conseguenti modelli idrogeologici e di flusso.

Dall'analisi del predetto lavoro, emerge che l'area in esame ricade nel "*Bacino di Savigliano*", caratterizzato da depositi messiniano-olocenici, che definiscono sinclinali regionali, con spessori massimi di circa 2000 m nel depocentro sepolto, spessori che tendono a diminuire progressivamente verso gli attuali margini e verso le aree di affioramento. In tali fasce di affioramento, le successioni (in gran parte di origine marina) mostrano importanti terminazioni erosionali e risultano tiltate verso la parte centrale dei bacini; questa configurazione implica che gli originari margini deposizionali settentrionali e meridionali siano stati erosi durante fasi di sollevamento post-deposizionali. Lungo il margine occidentale del Bacino di Savigliano, le successioni messiniano-pleistoceniche mostrano relazioni di onlap progressivi sia sulle successioni mioceniche deformate e tiltate verso Est (corrispondenti alla prosecuzione nel sottosuolo delle successioni esposte nell'attuale margine occidentale delle Langhe), sia localmente sulle unità alpine; questa configurazione suggerisce che tale area rappresenti un margine originario sepolto.

Il bacino di Savigliano è caratterizzato principalmente dalla struttura Saluzzo-Sommariva del Bosco. Tale struttura è costituita da un sistema di faglie inverse con direzione WSW-ESE ed immersione verso SE, cui è associata un'anticlinale con vergenza settentrionale ed asse immergente ad Est. Attiva già a partire dal Miocene medio, l'anticlinale ha agito da soglia fisiografica rendendo possibile l'instaurarsi di due depocentri relativi, uno a Sud (depocentro di Fossano) ed uno a Nord allungato in direzione NE-SW (depocentro di Racconigi). Queste due aree, meno pronunciate durante il Messiniano, si sono sviluppate maggiormente nel Plio-Pleistocene. In questo intervallo temporale sono rimasti delimitati verso Ovest e verso Sud dall'arco alpino occidentale, mentre verso Est hanno cambiato

notevolmente la loro fisiografia. I dati e le interpretazioni sopra descritti hanno permesso di individuare e correlare attraverso il bacino di Savigliano ed Alessandria sette sintemi principali (Fig. 2.7), delimitati da superfici di discontinuità di estensione regionale.

2.3.1 Caratterizzazione del volume geologico significativo

In questa fase di progettazione, per definire l'areale e la relativa porzione di sottosuolo interessata dall'intervento si è fatto ricorso alla cartografia geologica disponibile per l'area (Carta Geologica d'Italia Foglio 68 "Carmagnola" - Figg. 2.4 / 2.5, Carta Geologica allegata al P.R.G. del Comune di Bra - Fig. 2.6), e da quanto osservato in sito.

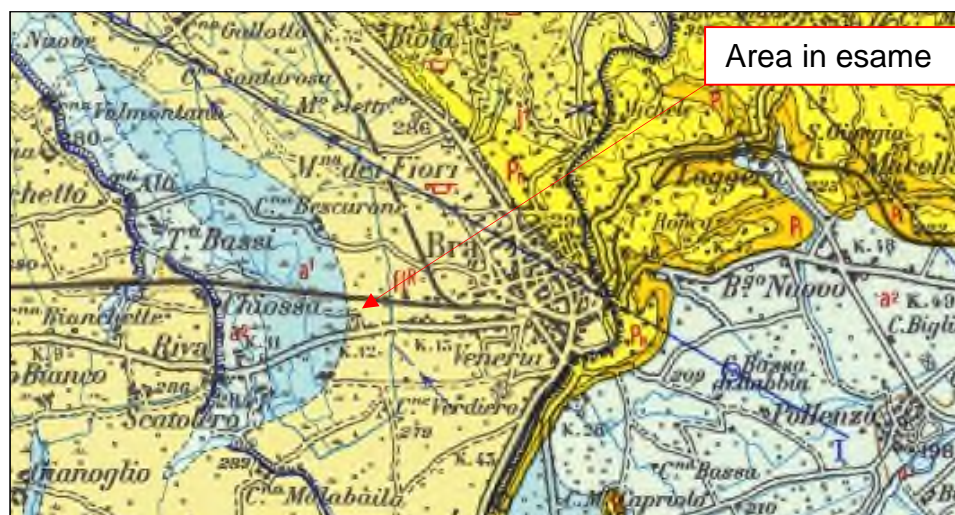


Fig. 2.4 – Stralcio (non in scala) dal Foglio n. 68 “Carmagnola”, della Carta Geologica d’Italia. L’area di indagine è inserita in parte nei depositi alluvionali di età rissiana (fr^R) ed in parte nei depositi alluvionali di età würmiana (a^1). La linea blu continua rappresenta un tratto della sezione I riportata nella figura 2.5 mentre la freccia blu indica la direzione di scorrimento del paleo-alveo del Tanaro.

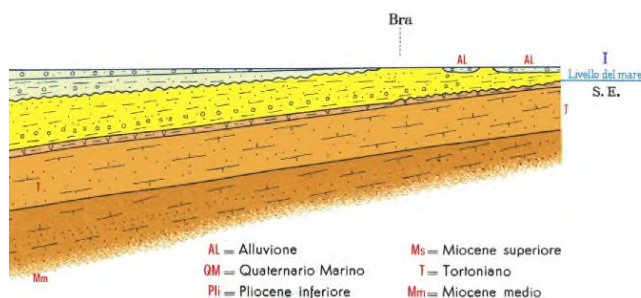


Fig. 2.5 – Stralcio (non in scala) della sezione geologica I riportata nel Foglio n. 68 “Carmagnola”, della Carta Geologica d’Italia.

Le formazioni superficiali presenti sono i Depositi alluvionali principali, riferibili dal punto di vista cronologico all'Olocene/Pleistocene. Si tratta di depositi di ambiente fluviale, in superficie soggetti ad una modesta evoluzione pedogenetica.

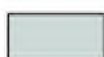
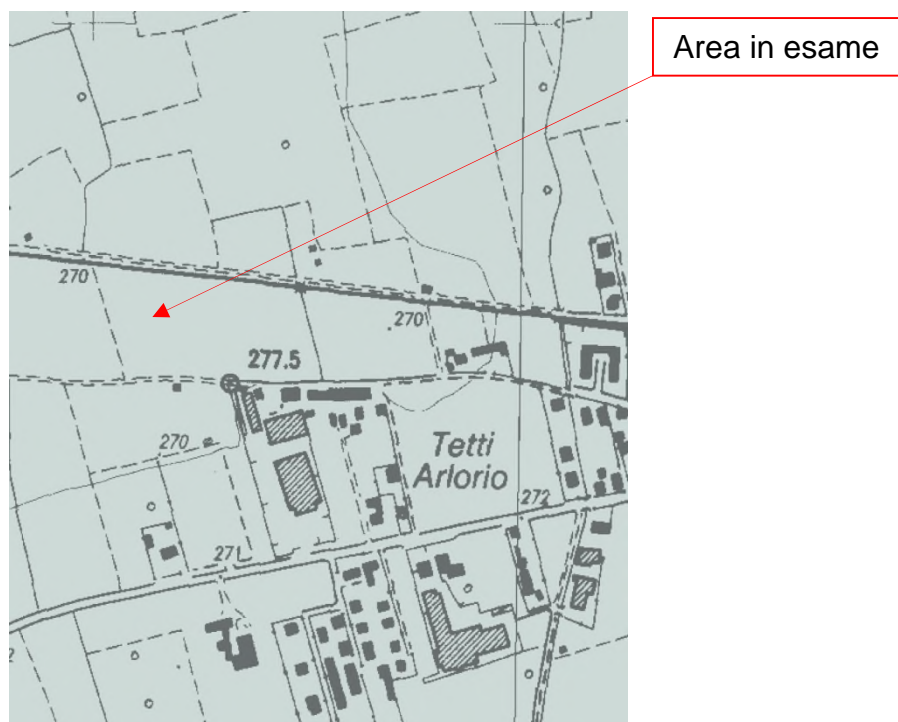
All'interno di tale formazione sono state operate le seguenti distinzioni:

- *Depositi prevalentemente limoso-argillosi*

Subaffiorano in tutta l'area e mostrano spessori modesti, generalmente compresi entro un metro; sono geneticamente legati a fenomeni di esondazione della rete idrografica secondaria e, in parte, a forme meandriche abbandonate dal corso d'acqua principale.

- *Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi*

Ciottoli e ghiaie eterometriche ad elementi poligenici, subarrotondati, con sabbie da medio grossolane a fini debolmente limose.



Depositi alluvionali principali

Litologia: depositi ghiaioso-sabbiosi, con ciottoli arrotondati, in abbondante matrice limoso-sabbiosa.

Caratteri strutturali: depositi a tessitura media, eterometrica, con locale presenza di stratificazione.

Stato di alterazione: depositi localmente alterati.

Comportamento geotecnico: presentano caratteristiche geotecniche da buone a mediocri, limitate dalla possibile presenza di livelli lentiformi di terreni a grana fine.

Fig. 2.6 – Stralcio (non in scala) dalla Carta Geologico-Litotecnica allegata al P.R.G. del Comune di Bra. L'area di indagine è inserita nei depositi Alluvionali principali.

2.3.2 *Assetto geologico-strutturale*

Per quanto concerne il contesto strutturale dell'area è possibile far riferimento alle note illustrative del Foglio Geologico "Dego" alla scala 1:50.000, che attraverso l'analisi e l'interpretazione di immagini satellitari multi-sensore, radar e ottici, costituite da due scene ERS-2 SAR GTC con riprese in orbita discendente e in orbita ascendente e da una scena Spot HRV pancromatica nadirale, ha permesso l'individuazione e l'interpretazione di lineamenti, successivamente confrontati in termini statistici e geometrico-gerarchici con le strutture geologiche riconosciute sul terreno alle diverse scale, per un settore decisamente più vasto dell'areale di affioramento del Foglio Geologico "Dego" e comprendente anche l'area in oggetto (Morelli, 2000).

L'analisi statistica dei lineamenti, presenti in quest'area, ha evidenziato quattro principali sistemi a direzione media NW-SE (L1), NE-SW (L2), E-W (L3) e N-S (L4).

L'analisi distributiva di questi sistemi lineamentari sottolinea una distribuzione areale piuttosto omogenea, compatibile con le verifiche di terreno e il confronto con le strutture geologiche conosciute.

2.3.3 *Assetto geologico-tecnico*

Tra la documentazione acquisita si evidenziano le indagini eseguite a maggio 2005 dalla Ditta GeoTecnico s.r.l., per conto dell'Amministrazione del Comune di Bra, con la successiva elaborazione dei dati ottenuti da parte della Società P.M. Consulting al cui documento "*Studi e monitoraggi idrogeologici per la definizione del sistema di smaltimento delle acque di superficie. Indagini geognostiche*".

Per rappresentatività si riporta lo schema del sondaggio SC2 (Fig. 2.7) eseguito in strada Tetti Arlorio prima dell'intersezione con la Tangenziale Ovest di Bra.

Il livello della falda superficiale, misurato in data 14/09/1987, era di -2.5 m da p.c..

Le prove in sito svolte (S.P.T. in foro) evidenziarono i seguenti valori:

- quota - 2.0 m da p.c.: $N_{S.P.T.} = 9$;
- quota - 5.0 m da p.c.: $N_{S.P.T.} = 27$.

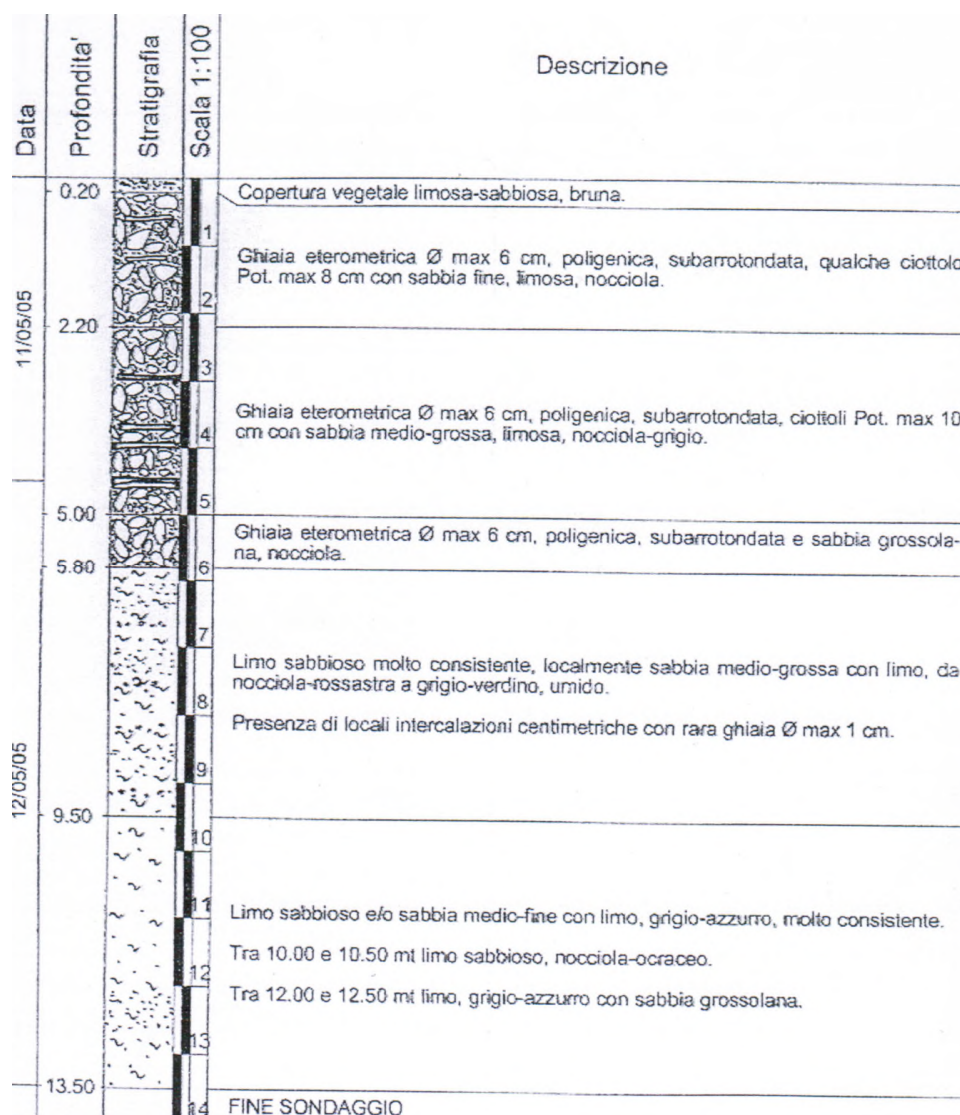


Fig. 2.7 – Sezione stratigrafica sondaggio SC2 (P.M. Consulting, 2005).

2.4 Assetto idrogeologico

Lo studio "Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale (Ottobre 2009)", sintetizzato nel cap. 2.3, considera ogni sistema come un "Gruppo Acquifero" cioè un corpo sedimentario complesso avente le seguenti caratteristiche:

- è costituito da gruppi di strati con geometria e litologia variabili, depositi in contesti deposizionali contigui ed in continuità di sedimentazione; i limiti di un Gruppo Acquifero, coincidono con le superfici di discontinuità stratigrafica a base ed a letto dei sistemi;

- mostra caratteristiche distintive a grande scala (distribuzione delle associazioni di facies, geometria esterna, giacitura, tessitura, geometria ed organizzazione interna, permeabilità) tali da comportare omogeneità nella risposta al flusso idrico nel modello idrogeologico concettuale.

Nei Bacini di Savigliano e Alessandria sono stati individuati sette Gruppi Acquiferi (Fig. 2.8), corrispondenti ai sette sistemi analizzati ed appartenenti alle successioni tardo mioceniche-oloceniche. I Gruppi Acquiferi sono indicati con una sigla (dalla A alla G) a partire dal sistema più recente.

Questa rappresentazione viene anche esposta nella Carta Geoidrologica, allegata al P.R.G. del Comune di Bra (Fig. 2.9).

Scala cronostratigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SISTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	UNITA' IDROGEOLOGICHE DI GRUPPO ACQUIFERO
OLOCENE	0.01 Ma	DEPOSITI FLUVIALI E E FLUVIO-GLACIALI		Q2	A	A I A II A IV
	superiore					
PLEISTOCENE	1.0 Ma	"VILAFRANCHIANO SUPERIORE"		Q1	B	B I B II B III
	medio					
PLIOCENE	2.0 Ma	"VILAFRANCHIANO INFERIORE"		P3	C	C I C II C III
	3.0 Ma	"ASTIANO"				
	inferiore	"VILAFR." "ASTIANO" "PIAC."		P2	D	D I D II D III D IV
	5.3 Ma	"PIACENZIANO"	M/P	P1	E	E I E II E III E IV
MIOCENE	Messiniano superiore	"MESSINIANO" "CASSANO-SPINOLA" "MESSINIANO" "F. GESSOSO-SOLF."		M2	F	F I F II F III
				M1	G	G IV

Fig. 2.8 – Schemi riassuntivi delle corrispondenze tra Sistemi, Gruppi Acquiferi ed Unità Idrogeologiche di Gruppo Acquifero presenti nei Bacini di Alessandria e Savigliano).

L'area in esame ricade nel Sistema Q2 (Pleistocene medio-Olocene) per l'acquifero superficiale e nel Sistema P2 (Pliocene inferiore medio) per l'acquifero profondo.

Nel dettaglio, in riferimento all'assetto geologico-stratigrafico precedentemente esposto e sulla base di dati idrogeologico-stratigrafici in possesso dello scrivente la sequenza idrogeologica presente, in corrispondenza del sito, può essere così scomposta:

- *Limi argillosi debolmente sabbiosi*

Permeabilità primaria per porosità con valori relativi da medio-bassi a nulli.

- *Sabbie ghiaiose (Acquifero AII)*

L'unità è rappresentata essenzialmente da alternanze discontinue di sabbie e ghiaie prevalenti. Permeabilità primaria per porosità con valori relativi medi, variabili in relazione al rapporto sabbia/ghiaia e dalla presenza di limo.

Al suo interno avviene la circolazione della falda freatica.

I valori permeabilità (K), ottenuti mediante prove *Lefranc* in fori di sondaggio¹ in aree limitrofe, indicano, per quest'unità, termini compresi tra $3 \div 5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Questi coefficienti, seppur ottenuti in un'area ristretta, sono compatibili con quanto riportato in letteratura (Civita *et alii*, 2000; Regione Piemonte – Collana Amb. 11, 1997) per la pianura cuneese in cui il valore di permeabilità è indicato in $7 \cdot 10^{-5}$ m/s.

- *Depositi limoso-sabbiosi-argillosi (Acquifero DII)*

Depositi con permeabilità relativa bassa-molto bassa comprende intercalazioni di spessore metrico e decametrico di terreni a granulometria media, sede di potenziali acquiferi confinati.

La falda libera è soggetta ad oscillazioni legate ai cicli meteorici stagionali e possibili connessioni con i canali artificiali (Canale Naviglio di Bra). L'alimentazione di questa falda è infatti legata principalmente alle acque di infiltrazione provenienti dalla superficie, sia dei settori a monte, sia dalle perdite di subalveo dei corsi d'acqua esistenti.

L'andamento generale delle isopieze (Civita *et alii*, 2000), nel tratto di pianura compreso tra Cavallermaggiore – Marene e Bra, è caratterizzato da una disposizione concorde alla superficie topografica con locali perturbazioni, lungo la direttrice Marene – Cavallermaggiore, connesse alla presenza di complessi alluvionali terrazzati dotati di minore permeabilità relativa.

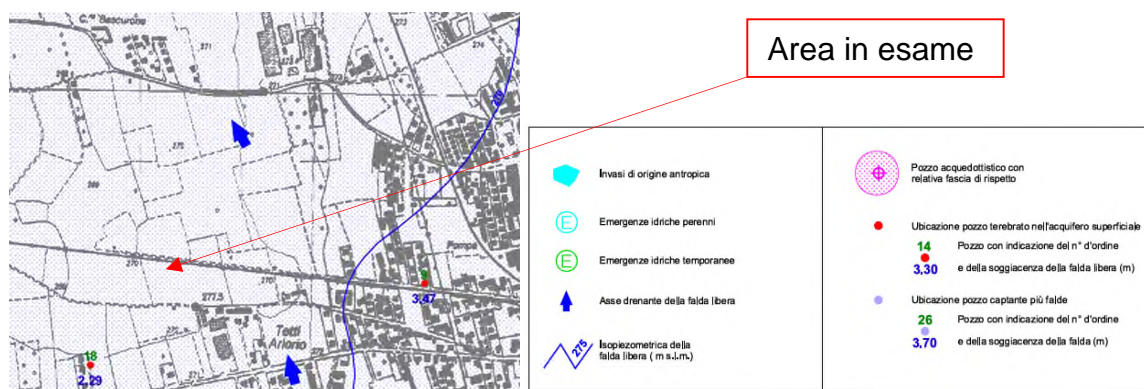
Nella relazione a commento della Carta Geologica allegata al P.R.G. Comune di Bra, si evidenzia, in merito alla Carta Geoidrologica (Fig. 2.9) che: *Sono stati rilevati acquiferi confinati al di sotto della pianura del paleo-Tanaro. Le zone di ricarica*

¹ P.M. Consulting - luglio 2005 - Opere di urbanizzazione nel P.I.P. di C.so Monviso / Via Piumati 1° lotto - *Studi e monitoraggi idrogeologici per la definizione del sistema di smaltimento delle acque di superficie.*

ca degli acquiferi confinati sono da ricercarsi al di fuori dei confini comunali, prevalentemente nelle zone pedemontane della pianura Cuneese, allo sbocco delle valli alpine, dove i depositi ghiaioso-sabbiosi risultano progressivamente aumentare ed essere comunicanti tra loro fino ad essere in connessione anche con la falda libera.

Mediante l'interpolazione dei dati piezometrici è stato possibile realizzare la carta piezometrica relativa alla falda libera; il territorio comunale di Bra è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi liberi che drenano le rispettive aree pianeggianti: Il primo con andamento di deflusso generale orientato verso N-NO che alimenta la pianura settentrionale; la seconda che alimenta il F. Tanaro. Il possibile spartiacque, disposto in senso OSO-ENE, risulterebbe collocato in prossimità della scarpata del terrazzo Bra-Cervere caratterizzata dalla presenza di sorgenti a portata ridotta. La presenza di un paleoalveo del Tanaro viene individuata da un asse di drenaggio principale diretto SSE-NNO, disposto lungo la direttrice Tetti Arlorio-C.na Bafunetto.

La soggiacenza della falda libera, nella pianura del paleo-Tanaro, è in genere bassa, con valori medi compresi tra 1.5 e 5.0 m. La falda libera è caratterizzata da un gradiente piezometrico inferiore a 0,01%, localizzate lungo l'asse drenante.




COMPLESSI IDROGEOLOGICI			
COMPLESSO	PERMEABILITA'	ACQUIFERO	RISORSE IDRICHE
 Alluvionale principale/terrazzo. Granulometria da fine a grossolana	Per porosità. Valori di permeabilità variabili in relazione alla disomogeneità granulometrica	Falda libera direttamente connessa ai corsi d'acqua	In genere scarse. Locali emergenze idriche

Fig. 2.9 - Estratto, non in scala, dalla Carta Idrogeologica allegata al P.R.G. del Comune di Bra.

Come indicato nel Sistema Informativo Risorse Idriche della Regione Piemonte, nell'area in esame sono presenti alcuni pozzi intercettanti la falda superficiale.

I valori di soggiacenza misurati in data 02 marzo 2016 risultano essere:

- CN13300PZZ001: - 2.13 m da p.c.
- CN11173PZZ001: - 1.96 m da p.c.



Fig. 2.10 - Estratto dell'ubicazione pozzi, riquadri blu, presente nel Sistema Informativo Risorse Idriche (Regione Piemonte).

Sulla base delle valutazioni condotta dalla P.M. Consulting tra il 2004 - 2005 (*Studi e monitoraggi idrogeologici per la definizione del sistema di smaltimento delle acque di superficie e Monitoraggio piezometrico nel periodo maggio-novembre 2005*), nell'ambito degli studi per le Opere di Urbanizzazione nel P.I.P. di C.so Monviso / Via Piumati – 1° Lotto, collocato a circa 500 metri a Sud dell'area, oggetto del presente studio, le isopieze derivanti dalle misure effettuate nei piezometri presenti evidenziava una pronunciata convessità nel loro andamento con un'elevazione della superficie piezometrica in corrispondenza del canale Naviglio di Bra, quando questi presentava un battente idrico prossimo al piano campagna. Tale assetto è conseguente alle perdite di sub-alveo del predetto canale.

In assenza di deflusso d'acqua nel canale la geometria delle isopieze si modifica con un abbassamento delle altimetrie.

Questa differenza di quote, sulla base delle attuali conoscenze, è di circa 0.5 m.

I valori di massima elevazione del livello di falda, nell'intervallo di tempo compreso tra maggio e novembre 2005, furono compresi tra 2 ÷ 3 m nella porzione centro-orientale del P.I.P. mentre si elevarono a 0.8 m ÷ 1 m nel settore occidentale del P.I.P., in prossimità della Tangenziale Ovest, dove si riducono le quote altimetriche dei terreni.

Nei periodi di alimentazione della falda da parte del canale Naviglio di Bra, il gradiente della superficie piezometrica risulta nel complesso abbastanza regolare, con valori medi del 0.3‰. In relazione a variazioni puntuali nella conducibilità idraulica e nell'alimentazione, i gradienti possono subire variazioni comprese tra 1.7‰ e 5.0 ‰.

Al fine di valutare le variazioni, nel tempo, dei livelli di soggiacenza della falda libera, nell'intorno dell'areale in esame, si può fare riferimento al piezometro P11 della Rete di Monitoraggio Regionale delle acque sotterranee, collocato in prossimità del Cimitero Comunale di Bra ad una distanza di circa 1.3 Km dall'area di progetto. Questo piezometro, profondo 12 m, è dotato di un misuratore automatico che da giugno 2001 ad oggi rileva i livelli di falda. I dati disponibili sono aggiornati a marzo 2007 (Fig. 2.11).

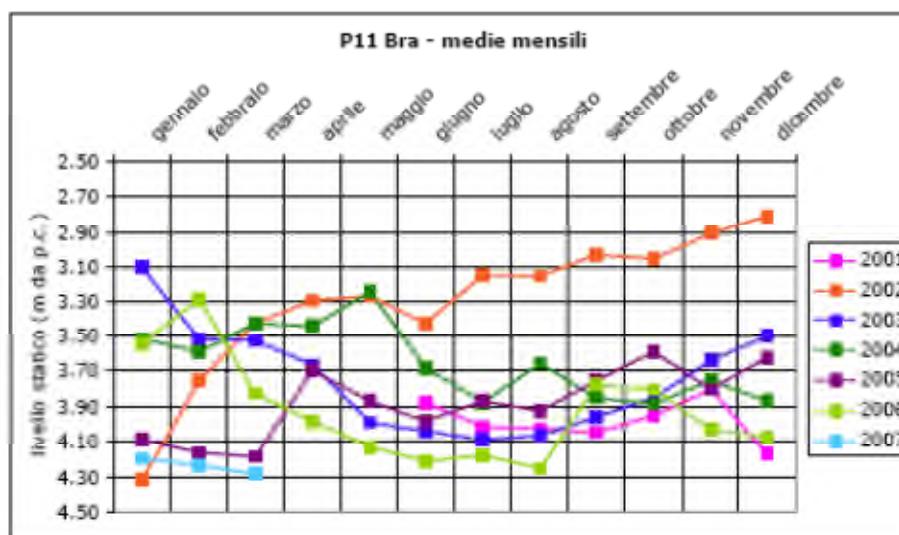


Fig. 2.11 - Diagramma del Pozzo P11 della Rete di Monitoraggio Regionale delle acque sotterranee. L'acquisizione avviene in automatico con cadenza pari, inizialmente, a 4 ore (anno 2001) quindi a 12 ore (Regione Piemonte - Direzione pianificazione risorse idriche, 2009).

Come si può osservare nella Figura 2.11, la soggiacenza media, per questo piezometro, è di 3.5 m con oscillazioni annuali di 1.5 m.

Le variazioni plurigiornaliere, legate alle precipitazioni, sono estremamente rapide con temporanei incrementi e decrementi dei livelli falda, dell'ordine di 0.5 m (Fig. 2.12), dovuti alla bassa soggiacenza dell'acquifero.

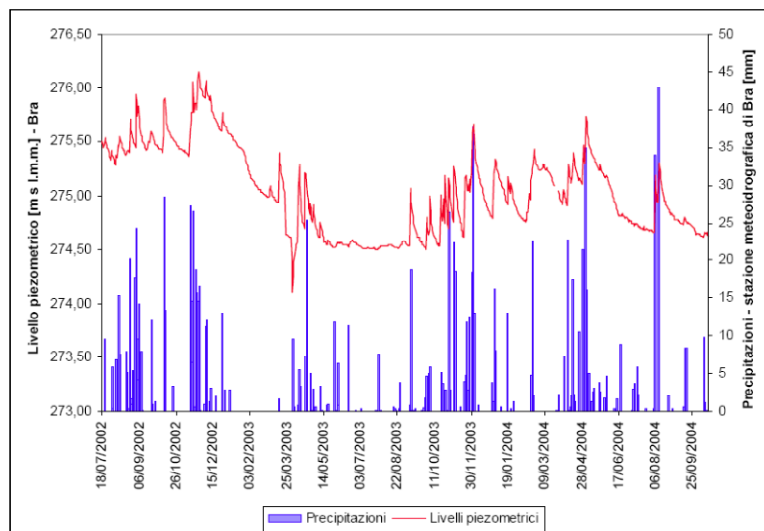


Fig. 2.12 – Relazione tra livelli piezometrici, nel Pozzo P11 della Rete di Monitoraggio Regionale, e le precipitazioni nel comune di Bra (Civita et alii, 2005).

2.5 Assetto idraulico

Gli studi idraulici condotti dall'Ing. Valter PEISINO, nell'ambito della cartografia idraulica allegata al P.R.G. del Comune di Bra, evidenziano che:

- l'area indagata (Fig. 2.13) è inserita nelle "Zone soggette a possibili invasi temporanei e ristagni di acque esondate a bassa energia; altezze d'acqua < 40 cm" (Carta delle aree a rischio idraulico - Tavola 1 - Elaborato 9.1). Si tratta del settore, in sinistra idrografica del Rio Naviglio di Bra, compreso tra la Sezione 21 e 24.
- "Tra Corso Monviso, Via Piumati e Via A. Rolfo è possibile individuare un'area leggermente depressa, chiusa ad ovest dai fabbricati industriali di recente e futura costruzione, per la cui realizzazione è stato previsto un innalzamento non trascurabile del piano campagna, mentre a est dallo stesso Naviglio, che

in questo tratto scorre parallelo a Via A. Rolfo i rigurgiti provocati dai ponticelli alle sezioni 24 (accesso privato) e 23 (attraversamento di Via Piumati) potrebbero dare origine a fenomeni di deflusso fuori alveo che andrebbero ad interessare i fabbricati di civile abitazione in sponda sinistra, siti a poche decine di metri dall'alveo a partire da Via Piumati e risalendo lungo Via A. Rolfo. Il nuovo "livellamento" operato dall'attraversamento di Via Piumati sull'entità delle portate che possono transitare a valle, riduce la possibilità di esondazioni nei cortili privati delle abitazioni site tra la già nota sezione 23 e la sezione 22, caratterizzata dalla presenza di un ponticello su Strada Tetti Arlorio e da un sistema di chiuse per consentire una derivazione a scopi irrigui. Ciò grazie anche ai muretti in calcestruzzo che delimitano le sponde del Naviglio ambo i lati e che fungono da elementi di protezione per le abitazioni.

Si segnala infine il possibile rigurgito provocato dal ponte ad arco ribassato della linea ferrata Bra-Cavallermaggiore (Sez. 21), il quale, abbinato a quello generato dal sistema di chiuse di cui sopra, potrebbe dare origine ad allagamento localizzati, in sinistra orografica, in località Tetti Arlorio e nell'area pianeggiante compresa tra Strada Arlorio ed il rilevato ferroviario." (Relazione illustrativa - Elaborato 1.1).

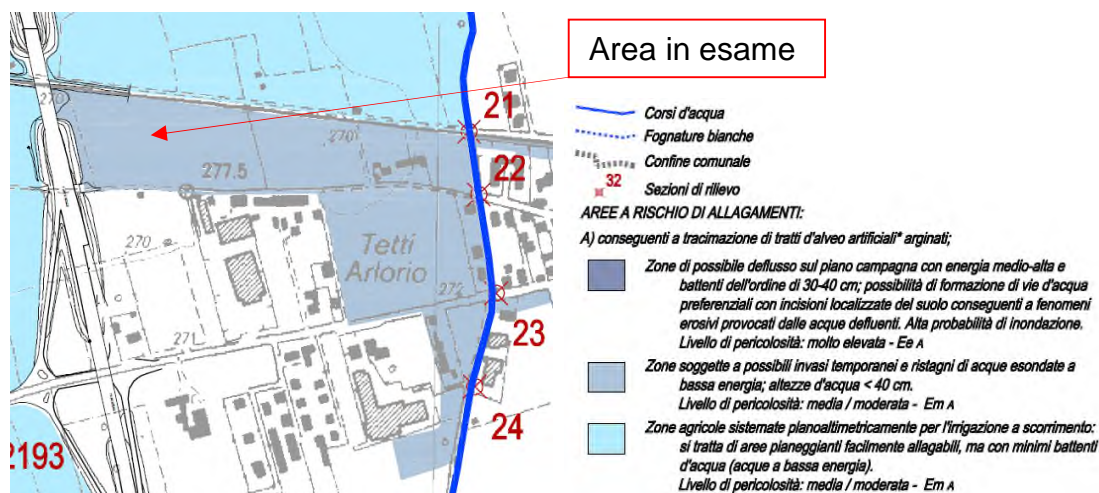


Fig. 2.13 – Estratto, non in scala, da Carta delle aree a rischio idraulico - Tavola 1 - Elaborato 9.1, allegata al P.R.G. del Comune di Bra.

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, nella seduta del 17 dicembre 2015 con deliberazione n. 4 e relativo allegato, ha adottato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) nel quale è riportata la mappatura delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, classificate in base alla pericolosità (aree allagabili) e al rischio; una diagnosi delle situazioni a maggiore criticità. Come osservabile nella Fig. 2.14 l'area in esame risulta a scarsa probabilità di alluvioni (Tr = 500 anni) con rischio areale da moderato a localmente medio.

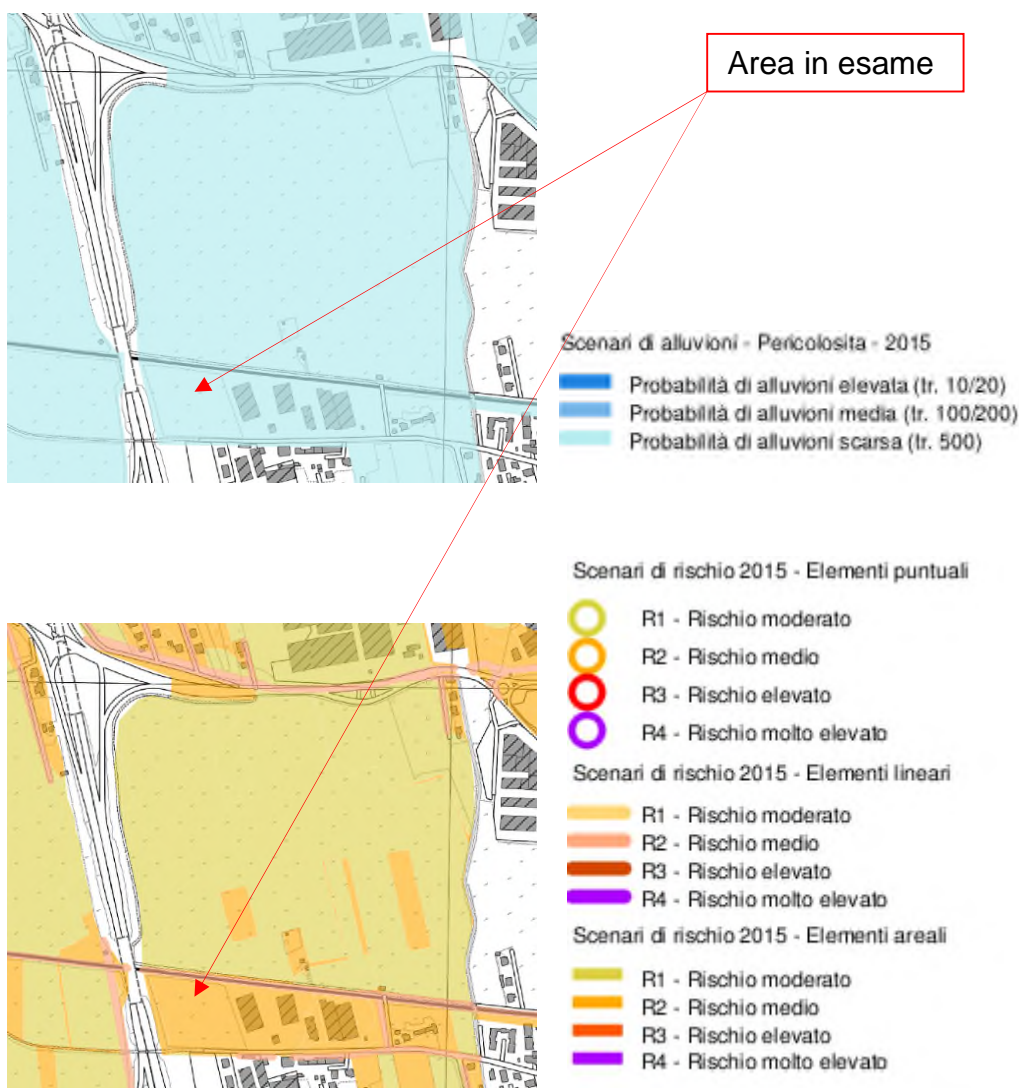


Fig. 2.14 – Estratto, non in scala, da mappatura - Direttiva alluvioni aggiornamento 2015 - Autorità di Bacino del Fiume Po.

Per un'analisi di maggior dettaglio si rimanda alla relazione idraulica redatta dall'Ing. GAIA.

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base della documentazione consultata e dei rilievi svolti è possibile esprimere alcune valutazioni sulle condizioni di pericolosità dell'area.

La ricostruzione dell'assetto litologico-stratigrafico del sottosuolo e della circolazione idrica sotterranea sulla base della documentazione bibliografica consente di ricostruire un sufficiente modello di riferimento per il sottosuolo (Tab. 3.1).

Strato	Unità	Spessore* m	Permeabilità* m/s	Ruolo nei confronti della circolazione idrica sotterranea	Livello di falda in condizioni ordinarie m da p.c.
1	Limo sabbioso	0.4 ÷ 1	$10^{-6} \div 10^{-7}$	Orizzonte superficiale a ridotta permeabilità.	
2	Ghiaia e sabbia	3 ÷ 5	$10^{-4} \div 10^{-5}$	Orizzonte a maggiore permeabilità. Costituisce l'acquifero sede della falda libera.	2 ÷ 3**
3	Limo argilloso	> 30	$10^{-7} \div 10^{-9}$	Substrato a permeabilità da nulla a bassa.	

* Dato bibliografico.

** In presenza di intense precipitazioni la soggiacenza può collocarsi a -1 m da p.c..

Tab. 3.1 – *Modello di riferimento.*

3.1.1 Pericolosità sismica

Il sito in esame ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" risulta inserito nella zona 4.

3.1.2 Pericolosità idraulica

L'area indagata è inserita nelle "Zone soggette a possibili invasi temporanei e ristagni di acque esondate a bassa energia; altezze d'acqua < 40 cm".

Come evidenziato nell'ipotesi progettuale:

- la sopraelevazione di circa 1 m dell'area in esame, rispetto al piano campagna originario, minimizza il grado di pericolosità così come esposto nel modello idraulico (con un battente d'acqua minore di 0.40 m rispetto al p.c. originario), realizzato dall'Ing. Valter PEISINO, nell'ambito delle verifiche idrauliche allegato al P.R.G. vigente, del Comune di Bra.
- In qualsiasi caso poiché si tratta sempre di acqua a bassa energia, la presenza di una recinzione con un cancello di accesso, consente il mantenimento di un lasso di tempo ragionevole per mettere in atto ulteriori misure di prevenzione temporanee per salvaguardare la sicurezza idraulica, qualora se ne presentasse la necessità.

Per un'analisi di maggior dettaglio si rimanda allo studio idraulico dell'Ing. GAIA.

3.1.3 Criticità antropica

La gestione ed utilizzo dei terreni (in applicazione a quanto disposto dall'art. 41bis del decreto legge 21 giugno 2013 n° 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia, convertito con modifiche nella legge n° 98 del 9 agosto 2013) dovrà essere comunicata agli Enti competenti prima dell'inizio lavori.

Sarà cura del progettista strutturale delle opere verificare la staticità e stabilità del complesso terreno – strutture.

Per l'attuazione di tali verifiche si ritiene necessario definire un modello geotecnico di riferimento in quanto le incertezze, connesse alla potenza dei livelli geotecnici e ai parametri caratteristici dei terreni, risultano significative ai fini dello sviluppo del progetto stesso. Allo scopo sono necessarie prove in sito e di laboratorio, finalizzati alla presentazione del progetto definitivo / esecutivo.

Si raccomanda di asportare sempre la coltre vegetale e organica, che non dovrà essere utilizzata come piano di fondazione di alcun tipo di struttura. Il terreno agrario sarà accantonato in cumuli con alzata non superiore a 1.5 m, circondato da un fosso di guardia ed inerbito con idoneo miscuglio, allo scopo di mantenere la sua fertilità e consentirne il riutilizzo per le aree verdi, entro tre mesi dell'esecuzione dei lavori.

3.2 Fattibilità dell'intervento

Sulla base delle verifiche ed accertamenti effettuati, il sottoscritto esprime un parere favorevole riguardo alla compatibilità con l'assetto geologico dell'intervento certificando l'edificabilità del sito.