



COMUNE DI TERNATE  
PROVINCIA DI VARESE

**Legge Regionale 15 marzo 2016, n 4**  
**Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017**  
***così come modificato dal R.R.19.04.2019, n. 8***

**Documento semplificato del rischio idraulico comunale**

*(Art. 14 comma 8 R.R. 7/2017 e ss. mm.)*



**RELAZIONE TECNICA**

Il Tecnico Incaricato  
Ing. Antonino Bai

*Agosto, 2019*

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIZIONE GENERALE DEL TERRITORIO .....</b>	<b>6</b>
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	6
INQUADRAMENTO DEL SISTEMA INSEDIATIVO.....	6
<b>4. ASPETTI GEOLOGICI.....</b>	<b>9</b>
INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	9
DESCRIZIONE DELLE UNITA' CARTOGRAFATE .....	9
ANALISI GEOMORFOLOGICA .....	13
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	16
INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO.....	20
RETICOLO IDROGRAFICO COMUNALE .....	27
SISTEMA FOGNARIO .....	28
<b>5. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE .....</b>	<b>31</b>
<b>6. AZIONI PROGETTUALI .....</b>	<b>31</b>
A) INTERVENTI STRUTTURALI.....	31
Ambiti urbani esistenti .....	31
B) INTERVENTI NON STRUTTURALI.....	36
Misure di incentivazione urbanistica .....	36
Misure di gestione territoriale .....	37
Misure di prevenzione e controllo .....	38
<b>7. INDICAZIONI NECESSARIE PER LA CORRETTA APPLICAZIONE DI PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA .....</b>	<b>40</b>
Opere ed interventi tipologici.....	40
Buone pratiche costruttive.....	43
Indirizzi operativi .....	44
INDICAZIONI PER ZONE OMOGENEE ( <i>Art. 14, comma 8, lettera a.3 bis</i> ) .....	46

ALLEGATO 1 – CARTA DELLE CRITICITA' IDRAULICHE

ALLEGATO 2 – ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA INSEDIATIVO

ALLEGATO 3 – CARTA DELLE PERICOLOSITA' IDRAULICA

ALLEGATO 4 – CARTA DELLA VULNERABILITA'

ALLEGATO 5 – CARTA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI E DELLE AREE DA RISERVARE

## 1. PREMESSA

Regione Lombardia ha approvato il Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 recante “*Criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il Governo del Territorio)*” pubblicato sul BURL n. 48 Supplementi del 27 novembre 2017 e modificato dal Regolamento Regionale n. 8/2019 approvato con D.G.R. 15.04.2019, n. XI/1516.

Il regolamento definisce e dettaglia, tra l’altro, gli obblighi in capo ai comuni, differenziati in base all’ambito territoriale.

Al Comune di Ternate, inserito in Area C (bassa criticità idraulica), è demandato l’obbligo di redarre il “documento semplificato del rischio idraulico comunale” di cui all’art. 14 del Regolamento Regionale 7/2017 e ss. mm. (di seguito R.R.7/2017), nonché di procedere ai successivi necessari adeguamenti del PGT.

Con il presente studio si intende quindi predisporre il documento semplificato del rischio idraulico comunale di cui sopra, contenente ai sensi dell’art. 14 comma 8 lettera a) del R.R.7/2017 e ss. mm. ed ii.:

1. la delimitazione delle aree a rischio idraulico del territorio comunale, di cui al comma 7, lettera a), punto 3 (*delimitazione delle aree soggette ad allagamento - pericolosità idraulica - per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza delle rete fognaria*) e punto 4 (*mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - pericolosità idraulica - come indicate nella componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT e nelle mappe del piano di gestione del rischio di alluvioni*), da definire in base agli atti pianificatori esistenti, alle documentazioni storiche e alle conoscenze locali anche del gestore del servizio idrico integrato;
2. l’indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio che per gli ambiti di nuova trasformazione, e l’individuazione delle aree da riservare per le stesse;
3. l’indicazione delle misure non strutturali ai fini dell’attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quale l’incentivazione dell’estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, nonché delle misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale.
4. l’individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all’infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante, aree con terreni a bassa permeabilità, zone instabili o potenzialmente

instabili, zone suscettibili alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera, aree con terreni contaminati.

Formano parte integrante dello studio gli elaborati grafici comprendenti la carta delle criticità idrauliche (Allegato 1) e dell'organizzazione del sistema insediativo (Allegato 2), ricavate sulla scorta della documentazione disponibile e delle indicazioni fornite dall'Amministrazione Comunale, la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (Allegato 3), la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (Allegato 4) e l'individuazione delle misure strutturali con le aree da riservare per le stesse (Allegato 5).

Ai fini di una corretta interpretazione del presente studio si riporta di seguito quanto si intende a livello normativo per invarianza idraulica ed idrologica (Art. 2 R.R. 7/2017 e ss. mm. ed ii.):

a) ***invarianza idraulica***: *principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera a), della l.r. 12/2005;*

b) ***invarianza idrologica***: *principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera a), della l.r. 12/2005."*

## 2. METODOLOGIA

In sintesi, lo scopo principale dello studio è quello di:

- individuare le criticità idrauliche riscontrate sul territorio comunale sulla base della documentazione disponibile;
- identificare le misure strutturali e non strutturali per l'applicazione dei principi di invarianza idraulica.

I risultati del presente studio dovranno essere recepiti nella pianificazione vigente secondo quanto stabilito dalla stessa normativa ed in particolare "gli esiti del documento semplificato del rischio idraulico comunale devono essere recepiti nel PGT approvato ai sensi dell'articolo 5 comma 3 della L.R. 31/2014. A tal fine, il Comune:

a) *inserisce la delimitazione delle aree soggette ad allagamento, di cui al comma 7, lettera a), numero 2, e al comma 8, lettera a), numero 1, nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT;*

b) *inserisce le misure strutturali di cui al comma 7, lettera a), numeri 5 e 6, nel piano dei servizi.*

Per poter procedere con la determinazione delle aree passibili di fenomeni di allagamento, sono innanzitutto state reperite le seguenti informazioni:

- caratteristiche del territorio e dell'uso del suolo desumibili sulla base dei dati di cui al D.B.T.R., geologia, geomorfologia ed idrogeologia dei singoli luoghi;
- inquadramento della rete idrografica e valutazione della pericolosità idraulica locale sulla base delle informazioni disponibili e degli studi esistenti (PGT, PGRA, PAI);
- inquadramento del sistema fognario (reti fognarie separate di acque bianche o reti unitarie di acque miste, scolmatori, punti di scarico in corpo idrico superficiale) ed individuazione delle criticità sulla base delle informazioni fornite dalla Committenza che, attualmente, risulta il soggetto gestore della rete.
- perimetrazioni urbanistiche desumibili dal PGT, con particolare riferimento ai nuclei di antica formazione, alla perimetrazione dell'edificato ed agli ambiti di trasformazione previsti.

Tutte le informazioni acquisite sono state quindi elaborate e cartografate (Allegati 1 e 2) al fine di individuare le aree a pericolosità idraulica (Allegato 3) e la vulnerabilità idraulica (Allegato 4).

Al fine di individuare le misure strutturali per il raggiungimento degli obiettivi di invarianza idraulica si è poi effettuato, per aree urbane omogenee, un bilancio idrico con determinazione dei volumi d'acqua da invasare, utilizzando, i criteri contenuti nel R.R.7/2017.

### 3. DESCRIZIONE GENERALE DEL TERRITORIO

#### Inquadramento geografico

Il Comune di Ternate è situato in Provincia di Varese nella zona collinare immediatamente a sud del lago di Varese, lungo la direttrice della ferrovia Luino Milano e della S.P. 18 Travedona-Vergiate.

Il territorio comunale è mediamente compreso fra le quote 370 m s.l.m. (angolo nord-ovest del territorio, in corrispondenza di area estrattiva) e 238 m s.l.m. (settore orientale denominato Palude Brabbia).

#### Inquadramento del sistema insediativo

La superficie territoriale del Comune, suddivisa sulla base dell'uso del suolo derivante dai diversi tematismi del D.B.T.R. è di ca. 483 ha, sinteticamente così ripartiti:

<b>Aree naturali ed aree verdi permeabili</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Boschi	132	27,33	<b>45,76</b>
Aree agricole ed incolti	89	18,43	
Verde Urbano	77	15,94	
<b>Aree naturali impermeabili</b>			
Acque superficiali	40	8,28	<b>8,28</b>
<b>Aree antropiche ed aree impermeabili</b>			
Ingombro al suolo di manufatti	46	9,52	<b>23,80</b>
Strade	29	6,00	
Cortili ed aree pertinenziali	40	8,28	
Area estrattiva e sedime ferroviario	30	6,22	<b>6,22</b>
TOTALE	<b>483</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Come evidenziato nella precedente tabella una buona parte del territorio comunale possiede un moderato grado di naturalità; le aree antropizzate, verso le quali sono indirizzate le azioni di invarianza idraulica, rappresentano circa il 24% del territorio comunale.

Il Comune di Ternate è caratterizzato dalla presenza di un unico nucleo edificato piuttosto accorpato. All'interno di tale area è identificabile un ampio comparto artigianale-industriale posto nel settore nord orientale. Vi sono poi alcuni piccoli insediamenti sparsi di limitata superficie.

A livello di influenza, in riferimento alle perimetrazioni di PGT, le aree ricomprese entro ambiti territoriali edificati sono di 191,5 ha così ripartite:

Nuclei di antica formazione	7,35 ha
Ambiti edificati residenziali	103,95 ha
Aree produttive/commerciali	80,20 ha

Nella precedente tabella sono comprese sia le superfici impermeabili che le aree verdi ed agricole rientranti nel perimetro degli ambiti urbanizzati.

Alle precedenti aree, secondo le previsioni di piano, devono essere aggiunti 1,8 ha relativi ad aree di cui a piani attuativi esterni al tessuto urbano.



*Figura 1 – Inquadramento su foto aerea*

Con riferimento agli allegati n. 1 e 3 si evidenzia come le aree urbanizzate del territorio comunale siano sostanzialmente divisibili, in riferimento alle problematiche idrauliche, in due settori separati dalla linea ferroviaria Luino-Gallarate, che si sviluppa con direttrice nord/sud.

A loro volta i precedenti due settori sono differenziabili in diversi comparti:

- un comparto nord orientale costituito da un insediamento industriale;
- un comparto orientale prevalentemente residenziale;
- un comparto nord occidentale prevalentemente residenziale con piccoli nuclei artigianali;
- un comparto occidentale prevalentemente residenziale all'interno del quale è presente il nucleo originario dell'abitato di Ternate.

Ai precedenti settori si aggiungono alcuni nuclei sparsi tra cui il più rilevante è l'area industriale occidentale afferente allo stabilimento Holcim S.p.a.

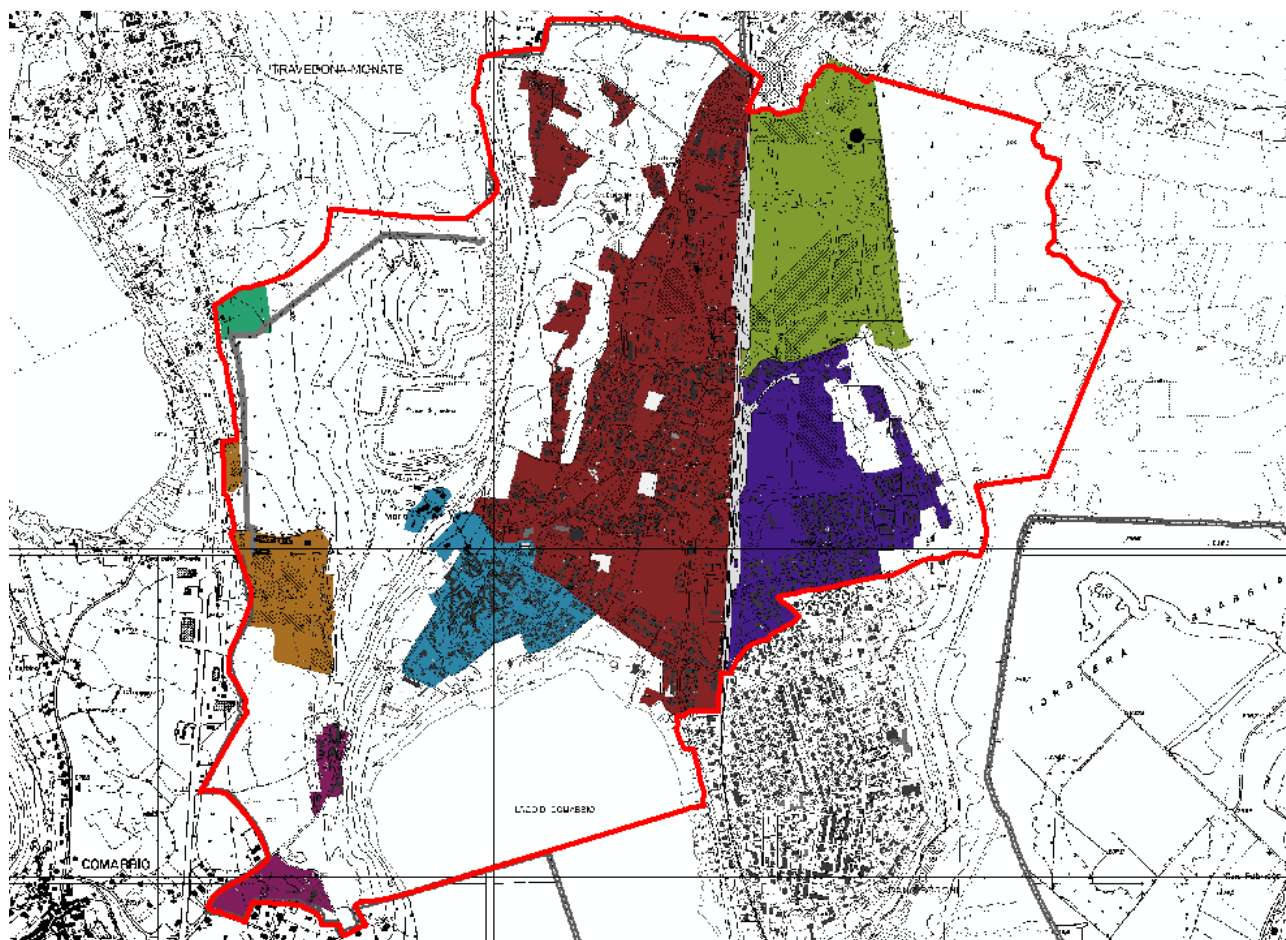


Figura 2 – Aree urbane omogenee (Estratto Allegato 2)

## **4. ASPETTI GEOLOGICI**

### **Inquadramento geologico**

Il territorio in esame si colloca nel settore delle Prealpi Varesine, compreso fra i laghi di Varese, Monate e Comabbio.

In relazione alle formazioni geologiche presenti, costituite da depositi quaternari continentali di origine glaciale, fluvioglaciale, fluviale e lacustre e da formazioni rocciose terziarie (Gonfolite, Formazione di Ternate), ci si trova dunque in una fascia definibile “di transizione” fra le serie mesozoiche – cenozoiche affioranti a nord e la pianura quaternaria vera e propria che si sviluppa progressivamente procedendo verso sud.

La storia geologica del territorio nel Quaternario inizia con la definitiva ritirata del mare che occupava la Pianura Padana; tale regressione, avvenuta in modo lento e progressivo a partire da ovest verso est, ha provocato l’instaurarsi di un ambiente di tipo lagunare (depositi argilloso torbosi con lenti sabbioso – ghiaiose del “Villafranchiano”) e quindi più decisamente continentale.

A partire dal Pleistocene medio in poi, si assiste ad un succedersi di periodi caratterizzati da climi sensibilmente differenti, da freddo a temperato caldo; questi cambiamenti sono scanditi da momenti di avanzata e di ritiro dei ghiacciai alpini, con la creazione di diversi terrazzi climatici che nella nostra era sono di tipo fluvio – glaciale e , più recentemente, fluviale.

Dal rilievo di dettaglio dell’Anfiteatro glaciale del Verbano (cui l’area in esame appartiene) si possono riconoscere corpi geologici affioranti estesamente che formano l’anfiteatro stesso, con cerchie concentriche di morene e piane fluvioglaciali adagate sui corpi geologici sepolti costituenti il loro substrato.

Per quanto riguarda l’area di studio si distinguono depositi quaternari wurmiani e pro-parte rissiani, sovrapposti da alluvioni recenti ed alluvioni terrazzate; il substrato roccioso su cui poggiano si riferisce alla Formazione di Ternate ed al Conglomerato di Como o Gonfolite (non affiorante nell’area di studio).

### **Descrizione delle Unità Cartografate**

In questo paragrafo vengono descritte le principali caratteristiche litologiche delle formazioni cartografate individuate Figura X (stralcio *Allegato 1 “Carta di inquadramento geologico”; Definizione della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto del Piano di Governo Del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013*), organizzate dalla più recente alla più antica.

I depositi più recenti (post-glaciali) sono contraddistinti dalle alluvioni antiche, recenti ed attuali di genesi prevalentemente lacustre affioranti lungo la sponda orientale del Lago di Monate lungo la sponda settentrionale del Lago di Comabbio nel settore occupato dalla Palude Brabbia.

I depositi di origine prettamente glaciale dell'Allogruppo di Besnate sono descrivibili come morenici indifferenziati e riferibili alle glaciazioni rissiane (pro-parte) e wurmiane dei vecchi autori.

Le peculiarità di questi depositi si sintetizzano nella litologia prevalentemente sabbiosa e nella presenza di un profilo d'alterazione spesso fino a 4 m.

L'Alloformazione di Cantù, qui contraddistinta da materiali fluvio-glaciali e glacio-lacustri, è ascrivibile al Wurm dei vecchi autori e si distingue per uno spessore alterato poco evoluto.

In assenza di caratteri significativi nonchè in presenza di situazioni geolitologiche non differenziabili tra loro (anche in relazione al ripetuto sovrapporsi di situazioni tra loro poco dissimili), non sempre è possibile effettuare alcuna attribuzione significativamente rappresentativa sulla tipologia del deposito.

Più in dettaglio si può notare come la successione geologica sia alquanto monotona e costituita da depositi tipicamente morenici che morfologicamente si distinguono dall'Unità post-glaciale di limi e argille con livelli di torba.

#### *DEPOSITI DI COPERTURA PLIO-QUATERNARI*

##### Unità post-glaciale (Pleist. Sup. Olocene)

Si tratta di depositi lacustri e palustri recenti od attuali prevalentemente costituiti da limi con sabbie, livelli torbosi e/o argille organiche, con colori dal marrone scuro al nero;

Sono presenti a scala locale nelle zone depresse delle piane intramoreniche e nelle aree circumlacuali a quota più bassa.

##### Alloformazione di Cantù (Pleistocene sup.)

La maggior parte dell'area urbanizzata del territorio comunale di Ternate è ascrivibile geologicamente a terreni appartenenti a questa alloformazione: essa è rappresentata da depositi glaciali (sotto forma di allineamenti morenici sepolti, rappresentati da diamicton massivi a supporto di matrice limoso-sabbiosa con pochi ciottoli) e fluvio-glaciali wurmiani costituiti da sabbie localmente ghiaiose, ghiaie con livelli sottili sabbiosi grossolani a composizione eterogenea (clasti di provenienza alpina: granitoidi, gneiss e porfiroidi, frequente coalescenza con depositi eluvio-colluviali, a spessore variabile e forma differenziata sulla base delle diverse condizioni morfologiche. Suoli di spessore variabile (30-60 cm), fino a circa 1 metro nelle zone pianeggianti. Copertura loessica assente.

Le facies più grossolane (depositi glaciali s.s.) sono raggruppate in corrispondenza dei cordoni morenici bene in evidenza sui versanti o nel sottosuolo a profondità variabili.

Nella porzione pianeggiante centrale predominano evidentemente facies fluvio-glaciali e in minor misura lacustri e glacio-lacustri.

La morfologia dell'area di affioramento di questa unità è assai complessa e contraddistinta da evidenze di ripetute avanzate e ritiri glaciali in un contesto con rilievi rocciosi anche isolati ad interrompere l'espansione glaciale e la conca lacustre del Lago di Comabbio in posizione margino-glaciale.

#### Allogruppo di Besnate (Pleistocene Medio-Superiore)

Sono compresi in questa formazione i depositi legati alle fasi glaciali ed interglaciali wurmiane e rissiane del Verbano.

In particolare, nell'area di studio, si individuano evidenti allineamenti di cordoni morenici caratterizzati da depositi glaciali e di contatto glaciale costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice limosa o sabbioso-limosa con clasti poligenici prevalentemente non alterati.

La distinzione dall'Alloformazione di Cantù risulta difficile per la convergenza dei caratteri litologici conseguente alla coincidenza degli ambienti sedimentari.

#### *FORMAZIONI DEL SUBSTRATO ROCCIOSO*

##### Formazione di Ternate (FT) (Olocene)

Questa formazione è costituita da una successione di calcari organogeni a sostegno granulare (grainstones) intercalati a marne grigio-verdi, la cui origine è riferibile a episodi di correnti e frane sottomarine, sinsedimentarie, durante le quali ad un litotipo autoctono emipelagico prevalentemente marnoso si aggiungevano e sovrapponevano clasti e particelle di ambiente sublitorale e frammenti detritici derivati dall'erosione di affioramenti più antichi.

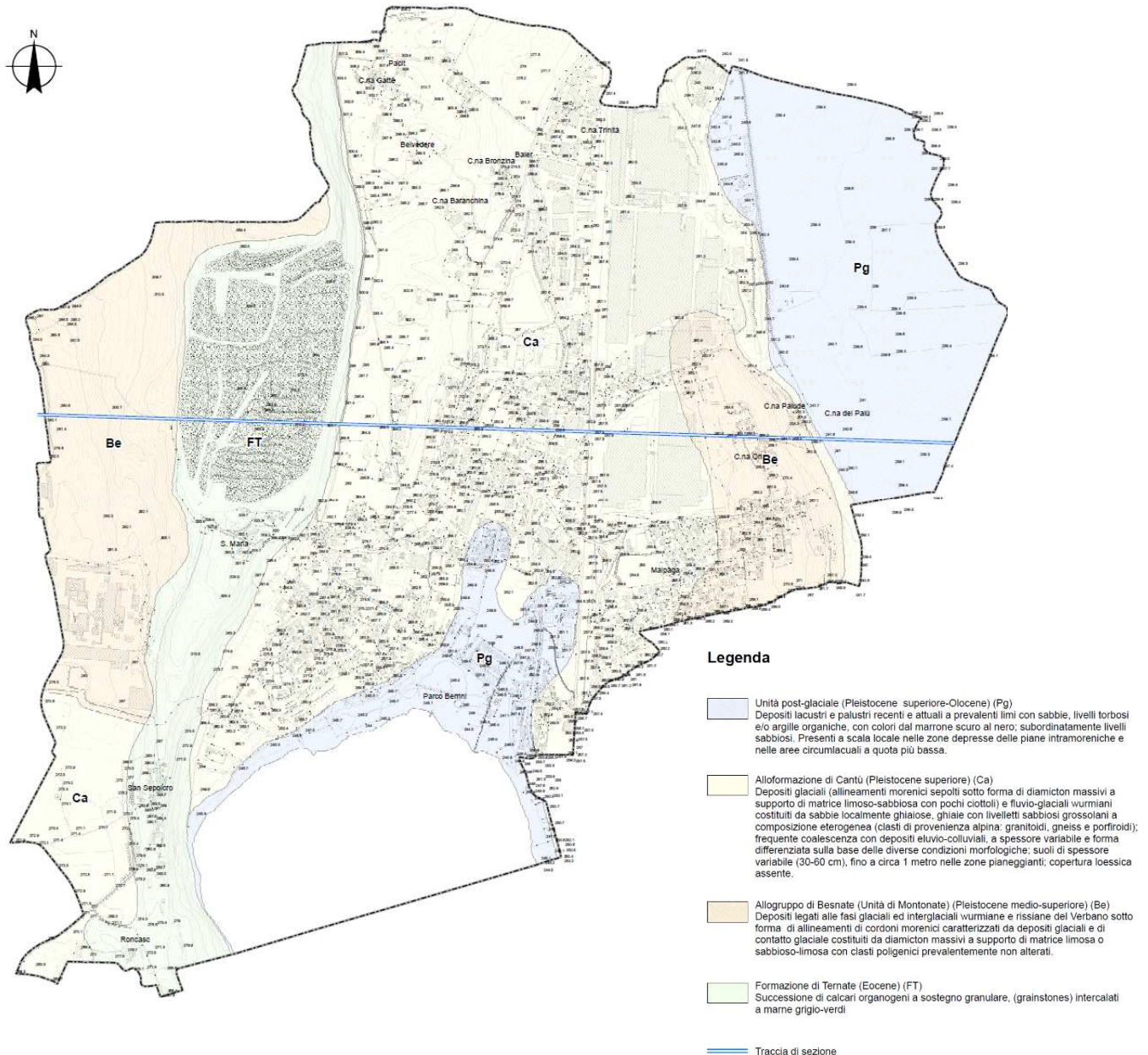
I clasti dei carbonati sono costituiti principalmente da frammenti organogeni (scheletri di macroforaminiferi, molluschi, alghe, coralli e rari frustoli vegetali carbonizzati).

Essi appaiono in genere variamente associati con inclusi marnosi eterometrici (da millimetrici a metrici), oncoliti, ciottoli silicei (frammenti di selce, rocce cristalline, arenarie e siltiti).

Relativamente diffusa è inoltre la presenza di livelli ad andamento irregolare costituiti da conglomerati poligenici ad aspetto caotico e contatto basale di tipo erosivo nell'ambito dei quali la componente marnosa è molto variabile.

Per quanto riguarda la occorrenza di marna, la sua distribuzione appare essere molto irregolare, in quanto presente sia come massa di fondo ed inclusi di grosse dimensioni nell'ambito di livelli conglomeratici, sia come strati ed intercalazioni (di spessore anche metrico) o come giunti di strato.

Con riferimento specifico alla situazione della cava Faraona, si rileva comunque una generale minore presenza di quest'ultimo litotipo rispetto alle frazioni più strettamente carbonatiche.  
Sulla base degli affioramenti individuati nella zona, nonché dei loro rapporti giacaturali, lo spessore totale della Formazione di Ternate è stimabile in circa 400 metri.



**Figura 3: Inquadramento geologico. (stralcio Allegato 1 "Carta di inquadramento geologico"; Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013)**

## **Analisi geomorfologica**

La situazione geomorfologica dell'area è rappresentata in figura XX (stralcio *Allegato 2 "Carta delle dinamiche geomorfologiche"; Definizione della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013*) dove i tipi e i processi geomorfologici sono stati censiti e cartografati in base al fattore predisponente in:

- *Forme e processi gravitativi di versante*
- *Forme e processi legati all'attività glaciale*
- *Forme e processi legati alle acque superficiali;*
- *Forme dei processi antropici*

Sulla base dei dati ricavati dalla letteratura a tema, confrontati ed opportunamente integrati con osservazioni dirette sul terreno, gli estensori della cartografia riportata in figura 4 hanno individuato aree omogenee relativamente ai tipi litologici prevalenti per la cui descrizione si rimanda alla legenda a margine.

La morfologia del territorio intrinsecamente collegata alla sua storia geologica e strutturale: in particolare come già avuto modo di anticipare nel capitolo precedente si presenta in larga parte caratterizzata dalla presenza di diversi ordini di terrazzi morfologici, delineati da orli di scarpata, espressione di antiche piane e/o conoidi fluvioglaciali giustapposti e progressivamente sostituiti dai depositi morenici nell'ambito dei quali sono ancora riconoscibili i relitti delle fasi di massima espansione delle lingue glaciali in forma di blandi rilievi (cordoni/archi morenici).

Questa situazione è frutto principalmente della evoluzione quaternaria del territorio: i bacini lacustri di Comabbio, Varese e Monate (principali tratti morfologici dell'area) si sono formati in conseguenza del ritiro dell'imponente ghiacciaio del Verbano, il quale ha dapprima riescavato le antiche valli fluviali incise nel substrato roccioso, e poi deponendo gli edifici morenici, ha favorito l'impostazione dei bacini.

In definitiva il substrato pre-quaternario è stato intensamente eroso, scavato e modellato dall'avanzata del Verbano verso S, ed oggi ha una morfologia molto accidentata con lineamenti a direzione prevalente Nord-Sud, a dare una struttura in cui alti e bassi si susseguono da W verso E. L'azione dei ghiacci ha prodotto una depressione impostata lungo la direttrice NNE-SSW, delimitata verso E dai rilievi oligocenici della zona di Corgeno e dalla dorsale (quasi interamente sepolta) a NE di Varano Borghi, e delimitata verso W dai rilievi di Mercallo-Comabbio (Oligocene) e di Ternate (Eocene).

Nel territorio di Ternate non sono stati riscontrati gravi processi ad evoluzione negativa in atto o potenziali; tuttavia il rilevamento dell'area ha posto in luce alcune situazioni di attenzione che possono essere così schematizzate:

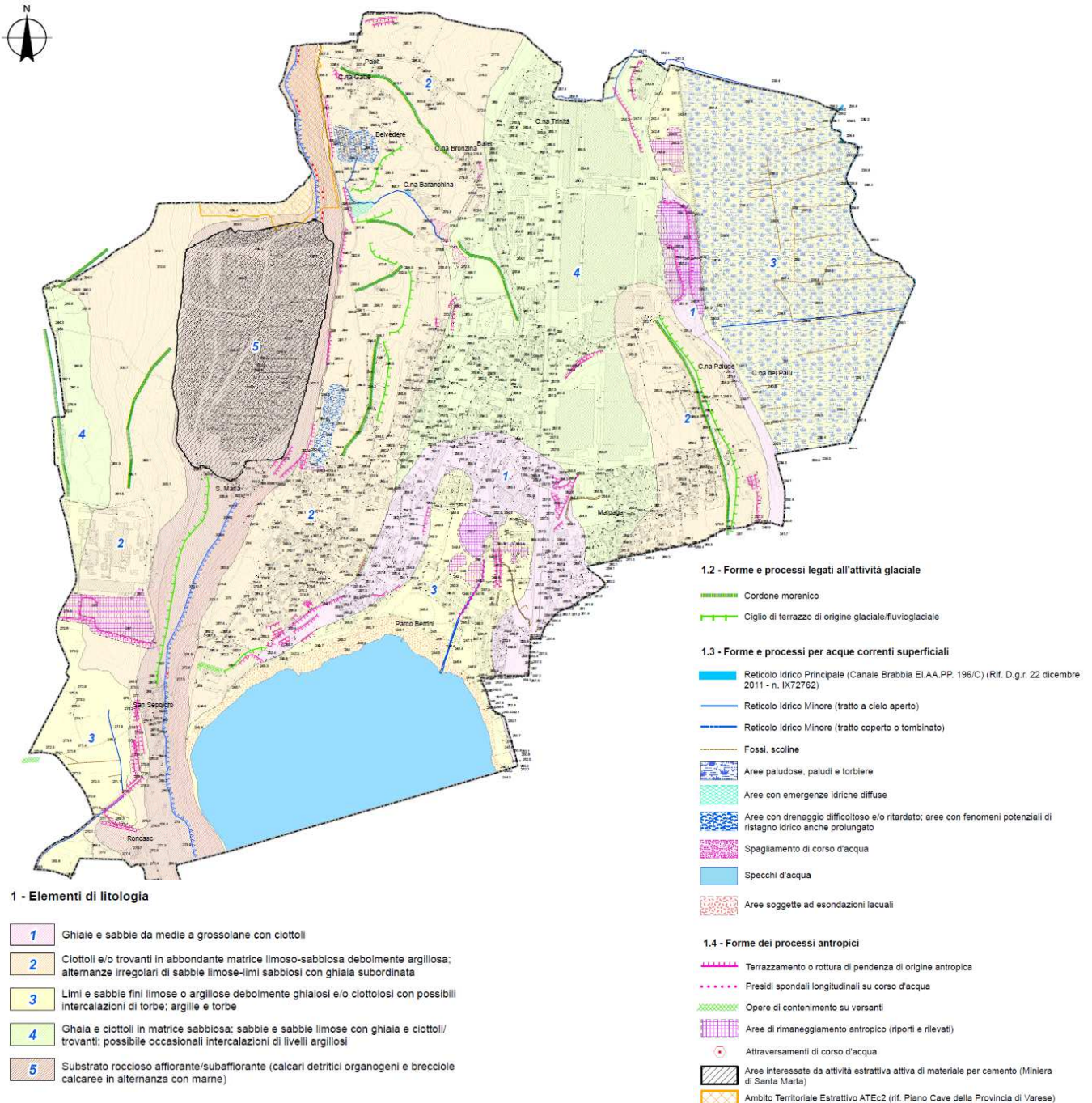
- il settore centro-occidentale del territorio comunale presenta ancora ben riconoscibili i caratteri della morfogenesi glaciale, solo parzialmente obliterati dalla crescente pressione antropica, in forma di dossi arrotondati spesso separati, gli uni dagli altri, da ampie incisioni dovute ad antiche erosioni torrentizie (ormai assorbite dalle canalizzazioni antropiche di raccolta delle acque bianche);
- il settore centrale deve i suoi caratteri morfologici principali all'azione di deposito delle acque fluvio-glaciali e glacio-lacustri, con fenomeni morfologici poco evidenti per la natura pianepianeggiante del territorio e l'assenza dell'azione dinamica di acque superficiali. Le variazioni ritmiche delle oscillazioni climatiche e pluviometriche intercorse nei tempi geologicamente più recenti (olocenici) hanno lasciato sovrapposti i segni di differenti equilibri idrologici nei corsi d'acqua che hanno modellato il rilievo, ora con prevalente sedimentazione (costruzione dei diversi ordini di terrazzi o ripiani alluvionali), ora con prevalente erosione (incisione degli orli di terrazzo);
- non sono state evidenziate sul territorio comunale particolari sintomatologie ad evoluzione negativa. Si sottolinea comunque una situazione abbastanza delicata lungo tutta la scarpata morfologica di raccordo tra il crinale S. Maria/Faraona in relazione soprattutto alla generale (anche se variabile) elevata pendenza del versante e alla presenza di roccia fratturata e stratificata.

Per quanto di maggior interesse, ai fini del presente studio, si evidenzia che nelle cartografia sono individuate aree che si trovano in condizioni prossime alla saturazione, con terreno allo stato semisolido o localmente con specchi d'acqua; le acque sono in genere stagnanti o quasi (deflusso molto lento), ed il loro livello è soggetto a rapide e forti variazioni con le diverse condizioni di piovosità, cosicché vaste aree si presentano alternativamente emerse o sommerse ; fra queste la Palude Brabbia è l'esempio più significativo.

Si sono anche individuate aree di spagliamento delle acque superficiali e meteoriche, quali aree con presenza di acqua nel primo sottosuolo correlabile ad occorrenza di falde idriche sospese sub-superficiali a carattere locale (potenzialmente interferente con scavi per opere di fondazione e/o con comparti interrati).

Si tratta di aree che in particolari condizioni climatiche, ovvero a seguito di precipitazioni anche non particolarmente intense, accolgono tutte le acque superficiali provenienti dai versanti, sia come impluvi (sebbene molto ampi) che sotto forma di ruscellamento entro la coltre superficiale di

terreno; le acque fluiscono per gravità verso valle, e giunte alla base del versante, dove si osserva lo stacco di pendio (correlato ad un cambio litologico), si disperdono per spagliamento nei prati sottostanti, allagandoli e depositandovi i detriti portati a valle (attraversamento della S.P. 33–Via Varese a S di Cascina Baranchina).



**Figura 4: Inquadramento geomorfologico (stralcio Allegato 2 “Carta della dinamica Gemorfologica” Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013)**

Una ulteriore interazione con le acque subsuperficiali si verifica in località Belvedere, dove, al contatto con litologie ben consolidate poco permeabili, sono probabili condizioni di occorrenza di acque nel primo sottosuolo, soprattutto a seguito di periodi ad intense precipitazioni meteoriche; per questa ragione si trovano frequenti aste di drenaggio per l'allontanamento delle acque.

Sono state infine individuate e cartografate aree depresse con potenziali fenomeni di drenaggio difficoltoso o ristagno prolungato; sono aree in cui la particolare conformazione morfologica o la presenza di strutture antropiche possono determinare condizioni di drenaggio lento o fenomeni di ristagno prolungato, sia delle acque meteoriche che di quelle provenienti dai versanti a monte.

Alcuni esempi isolati si hanno in corrispondenza delle depressione intramoreniche a W del crinale S. Maria-Faraona.

La cartografia individua anche le aree perimetrali lungo le sponde del Lago di Comabbio soggette ad allagamento a seguito di innalzamento del livello del lago o particolarmente soggette all'azione del moto ondoso.

### **Inquadramento idrogeologico**

Nella cartografia riprodotta in figura 4 (rif. allegato 3 Allegato 3 "Carta di inquadramento Idrogeologico" Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013) vengono fornite indicazioni relative alla geometria dei corpi idrici sotterranei e alla possibilità di infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo in quanto condizionanti sia la ricarica delle falde superficiali sia la possibilità di infiltrazione di eventuali inquinanti in superficie individuando, in ultima analisi, le porzioni di territorio ove le acque sotterranee risultano potenzialmente vulnerabili.

In figura 5 è visibile la ricostruzione dell'andamento della prima falda (freatica) eseguito sulla base dei dati di soggiacenza dei pozzi perforati nel territorio comunale e nei comuni limitrofi tenendo presente anche quanto riportato sul SIT della Provincia di Varese e in Tavola 2 - Idrogeologia dello "Studio idrogeologico ed idrochimico del territorio della provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili".

Le isopiezometriche mostrano nel settore orientale una falda convergente verso la Palude Brabbia, mentre nella porzione centrale risulta convergente verso il Lago di Comabbio; evidente il ruolo di spartiacque sia fisico che idrogeologico del crinale roccioso che da Roncaccio risale verso la miniera di Santa Marta.

La suddivisione preliminare dei terreni in base alle caratteristiche litologiche prevalenti, ai valori stimati di permeabilità subsuperficiale e al grado di vulnerabilità della falda ha condotto alla individuazione dei seguenti complessi idrogeologici:

### Unità 1 - Complesso dei depositi fluvio-glaciali

Litologia prevalente: sabbie, ghiaie e ciottoli in matrice limoso-sabbiosa; conducibilità idraulica da media a buona funzione della percentuale di frazione fine limosa; presenza di acquifero freatico a vulnerabilità elevata.

### Unità 2 - Complesso dei depositi glaciali

Litologia prevalente: ghiaie, ciottoli e blocchi in matrice limoso-sabbiosa variabile; conducibilità idraulica medio-bassa in funzione della granulometria dei depositi (intorno ai 10-5 cm/sec); vulnerabilità medio-alta.

### Unità 3 - Complesso Post-glaciale dei depositi lacustri e palustri

Litologia prevalente: limi, torbe ed argille a conducibilità idraulica molto bassa, saturi per risalita capillare o per presenza di falda affiorante o subaffiorante; vulnerabilità molto elevata.

### Unità 4 - Substrato roccioso calcareo e calcareo-marnoso stratificato

Complessi rocciosi compatti che per proprie caratteristiche fisiche privilegiano lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche.

La conducibilità idraulica primaria è praticamente nulla, mentre la permeabilità secondaria per fratturazione risulta comunque medio-bassa data la presenza di litologie marnose.

Per una prima valutazione della permeabilità associata ai complessi idrogeologici gli estensori della cartografia hanno proceduto confrontando i litotipi presenti ed i dati riportati in letteratura come tipici per le diverse litologie.

Basandosi sui dati forniti dalla letteratura in materia, sono stati così definiti i gradi di permeabilità:

- i depositi fluvio-glaciali hanno permeabilità media ( $K = 10^{-2} \div 10^{-3}$  cm/sec);
- i depositi morenici d, più ricchi di componente limoso-argillosa rispetto ai precedenti, hanno permeabilità medio-bassa, intorno ai  $10^{-3} - 10^{-5}$  cm/sec;
- i depositi limosi, torbosi ed argillosi hanno permeabilità nulla o molto bassa (approssimativamente il coefficiente di permeabilità  $K$  varia tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  cm/secondo);
- il substrato calcareo-marnoso ha permeabilità praticamente nulla.

Ai fini di una valutazione preliminare della vulnerabilità intrinseca a livello del territorio comunale nella cartografia sono rappresentati diversi elementi in particolare:

- produttori reali e potenziali di inquinamento dei corpi idrici sotterranei (rete fognaria, aree non servite da pubblica fognatura, aree cimiteriali. atc).
- preventori e/o riduttori dell'inquinamento (zona di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile, zona di rispetto captazioni ad uso idropotabile, area di bonifica).
- principali soggetti ad inquinamento (pozzo di captazione ad uso idropotabile e sorgenti).

Nella cartografia è stato riportato il reticolo idrografico superficiale nonché:

- le aree con drenaggio difficoltoso e/o ritardato;
- le aree con fenomeni potenziali di ristagno idrico anche prolungato;
- le aree paludose paludi e torbiere;
- le aree con emergenze idriche diffuse.

Si evidenzia infine che si è proceduto ad una suddivisione preliminare del territorio comunale in settori “omogenei” relativamente alle caratteristiche delle falde idriche (rif. Tavola 2-Idrogeologia “Studio idrogeologico ed idrochimico del territorio della provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili”). Sono state quindi individuate:

- A. aree con presenza di acquiferi semiconfinati e confinati prive dell'acquifero libero, corrispondente alla porzione centrale del territorio comunale dei depositi fluvioglaciali wurmiani;
- B. aree prive di idrostrutture di interesse acquedottistico, comprendente l'area della palude Brabbia e la porzione occidentale del territorio comunale e dei rilievi morenici;
- C. aree con presenza di acquiferi multistrato comprendente la porzione occidentale del territorio comunale dove sono presenti i due pozzi ad uso idropotabile;
- D. rete acquifera in litotipi a permeabilità primaria e secondaria corrispondente al crinale in rilievo morfologico con condizioni di substrato roccioso affiorante-subaffiorante.

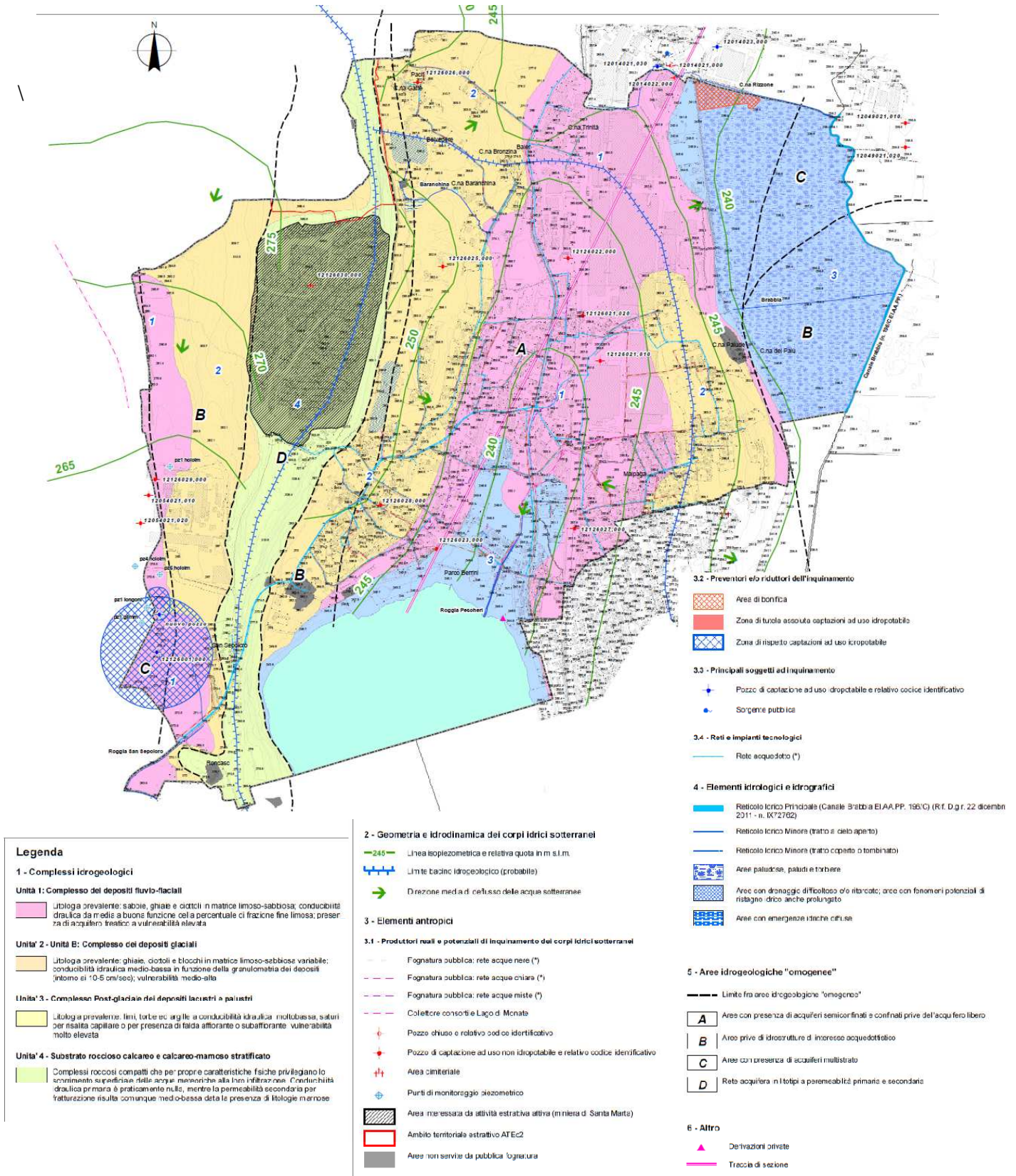


Figura 5: Inquadramento idrogeologico (stralcio Allegato 3 "Carta di inquadramento Idrogeologico" Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013)

## **Inquadramento geologico tecnico**

La caratterizzazione geologico–tecnica proposta nel successivo stralcio dell’Allegato 4 “Carta di caratterizzazione geologico tecnica preliminare “Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a Supporto del Piano di Governo del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013) mostra una definizione preliminare ed indicativa delle proprietà geotecniche dei terreni in relazione ad interventi di modificazione dell’area ai fini costruttivi che riveste significato anche per le finalità del presente studio.

Di seguito si riporta per esteso la descrizione delle seguenti unità con caratteristiche geologico–tecniche sostanzialmente omogenee in cui è stato suddiviso il territorio comunale:

### *Unità geotecnica 1 – Ghiaie, sabbie e ciottoli*

Descrizione: ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli (depositi fluvio-glaciali wurmiani della piana tra Ternate e Cassina Rizzone).

Formazione geologica: Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore).

Classificazione U.S.C.S.: CL-ML, GM, GM-GC, SM-SC, SM, SL.

Caratteristiche tecniche generali: terreni con caratteristiche tecniche variabili, generalmente discrete: comportamento incoerente, grado d'addensamento discreto, caratteristiche di portanza variabili. Falda freatica a soggiacenza media.

Permeabilità subsuperficiale: da media a buona, in funzione delle prevalenze granulometriche locali.

Problematiche: sono prevedibili limitate problematiche relativamente alle caratteristiche di portanza ed alla stabilità dei fronti di scavo. Possibile occorrenza di plaghe di materiale fine con caratteristiche tecniche mediocri. Presenza di suoli moderatamente profondi (fino a 0,5 m).

### *Unità geotecnica 2 – Limi sabbiosi con ciottoli e massi*

Descrizione: ciottoli e/o trovanti in abbondante matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa; alternanze irregolari di sabbie limose-limi sabbiosi con ghiaia subordinata

Formazione geologica: Unità Postglaciale - depositi alluvionali lacustri attuali e recenti soprastanti depositi fluvio-glaciali (Pleistocene superiore–Olocene).

Classificazione U.S.C.S.: ML , OL, SW, SP, SM, GP-GM, SC, GC

Caratteristiche tecniche generali: terreni coesivi o incoerenti con stato di addensamento da basso a molto basso; capacità portante non elevata, possibili cedimenti istantanei. Falda a profondità limitata, generalmente prossima al piano campagna.

Permeabilità subsuperficiale: da media a bassa.

Problematiche: sono prevedibili problematiche importanti relative alla stabilità dei versanti e dei fronti di scavo, nonché alle caratteristiche di portanza. Da valutare attentamente la vulnerabilità della falda idrica sotterranea; vanno valutate con attenzione tutte le possibili modificazioni all'assetto idrogeologico esistente con le relative conseguenze (variazione regime idrico e possibilità di smottamenti superficiali). Probabilità di incontrare blocchi durante scavi anche di profondità limitata. Grado di addensamento dei materiali variabile da moderato a buono, in genere crescente con la profondità; capacità portante discreta variabile in funzione delle prevalenze litologiche locali.

Come prescrizioni in previsione di nuove opere si consiglia di porre particolare attenzione alla possibile presenza di lembi o plaghe di eluvi/colluvi di spessore variabile a caratteristiche tecniche scadenti o alla possibile occorrenza di orizzonti di materiale riportato e/o rimaneggiato; possibili problematiche potranno essere connesse al ruscellamento delle acque di corrivazione lungo i versanti a maggiore pendenza. Dovranno essere valutate attentamente le possibili problematiche relative a scarso drenaggio ed alla stabilità dei versanti e dei fronti di scavo.

#### *Unità geotecnica 3 – Limi sabbiosi con torbe e argille*

Descrizione: limi e sabbie fini limose o argillose debolmente ghiaiosi e/o ciottolosi con possibili intercalazioni di torbe; argille e torbe (depositi fluvio-glaciali wurmiani sottoposti a depositi eluvio-colluviali dei terrazzi altimetricamente più elevati).

Formazione geologica: Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore).

Classificazione U.S.C.S.: CL-ML, GM, GM-GC, SM-SC, SM, SL.

Caratteristiche tecniche generali: terreni con caratteristiche tecniche variabili, generalmente discrete: comportamento da semi-coesivo a incoerente, stato di consistenza e/o grado d'addensamento discreto, caratteristiche di portanza variabili. Falda freatica a soggiacenza da bassa a media; possibili locali falde sospese anche semiconfinate o confinate.

Permeabilità subsuperficiale: da media a buona, in funzione delle prevalenze granulometriche locali.

Problematiche: da valutare con attenzione la portanza dei terreni interessati da manufatti importanti ed il ruolo delle acque occasionalmente circolanti nello strato più superficiale, soprattutto nelle zone terrazzate; permeabilità subsuperficiale da media a bassa con scarso drenaggio; grado di addensamento dei materiali generalmente medio-basso; capacità portante moderata fatta eccezione per l'orizzonte di terreno vegetale e le torbe dove i caratteri tecnici risultano molto scadenti.

#### *Unità geotecnica 4 – Sabbia e limo con ciottoli*

Descrizione: depositi fluvio-glaciali wurmiani sottoposti a depositi eluvio-colluviali dei terrazzi altimetricamente più elevati costituiti da accumuli eterogenei scarsamente classati con ciottoli e ghiaia a supporto di matrice sabbioso-argillosa, in proporzioni variabili, sciolti o addensati. Sabbie, ghiaie e sabbie limose con ciottoli.

Formazione geologica: Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore).

Classificazione U.S.C.S.: CL-ML, GM, GM-GC, SM-SC, SM, SL.

Caratteristiche tecniche generali: terreni con caratteristiche tecniche variabili, generalmente discrete: comportamento da semi-coesivo a incoerente, stato di consistenza e/o grado d'addensamento discreto, caratteristiche di portanza variabili. Falda freatica a soggiacenza da bassa a media; possibili locali falde sospese anche semi-confinata o confinata.

Permeabilità subsuperficiale: da media a buona, in funzione delle prevalenze granulometriche locali.

Problematiche: Sono prevedibili problematiche relative alla stabilità dei versanti e dei fronti di scavo ed alla circolazione idrica subsuperficiale: vanno valutate con attenzione tutte le possibili modificazioni all'assetto idrogeologico esistente con le relative conseguenze (variazione regime idrico e possibilità di smottamenti superficiali). Da valutare attentamente le caratteristiche locali di portanza dei terreni.

#### *Unità geotecnica 5 – Substrato roccioso Ghiaia, sabbia e ciottoli*

Descrizione: substrato roccioso affiorante/subaffiorante (calcari detritici organogeni e breccie calcaree in alternanza con marne).

Formazione geologica: Formazione di Ternate (Eocene).

Classificazione BGD: L4,F4-5,S2,A3,W1.

Caratteristiche tecniche generali: ammasso roccioso massiccio con stato di fratturazione e discontinuità variabili. Permeabilità secondaria: praticamente nulla data la debole fratturazione e la presenza di livelli marnosi; lenta circolazione lungo le fratture più persistenti.

Permeabilità secondaria: praticamente nulla data la debole fratturazione e la presenza di livelli marnosi; lenta circolazione lungo le fratture più persistenti.

Problematiche: sono prevedibili problematiche relativamente alla stabilità per caduta massi delle scarpate rocciose esposte; caratteristiche geomeccaniche generali discrete.

Oltre alla suddivisione preliminare in "unità geologico-tecniche" sono stati riportati in allegato:

→ indagini geognostiche e punti a stratigrafia nota: sono state ubicate le indagini geognostiche eseguite sul territorio comunale sia quelle derivate dall'archivio degli scriventi che quelle indicate su lavori e relazioni tecniche reperite presso l'U.T. comunale; le indagini sono state distinte per

tipologia (simbolo e colore) e ad ognuna di esse è associata una etichetta che ne indica il numero di riferimento (appendice A);

→ situazioni di rilevanza geotecnica:

- Aree con scadenti caratteristiche geotecniche per presenza di depositi di origine organica - torbe - altamente compressibili saturi (aree paludose e torbiere);
- aree di profondo rimaneggiamento antropico (rilevati e riporti).

Si ritiene utile proporre in figura 7 stralcio dell'*Allegato 7 "Carta di sintesi" (Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio, Studio Tecnico Associato di Geologia; Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013)* che rappresenta l'incrocio e la sovrapposizione ragionata di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi analitiche fin qui descritte (analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica) al fine di fornire un quadro riassuntivo dello stato dell'area.

Di seguito si riporta per esteso la descrizione delle aree individuate nel territorio comunale:

#### - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO E/O IDRAULICO

Entro tale categoria sono state comprese:

- 1) Aree con presenza di acqua nel primo sottosuolo correlabile ad occorrenza di falde idriche sospese sub-superficiali a carattere locale (potenzialmente interferente con scavi per opere di fondazione e/o con comparti interrati).
- 2) Aree con drenaggio difficoltoso e/o ritardato; aree con fenomeni potenziali di ristagno idrico anche prolungato legate sia a condizioni morfologiche sfavorevoli (aree debolmente depresse) e/o a occorrenza di depositi a scarsa conducibilità idraulica.
- 3) Aree di spagliamento di corsi d'acqua: corrispondono ad aree in fregio al corso d'acqua in località Baranchina allagate o allagabili in occasione di condizioni meteorologiche avverse o a carattere eccezionale;
- 4) Aree soggette ad esondazioni lacuali ovvero aree perilacustri talora debolmente depresse soggette ad allagamenti periodici a seguito dell'innalzamento del livello del Lago di Comabbio o particolarmente soggette all'azione del moto ondoso.

#### - AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI

Nell'ambito di questa tipologia di fenomeno sono stati compresi i seguenti elementi caratterizzanti:

- 1) Aree di versante ad acclività da media a localmente elevata: definiscono le porzioni di territorio a pericolosità potenziale per predisposizione a fenomeni di dissesto e/o ruscellamento concentrato/diffuso che, pur non essendo, allo stato attuale, interessate da gravi processi ad evoluzione negativa in atto, presentano comunque una sensibilità idrogeologica medioelevata;

trattasi di aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata (e stimata area di influenza).

2) Potenziali crolli isolati di singoli massi: identificano le porzioni di ciglio di scarpata in roccia dove più probabili sono i fenomeni di crollo di roccia.

#### - AREE CHE PRESENTANO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE SCADENTI

Sono attribuite a questa categoria quelle porzioni di territorio che presentano caratteristiche litologiche e morfologiche tali da determinare l'accumulo di materiali con bassi o bassissimi valori di capacità portante con possibilità di discreti cedimenti nel caso di strutture poggianti direttamente nei primi strati di terreno. In particolare sono state messe in evidenza le aree paludose, le paludi e le torbiere caratterizzate da presenza di depositi ricchi di frazione organica altamente compressibili e saturi per occorrenza di falda sub superficiale o affiorante.

#### - INTERVENTI IN AREE DI DISSESTO O DI PREVENZIONE IN AREE DI DISSESTO POTENZIALE

La Carta di Sintesi riporta infine gli elementi legati all'attività antropica realizzati per la mitigazione del rischio idraulico quali protezioni spondali (scogliere in massi ciclopici, muri, etc,) e gli interventi di consolidamento realizzati su versante o in prossimità di infrastrutture antropiche.

#### - AREE DI RIMANEGGIAMENTO ANTROPICO

Individuano le porzioni di territorio interessate da interventi, più o meno profondi, di rimaneggiamento antropico per realizzazione di rilevati e/o scavi.

#### - AREE INTERESSATE DA BONIFICA AMBIENTALE

Identifica l'area al confine con il Comune di Biandronno, nella porzione NE del territorio comunale, in precedenza occupata da vasche di decantazione quindi bonificata ed interessata da recupero morfologico.

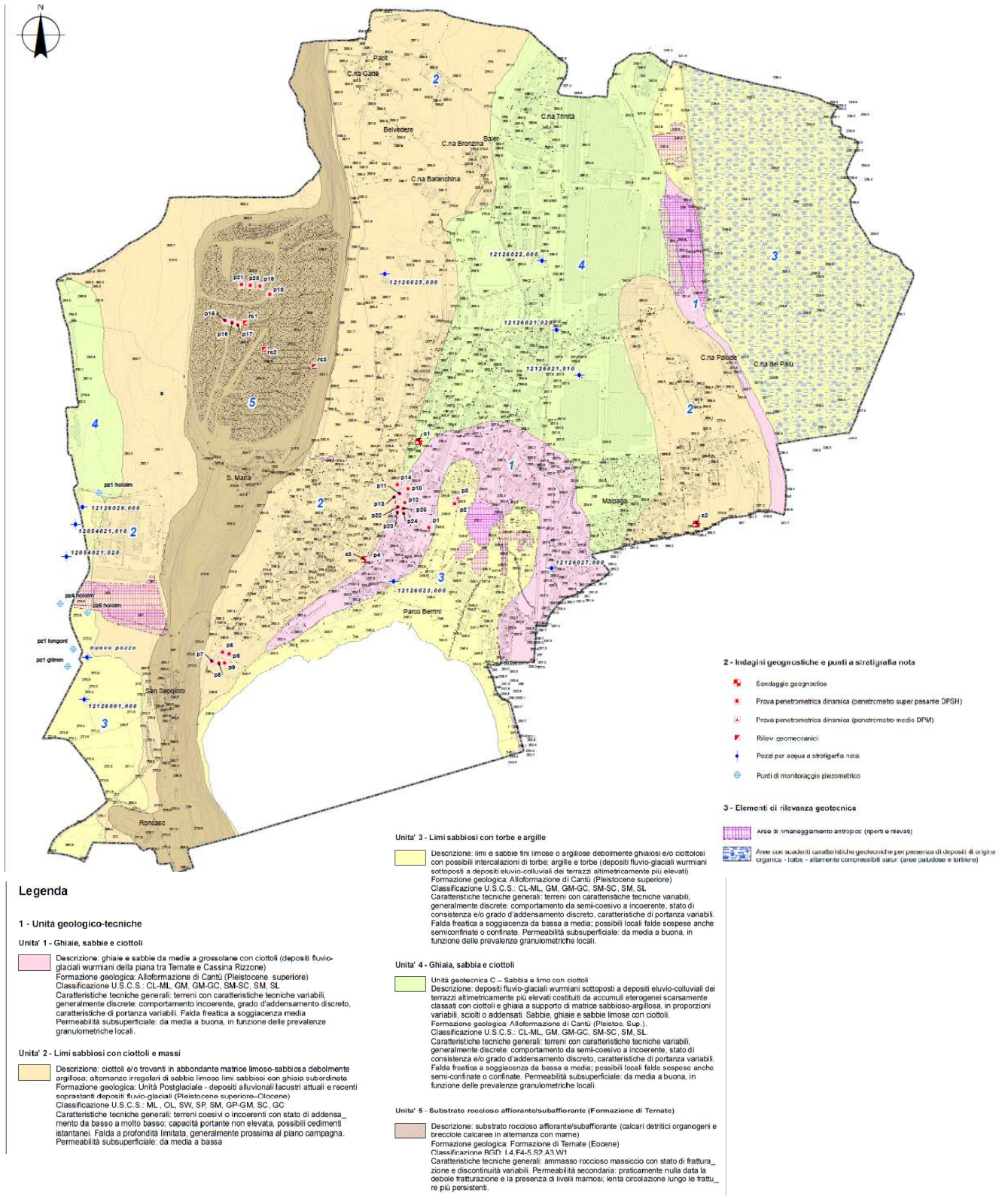


Figura 6: Inquadramento geotecnico (stralcio Allegato 4 "Carta di caratterizzazione geologico tecnica preliminare" Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio; Studio Tecnico Associato di Geologia, Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013).

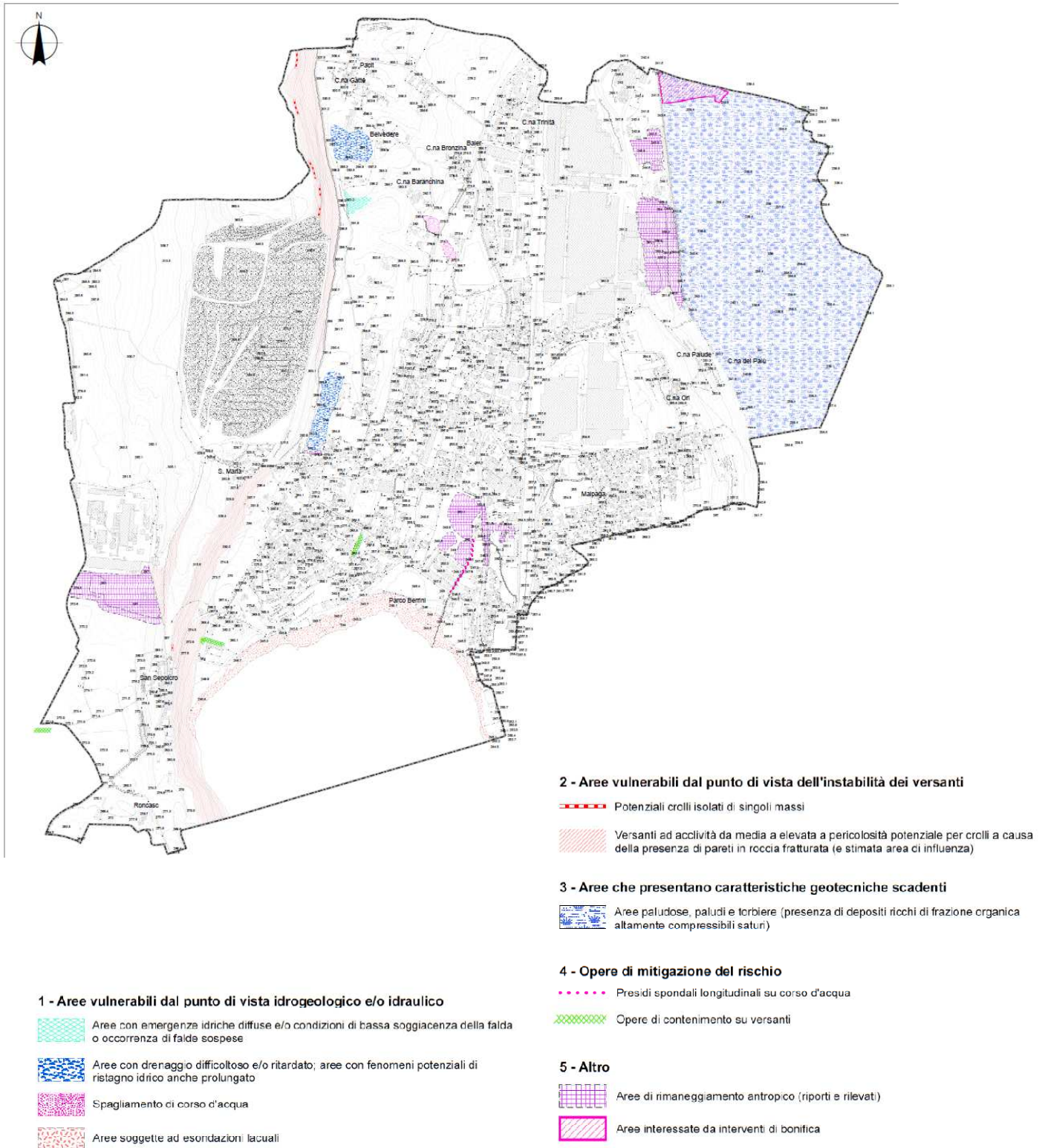
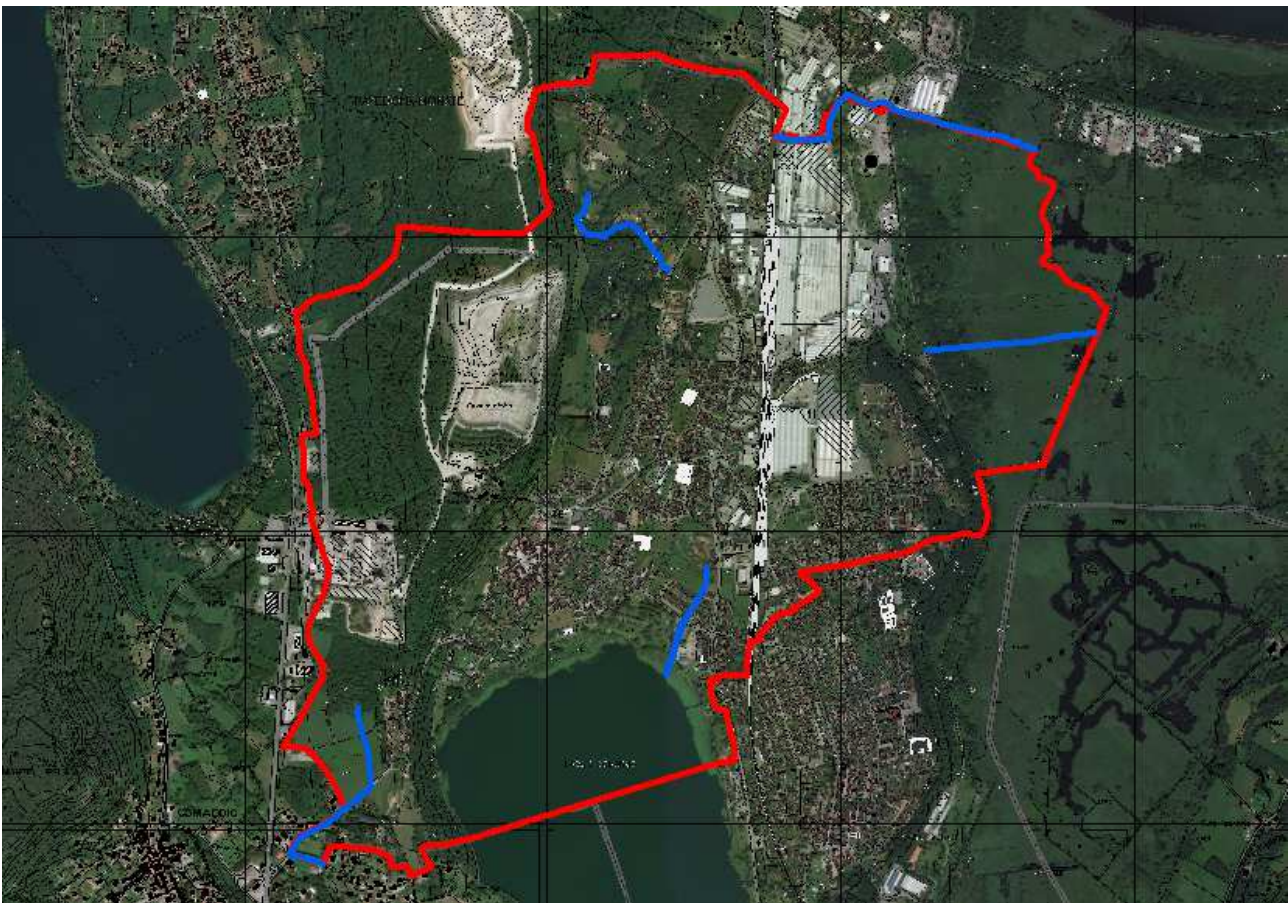


Figura 7: Sintesi delle problematiche e vulnerabilità (stralcio Allegato 7 " Carta di sintesi" Definizione Della Componente Geologica, Idrogeologica E Sismica A Supporto Del Piano Di Governo Del Territorio, Studio Tecnico Associato di Geologia; Dott. Geol. R. Carimati, Dott. Geol. G. Zaro; Aprile 2013)

## Reticolo idrografico comunale

Il reticolo idrografico superficiale è caratterizzato dalla presenza di piccoli corsi d'acqua di sviluppo limitato, che confluiscono nei diversi bacini lacuali che delimitano il territorio comunale. In totale i corsi d'acqua identificati risultano essere cinque ai quali, data la conformità prevalentemente pianeggiante del territorio e la distribuzione dell'urbanizzato, non sono associabili precisi bacini idrografici.



*Figura 8: schema di suddivisione della rete idrografica*

Lo studio geologico comunale, come evidenziato nell'allegato 1, identifica alcune criticità legate principalmente alla difficoltà di drenaggio dei suoli ed alle esondazioni lacuali. Vi sono inoltre alcune limitate aree di spagliamento nel settore nord occidentale dell'abitato.

## Sistema fognario

Il sistema fognario risulta ben sviluppato anche nella componente di raccolta delle acque bianche, che possiede 5 punti di scarico in corpo idrico superficiale, tutti afferenti, in ultimo, allo specchio lacustre del Lago di Comabbio.



Figura 9: schema rete fognaria

Il comune nell'anno 2005, nell'ambito del rinnovo delle concessioni agli scarichi, ha commissionato, all'Ing. Gervasini, uno studio specifico di dettaglio del sistema fognario dal quale emerge che lungo la rete di drenaggio si generano significative insufficienze a partire da intensità orarie di pioggia di 50 mm/h (Figura 10).

Con riferimento agli scarichi di acque bianche lo scrivente Ing. Antonino Bai, nel Dicembre 2017, ha effettuato uno studio specifico per valutarne la compatibilità ai sensi del R.R. 3/2006.

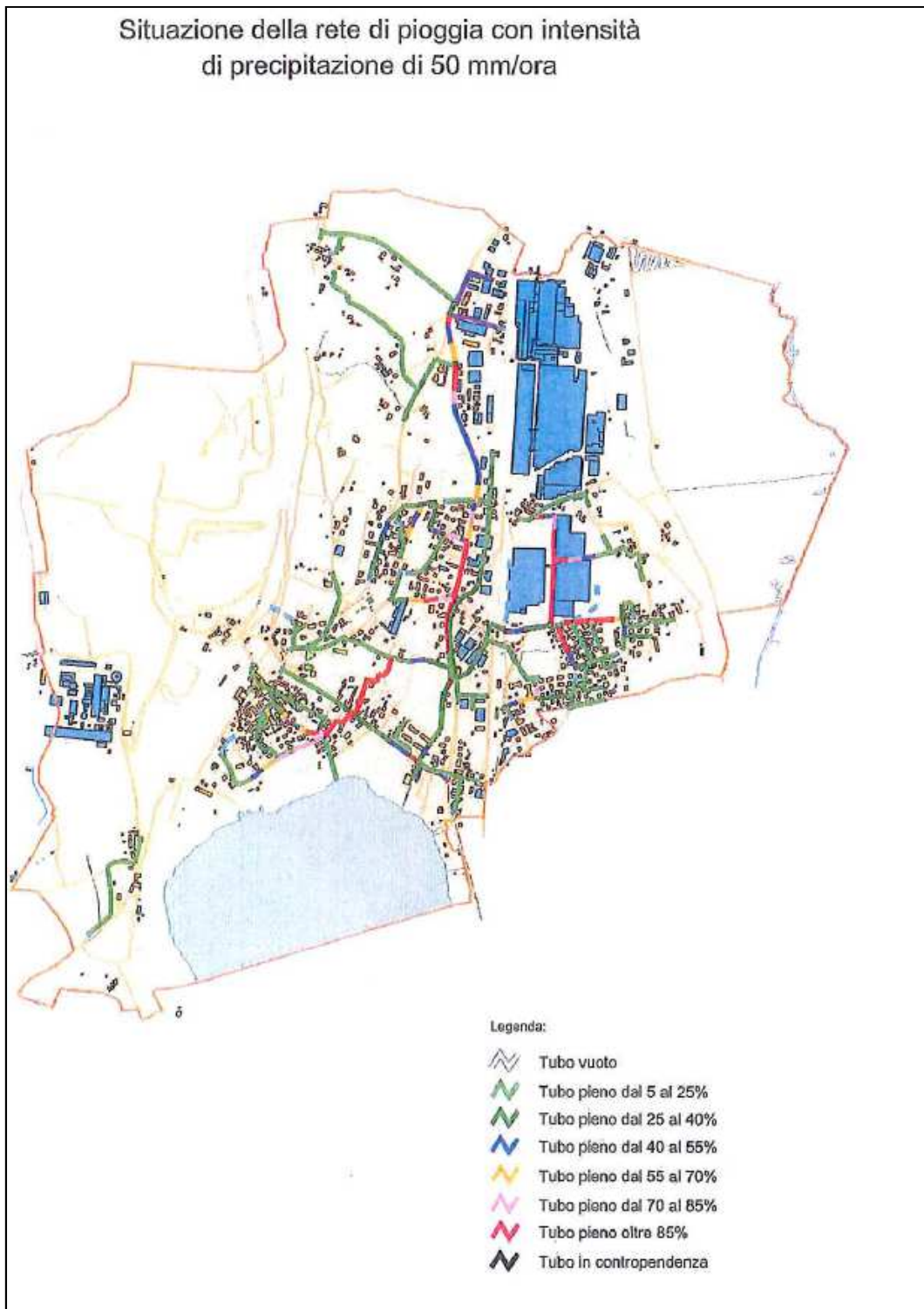


Figura 10: studi pregressi sul sistema fognario

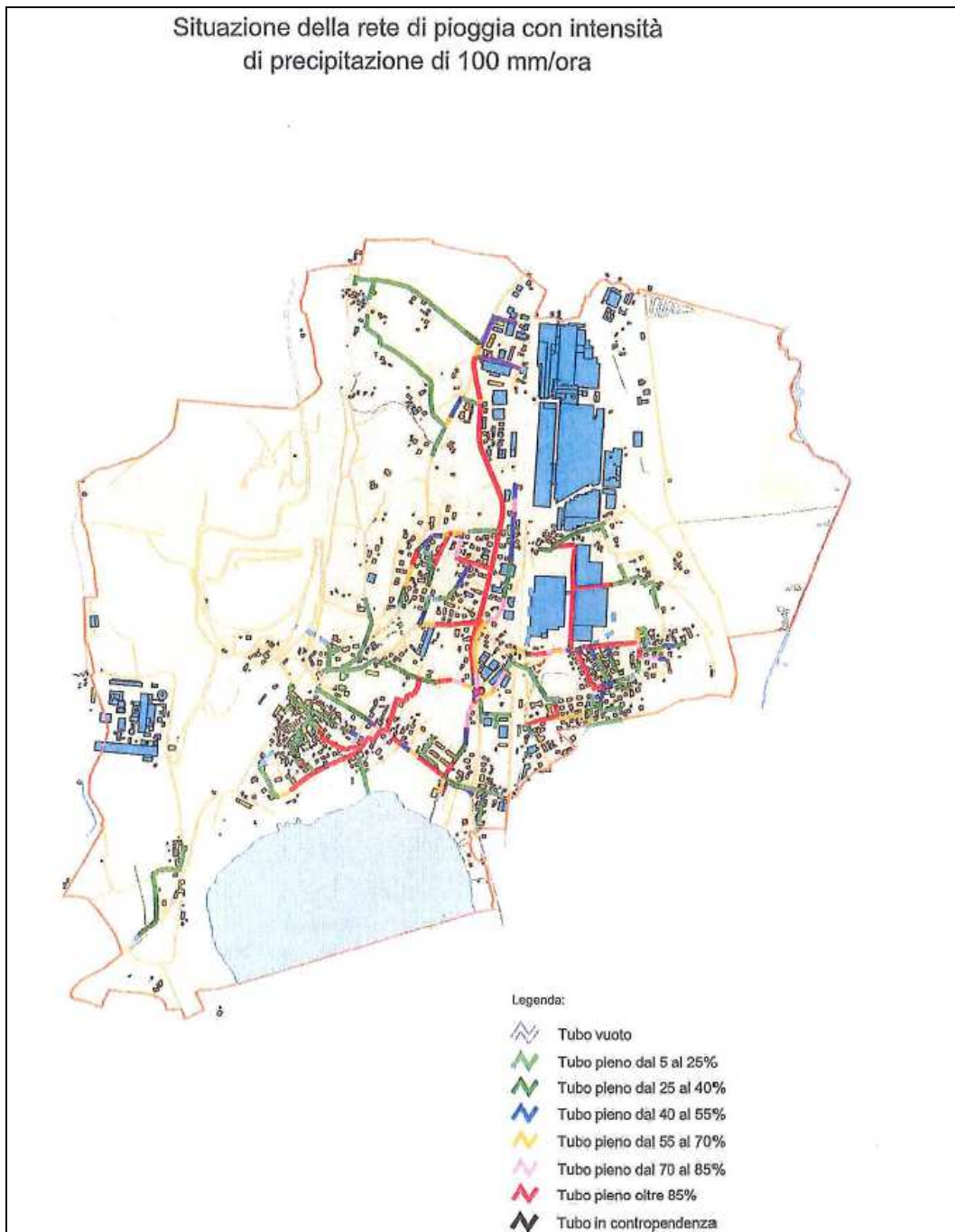


Figura 11: studi pregressi sul sistema fognario

Il comparto industriale posto a nord est possiede un proprio sistema di drenaggio con scarico diretto nella palude Brabbia.

## **5. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE**

La rete fognaria di smaltimento delle acque meteoriche, a fronte delle criticità rilevate dallo studio Gervasini del 2005, è stata sottoposta ad alcuni interventi di sistemazione volti alla loro eliminazione.

A seguito di tali interventi, allo stato attuale, sul territorio comunale non si sono riscontrate problematiche particolarmente significative legate ad eventi di esondazione.

Più frequenti appaiono, invece, piccoli fenomeni di ostruzione della rete fognaria o allagamenti delle aree più depresse, senza danni rilevanti alle strutture esistenti.

## **6. AZIONI PROGETTUALI**

### **A) Interventi strutturali**

#### **Ambiti urbani esistenti**

In riferimento agli interventi strutturali finalizzati al rispetto dei principi di invarianza idraulica, essi sono sostanzialmente riconducibili a:

- I. ridurre i deflussi superficiali favorendo sistemi di infiltrazione naturale;
- II. ritardare la trasposizione dell'onda di piena verso il recettore finale mediante sistemi di accumulo a rilascio controllato ed aree di laminazione.

Gli aspetti inerenti il Punto I, risultano più facilmente attuabili per piccoli interventi distribuiti sul territorio comunale, ovvero dai singoli proprietari, all'interno delle aree private, nell'ambito degli interventi assoggettati al R.R. 7/2017. Pertanto, per quanto non già previsto come obbligo dalla normativa vigente in caso di nuove realizzazioni o di modifiche all'edificio esistente, si rimanda ai sistemi di incentivazione di cui agli interventi non strutturali descritti nel prosieguo della relazione.

Il Punto II, invece, si presta maggiormente ad interventi attuabili dall'Amministrazione Pubblica.

Nel caso in esame, l'elevato grado di separazione delle reti fognarie e gli interventi realizzati, porta non solo benefici alle dinamiche di gestione delle acque di deflusso meteorico, ma anche ad una maggiore efficienza dei sistemi di depurazione delle acque reflue.

Ne deriva che, per il Comune di Ternate, non risulta necessario prevedere la realizzazione di nuovi tronchi fognari di acque bianche; il tutto fatto salvo la necessità di richiedere la realizzazione di reti separate in caso di nuovi interventi edificatori.

Di seguito si analizza invece la possibilità di prevedere la realizzazione di aree di invaso e di laminazione, allo scopo di ottimizzare l'efficacia della rete già esistente.

#### **REALIZZAZIONE DI PRESIDI DI INVASO**

Per quanto concerne la determinazione dei volumi da riservare per l'attuazione dei presidi di invarianza idraulica, si è proceduto secondo le indicazioni di cui all'art. 8 comma 5 del R.R. 7/2017

*“Al fine di contribuire alla riduzione quantitativa dei deflussi ....., le portate degli scarichi nel ricettore, provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o da reti pubbliche di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento, relativamente alle superfici scolanti, ricadenti nelle aree A e B di cui all'articolo 7, già edificate o urbanizzate e già dotate di reti fognarie, sono limitate mediante l'adozione di interventi atti a contenerne l'entità entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore massimo ammissibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile, **fuorché per gli scarichi direttamente recapitanti nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio, che non sono soggetti a limitazioni della portata.**”.*

Ovvero, in considerazione del fatto che il territorio ricade in area C e che gli scarichi di acque bianche afferiscono pressoché direttamente ad un bacino lacuale, *i precedenti valori limite sono da intendersi indicativi e non vincolanti*: di conseguenza, anche l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali non ha carattere di cogenza, quanto di indirizzo per un miglioramento complessivo delle condizioni di drenaggio del territorio comunale.

Tutto ciò premesso, si è proceduto determinando le superfici scolanti impermeabili di riferimento ed è stata assunta come massima portata scaricabile il valore di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

A tal fine si è suddiviso il territorio edificato in 7 zone omogenee, evidenziate nell'Allegato 2 del presente studio.

Per il metodo di calcolo descritto si è ipotizzato di limitare le superfici oggetto di valutazione alle pavimentazioni stradali ed alle aree già edificate, in quanto:

- nelle aree non edificate esterne ai centri urbani e nelle zone di trasformazione, non vi sono elementi da ricondurre entro i principi di invarianza. Quand'anche si procedesse con una modifica della pianificazione e del territorio, con possibilità di impermeabilizzazione dei suoli, i volumi generati a seguito delle nuove impermeabilizzazioni saranno gestiti come da R.R. 7/2017 da parte dei proponenti l'intervento;
- all'interno delle aree di trasformazione, i singoli interventi da mettere in atto dovranno già adeguarsi al rispetto del R.R. 7/2017 e, quindi, i volumi generati a seguito delle nuove impermeabilizzazioni, previo loro accumulo da realizzarsi da parte dei proponenti l'intervento, verranno smaltiti nel sottosuolo ovvero in ricettore superficiale entro i limiti di scarico previsti per l'area in oggetto. Pertanto, per quanto concerne gli interventi strutturali da realizzare da parte dell'Amministrazione Comunale, per tali aree, in assenza di ricettore naturale, sarà sufficiente dotare l'area di fognatura separata di acque bianche;
- i nuclei storici di antica formazione sono costituiti da un edificato più fitto, con limitati spazi disponibili per l'attuazione dei presidi di invarianza idraulica. Altresì, in tali aree, i principali

interventi soggetti al R.R. 7/2017 sono di fatto esclusi (nuove costruzioni, ampliamenti, nuove sedi viarie) e, pertanto, non sono da attendersi significativi miglioramenti per opere messe in atto dai privati;

- oltre ai nuclei storici di antica formazione, devono essere conteggiate anche le rimanenti aree già edificate, in quanto, mentre per ampliamenti e nuove trasformazioni saranno i proponenti stessi a provvedere alla realizzazione dei volumi di invaso, per quanto concerne le nuove fognature di acque bianche comunali, esse dovranno prevedere di poter raccogliere le acque in uscita da tutti i possibili lotti edificati o da edificare.

Per la determinazione delle piogge caratteristiche per il territorio in esame, si deve calcolare la LSPP (Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica) del sito, e, in tal senso, il R.R. 7/2017 consiglia l'utilizzo dei dati messi a disposizione da A.R.P.A. per l'area in oggetto e riportati nella successiva tabella.

Data l'estensione del territorio comunale, non risulta necessario il calcolo della LSPP per le diverse aree individuate, in quanto i parametri individuati nel punto centrale del territorio stesso definiscono già compiutamente la pluviometria dell'intero Comune.

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	31,9
n - Coefficiente di scala	0.3592
GEV - parametro alpha ( $\alpha$ )	0.2791
GEV - parametro kappa (k)	-0.014
GEV - parametro epsilon ( $\epsilon$ )	0.83469999

La precipitazione lorda per determinati tempi di ritorno e durata può essere determinata con la seguente formulazione analitica:

$$h_t(D) = A_1 \times W_t \times D^n \quad \text{in cui } W_t = \xi + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, A<sub>1</sub> è il coefficiente pluviometrico orario, W<sub>t</sub> è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T, n è l'esponente della curva (parametro di scala),  $\alpha$ ,  $\epsilon$ , k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

Dalle curve caratteristiche per i vari tempi di ritorno, ricordando che la normativa richiede (in caso di nuovi interventi) un dimensionamento dei volumi di invaso per un TR di 50 anni, si hanno, per i tempi di ritorno più significativi, i seguenti parametri:

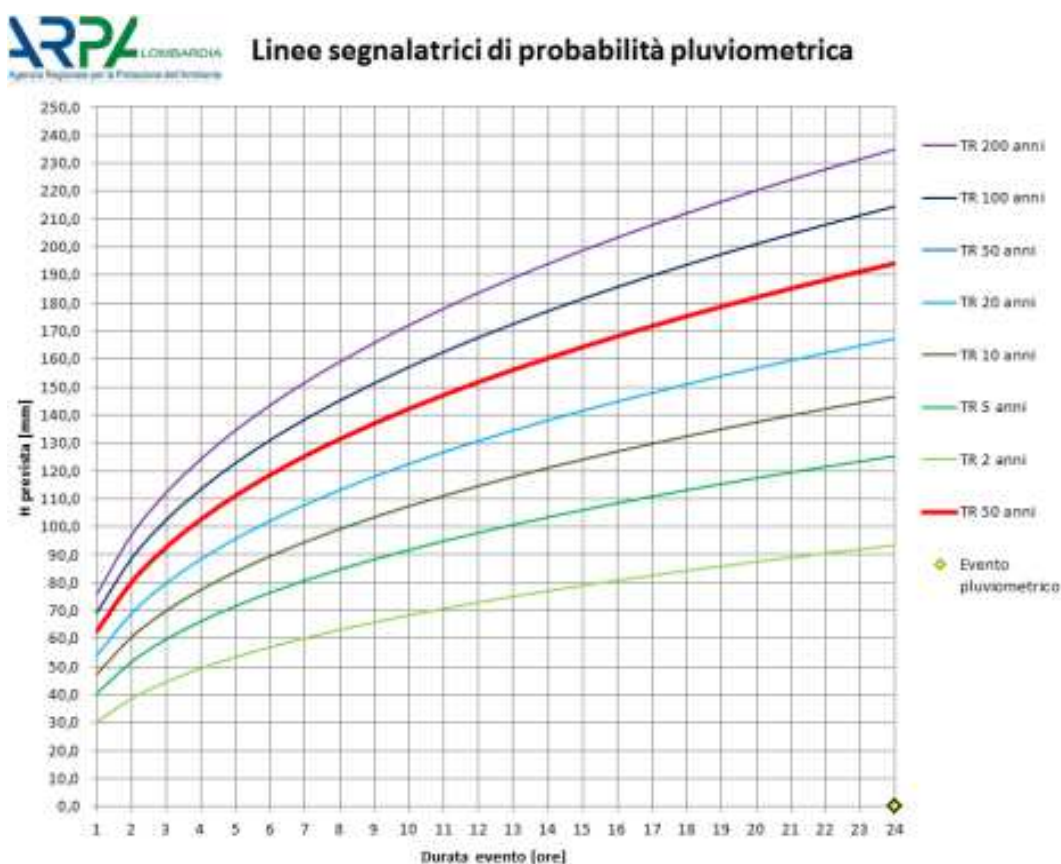
**TR 10 anni:** a = A<sub>1</sub> x W<sub>t</sub> = 47,0 mm;

**TR 50 anni:** a = A<sub>1</sub> x W<sub>t</sub> = 62,3 mm;

D<sub>w</sub> (Tempo di massimizzazione degli accumuli idrici interni al sistema di drenaggio con sistema di scarico conforme ai limiti di 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile) = da 4,86 h a 5,88 h.

**TR 100 anni:** a = A<sub>1</sub> x W<sub>t</sub> = 68,90 mm;

Stante l'approccio scelto per le valutazioni in oggetto, trattandosi di opere di drenaggio urbano, si ritiene invece corretto dimensionare le opere per tempi di ritorno di 15 anni.



Il calcolo dei volumi di invaso necessari viene effettuato mediante l'applicazione del metodo delle "Sole Piogge" proposto nel R.R. 7/2017, le cui formule di riferimento sono le seguenti:

$$D_w = \left( \frac{u_{lim}}{2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{lim} \cdot D_w$$

In cui:

$$w_0 = W_0/S;$$

$W_0$  [m<sup>3</sup>]: volume di invaso;

$S$  [ha]: area scolante;

$D_w$  [ore]: durata critica;

$a$  (TR 15 anni) =  $A_1 \times W_t = 50,7$  mm;

$n = 0,3592$

$u_{lim} = 40$  l/s per ettaro di superficie scolante

$\phi$  = coefficiente di deflusso medio ponderale, specifico di ogni area.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle aree omogenee considerate ed un calcolo sommario dei volumi da invasare sulla base delle specifiche sopra esposte.

	A) Superficie ambito omogeneo (ha)	B) Superficie strade (ha)	C) Superficie edificato antica formazione (ha)	C.1) Superficie pertinenze antica formazione (ha)	D) Superfici impermeabili recenti (ha)	D.1) Superficie pertinenze (cortili) (ha)	E) Superficie impermeabile equivalente (B+C+C1*0,3) (ha)	F) $D_w$ (h)	G) Volume teorico minimo da invasare (m <sup>3</sup> )
Ambito 1	16.0	0.8			12,2		0.80	1.44	320
Ambito 2	54,6	3.51			27,88	10	3.51	1.44	1404
Ambito 3	85.8	10.76			12.87	14.7	10.76	1.44	4304
Ambito 4	16.4	2.45	1.63	0.8	0.97	1.46	4.32	1.19	1728
Ambito 5	2.3	0.1			0.01	0.06	0.10	1.44	40
Ambito 6	10.6	0.13			9.2		0.13	1.44	52
Ambito 7	5.7	0.44	0.25	0.25	0.12	0.41	0.77	1.05	306
TOTALE	191,5						23,78		8154

### AREE DA RISERVARE PER LA REALIZZAZIONE DEI PRESIDI DI INVASO

Il volume teorico complessivo da invasare per rispettare i principi di invarianza idraulica identificati con la metodologia precedentemente descritta sarebbe di 8.154 m<sup>3</sup>.

Risulta interessante notare come tale volume, ripartito sulla superficie lacuale di interesse comunale di circa 40 ha, incide sul livello del lago per circa 2 cm.

In considerazione del fatto che:

- all'interno dell'area edificata non sono identificabili superfici di laminazione;
- che a monte dell'abitato i corsi d'acqua hanno portate limitate e possiedono già proprie aree di divagazione identificate nello studio geologico comunale, per una superficie di circa 4.200 m<sup>2</sup>;
- che le uniche aree disponibili per una laminazione delle piene si trovano a ridosso della superficie lacuale ed in parte all'interno di aree già interessate da esondazioni lacuali;
- che l'incidenza degli scarichi sul livello del lago è comunque contenuta;

- che per gli scarichi a Lago non sono previsti limiti specifici di scarico;

non risulta necessario dover individuare altre aree da vincolare per la laminazione delle acque.

Si ritiene comunque che, a maggior sicurezza e garanzia dell'intero sistema di collettamento urbano, all'interno delle aree già destinate a servizi dal P.G.T. possano essere individuate superfici dedicate alla locale dispersione delle acque mediante pozzi perdenti.

In particolare, in Allegato 5 si riportano le aree a servizi strategicamente più rilevanti per l'alleggerimento della rete fognaria esistente e per eventuali allacciamenti di futuri ambiti di trasformazione.

Tali superfici, ricadenti in aree verdi sia a fruizione pubblica che di pertinenza stradale, ammontano complessivamente a 5,90 ha, sui quali il volume precedentemente calcolato può essere invasato con un battente medio di 13 cm circa.

Su tale ampia superficie potranno essere localizzati, a seguito di specifico progetto, opportunamente dimensionati ed integrati con la specifica destinazione d'area, presidi localizzati sia a servizio della rete esistente sia di future aree di trasformazione.

## **B) Interventi non strutturali**

Gli interventi non strutturali sono costituiti da tutte quelle misure volte a favorire l'implementazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica, nonché a limitare gli effetti negativi derivanti da eventuali esondazioni dei ricettori terminali.

Gli interventi non strutturali di seguito proposti vengono quindi divisi in:

- misure di incentivazione urbanistica: volte, a vario titolo, ad estendere le tipologie di intervento soggette al R.R. 7/2017 e/o ad introdurre incentivi economici;
- misure di gestione territoriale: volte a migliorare in linea generale la gestione delle acque di deflusso superficiale;
- misure di prevenzione e controllo: volte al monitoraggio degli elementi a rischio e, possibilmente, alla riduzione del rischio, quali misure di protezione civile e difese passive attivabili in tempo reale.

### **Misure di incentivazione urbanistica**

Di seguito, come prescritto dall'Art. 14 comma 8 punto 3 del R.R. 7/2017, vengono indicati possibili interventi non strutturali, la cui attuazione è demandata alla volontà dell'Amministrazione Comunale.

In linea generale, gli interventi non strutturali possono prevedere *“l’incentivazione dell’estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, nonché le misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale”*.

Le misure di incentivazione per la cui attivazione viene lasciata libertà di scelta alle amministrazioni comunali, è ulteriormente definita dall’art. 15 comma 2 del R.R. 7/2017:

- *I Comuni possono promuovere l’applicazione del principio dell’invarianza idraulica o idrologica per interventi che non ricadono nell’ambito di applicazione del presente regolamento ai sensi dell’articolo 3. Nel caso di edificio soggetto a trasformazione urbanistica per solo una quota parte della superficie complessiva, ricadono nella fattispecie di cui al presente comma gli interventi di invarianza idraulica e idrologica realizzati sulla quota parte di edificio non soggetto a trasformazione.*
- *I comuni possono promuovere l’applicazione dei principi dell’invarianza idraulica o idrologica, nonché del drenaggio urbano sostenibile, attraverso i seguenti meccanismi:*
  - a) *incentivazione urbanistica:*
    - 1. il comune può prevedere nel documento di piano gli incentivi di cui all’articolo 11, c. 5, della l.r. 12/2005, che:*
      - 1.1. possono essere riconosciuti come diritti edificatori utilizzabili in opportuni ambiti individuati dal PGT, qualora espressamente previsto dal documento di piano;*
      - 1.2. possono essere utilizzati sull’edificio dal quale si crea l’incentivo volumetrico, purché l’ampliamento non alteri la proiezione al suolo della sagoma dell’edificio originale; (...)*
  - b) *riduzione degli oneri di urbanizzazione o anche del contributo di costruzione;*
  - c) *uso degli introiti derivanti dalla monetizzazione* di cui all’articolo 16, fatto salvo quanto previsto agli ultimi due periodi della lettera g) del comma 5 dell’articolo 58 bis della l.r. 12/2005: *i comuni, in subordine alla realizzazione degli interventi pubblici necessari per soddisfare il principio dell’invarianza idraulica e idrologica inseriti nel piano dei servizi, possono prevedere l’emanazione di bandi per il cofinanziamento, in misura non superiore al 70 per cento, di interventi di invarianza idraulica e idrologica”*.

## **Misure di gestione territoriale**

Le misure di gestione territoriale sono da applicare agli ambiti non urbanizzati e sono da intendersi come linee di indirizzo generale, essendo, come principio, estranee, ad ambiti di competenza comunale: la loro implementazione è mirata al controllo "alla sorgente" delle acque meteoriche

superficiali. Tali interventi servono principalmente ad attenuare volumi e picchi di piena e a controllare i fenomeni erosivi principalmente causati dal ruscellamento superficiale.

In particolare si rilevano le seguenti metodiche di gestione del territorio:

- aumento e verifica delle aree sottoposte a gestione delle aree forestali: tale aspetto risulta particolarmente importante nella formazione dei deflussi torrentizi; ad una mancante o cattiva gestione forestale possono essere associati eventi con significativo trasporto solido sia di materiale detritico, per effetto di erosione e dilavamento del terreno, sia di materiale legnoso accumulatosi in alveo e lungo le sponde. Tale aspetto risulta essere particolarmente importante per il territorio comunale di Ternate in considerazione del fatto che diversi corsi d'acqua confluiscono nella rete fognaria comunale;
- lavorazioni profonde dei terreni agricoli per limitare la formazione di una crosta sottosuperficiale che ostacoli le capacità di ritenzione idrica dello strato superficiale del suolo. Per quanto riguarda le lavorazioni del suolo esse saranno da eseguire preferibilmente lungo le curve di livello: così facendo la superficie del terreno risultante opporrà maggiore resistenza allo scorrimento dell'acqua;
- manutenzione e conservazione del sistema di fossi e scoline esistenti, rappresentanti un sistema d'invaso di significativa importanza locale;
- manutenzione e conservazione delle aree verdi urbane: risultano importanti a tal proposito gli interventi di arieggiamento e ricostituzione del cotico erboso delle superfici prative per favorire un buon sviluppo del suolo, con conseguenti effetti positivi sulla infiltrabilità nel terreno;
- recupero di aree residuali quali bordi stradali, aree spartitraffico per creazione di piccole aree d'invaso ai margini delle strade;
- realizzazione di fasce tampone vegetate in campo e a bordo campo, associata o meno alla creazione di nuovi fossi o scoline: l'inerbimento e l'inserimento di specie arboree permette di ridurre il flusso idrico superficiale, di aumentare l'infiltrazione dell'acqua nel suolo e di trattenere i materiali trasportati.

### **Misure di prevenzione e controllo**

In riferimento alle misure di controllo, per quanto può attenersi alla competenza comunale, si indicano i seguenti interventi preventivi per la minimizzazione del rischio idraulico:

- censimento degli scarichi in fognatura e corpo idrico superficiale, verifica del rispetto dei limiti di scarico e regolarizzazione delle situazioni non a norma;
- censimento degli scarichi sul suolo, in particolare di quelli afferenti direttamente a strade

- pubbliche, con verifica delle possibilità di intervento;
- periodica manutenzione dei sistemi di drenaggio urbano con mantenimento della corretta funzionalità idraulica dei sistemi di collettamento;
  - stralciare la aree perimetrata a rischio idraulico (Allegato 3) da quelle messe a disposizione per manifestazioni ed eventi anche temporanei, ovvero per qualsivoglia attività che preveda la presenza di persone;
  - attivazione, sulla scorta delle segnalazioni di allerta metereologica, di procedure di monitoraggio territoriale sia precedente che contemporanea agli eventi piovosi, da attuare secondo le seguenti modalità:
    - ✓ alla ricezione della segnalazione di allerta metereologica con criticità moderata o elevata, procedere con sopralluoghi ispettivi all'interno delle aree perimetrata a rischio idraulico (Allegato 3), con verifica della piena efficienza dei presidi di intercettazione e smaltimento delle acque (caditoie, griglie, collettori) e dell'assenza di ostruzioni nelle sezioni più critiche dei corsi d'acqua (attraversamenti, imbocco tombinatura);
    - ✓ in fase di sopralluogo preliminare, si dovrà dare precedenza agli ambiti a rischio idraulico caratterizzati da maggiore vulnerabilità (infrastrutture di interesse pubblico, aree residenziali); in caso di presenza di strutture/depositi/attività temporanee localizzate all'interno delle aree soggette a verifica, dovranno essere date disposizioni per la loro rimozione ovvero, le rispettive Proprietà dovranno essere informate sul potenziale rischio in corso;
    - ✓ durante l'evento meteorico, per eventi segnalati con criticità elevata, procedere con sopralluoghi nelle aree perimetrata a rischio idraulico (Allegato 3). In fase di controllo, si dovrà dare precedenza agli ambiti a rischio idraulico caratterizzati da maggiore vulnerabilità (infrastrutture di interesse pubblico, aree residenziali).

Le procedure sopra indicate investono unicamente gli aspetti inerenti il presente studio, ovvero quelli legati a criticità idrauliche ed a possibilità di esondazione, e sono da intendersi come integrative e non sostitutive di quelle già contenute nel piano di protezione civile comunale: in tal senso, tali procedure dovranno essere inserite e recepite dal piano stesso.

## 7. INDICAZIONI NECESSARIE PER LA CORRETTA APPLICAZIONE DI PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

A fronte dell'entrata in vigore del R.R. 7/2017, le Amministrazioni Comunali e i rispettivi settori tecnici, sono chiamati a verificarne la corretta applicazione (comunque entro i limiti previsti dal regolamento stesso) ma, soprattutto, a confrontarsi con nuovi sistemi di approccio e di risoluzione delle problematiche di gestione delle acque.

Con il presente paragrafo si vuole quindi fornire un supporto in tale senso, indicando possibili alternative progettuali sia in linea generale, sia nello specifico caso del Comune di Ternate, con particolare riferimento alle sotto aree del territorio urbanizzato già individuate in precedenza.

### Opere ed interventi tipologici

Di seguito si riporta un elenco delle principali opere ed apprestamenti di possibile utilizzo in occasione di interventi edilizi e di riferimento ai fini delle precedenti misure di incentivazione.

- **Vasche volano:** si tratta di elementi componibili generalmente prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato con finitura industriale a forma di vasche. Le vasche, a seconda delle dimensioni desiderate, sono chiuse e possono essere costituite da elementi monolitici, da elementi collegati in batteria, oppure da elementi contigui sviluppati in lunghezza. Possono essere ubicate in superficie oppure essere sotterranee.
- **Bacini di detenzione – Aree di laminazione:** sono superfici progettate per trattenere il deflusso delle acque piovane. Possono essere completamente svuotate a seguito dell'evento meteorico oppure mantenere parte del loro volume permanentemente riempito d'acqua ad esempio per funzioni ricreative e paesaggistiche. In genere sono realizzati in depressioni naturali e/o artificiali del terreno a fondo impermeabilizzato.
- **Supertubi:** ricomprendono collettori di diametro molto superiore a quelli ubicati subito a monte e a valle di essi (condotte sovradimensionate). La portata in ingresso coincide sempre con quella in arrivo dalla rete di monte, mentre la portata in uscita è regolata generalmente da una bocca d'efflusso in grado di limitare la portata in uscita al valore massimo ammissibile a valle. Tali sistemi possono più facilmente essere previsti nelle nuove condotte fognarie di acque bianche previste nel presente lavoro. Più difficoltoso appare l'inserimento sull'esistente, salvo interventi di manutenzione straordinaria su tratte di sufficiente sviluppo lineare.
- **Pozzi drenanti:** sono strutture sotterranee localizzate e vengono utilizzate per la dispersione nel terreno delle acque meteoriche. Sono costituite in generale da anelli forati sovrapponibili mediante una sagomatura a bicchiere e sigillati tra loro. Sulla sommità viene posizionata la soletta completa di chiusini o tappi per ispezione. Questi manufatti vengono posati in fosse

rivestite in TNT riempite con ciottoli di opportuno diametro e pezzatura (percentuale vuoti non inferiore al 25%) per evitare l'intasamento attraverso i fori. Si ritiene che in considerazione dell'assetto territoriale tali sistemi di drenaggio possano essere efficacemente utilizzati sia nei nuovi interventi edilizi di piccola estensione sia in interventi di sistemazione di aree urbanizzate.

- **Trincee drenanti o di infiltrazione:** si tratta di avvallamenti naturali od artificiali riempiti con materiale di opportuna pezzatura (salvo che il terreno naturale possieda già delle buone caratteristiche di permeabilità) nei quali le acque da smaltire sono temporaneamente invase in modo che si infiltrino gradualmente nel terreno. Generalmente possiedono minore estensione, ma maggiore profondità rispetto alle fasce d'infiltrazione. Si ritiene che in considerazione dell'assetto territoriale tali sistemi di drenaggio possano essere efficacemente utilizzati sia nei nuovi interventi edilizi di medio/grandi dimensioni sia in interventi di sistemazione di aree urbanizzate.

*Immagine 1: esempi tipologici di trincee di drenaggio (fonte: Manuale di "Gestione sostenibile delle acque urbane" Regione Lombardia/ERSAF)*



- **Bacini e vasche d'infiltrazione:** sono superfici naturalmente oppure artificialmente depresse, a fondo permeabile, studiate per trattenere l'acqua piovana in eccesso e farla infiltrare successivamente nel terreno. Tali sistemi risultano idonei alla laminazione anche di rilevanti apporti idrici e possono rappresentare il sistema di riferimento per gli interventi strutturali previsti nel presente lavoro. Una attenta progettazione ne garantisce anche un buon inserimento paesaggistico e fruitivo.

*Immagine 2: esempi di vasche di infiltrazione (fonte: Manuale di "Gestione sostenibile delle acque urbane" Regione Lombardia/ERSAF)*



- **Sistemi modulari geocellulari:** sono dispositivi che possono essere assemblati come pacchi modulari aventi elevata capacità di detenzione. Essi possono essere utilizzati per creare sotto il terreno strutture in grado di contenere elevate quantità d'acqua e permettere conseguentemente l'infiltrazione nel terreno.

### **Buone pratiche costruttive**

L'adozione delle buone pratiche costruttive ai fini dell'invarianza idraulica mira principalmente al controllo "alla sorgente" delle acque meteoriche superficiali che si originano da una superficie drenante a seguito di una sollecitazione meteorica. Tali interventi sono in genere realizzati a monte della rete di drenaggio e servono principalmente ad attenuare volumi e picchi di piena.

Le buone pratiche costruttive si manifestano pertanto attraverso una minore impermeabilizzazione del suolo, agevolano l'evapotraspirazione nonché l'infiltrazione delle acque meteoriche superficiali nel suolo.

L'efficienza ed efficacia delle buone pratiche costruttive va mantenuta e monitorata nel tempo attraverso la manutenzione delle opere.

Di seguito si elencano alcune delle buone pratiche costruttive maggiormente utilizzate nel campo delle costruzioni:

- **cisterne domestiche:** sono sistemi di raccolta e recupero dell'acqua piovana in genere collegati alle grondaie dei tetti. In genere sono di piccole dimensioni, possono essere interrati e conservano l'acqua piovana per utilizzi non potabili (ad es. irrigazione privata);
- **cisterne di raccolta:** si tratta di sistemi di raccolta e recupero dell'acqua piovana applicati a superfici impermeabili aventi maggiori estensioni rispetto a quelle associate alle cisterne domestiche. Possono essere interrati ed i volumi idrici raccolti vanno riutilizzati a scopi non potabili. Possono contribuire in maniera significativa alla mitigazione delle piene;
- **pavimentazioni porose:** si realizzano usando elementi che permettono l'immediata infiltrazione di acqua di pioggia nella struttura sottostante la superficie, quali ad esempio gli asfalti drenanti;
- **pavimentazioni permeabili:** sono costituite da materiali che creano un ingresso sulla superficie attraverso il quale l'acqua piovana penetra nella struttura sottostante, quali ad esempio le pavimentazioni in autobloccanti;
- **cunette filtranti (vegetate) e fasce di infiltrazione:** sono strisce di terra generalmente vegetate e lievemente inclinate che ricevono i volumi idrici in eccesso provenienti dalle vicine aree impermeabilizzate;

- **pozzetti di infiltrazione:** sono costituiti da pozzetti o caditoie posati su di un polmone sotterraneo di materiale filtrante (generalmente ghiaia grossolana) nel quale viene convogliata direttamente l'acqua da smaltire (ad es. proveniente dai canali dei tetti).

### **Indirizzi operativi**

In riferimento alla valutazione dei progetti di invarianza idraulica che verranno presentati in ottemperanza alla legislazione vigente, per una prima valutazione dei documenti, sulla base delle conoscenze emerse dal presente studio, si richiama la suddivisione del territorio in ambiti omogenei.

Per ciascun ambito vengono definite delle linee di indirizzo d'intervento sulla base della geolitologia e della rete idrografica locale. In linea generale, tutti i presidi preposti al rispetto dell'invarianza idraulica ed idrologica devono:

- essere accompagnati da progetto di invarianza idraulica ed idrologica asseverato;
- essere dotati di piano di manutenzione e le loro prestazioni devono essere monitorate nel tempo;
- essere muniti di eventuali dispositivi di troppo pieno di sicurezza con recapito in rete di smaltimento superficiale con quota d'innescio superiore a quella della tubazione entrante;
- svuotarsi entro 48 ore onde ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

I dispositivi idraulici che prevedono lo smaltimento delle acque nel sottosuolo possono essere utilizzati laddove vengono contemporaneamente verificate le seguenti condizioni:

- la soggiacenza minima della falda acquifera rispetto al piano campagna e la distanza della stessa dal fondo dell'opera disperdente deve essere pari ad almeno 2,0 m;
- non devono sussistere pericoli di instabilità dei suoli e sottosuoli ovvero deve essere preservato il grado di sicurezza di eventuali opere di fondazione presenti (vanno, ad esempio, posizionati ad opportuna distanza e/o profondità da elementi fondazionali, scarpate a rischio di dissesto, etc.) ed infrastrutturali (sottoservizi in genere);
- le dispersioni nel terreno delle acque meteoriche superficiali non devono interferire con falde acquifere presenti;
- i terreni devono possedere un adeguato grado di permeabilità idraulica ovvero  $K_{\min} = 10^{-5}$  m/s.

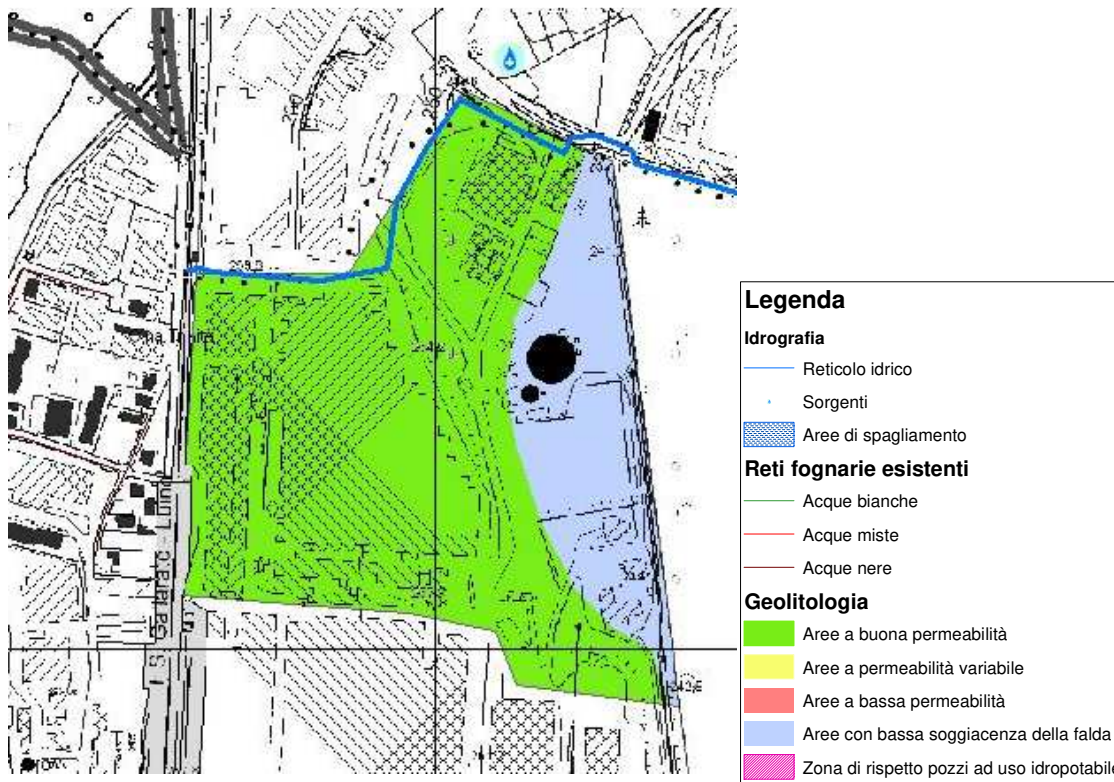
A valle dei sistemi di invaso che non prevedono la dispersione nel sottosuolo, andranno sempre associati manufatti di regolazione e di verifica delle portate scaricate, onde soddisfare i vincoli di scarico della portata stessa.

Gli scarichi in ricettore idrico devono essere opportunamente predisposti per impedire possibili rigurgiti nelle strutture preposte all'invarianza idraulica nel caso di eventuali stati di piena o di sovraccarico del ricettore stesso.

I dispositivi con recapito finale in corso d'acqua devono essere tali da prevenire o minimizzare la possibile insorgenza di fenomeni erosivi superficiali e sotterranei, ovvero altri fenomeni che potrebbero innescare episodi di instabilità dei versanti e/o di compromissione della stabilità di eventuali fondazioni di manufatti esistenti.

## INDICAZIONI PER ZONE OMOGENEE (Art. 14, comma 8, lettera a.3 bis)

### Area Omogenea 1



### AREA INDUSTRIALE WHIRLPOOL

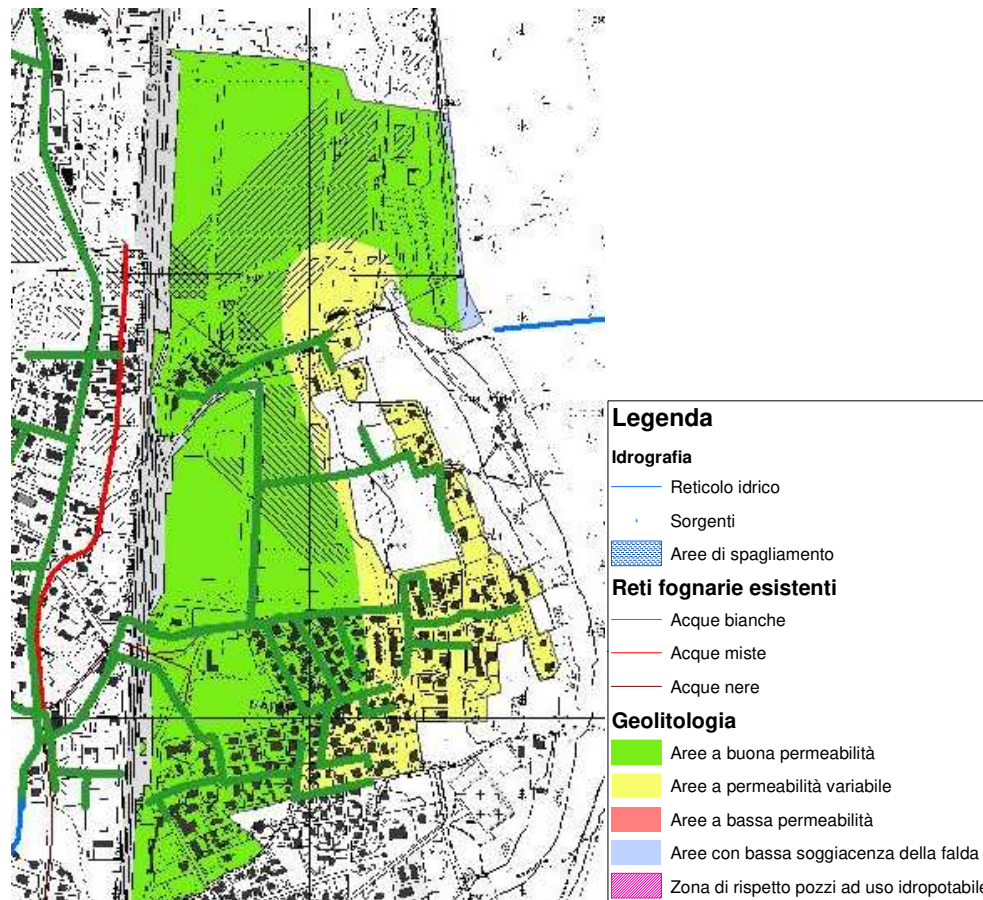
L'area è caratterizzata da un sistema di collettamento privato.

Data la buona permeabilità media dei terreni risulta comunque preferibile, per le sole acque meteoriche non soggette a specifici obblighi di trattamento in funzione della tipologia di produzione industriale, procedere con la realizzazione di presidi di drenaggio nel sottosuolo.

Gli scarichi in fognatura saranno comunque limitati a quanto previsto dalla normativa di invarianza idraulica, pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante.

Le caratteristiche geologiche dovranno comunque essere verificate con opportune indagini locali.

## Area Omogenea 2



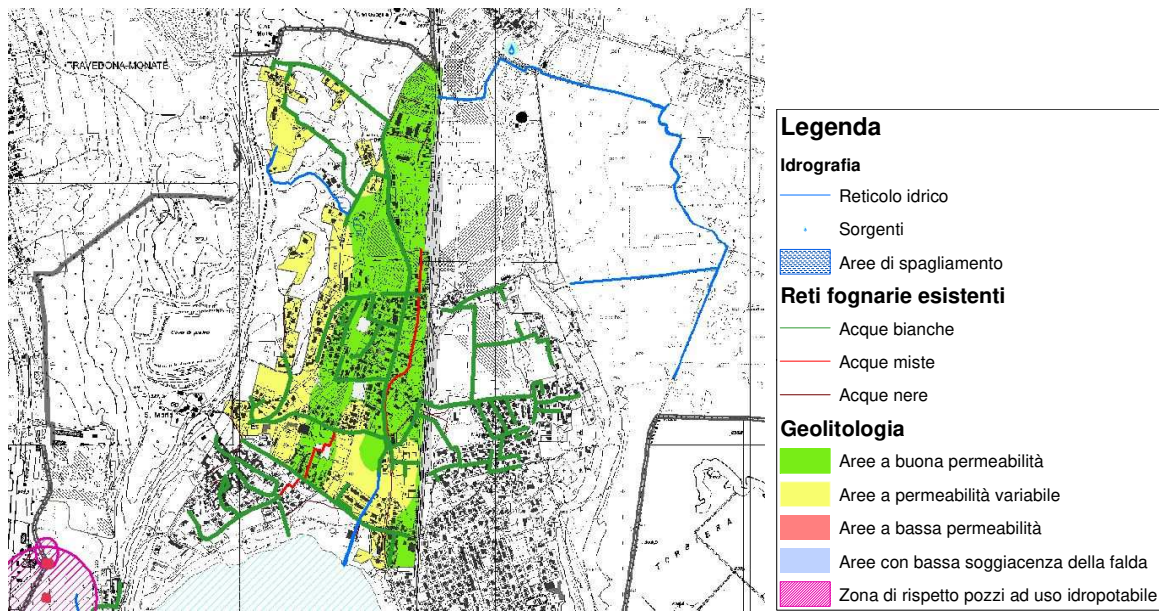
L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate.

Data la buona permeabilità media dei terreni risulta comunque preferibile procedere con la realizzazione di presidi di drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo.

Gli scarichi in fognatura saranno comunque limitati a quanto previsto dalla normativa di invarianza idraulica, pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante.

Le caratteristiche geologiche dovranno comunque essere verificate con opportune indagini locali.

### Area Omogenea 3



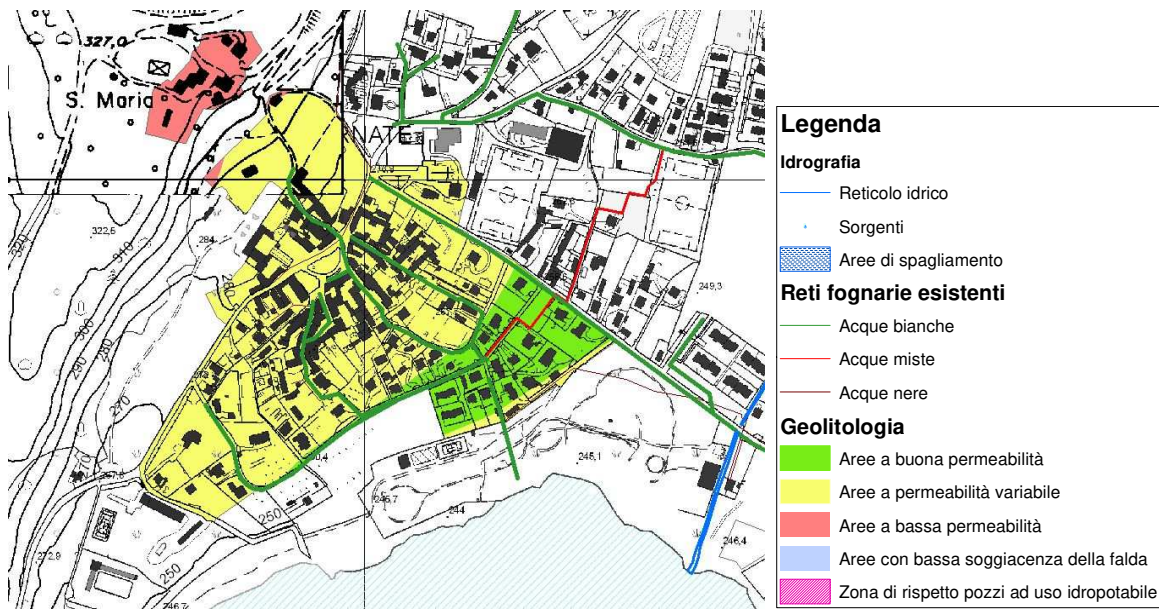
L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate.

Data la buona permeabilità media dei terreni risulta comunque preferibile procedere con la realizzazione di presidi di drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo.

Gli scarichi in fognatura saranno comunque limitati a quanto previsto dalla normativa di invarianza idraulica, pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante.

Le caratteristiche geologiche dovranno comunque essere verificate con opportune indagini locali.

#### Area Omogenea 4

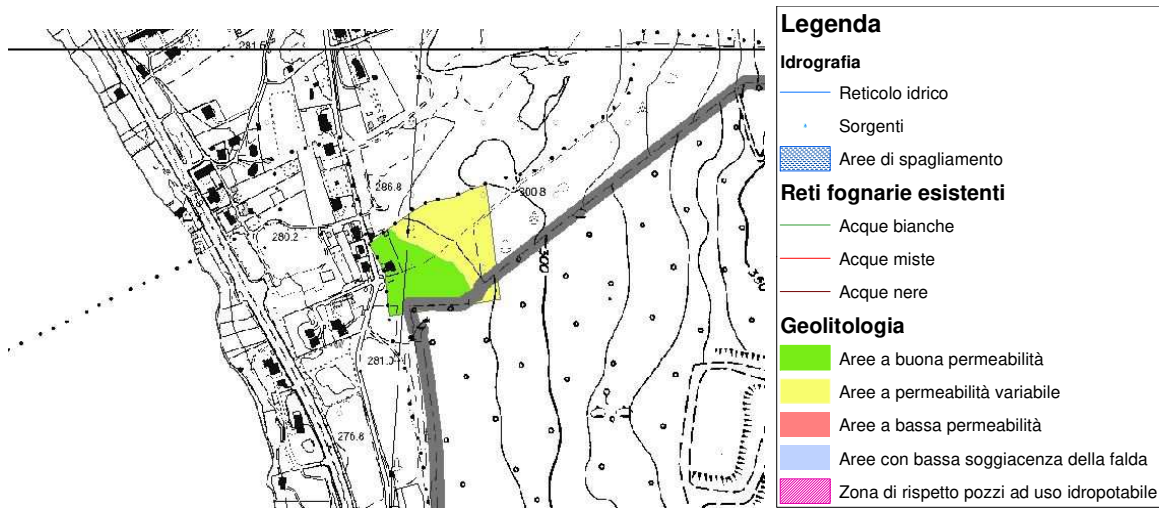


L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate.

Data la buona permeabilità media dei terreni risulta comunque preferibile procedere con la realizzazione di presidi di drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo. Gli scarichi in fognatura saranno comunque limitati a quanto previsto dalla normativa di invarianza idraulica, pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante.

Le caratteristiche geologiche dovranno comunque essere verificate con opportune indagini locali.

## Area Omogenea 5



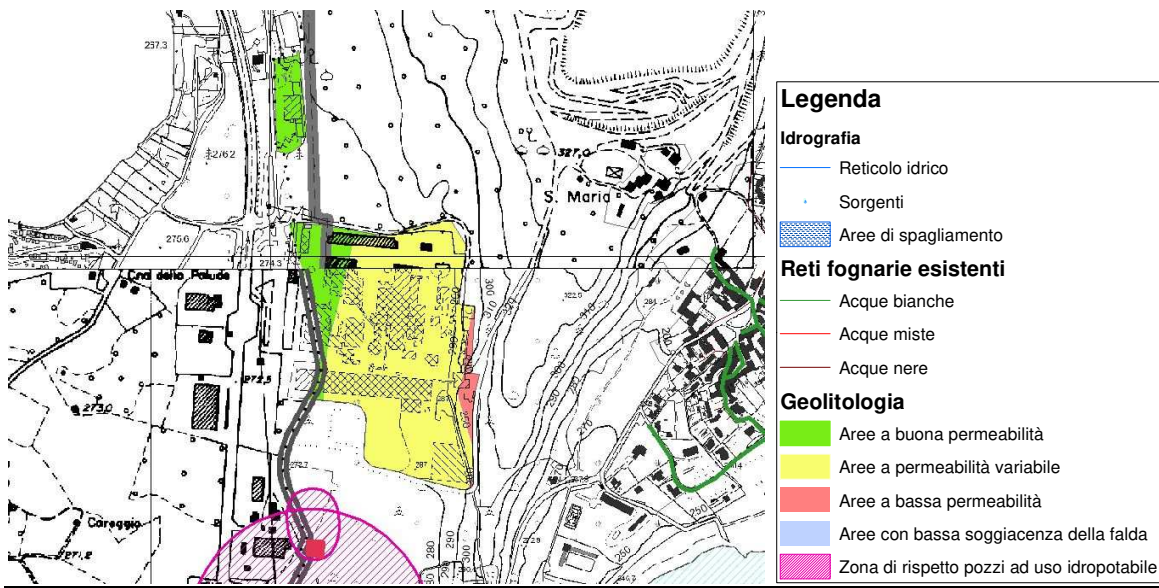
L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate.

Data la buona permeabilità media dei terreni risulta comunque preferibile procedere con la realizzazione di presidi di drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo.

Gli scarichi in fognatura saranno comunque limitati a quanto previsto dalla normativa di invarianza idraulica, pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante.

Le caratteristiche geologiche dovranno comunque essere verificate con opportune indagini locali.

## Area Omogenea 6



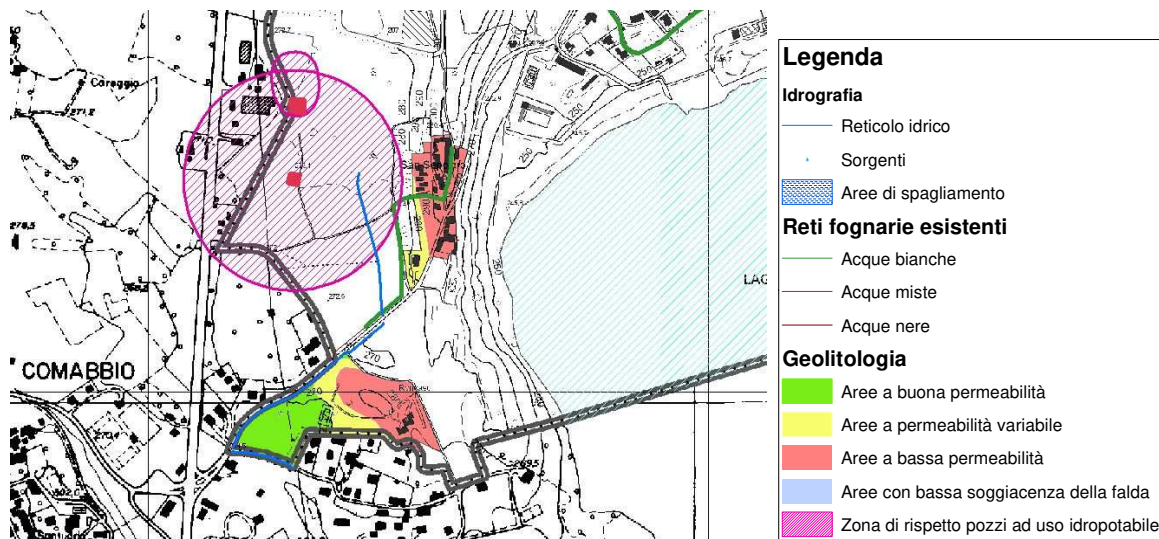
L'area è caratterizzata da un sistema di collettamento privato.

Data la buona permeabilità media dei terreni risulta comunque preferibile, per le sole acque meteoriche non soggette a specifici obblighi di trattamento in funzione della tipologia di produzione industriale, procedere con la realizzazione di presidi di drenaggio nel sottosuolo.

Gli scarichi in fognatura saranno comunque limitati a quanto previsto dalla normativa di invarianza idraulica, pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante.

Le caratteristiche geologiche dovranno comunque essere verificate con opportune indagini locali.

## Area Omogenea 7



L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate con scarico in corpo idrico superficiale.

Data la permeabilità dei terreni piuttosto variabile risulta comunque preferibile procedere con la realizzazione di presidi di drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo, fatto salvo la verifica dell'effettiva capacità drenante del terreno.

Gli scarichi in fognatura saranno comunque limitati a quanto previsto dalla normativa di invarianza idraulica, pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante.

Le caratteristiche geologiche dovranno comunque essere verificate con opportune indagini locali.