



COMUNE DI INARZO
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

I Tecnici Incaricati
Ing. Antonino Bai

Dott. Geol. Arduino Belli

Febbraio, 2021

STUDIO DI INGEGNERIA - Ing. Bai Antonino - Via IV Novembre, 9 - 21026 Gavirate (VA) - Tel. 0332/745463 Fax 0332/735805 E-Mail: ambiente@progettibai.it - C. F. BAI NNN 62L24 L682G - P. IVA 02386950121 - Iscr. Albo Prov. Varese n. 1737

DOTT. GEOL. Arduino Belli – via Pezza 59 Induno Olona (VA) – Tel 328 5371259 email: arduinobelli@inwind.it
C.F. BLLRDN67M08L682U Iscrizione albo Geologi della Lombardia n. 1176

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. METODOLOGIA.....	4
3. DESCRIZIONE GENERALE DEL TERRITORIO	6
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
INQUADRAMENTO DEL SISTEMA INSEDIATIVO.....	6
4. ASPETTI GEOLOGICI.....	8
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
DESCRIZIONE DELLE UNITA' CARTOGRAFATE.....	8
ANALISI GEOMORFOLOGICA	10
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	13
INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO.....	13
RETICOLO IDROGRAFICO COMUNALE	15
SISTEMA FOGNARIO	18
5. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE	19
6. AZIONI PROGETTUALI	19
A) INTERVENTI STRUTTURALI.....	19
Ambiti urbani esistenti	19
B) INTERVENTI NON STRUTTURALI.....	29
Misure di incentivazione urbanistica	29
Misure di gestione territoriale	30
Misure di prevenzione e controllo.....	31
7. INDICAZIONI NECESSARIE PER LA CORRETTA APPLICAZIONE DI PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA	33
Opere ed interventi tipologici	33
Buone pratiche costruttive	36
Indirizzi operativi	37
INDICAZIONI PER ZONE OMOGENEE (Art. 14, comma 8, lettera a.3 bis)	39

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 Inarzo, inserito in Area C (bassa criticità idraulica), è demandato l’obbligo di redigere 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 Inarzo 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. 247,1 ha, sinteticamente così ripartiti:

Aree naturali ed aree verdi permeabili	ha	%	%
Boschi e assimilabili	61,1	24,73%	72,45
Aree agricole, pascoli ed incolti	117,9	47,72%	
Verde Urbano	36,73	14,86%	14,86
Aree naturali impermeabili			
Acque superficiali	8,36	3,38%	3,38
Aree antropiche ed aree impermeabili			
Ingombro al suolo di manufatti	7,5	3,04%	9,31
Strade	7,9	3,20%	
Cortili ed aree pertinenziali	7,6	3,07%	
TOTALE	247,1	100	

Come evidenziato nella precedente tabella, una gran parte del territorio comunale possiede un elevato grado di naturalità; le aree antropizzate, verso le quali sono indirizzate le azioni di invarianza idraulica, rappresentano meno del 9% del territorio comunale.

Il Comune di Inarzo è caratterizzato dalla presenza di un unico nucleo edificato piuttosto accorpato. Non si evidenzia la presenza di frazioni distinte dal nucleo principale e gli edifici sparsi sono piuttosto limitati.

A livello di influenza, in riferimento alle perimetrazioni di PGT, le aree ricomprese entro ambiti territoriali edificati sono di 49,6 ha così ripartiti:

Nuclei di antica formazione	2,76 ha
Ambiti edificati residenziali	41,7 ha
Aree produttive/commerciali	5,1 ha

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

Gli ambiti di trasformazione, per complessivi 4 ha, risultano essere tutti all'interno del tessuto urbano consolidato, come evidenziato nell'allegato cartografico 2 di cui al presente studio.

Con riferimento agli allegati n. 2 e 5 si evidenzia come le aree urbanizzate del territorio comunale siano sostanzialmente divisibili, in riferimento alle problematiche idrauliche, in 5 settori omogenei.

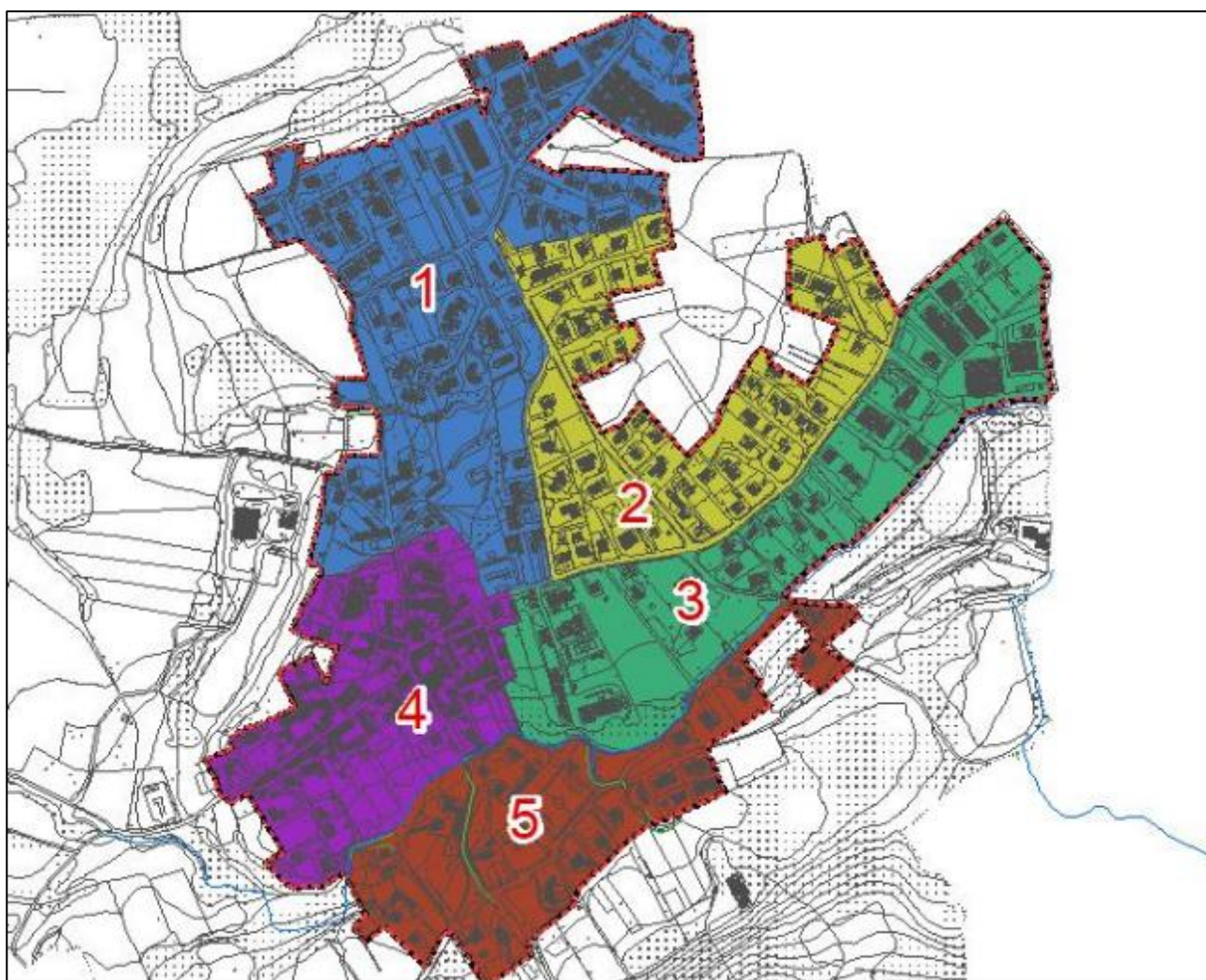


Figura 2 – Aree urbane omogenee (Estratto Allegato 2)

4. ASPETTI GEOLOGICI

Inquadramento geologico

Nel territorio in esame il substrato roccioso è essenzialmente costituito da arenarie, marne e conglomerati dell'Oligo-Miocene che formano il rilievo del monte Rogorella (Gruppo della Gonfolite). Il substrato è comunemente ricoperto da una copertura discontinua di depositi glaciali quaternari o completamente sepolto al di sotto di essi. Sono presenti anche piccoli affioramenti di depositi marini Pliocenici (Argille di Castel di Sotto). La morfologia del territorio oggetto di studio è strettamente legata all'azione dei ghiacciai che in più riprese hanno occupato il bacino del lago di Varese. In particolare, sul territorio di Inarzo, sono evidenti i depositi e le "forme" lasciate da due Episodi glaciali, l'ultimo (Episodio Cantù) ed il penultimo (Episodio Daverio) che hanno interessato l'area.

In estrema sintesi si può geologicamente dividere il territorio di Inarzo in tre settori: un settore occidentale pianeggiante e paludoso costituito da depositi limosi e torbosi della Palude Brabbia; un settore centrale a quote intermedie in cui si rinvencono depositi glaciali e fluvioglaciali dell'Alloformazione di Cantù; un settore sud-orientale costituito dal rilievo del Monte Rogorella lungo il quale affiorano le rocce sedimentarie del Gruppo della Gonfolite e limitati affioramenti dell'Unità Daverio.

Descrizione delle Unità' Cartografate

Le unità riconosciute e cartografate sono, partendo dalla più antica, le seguenti.

Gruppo della Gonfolite (Oligocene-Miocene medio)

In bibliografia il Gruppo della Gonfolite è costituito da una parte basale marnosa che prende il nome di Formazione di Chiasso, ed una parte superiore conglomeratica e arenacea con intercalazioni pelitiche che prende il nome di Gonfolite (s.s.).

Nell'area di studio sono riconoscibili due facies appartenenti al Gruppo della Gonfolite (s.s.) con caratteristiche litologiche differenti.

Unità marnosa (Oligocene medio-superiore)

Marne arenacee ed argille marnose in straterelli di colore variabile dal grigio al verdastro giallastro. La parte basale marnosa è generalmente sottilmente stratificata.

Unità conglomeratica (Miocene inferiore)

Conglomerati e arenarie grigio-verdi. Nei livelli conglomeratici sono presenti blocchi di “ghiandone” e di “serizzo” provenienti dal plutone della Val Masino e Val Bregaglia. La parte sommitale conglomeratica è generalmente stratificata in grossi banchi.

Gli affioramenti di tali unità costituiscono i dossi presenti a Sud del lago di Varese come il versante settentrionale del Monte Rogorella.

Argille di Castel di Sotto (Pliocene inferiore)

Successione costituita da sabbie argillose o argille, di colore grigio bluastrò, presenza di microfossili e bioturbazioni. Il limite inferiore è contro la Gonfolite.

Allogruppo di Besnate – Unità di Daverio (Pleistocene superiore)

Unità costituita da depositi glaciali, con superficie limite superiore caratterizzata da un spessore del profilo di alterazione di circa 2,5 m con colore della matrice 2,5 Y (Tavole Munsell). Diamicton massivi composti da ghiaie medio-grossolane e sabbie. I clasti si presentano mediamente alterati, con maggiore frequenza quelli di natura carbonatica.

Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore)

Unità costituita da depositi glaciali, proglaciali, fluvioglaciali e di contatto glaciale, con superficie limite superiore caratterizzata da un fronte di decarbonatazione di circa 2 m, con colore della matrice 10 YR.

Depositi glaciali costituiti da till di fondo (sovracconsolidati) e di ablazione (normalconsolidati), generalmente sabbiosi ma con possibilità di rinvenire sia ciottoli sia blocchi di dimensione metrica, con un grado di alterazione dei clasti basso (solo i carbonati si possono presentare debolmente decarbonatati). Non è presente copertura loessica.

Depositi fluvioglaciali, normalconsolidati, costituiti da sabbie e ghiaie in matrice sabbiosa presenti nelle piane intramoreniche.

Depositi di contatto glaciale, costituiti da sabbie e ghiaie sabbiose, normalconsolidati, presenti nelle piane intramoreniche e sulla fronte delle creste moreniche.

Depositi glaciolacustri, normalconsolidati, costituiti da sabbie limose, limi sabbiosi ed argillosi ed argille sabbiose, presenti all'interno della palude Brabbia e nelle aree circostanti.

I depositi glaciali e fluvioglaciali di questa unità si presentano generalmente molto sabbiosi in quanto il ghiacciaio erode e risedimenta parte dei depositi di fondo del bacino lacustre.

Unità Postglaciale (Olocene)

Unità costituita da depositi fluviali e lacustri recenti.

Depositi fluviali recenti costituiti principalmente da ghiaie sabbiose e sabbie, rinvenibili unicamente lungo i torrenti presenti nel territorio.

Depositi lacustri costituiti da sabbie limose, limi sabbiosi ed argillosi, argille sabbiose e torbe, presenti all'interno della palude Brabbia.

Analisi geomorfologica

L'evoluzione geomorfologica del territorio può essere così schematizzata:

Al termine del Miocene, (verso la fine della principale fase orogenetica), è presente sul territorio un articolato sistema di profonde valli. Sistema che, diffuso in tutto il Sud delle Alpi, è messo in relazione con il disseccamento del Mediterraneo avvenuto durante il Messiniano. Queste valli, già presenti come canyon sottomarini legati alla catena alpina in sollevamento, vengono sovraescavati a seguito dell'abbassamento del livello marino.

La conca del Lago di Varese era percorsa da una di queste valli, all'interno della quale scorreva il Paleo Ticino, che fluiva quindi in direzione WE alle pendici del massiccio del Campo dei Fiori per poi proseguire verso Sud lungo l'attuale valle del Torrente Arno.

Alla fine del Messiniano, in seguito alla riapertura del collegamento tra Atlantico e Mediterraneo, il mare trasgredisce in queste valli incise creando una costa con bracci di mare che si insinuano profondamente all'interno della terraferma in corrispondenza degli attuali laghi (Verbano Lario e Ceresio). Si depongono così le Argille di Castel di Sotto (di età Pliocenica) caratterizzate da una microfauna tipica di ambienti salmastri e con presenza di abbondanti resti vegetali.

Durante il Pliocene medio, l'apporto di materiale dalla terraferma ed un progressivo lento innalzamento del substrato, portano ad un parziale riempimento di queste valli ed alla formazione di edifici deltizi (con affioramenti visibili in Valle della Fornace a Capolago) di notevole dimensioni.

Nel Pliocene superiore il territorio è interessato dalla prima di una serie di glaciazioni, con un ghiacciaio che si estendeva probabilmente fino a Busto Arsizio, che modifica profondamente l'idrografia superficiale del territorio, infatti provoca lo sbarramento della Paleovalle del Ticino attraverso il Lago di Varese costringendo il fiume a scorrere verso S-SE a partire dalla zona di Sesto Calende.

Il territorio viene interessato da ulteriori altre 10/12 glaciazioni, le quali hanno deposto cerchie moreniche grossomodo concentriche, con le più antiche all'esterno e le più giovani all'interno.

I primi depositi glaciali rinvenibili nel territorio comunale appartengono all'episodio glaciale Daverio, durante il quale il ghiacciaio risentendo dei dossi rocciosi di Varano Borghi e del Monte Rogorella, si bipartisce nel Lobo di Comabbio e nel Lobo del Lago di Varese. Nel primo lobo la fronte è a diretto contatto dell'acqua del lago proglaciale, il quale si estende fino all'altezza di Mercallo e si espande nell'attuale Palude Brabbia. Nel lobo di Varese il ghiacciaio occupa l'intera conca del lago e sul lato meridionale si appoggia insinuandosi negli avvallamenti del substrato gonfolitico con morene poco evidenti e spalmate sul substrato. In questa fase è attivo unicamente lo scaricatore glaciale del T. Riale con direzione valle del Ticino.

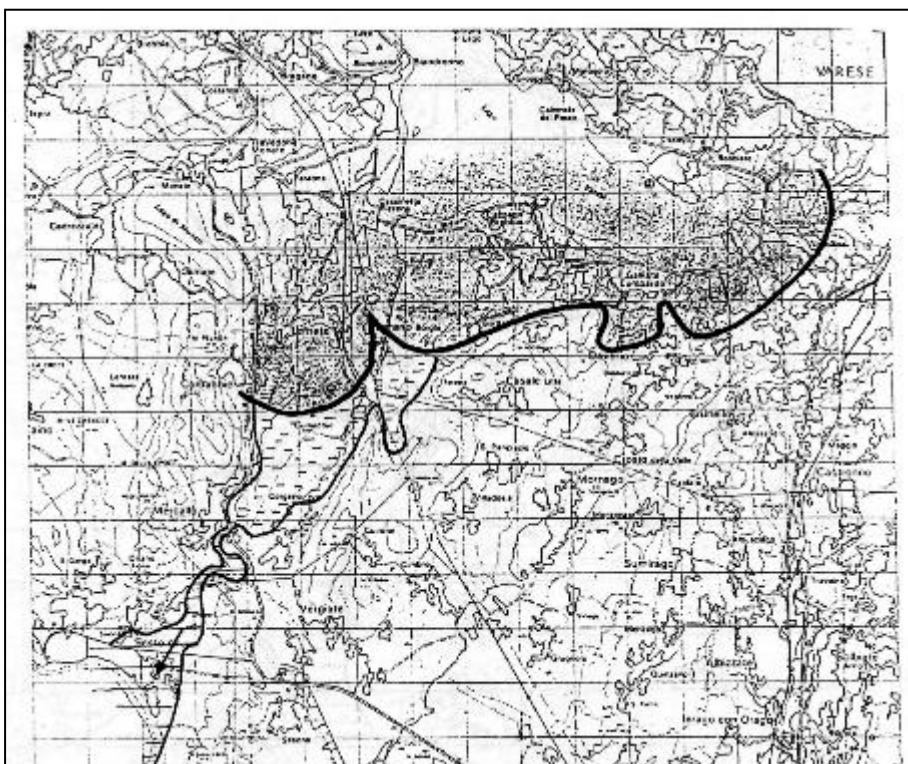


Immagine 1. Ricostruzione della posizione del Ghiacciaio Daverio. Tratto Da Rold Ornella (1990): "L'apparato glaciale del lago Maggiore", tesi di Dottorato

L'ultima glaciazione che ha interessato il territorio è stata la Glaciazione Cantù. In questa fase il ghiacciaio proveniente dal Verbano si spingeva con un suo lobo nella conca del lago andando ad occuparne più di metà. La sua fronte orientale era infatti ubicata sulla sponda Nord all'altezza di Lissago e sulla sponda Sud poco oltre il porto di Bodio; la fronte meridionale si appoggiava alle prime pendici del monte Rogorella e occupava l'abitato di Inarzo, e all'incirca, metà della Palude Brabbia

per poi addossarsi ai dossi rocciosi di Ternate e Travedona. Il ghiacciaio formava così due laghi proglaciali, il primo occupante la parte orientale del Lago di Varese e la piana di Capolago, il secondo la porzione meridionale della Palude Brabbia ed il lago di Comabbio. In questa fase il deflusso delle acque di fusione avviene per via sottoglaciale verso il Lago Maggiore.

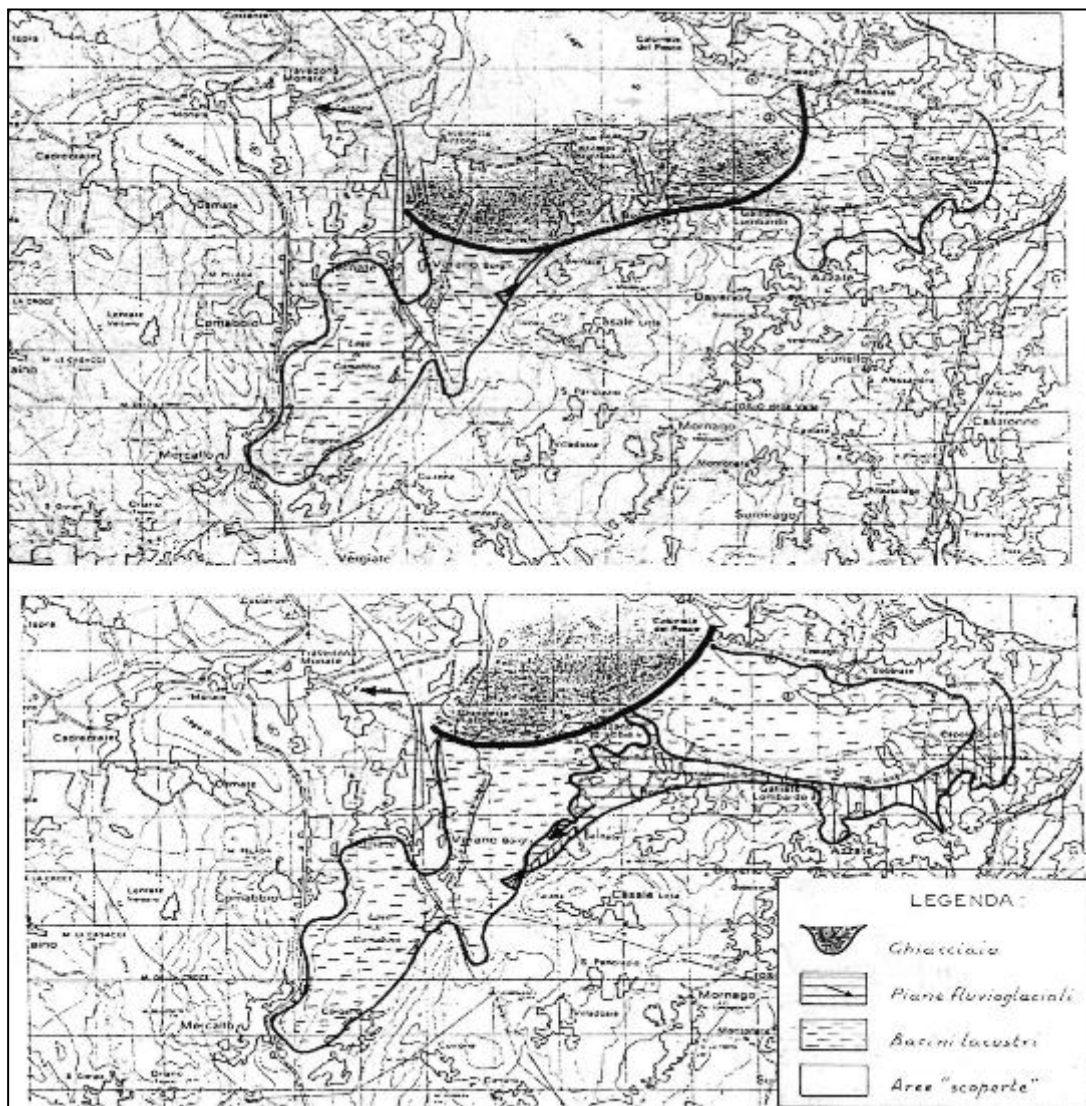


Immagine 2: Ricostruzione della posizione del Ghiacciaio Cantù nella sua fase di massimo ed in una fase di ritiro. Tratto Da Rold Ornella (1990): "L'apparato glaciale del lago Maggiore", tesi di Dottorato

La serie dei depositi Plio-Quaternari si chiude con i sedimenti recenti e attuali (limi e torbe) connessi con la fase di progressivo impaludamento di aree lacustri (Palude Brabbia e zone costiere del Lago di Varese). La Palude Brabbia occupa buona parte del territorio comunale di Inarzo, e non è sede di

particolari fenomeni geomorfologici. Da segnalare unicamente la presenza di specchi d'acqua di forma regolare, risultato della passata escavazione della torba.

Inquadramento idrogeologico

La morfologia del substrato roccioso costituito dalle marne del gruppo della Gonfolite, che presenta una permeabilità media generalmente scarsa o nulla, influenza in modo significativo l'assetto idrogeologico dell'area di Inarzo e le direzioni di flusso delle acque sotterranee. In corrispondenza degli alti morfologici costituiti da substrato, presente al di sotto di una sottile coltre superficiale, come il Monte Rogorella, si creano degli spartiacque sotterranei che indirizzano il flusso idrico.

In corrispondenza della depressione della Palude Brabbia la superficie freatica è subaffiorante trovandosi ad una profondità dal piano campagna variabile tra 1 e 3 metri circa. La superficie di tale acquifero è strettamente connessa ai livelli dei vicini laghi di Varese e Comabbio essendo la palude legata ai bacini lacustri da scambi idrici sia superficiali che sotterranei molto rapidi e diretti, fortemente influenzati, quindi, dagli apporti meteorici molto variabili con le diverse annate e stagioni.

Come si evince dall'analisi delle stratigrafie dei pozzi presenti nella ree limitrofe alla palude, il substrato si rinviene a profondità di circa 30-40 metri, creando quindi una superficie piatta o poco irregolare. L'acquifero di tipo freatico presenta quindi uno spessore anche maggiore di 40 metri, e solo localmente, dove sono presenti livelli argillosi sufficientemente spessi ed estesi, si osservano due falde sovrapposte, di cui quella sottostante in pressione.

Inquadramento geologico tecnico

Per quanto riguarda un primo inquadramento del territorio dal punto di vista geologico-tecnico, si fa riferimento a quanto riportato nello studio geologico allegato al P.G.T. comunale.

Il territorio comunale è ricoperto per la quasi totalità della sua superficie da depositi quaternari. Vista l'uniformità di molte aree si è proceduto ad una zonazione in base alle caratteristiche litologiche e geotecniche superficiali, definite a seguito delle evidenze osservate durante i rilievi di campagna e i saggi eseguiti.

Individuate le caratteristiche litostratigrafiche ed i lineamenti geomorfologici ed idrogeologici del sito è stato possibile, sulla base degli scarsi dati esistenti (stratigrafie pozzi e prove geotecniche), caratterizzare i terreni presenti in modo da fornire una prima suddivisione in unità a comportamento geologico-tecnico simile.

Le suddivisioni riportate in questo capitolo danno una indicazione puramente di inquadramento generale e preliminare e non andranno assolutamente considerate come esaustive e sufficienti.

Si sono distinte le seguenti unità litologico–tecniche superficiali:

UNITÀ A depositi lacustri

Litologia: sabbie limose e limi argillosi dominanti, argille limose e sabbiose e torbe subordinate.

Caratteristiche tecniche: terreno ad alto contenuto organico, alta compressibilità, bassa soggiacenza della falda freatica con saturazione pressoché totale che determinano una capacità portante all'incirca nulla con forti cedimenti differenziali.

Caratteristiche geotecniche da scadenti a pessime.

UNITÀ B depositi lacustri di bordo

Litologia: sabbie limose, limi argillosi e argille limose e sabbiose.

Caratteristiche tecniche: terreno a compressibilità elevata, bassa soggiacenza della falda freatica che determinano una capacità portante limitata con forti cedimenti differenziali.

Caratteristiche geotecniche scadenti.

UNITÀ C depositi fluviolacustri e fluvioglaciali

Litologia: sabbie limose, limi argillosi e argille limose e sabbiose, ghiaie con matrice sabbiosa.

Caratteristiche tecniche: terreno a comportamento incoerente - semicoesivo che determina una sufficiente capacità portante con possibili significativi ristagni d'acqua e cedimenti differenziali.

Caratteristiche geotecniche sufficienti.

UNITÀ D depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale

Litologia: sabbie limose, ghiaie con matrice sabbiosa, limi sabbiosi, normalconsolidati.

Caratteristiche tecniche: terreno a comportamento prevalentemente incoerente, capacità portante in genere discreta, alterazione pressoché assente che determinano una capacità portante da discreta a buona.

Caratteristiche geotecniche da discrete a buone.

UNITÀ E depositi glaciali

Litologia: depositi di fondo costituiti da sabbie limose debolmente argillose sovraconsolidate, depositi di ablazione costituiti da ghiaie con matrice sabbiosa limosa normalconsolidate.

Caratteristiche tecniche: la presenza di una abbondante frazione fine implica un comportamento incoerente - semicoesivo e l'assenza di alterazione dei clasti determinano una buona capacità portante.

Caratteristiche geotecniche buone.

UNITÀ F depositi glaciali/fluvioglaciali su substrato subaffiorante

Litologia: depositi di fondo costituiti da sabbie limose debolmente argillose sovraconsolidate, depositi di ablazione costituiti da ghiaie con matrice sabbiosa limosa normalconsolidate, depositi fluvioglaciali costituiti da sabbie limose, ghiaie con matrice sabbiosa, limi sabbiosi, normalconsolidati.

Caratteristiche tecniche: la presenza di una discreta frazione fine implica un comportamento incoerente - semicoesivo, l'assenza di alterazione dei clasti e la presenza di un substrato roccioso subaffiorante determinano una discreta capacità portante.

Caratteristiche geotecniche discrete.

Unità formata dal substrato roccioso costituito dai due membri della Gonfolite.

Successione marnosa, conglomeratica e arenacea, ricoperta da un sottile spessore di depositi. Unità che presenta generalmente condizioni di circolazione idrica praticamente nulle, ad esclusione delle aree fortemente fratturate o scarsamente cementate del membro superiore. La permeabilità media, di tipo secondario, è generalmente scarsa o nulla. In queste condizioni, l'acqua di infiltrazione superficiale, una volta attraversati i materiali di copertura e giunta al tetto del substrato, ne sfrutta l'interfaccia come superficie di scorrimento verso valle.

Tali aree presentano caratteristiche geotecniche discrete, tenendo conto però della coltre superficiale che può dar luogo a soliflusso e ruscellamento sopra il substrato. Si ritiene quindi opportuno in fase costruttiva l'asportazione della coltre superficiale.

Reticolo idrografico comunale

Il reticolo idrografico comunale risulta essere piuttosto semplificato ed è costituito, come si evince dalla successiva immagine, da tre corsi d'acqua che scorrono in direzione est ovest, conflueno nel Canale Brabbia, quest'ultimo appartenente al reticolo idrico principale.

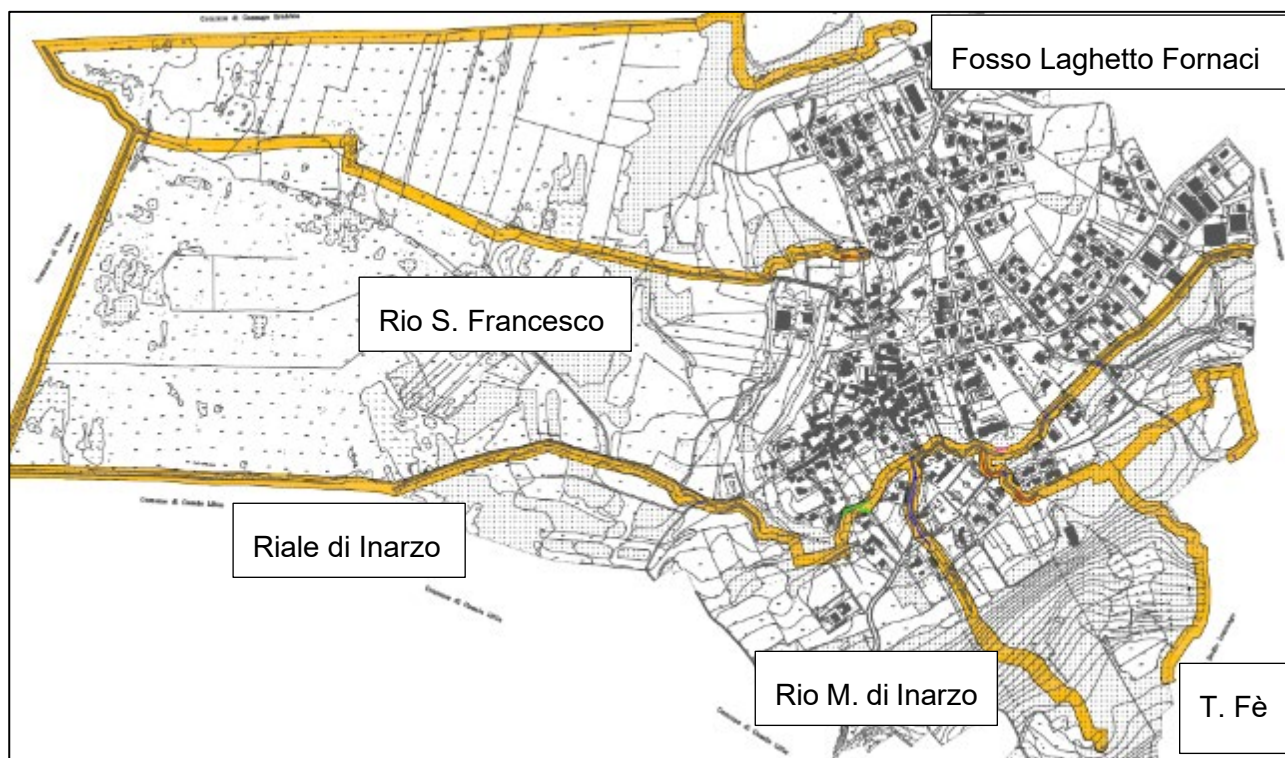


Immagine 3: schema di suddivisione della rete idrografica

I tre corsi d'acqua sono, procedendo da nord:

- il Fosso Laghetto Fornaci, che si origina in prossimità di uno specchio d'acqua artificiale originatosi da una passata attività estrattiva di torba;
- il rio S. Francesco, che si origina nel settore intermedio del territorio comunale, e risulta alimentato da alcune venute sorgentizie e dallo scarico di una linea di acque chiare a servizio di quello che in passato poteva essere il suo bacino idrografico naturale. Nell'area di origine del corso d'acqua si rilevano alcune problematiche di allagamento di locali seminterrati. Ciò non pare essere un effetto diretto del corso d'acqua quanto piuttosto una conseguenza della difficoltà di smaltimento della rete di collettamento esistente;
- il Riale di Inarzo, che si origina in comune di Bodio Lomnago. E' il corso d'acqua che maggiormente interagisce con l'area urbana. Esso riceve le acque di due affluenti laterali: il Rio Monte di Inarzo e il Torrente Fè.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) individua, prevalentemente a valle dell'abitato, diverse zone di esondazione e spagliamento. Nelle perimetrazioni vengono coinvolti alcuni scoli non ricompresi nello studio del reticolo idrico minore posti nella zona sud occidentale del territorio comunale e confluenti nel Torrente Riale di Inarzo.

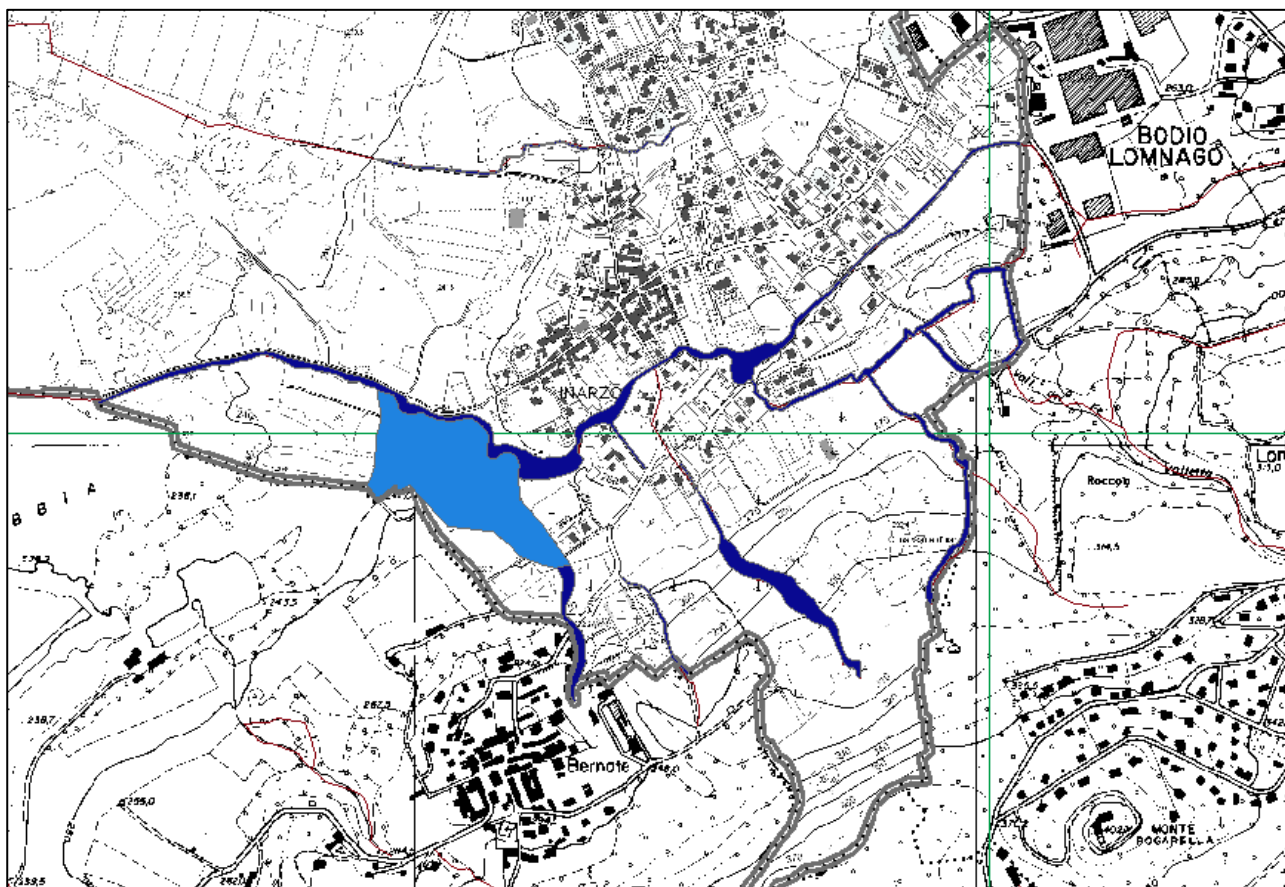


Immagine 4: individuazione delle aree a pericolosità idraulica del PGRA – reticolo idrico minore

Dalle informazioni assunte in fase di stesura del presente studio risulta particolarmente problematica la gestione dei deflussi idrici proprio nel settore occidentale, in prossimità dell'area cimiteriale. In occasione di eventi meteorici intensi, infatti, la rete di collettamento esistente non è in grado di convogliare tutte le acque in arrivo. In conseguenza si producono effetti di allagamento della sede stradale con problematiche per la circolazione.

Sistema fognario

Il sistema fognario risulta ben sviluppato e differenziato anche nella componente di raccolta delle acque bianche. Complessivamente il sistema possiede 10 punti di scarico in corpo idrico superficiale, tutti afferenti, in ultimo, allo specchio lacustre del Lago di Comabbio.

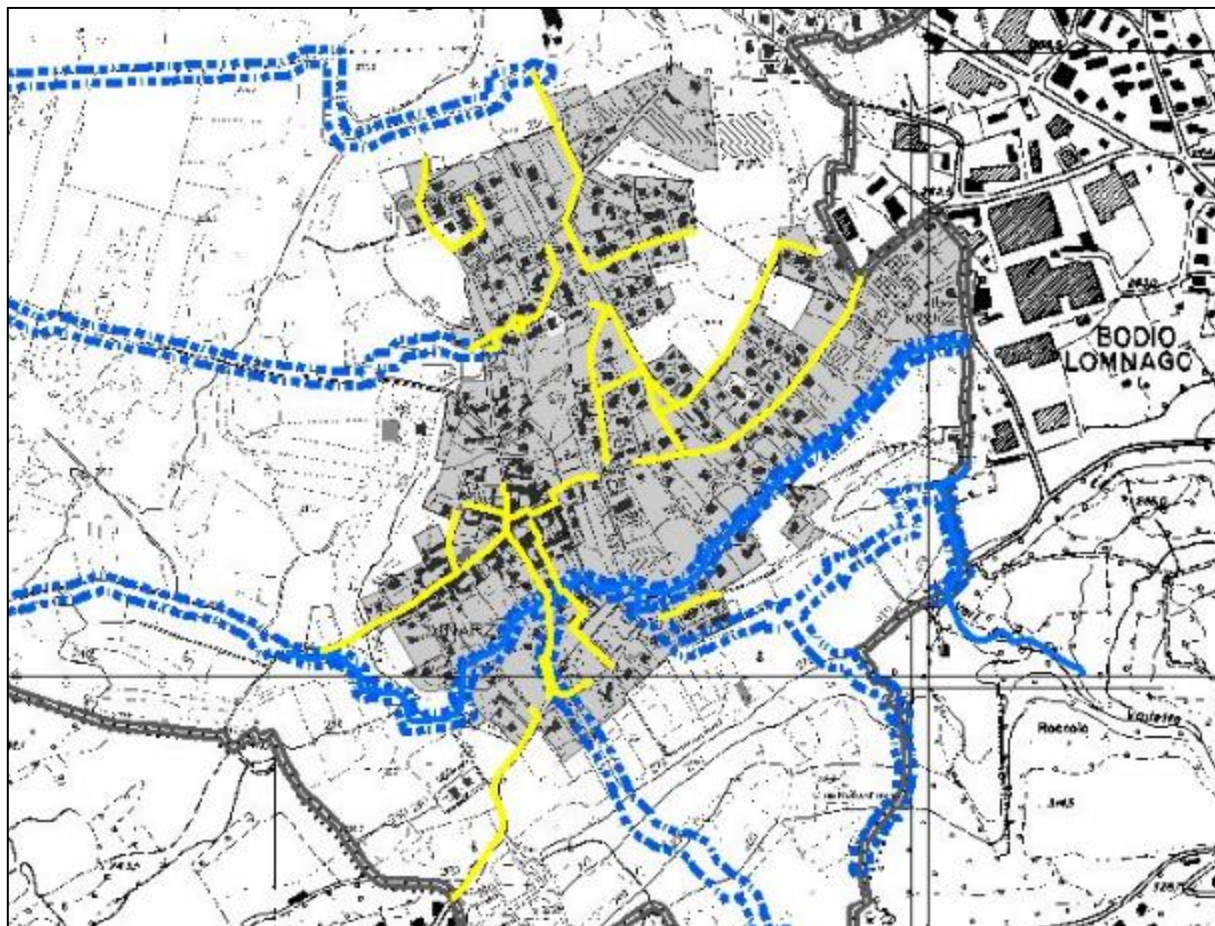


Immagine 5: schema rete acque bianche

Le insufficienze della rete fognaria sono segnalate nella parte terminale di via Rizza e nell'intorno dell'area cimiteriale, lungo la S.P. 53.

5. SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE

Complessivamente la rete di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche in ambiente urbano risulta essere ben distribuita. Fanno eccezione tre situazioni localizzate per le quali si proporranno specifici interventi strutturali. Sempre per quanto riguarda gli interventi strutturali, si propone la separazione dell'ultimo tratto di rete mista presente sul territorio comunale, in corrispondenza di via S. Francesco.

Per quanto riguarda il reticolo idrico naturale sono presenti diffuse aree con rilevanti criticità che tuttavia interessano aree naturali a valle dell'urbanizzato. Tali criticità non generano quindi problematiche alle aree antropizzate sia urbane che a vocazione agricola.

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;
- III. migliorare l'efficienza della rete di raccolta e convogliamento dei deflussi.

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.

I Punti II e III, invece, si prestano 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.

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.

MIGLIORAMENTO DELLA RETE DI CONVOGLIAMENTO

1) Via Rizza – Via San Francesco

La situazione vede il frequente allagamento di semiinterrati di aree condominiali nella parte inferiore di via Rizza.

Al fine di migliorare il sistema complessivo della rete locale si propongono i seguenti interventi:

- 1) Adeguamento della rete di raccolta di acque bianche esistente lungo via Rizza e creazione di un'area di accumulo/dispersione nella parte centrale dell'aiuola di via Rizza. Tale accumulo avrà un troppo pieno che in un primo momento potrà ricollegarsi alla rete esistente per poi in via definitiva collegarsi alla rete di cui al punto 2. La lunghezza del tratto di intervento è di circa 100 m e risulta a servizio di un'area di circa 0,4 ha di superficie impermeabile equivalente. Prendendo a riferimento una portata smaltibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile la portata di riferimento per il dimensionamento dei tubi è di circa 16 l/s. Si ritiene che una tubazione in PVC di diametro 20 cm sia sufficiente al convogliamento di tale portata. L'area verde centrale è di circa 90 m². La tipologia d'opera di accumulo/laminazione potrà essere determinata solo a seguito di specifiche valutazioni di dettaglio sull'eventuale presenza di falda e sulla profondità della rete di scolo esistente.

Creazione di una nuova rete di acque bianche di collegamento tra via Rizza e via San Francesco. In tale settore è presente un'area di proprietà comunale entro la quale potranno essere previsti ulteriori apprestamenti di accumulo/dispersione. Il troppo pieno, attraverso la rete esistente porterà in ultimo le acque al Rio S. Francesco. La lunghezza del tratto di intervento è di circa 60 m ed attraversa aree private.

- 2) Creazione di una diramazione della rete di acque bianche lungo via Rizza che attraverso aree private porterà le acque in un'area naturale a sud del comparto ove è possibile prevedere la creazione di un'area di laminazione. La lunghezza del tratto di intervento è di circa 65 m ed attraversa aree private. Come dimensionamento si rimanda al punto 1.

Al fine di ridurre gli apporti a questo settore si propongono due ulteriori interventi:

- a. Potenziamento della rete di smaltimento lungo via Sessa in direzione di via San Francesco. La lunghezza del tratto di intervento è di circa 170 m e risulta a servizio di un'area di circa 2,1 ha di superficie impermeabile equivalente. Prendendo a

riferimento una portata smaltibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile, la portata di riferimento per il dimensionamento del tubo è di circa 84 l/s. Si prevede pertanto che una tubazione in cemento di diametro 40 cm sia sufficiente al convogliamento di tale portata.

- b. Creazione di una nuova rete di acque bianche lungo via Monte Grappa. La lunghezza del tratto di intervento è di circa 140 m e risulta a servizio di un'area di circa 1,75 ha di superficie impermeabile equivalente. Prendendo a riferimento una portata smaltibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile la portata di riferimento per il dimensionamento del tubo è di circa 70 l/s. Si prevede pertanto che una tubazione in cemento di diametro 40 cm sia ampiamente sufficiente al convogliamento di tale portata.

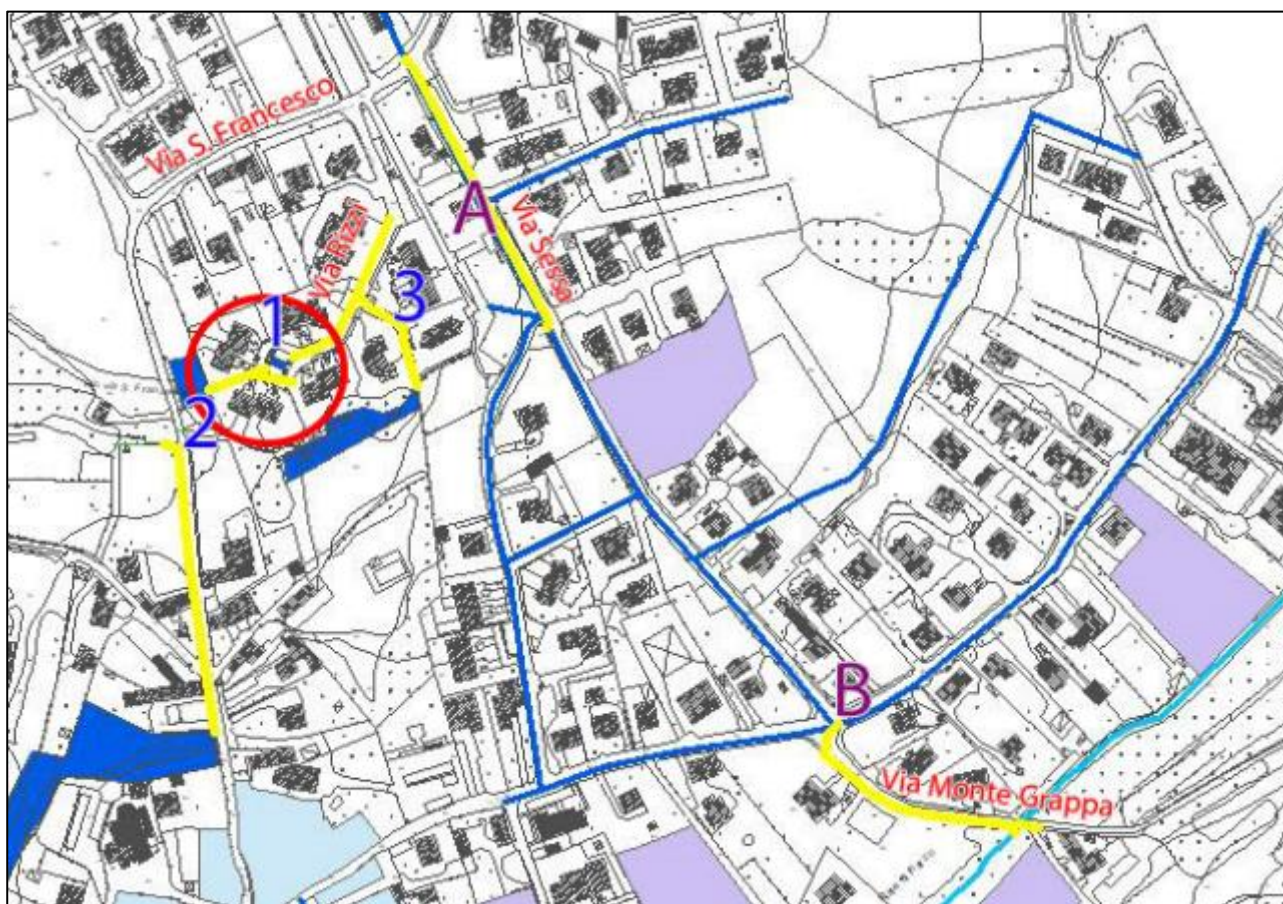


Immagine 6: schema interventi miglioramento comparto di via Rizza

2) Via I Maggio – SP53

La situazione vede il frequente allagamento della SP 53 in conseguenza dei deflussi provenienti da due vallecole poste a sud dell'infrastruttura. L'imbocco delle tombinature e l'attraversamento risultano insufficienti a convogliare le acque in arrivo.

In tale settore si propongono i seguenti interventi:

- 1) Regimazione idraulica della vallecola a confine con Casale Litta con realizzazione di opere di trattenuta del materiale superficiale (foglie e rami) che può ostruire l'attraversamento. Potenziamento della vasca di laminazione esistente.
- 2) Modellazione delle quote del piano viabile in comune di Casale Litta per favorire il deflusso verso la vallecola che costituisce il confine comunale.
- 3) Regimazione idraulica della vallecola a lato del cimitero con realizzazione di opere di trattenuta del materiale superficiale (foglie e rami) che può ostruire l'attraversamento. Creazione di sistemi di rallentamento e invaso delle acque defluenti.
- 4) Ricalibrazione dell'attraversamento stradale e risezionatura dell'alveo a valle di tale attraversamento fino alla confluenza nel Riale di Inarzo.

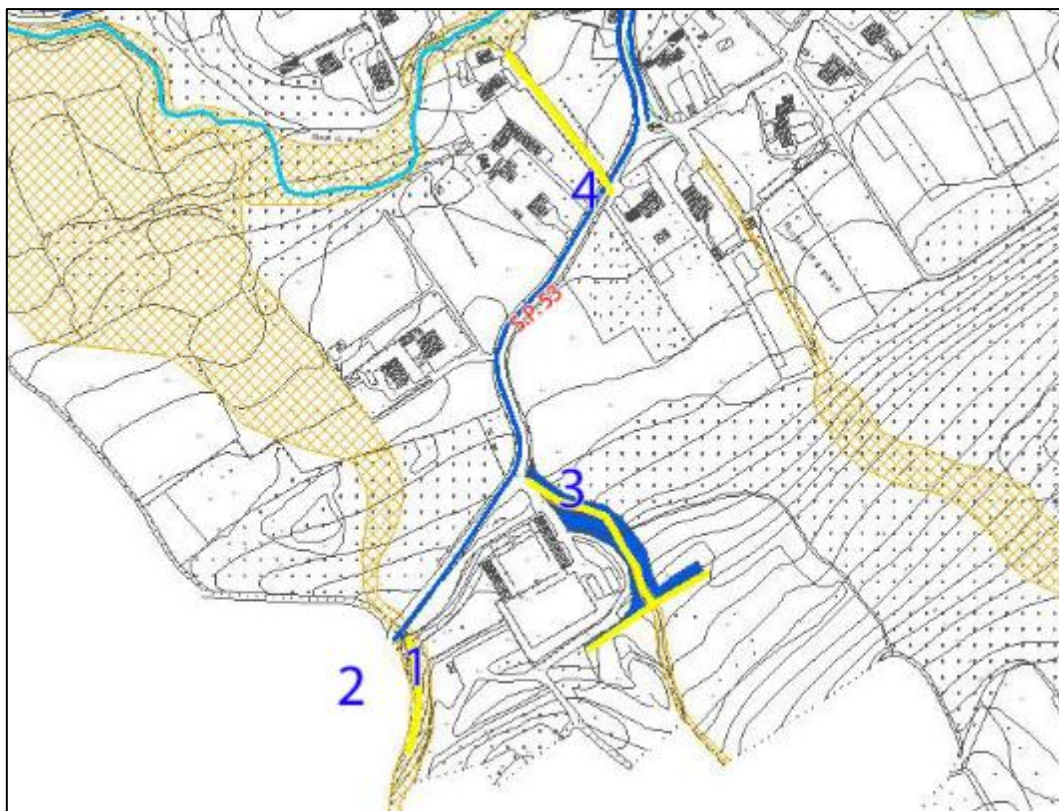


Immagine 7. schema interventi miglioramento comparto di via I Maggio – S.P.53

3) Via Monte Grappa

La situazione vede sporadici interessamenti del cortile dell'abitazione posta a lato del Riale di Inarzo, in destra idrografica, in conseguenza dei deflussi provenienti dalle strade che confluiscono sull'attraversamento. La presenza di brevi muretti in cemento limita lo scolo naturale delle acque verso il fiume.

La situazione si ritiene risolvibile con leggeri interventi di riprofilatura delle quote dell'asfaltatura, la creazione di scoli laterali nei muretti esistenti. L'implementazione di un nuovo tratto di acque bianche favorirebbe inoltre il convogliamento dei deflussi stradali.



Immagine 8: vista dell'area critica con indicato l'ingresso carraio dal quale si innescano problematiche di allagamento

4) Via San Francesco

Si ritiene necessario dotare il comparto afferente la via S. Francesco di un collettore di acque bianche con scarico diretto nel Rio San Francesco. Come riferimento progettuale il collettore dovrà smaltire una portata di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile che, per l'area asservita dal collettore in oggetto, ammonta a circa 0,7 ettari. Ne deriva una portata di circa 28 l/s. Volendo applicare un sovradimensionamento cautelativo, si ritiene corretto prevedere un collettore diam. 30 cm per tutta la lunghezza del tratto, pari a circa 170 m, interamente localizzati su strada pubblica.



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 5 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	0.357
GEV - parametro alpha (α)	0.279
GEV - parametro kappa (k)	-0.0155
GEV - parametro epsilon (ϵ)	0.8349

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_1 è il coefficiente pluviometrico orario, W_t è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T , n è l'esponente della curva (parametro di scala), α , ϵ , 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:

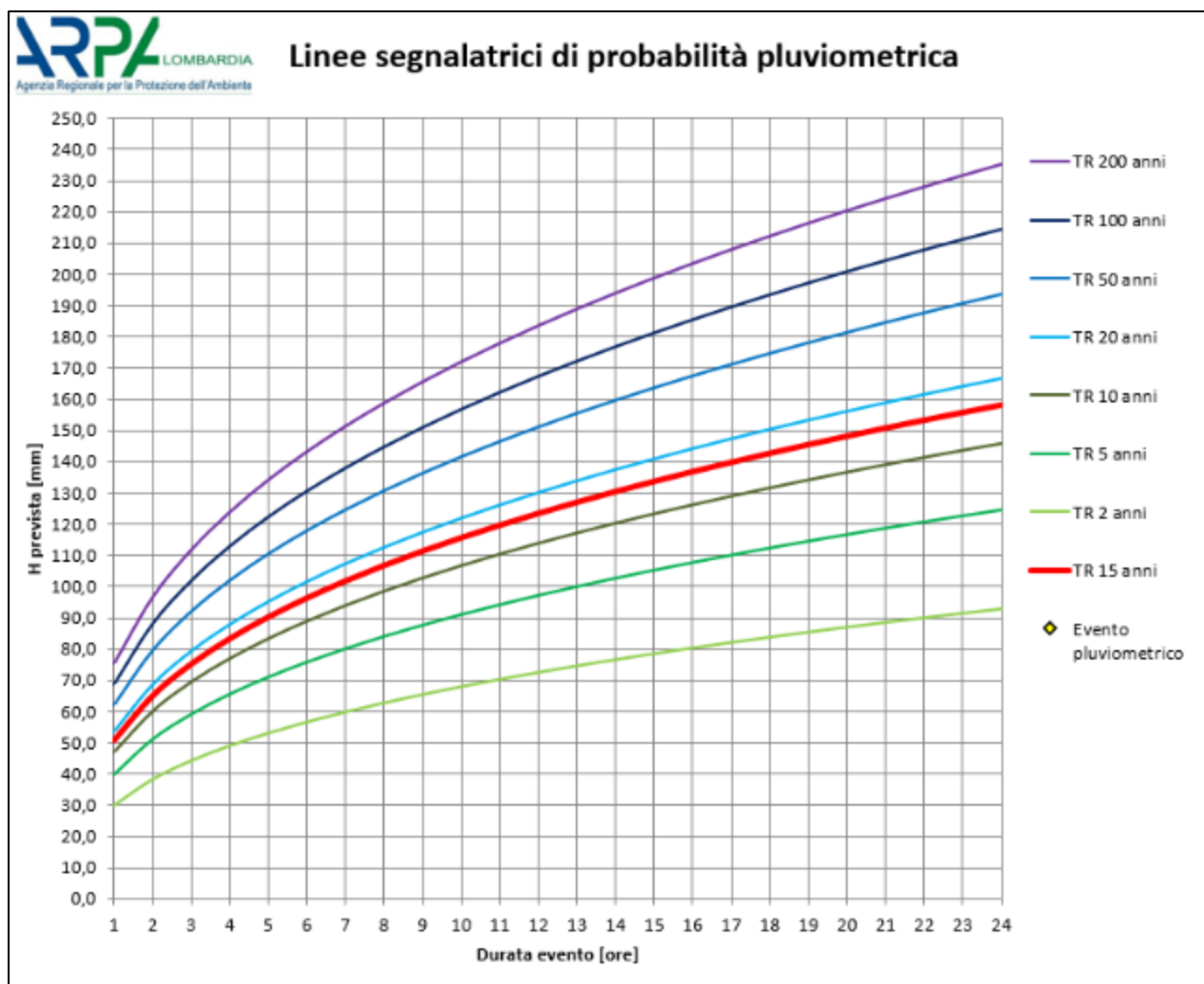
TR 10 anni: $a = A_1 \times W_t = 46,9 \text{ mm};$

TR 50 anni: $a = A_1 \times W_t = 62,3 \text{ mm};$

D_w (Tempo di massimizzazione degli accumuli idrici interni al sistema di drenaggio con sistema di scarico conforme ai limiti di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile) = da 1,07 h a 1,44 h.

TR 100 anni: $a = A_1 \times W_t = 68,90 \text{ mm}$;

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 [m³]: volume di invaso;

S [ha]: area scolante;

D_w [ore]: durata critica;

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

$n = 0,359$

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

φ = 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 ³)
Ambito 1	15,1	1,7			2,4	1,9	1,70	1,44	680
Ambito 2	8,6	1,3			1,2	0,76	1,30	1,44	520
Ambito 3	10,4	0,9			1,4	1,76	0,90	1,44	360
Ambito 4	7,8	0,9	1,2	0,7	0,4	0,3	2,31	1,07	924
Ambito 5	7,6	0,8			0,7	0,7	0,80	1,44	320
TOTALE	49,5	5,6	1,2	0,7	6,1	5,4	7,01		2804

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 2 804 m³.

Con riferimento all'allegata tavola 5 sono state individuate diverse aree, in prevalenza ricomprese in aree a servizi, entro le quali poter prevedere apprestamenti di laminazione e/o dispersione. Le superfici complessive individuate ammontano a circa 9.400 m².

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 Inarzo 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 buono 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 perimetrate 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 perimetrate 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 perimetrate 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 E 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 Inarzo, 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 9: 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 10: 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 interrate 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.

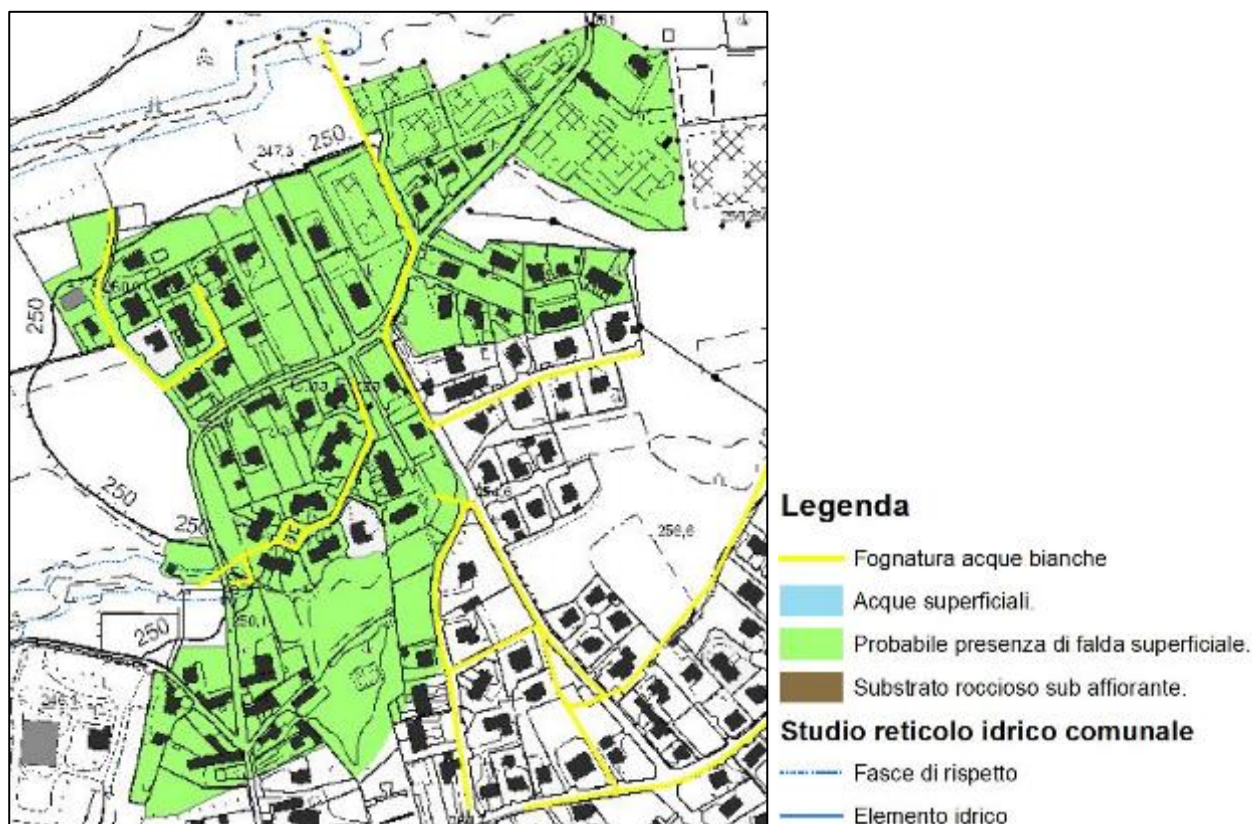
A valle dei sistemi di invaso che non prevedono la dispersione nel sottosuolo, andranno sempre associati manufatti di regolazione e di verifica delle portate scaricate, onde soddisfare i vincoli di scarico della portata stessa.

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

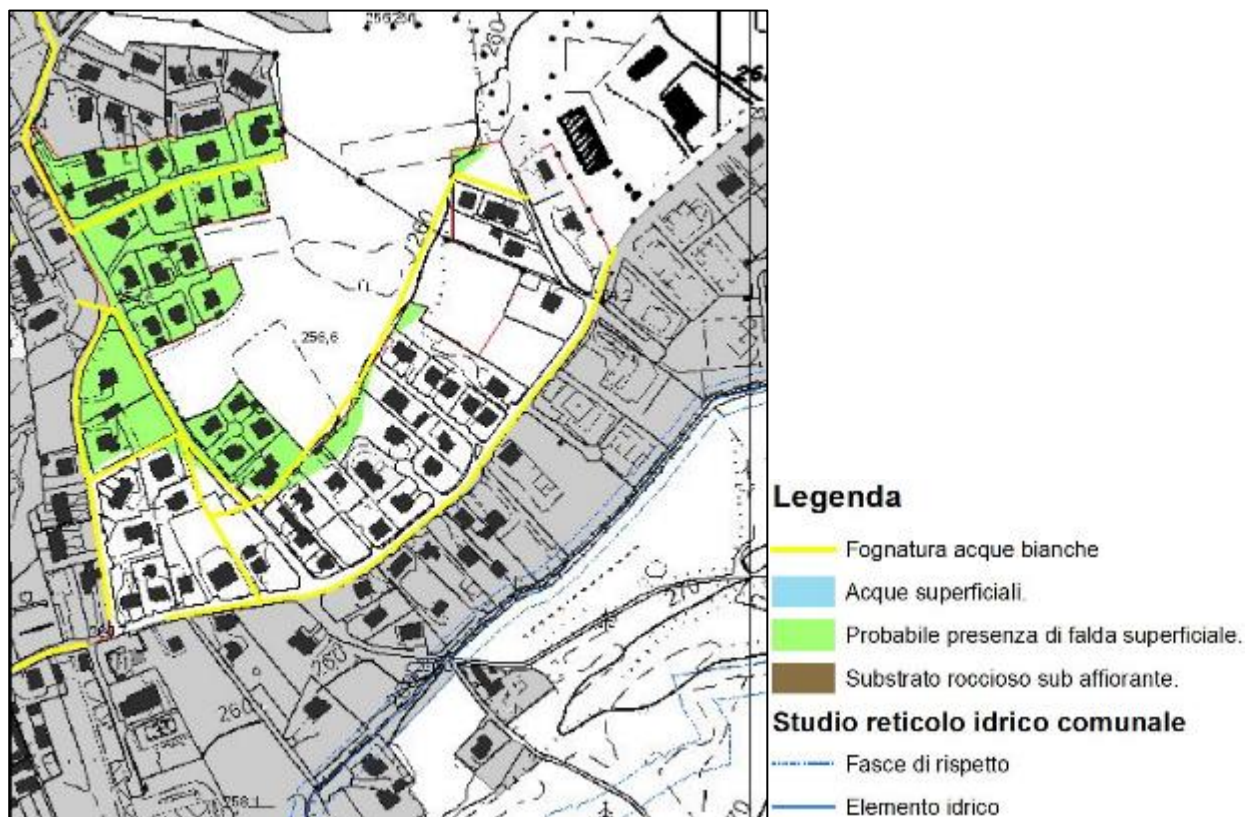


L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate. In generale risulta sempre preferibile favorire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Tale approccio potrebbe essere difficoltoso nelle aree con bassa soggiacenza di falda, per le quali si ritiene ammissibile lo scarico in pubblica fognatura comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa; tuttavia poiché tali caratteristiche geologiche derivano da studi a scala di bacino, dovranno essere verificate, con opportune indagini locali, la presenza di substrati impermeabili e la profondità, ovvero la possibilità di risalita, delle acque di falda.

Nella parte bassa dell'area (ovest), a fronte della presenza del Rio San Francesco, sono ammissibili interventi con scarico in corpo idrico superficiale, comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa.

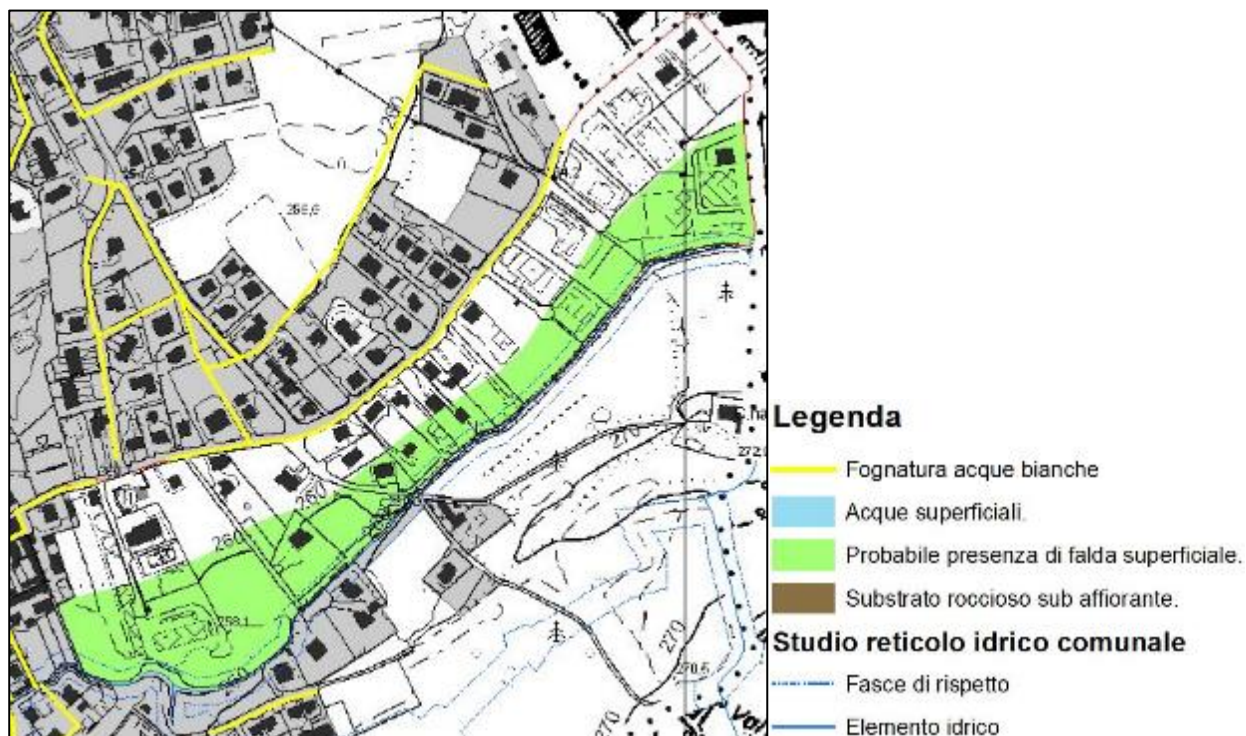
Area omogenea 2



L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate. In generale risulta sempre preferibile favorire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Tale approccio potrebbe essere difficoltoso nelle aree con bassa soggiacenza di falda, per le quali si ritiene ammissibile lo scarico in pubblica fognatura comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa; tuttavia poiché tali caratteristiche geologiche derivano da studi a scala di bacino, dovranno essere verificate, con opportune indagini locali, la presenza di substrati impermeabili e la profondità, ovvero la possibilità di risalita, delle acque di falda.

Area omogenea 3

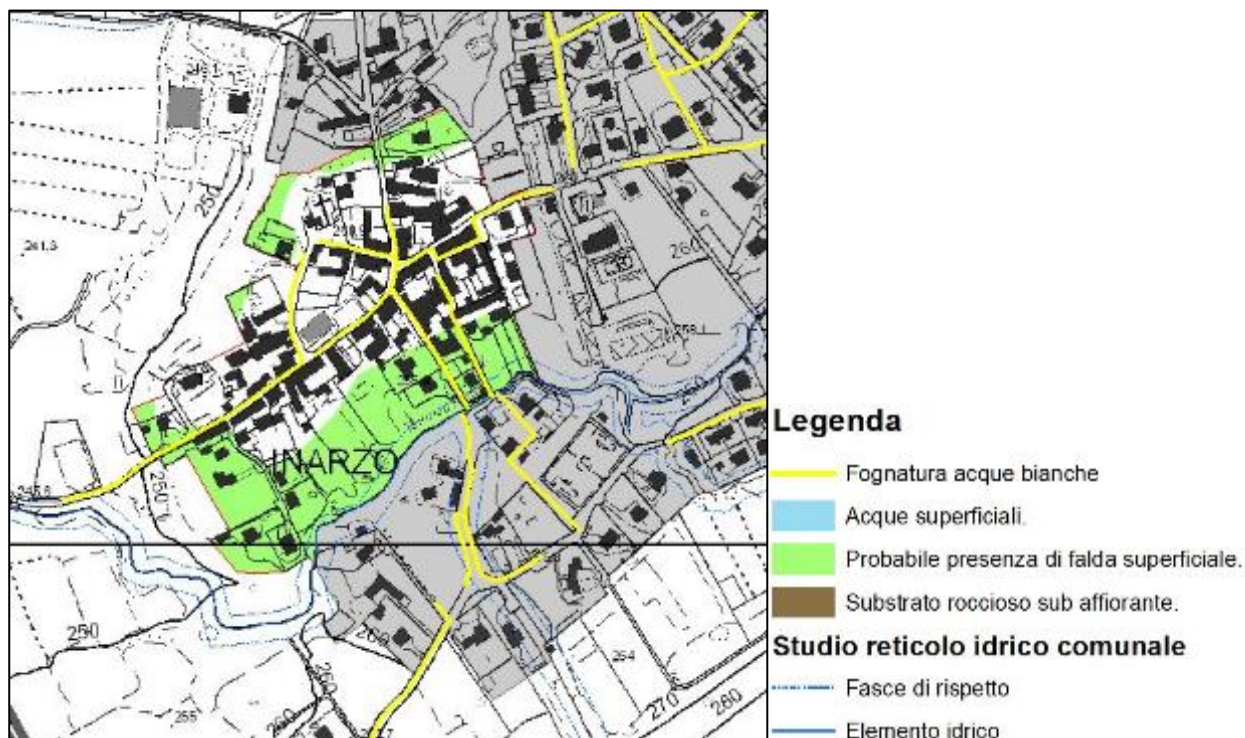


L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate. In generale risulta sempre preferibile favorire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Tale approccio potrebbe essere difficoltoso nelle aree con bassa soggiacenza di falda, per le quali si ritiene ammissibile lo scarico in pubblica fognatura comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa; tuttavia poiché tali caratteristiche geologiche derivano da studi a scala di bacino, dovranno essere verificate, con opportune indagini locali, la presenza di substrati impermeabili e la profondità, ovvero la possibilità di risalita, delle acque di falda.

Nella parte bassa dell'area, a fronte della presenza del Riale di Inarzo, sono ammissibili interventi con scarico in corpo idrico superficiale, comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa.

Area omogenea 4



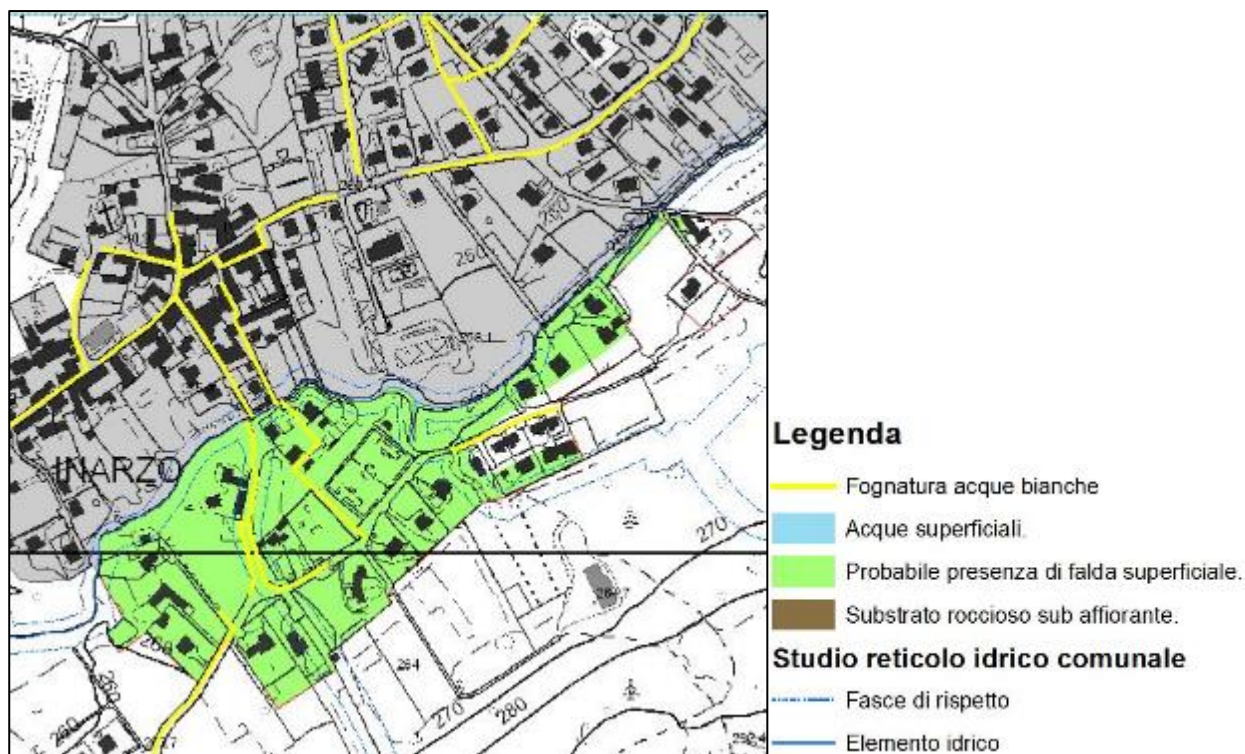
L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate. In generale risulta sempre preferibile favorire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Tale approccio potrebbe essere difficoltoso nelle aree con bassa soggiacenza di falda, per le quali si ritiene ammissibile lo scarico in pubblica fognatura comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa; tuttavia poiché tali caratteristiche geologiche derivano da studi a scala di bacino, dovranno essere verificate, con opportune indagini locali, la presenza di substrati impermeabili e la profondità, ovvero la possibilità di risalita, delle acque di falda.

Nella parte di centro storico, in assenza di spazi per la dispersione delle acque, è sempre ammissibile lo scarico nella rete di acque bianche.

Nella parte bassa dell'area, a fronte della presenza del Riale di Inarzo, sono ammissibili interventi con scarico in corpo idrico superficiale, comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa.

Area omogenea 5



L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di fognature separate. In generale risulta sempre preferibile favorire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Tale approccio potrebbe essere difficoltoso nelle aree con bassa soggiacenza di falda, per le quali si ritiene ammissibile lo scarico in pubblica fognatura comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa; tuttavia poiché tali caratteristiche geologiche derivano da studi a scala di bacino, dovranno essere verificate, con opportune indagini locali, la presenza di substrati impermeabili e la profondità, ovvero la possibilità di risalita, delle acque di falda.

Nella parte bassa dell'area, a fronte della presenza del Rio San Francesco, sono ammissibili interventi con scarico in corpo idrico superficiale, comunque entro i limiti stabiliti dalla normativa.