

Comune di Campogalliano

Provincia di Modena

RELAZIONE IDRAULICA

Ai sensi della Delibera Regionale GPG/2016/1405 del 01/08/2016



Oggetto:

Studio di fattibilità idraulica inerente il PUA denominato Area 6 previsto in via Jugularia in Località Panzano di Campogalliano (MO) – REV-01



DICEMBRE 2021

Rif.233/21



Sede Legale: Via C. Costa, 162 - 41123 Modena
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059 3967169 - Fax. 059 5960176
Info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it
P.IVA 02981500362



RELAZIONE IDRAULICA

Studio di fattibilità idraulica inerente il PUA denominato Area 6 previsto in via Jugularia Località Panzano di Campogalliano (MO)

REV 01

Sommario

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO	4
3. RIFERIMENTI NORMATIVI DI CARATTERE IDRAULICO	9
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE	18
4.1. Caratteristiche idrografiche del Reticolo Secondario di Pianura "RSP"	20
5. VERIFICA DEL RISCHIO IDRAULICO - SOTTOBACINO NORD	21
5.1. Calcolo del volume delle precipitazioni medie annue (v)	21
5.2. Portata media annua naturale	22
5.3. Calcolo della portata di massima piena	24
5.4. Stima del livello di piena in corrispondenza dell'area d'interesse	25
6. VERIFICA DEL RISCHIO IDRAULICO - SOTTOBACINO SUD	28
6.1. Calcolo del volume delle precipitazioni medie annue (v)	29
6.2. Portata media annua naturale	29
6.3. Calcolo della portata di massima piena	30
6.4. Stima del livello di piena in corrispondenza dell'area d'interesse	32
7. VALUTAZIONE DELLE MISURE ATTE ALLA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI 34	
8. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA	38
8.1. Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica	40
8.2. Descrizione dell'invaso naturale di laminazione	42
8.3. Descrizione della rete scolante	45
9. CONCLUSIONI	49

Tavole

Tav. n. 1: "Carta corografica"	scala 1: 25000
Tav. n. 2: "Carta topografica 1:10000"	scala 1: 10000
Tav. n. 3: "Carta topografica 1:5000"	scala 1: 5000

1. PREMESSA

Su incarico della proprietà ed in accordo con il tecnico progettista, nel mese di Luglio Ottobre è stato eseguito il presente studio di fattibilità idraulica propedeutico alla realizzazione del PUA denominato Area 6 previsto in via Jugularia in Località Panzano di Campogalliano (MO).

L'ubicazione dell'area di interesse è illustrata nella "Carta corografica in scala 1:25.000" (Tav. n. 1), nella "Carta topografica in scala 1:10.000" (Tav. n. 2) e nella "Carta topografica in scala 1:5.000" (Tav. n. 3) riportate in allegato.

L'ubicazione dell'area oggetto di studio è riportata nelle riprese fotografiche aeree, visibili in Figura 1.1 e 1.2.



Figura 1.1 - Ubicazione dell'area oggetto di studio



Figura 1.2 - Ubicazione di dettaglio dell'area oggetto di studio

La presente relazione è stata eseguita in conformità a quanto prescritto dalla Delibera Regionale GPG/2016/1405 del 01/08/2016 "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato

n. 5 (Norme di Attuazione) del “Progetto di Variante al Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)”, adottato dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015”.

2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO

L’area d’interesse risulta ubicata a nord del territorio comunale di Campogalliano, appena a est dell’Autostrada del Brennero A22 e si affaccia su via Jugularia in Località Panzano; ricade ad una quota topografica di circa 33.5 m s.l.m.

Il lotto d’interesse è ricompreso nell’Unità di Paesaggio 7 - Pianura di Carpi Soliera e Campogalliano (Figura 2).

Gli elementi caratterizzanti il territorio sono rappresentati dalle strade principali, poderali e interpoderali, dai canali di scolo disposti lungo gli assi principali della centuriazione, dai tabernacoli agli incroci degli assi, dalle case coloniche, dalle piantate e dai relitti di filari di antico impianto orientati secondo la centuriazione e da altri elementi topografici presenti riconducibili alla divisione agraria romana. Nella zona più a Sud il territorio presenta caratteri in parte analoghi alle zone perfluviali del Secchia.

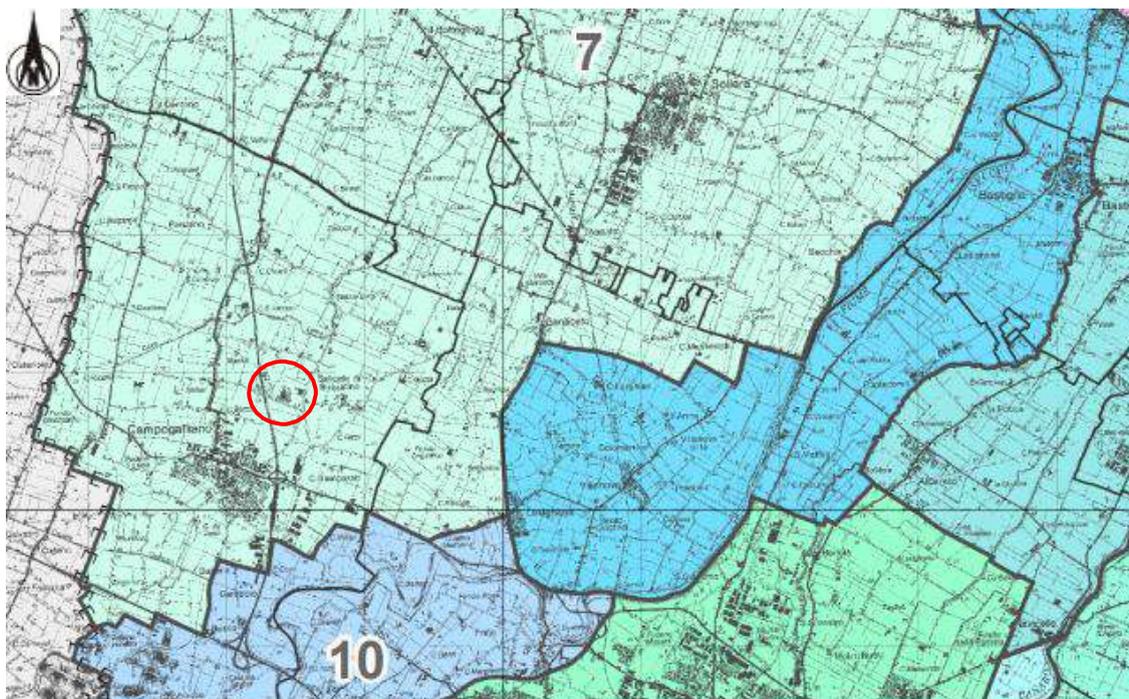


Figura 2 - Carta delle Unità di paesaggio (Tav. 7 del PTCP della Provincia di Modena)

La morfologia è caratterizzata dalla presenza di due dossi con andamento generale Sud-Nord che attraversano quasi per intero il territorio della U.P. e su cui si dispongono anche alcune importanti aree di concentrazione di materiali archeologici.

I principali caratteri del paesaggio con particolare riferimento a vegetazione, fauna ed emergenze geomorfologiche. I caratteri ambientali sono quelli tipici della pianura coltivata. Sono presenti alcuni centri abitati di un certo rilievo (Carpi, Soliera, Campogalliano). I principali caratteri ambientali sono quelli di una campagna di pregio soprattutto nella porzione meridionale, con alberi isolati di grandi dimensioni (prevalentemente farnie) e numerosi esemplari di filari e piantate.

La vegetazione presente lungo i canali é quella tipica delle zone umide di pianura e conferisce un aspetto molto tipico al paesaggio visto lo sviluppo della rete di canali. In alcuni casi a questi è associata la presenza di alberi e arbusti lungo il margine esterno delle sponde. Numerosi elementi residuali quali alberi isolati di grandi dimensioni, siepi e talvolta formazioni arboree lineari, sono sviluppate in corrispondenza di confini di proprietà, dei fossati e nelle vicinanze degli insediamenti storici.

La fauna è quella delle campagne coltivate.

Il sistema insediativo rurale é a carattere sparso e in buono stato di conservazione con diffusione di ville di interesse storico-architettonico.

La viabilità storica si sviluppa secondo maglie regolari dando origine a un reticolo denso e articolato soprattutto in prossimità di Campogalliano.

La U.P. comprende i principali centri urbani di Carpi, Soliera e Campogalliano, oltre a una serie di centri frazionali quali S. Marino, Limidi, Ganaceto, Santa Croce, Sozzigalli.

La rete idrografica é costituita prevalentemente da canali di bonifica di varia importanza, sia per uso irriguo, sia di scolo. Fra i maggiori: a Ovest il Tresinaro (che nonostante l'origine naturale in questo tratto assume carattere di notevole artificialità a causa di interventi idraulici), il cavo Lama a est; e il canale dei Mulini a Sud.

La rete dei fossati per uso irriguo e di scolo costituisce inoltre una maglia densa e regolare.

La maglia poderale presenta caratteri di forte regolarità geometrica.

Il paesaggio agrario, ai margini della zona in cui sono tuttora riconoscibili le tracce della centuriazione romana, risulta fortemente modificato dallo sviluppo di frange urbane e da un cospicuo intreccio di infrastrutture di recente impianto.

Il paesaggio nella zona di Carpi si presenta fortemente caratterizzato dalla presenza di vigneti di tipo tradizionale e di impianti per la raccolta meccanica, oltre alle colture frutticole, rappresentate dalle specie più importanti, con prevalenza del pero. Le strutture edilizie di servizio, connesse alle attività agricole, quali ricoveri attrezzi/macchine e magazzini di primo stoccaggio, producono un impatto ambientale consistente. Nell'ambito prossimo al centro di Soliera prevalgono le strutture edilizie di tipo produttivo connesse agli allevamenti bovini.

Il territorio della U.P. è interessato per quasi tutto l'ambito dall'impianto storico della centuriazione (art. 41B) e presenta forti tracce di viabilità storica (art. 44A) e alcune aree di interesse archeologico (art. 41A).

L'ambito è anche caratterizzato dall'interesse dei caratteri ambientali degli ambiti fluviali dei principali canali di bonifica (art. 9) e dei Dossi (art. 23A).

Per quanto riguarda la litologia di superficie, come illustrato nella "Carta della litologia di superficie" allegata (Tav. n. 4), scala 1: 5.000, tratta dalla cartografia interattiva "Carta geologica – Progetto "CARG" Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e del Suolo, in corrispondenza del lotto in esame e del suo intorno è presente la seguente litologia:

AES8a - Unità di Modena

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale: Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m). (Post-VI secolo d.C.).



Figura 3 - Cartografia del comprensorio del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (Tav. 1.1.1 del Piano di Classifica del Marzo 2015)

Più nel dettaglio essa appartiene all'area omogenea di Bonifica Idraulica della Media Pianura destra Cava e Crostolo (Figura 4).

Localmente i bacini superficiali principali sono suddivisi in microbacini che, tramite una fitta rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori principali che solcano il territorio, come si vede nella carta di tutti i collettori irrigui facenti parte del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, riportata in (Figura 5).

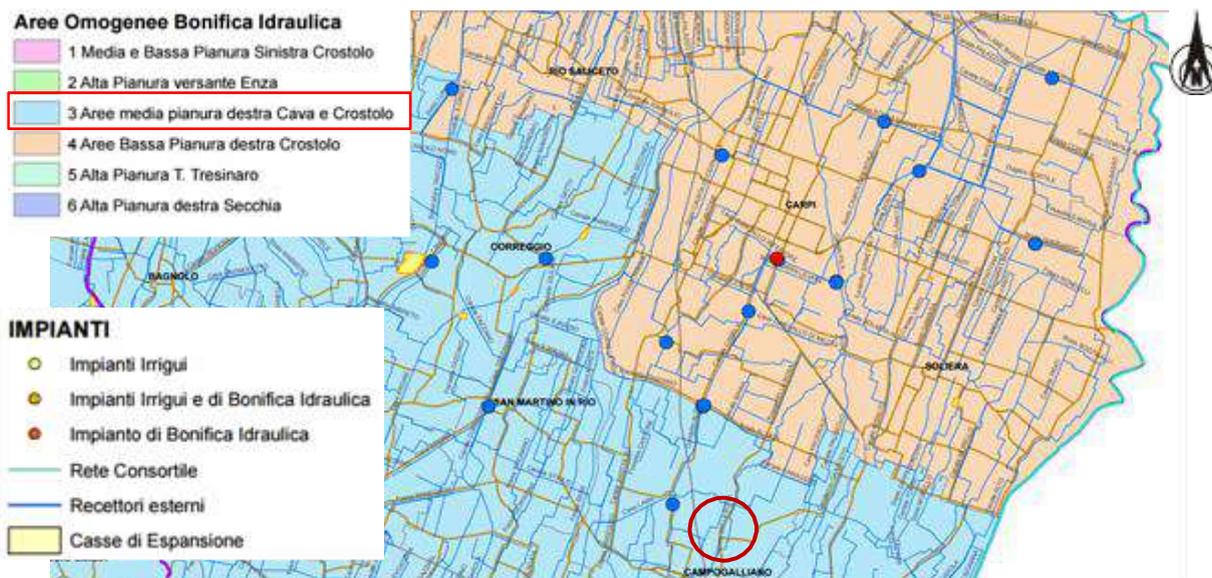


Figura 4 - Aree omogenee bonifica idraulica (Tav. 1.1.5.1 del Piano di Classifica del Marzo 2015)



Figura 5 - Cartografia di pianura del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (Tav. 1.1.3 del Piano di Classifica del Marzo 2015)

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque, il territorio del Comune di Campogalliano è caratterizzato dalla pendenza naturale dei terreni da sud verso nord con un'area più alta occupata dal centro storico del capoluogo.

L'altimetria dei terreni varia da un'altezza media tra i 40 e i 42 m.s.l.m. per la zona meridionale e scende gradatamente sino ai 33-34 m.s.l.m per le aree agricole settentrionali, seguendo la pendenza naturale del sistema di fossi e canali per l'allontanamento delle acque.

L'allontanamento delle acque è assicurato dalla rete fognaria pubblica prevalentemente mista e da alcuni corpi idrici superficiali in gestione al Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale con direzione sud-nord.

Pertanto la rete fognaria scarica in acque superficiali in diversi punti del reticolo idrografico minore, tra cui i più importanti sono il Cavo Paussolo, Lametta di Campogalliano e Dugaro Grande tutti afferenti al canale di scolo principale Cavo Lama.

L'area in esame appartiene al reticolo idrografico minore dello Scolo Alzata (Figura 6).

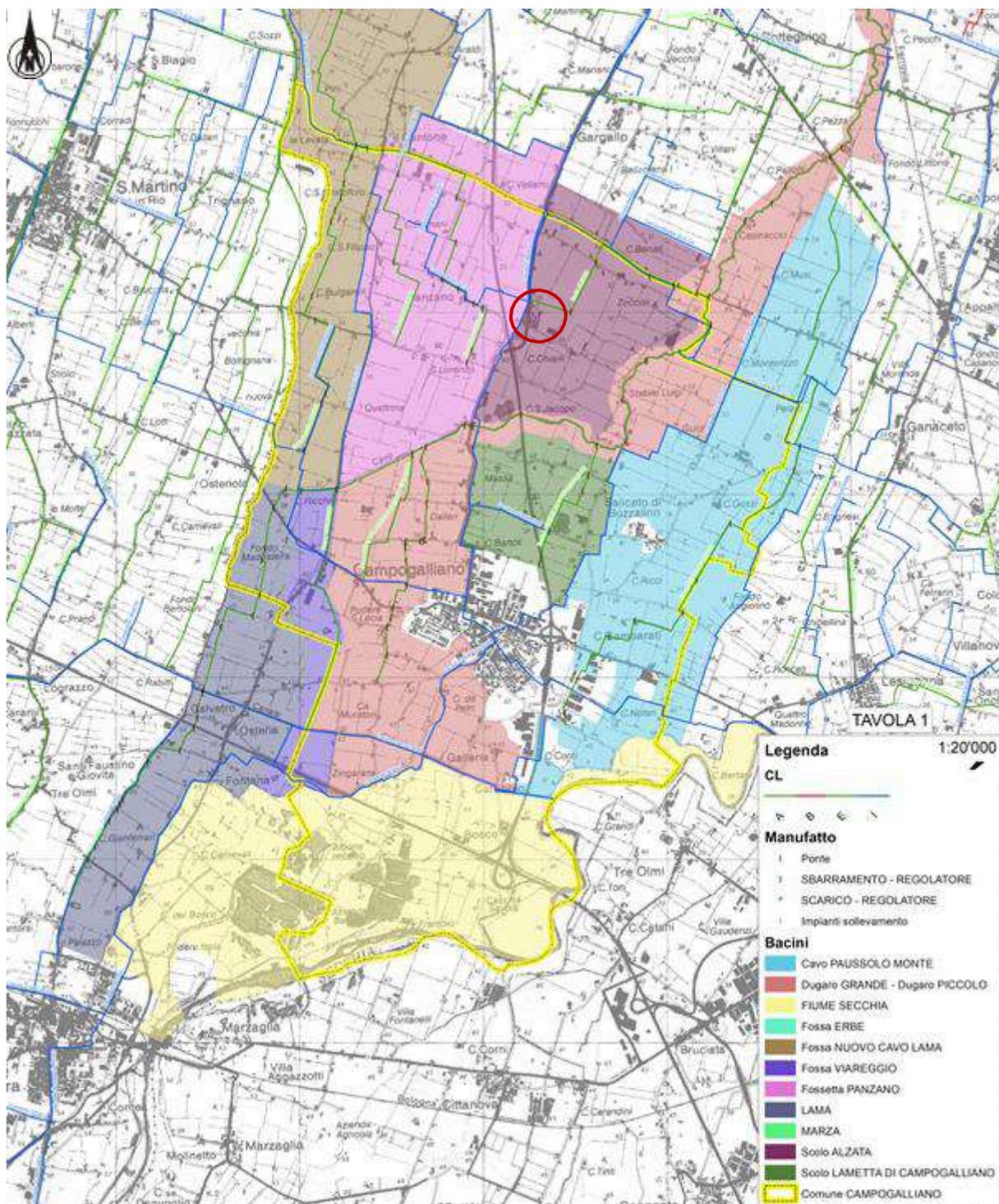


Figura 6 - Rete drenante consorziale del comune di Campogalliano, tratta dalla Tav. della Relazione Idraulica del PSC

3. RIFERIMENTI NORMATIVI DI CARATTERE IDRAULICO

Dalla consultazione della Tavola 11 del Quadro conoscitivo del PSC del Comune di Campogalliano "Carta dei vincoli e delle tutele", un cui estratto è riportato in figura 7, l'area d'interesse è confinante con un "Paleodosso di modesta Rilevanza" su cui è stato costruito l'abitato di Bottega di Panzano.

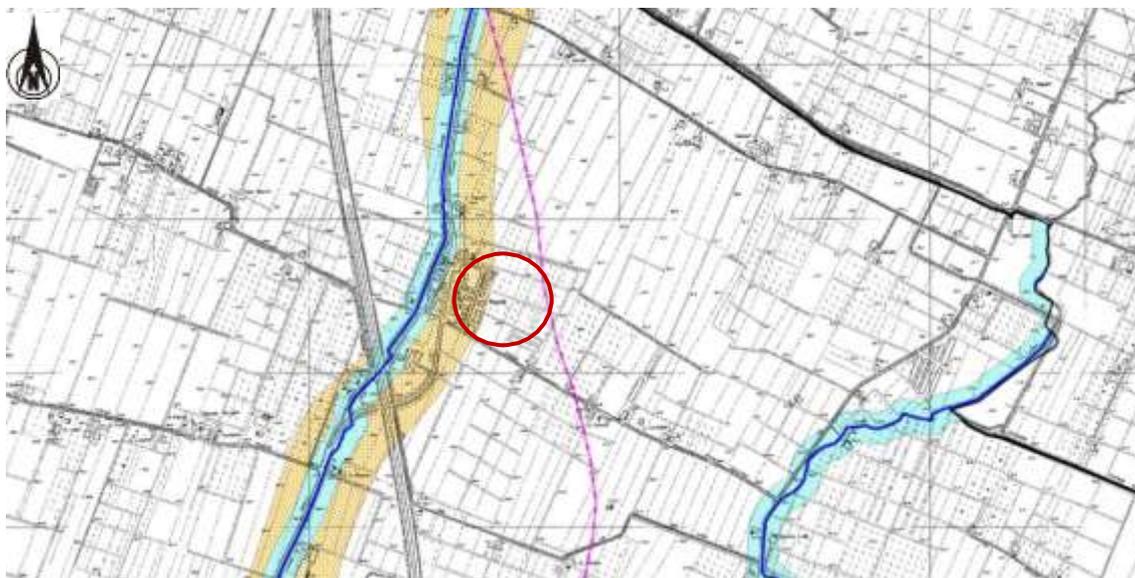


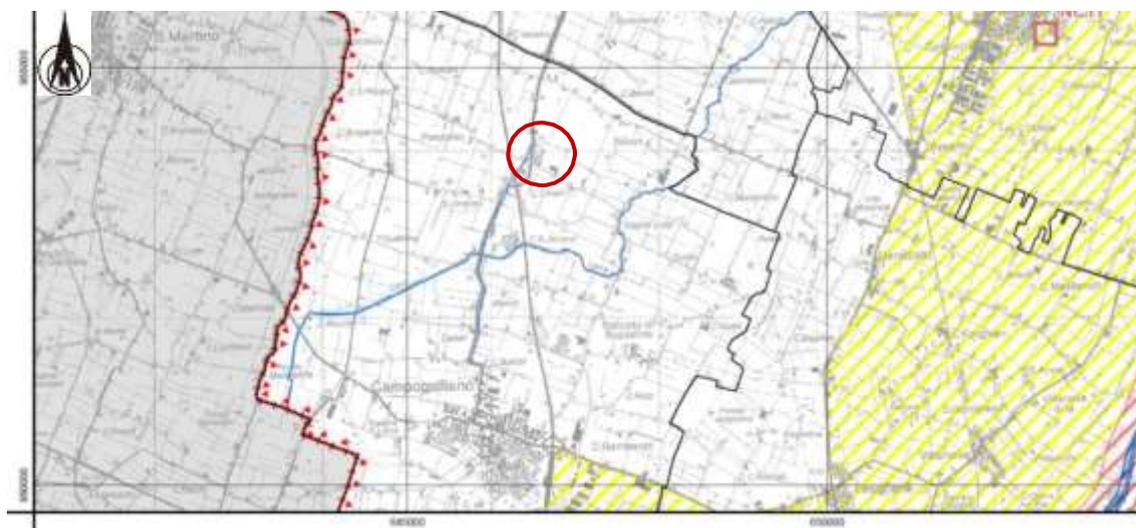
Figura 7 - Carta dei vincoli e delle tutele, tratta dalla Tav.11 del PSC del Comune di Campogalliano

Per quanto riguarda la Tavola 4 della "Cartografia coordinata RUE, PSC e Carta dei Vincoli" del Comune di Campogalliano (MO), un cui estratto è riportato in figura 8, sull'area in esame non si riscontrano criticità di tipo idraulico.



Figura 8 - Carta unica del territorio, tratta dalla Tav.1 "Area Nord" della cartografia coordinata di RUE, di PSC e Tavola dei Vincoli

Dalla consultazione del PTCP della Provincia di Modena ed in particolare della Tavola 2_3_02 "Rischio idraulico", l'area ricade in corrispondenza di zona non classificata, tuttavia rimanendo entro il limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11), come del resto l'intera zona di pianura della provincia di Modena.



Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)

Figura 9 – Estratto della Tavola 2_3_02 "Rischio idraulico" tratta dal PTCP di Modena

È stata infine consultata la cartografia del **PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) "Mappa della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014)"**. A tale proposito si precisa che con il Titolo V e la Parte III, il quadro conoscitivo del PAI e del PAI Delta viene integrato dagli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe della Pericolosità e del Rischio di Alluvione predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. 49/2010, adottate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po in data 22 dicembre 2013.

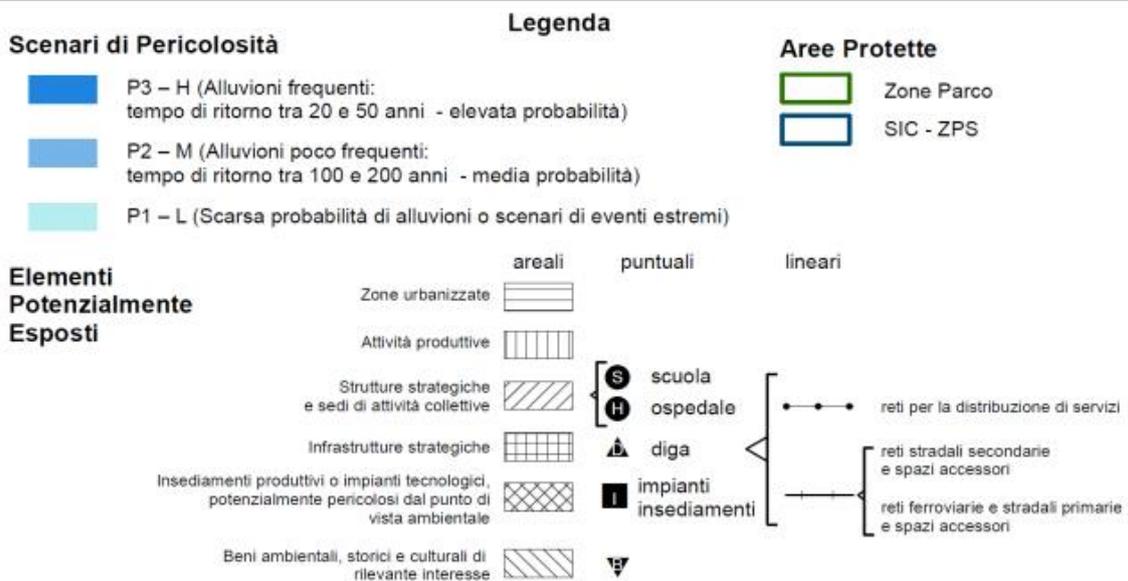
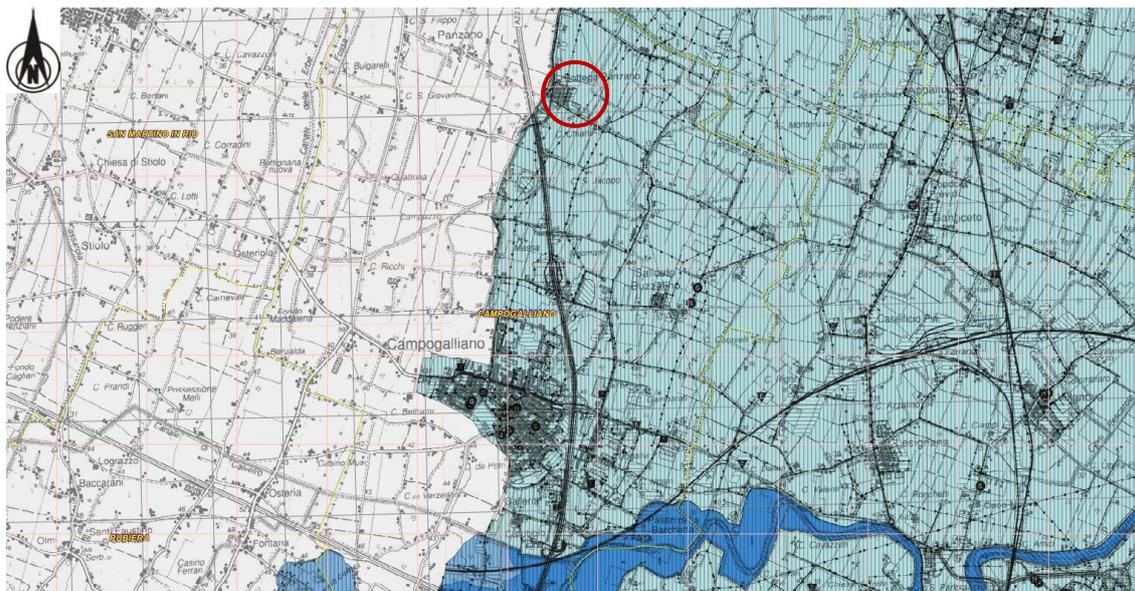
La rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

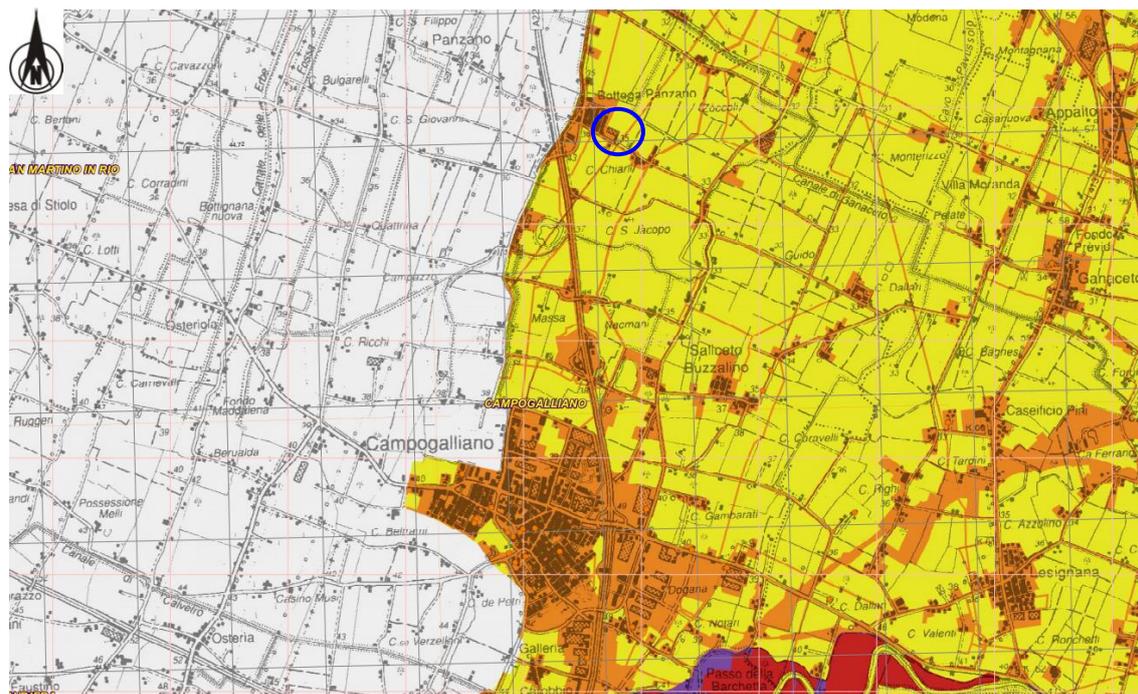
- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);
- Aree costiere marine (ACM).

Tale mappatura individua i seguenti scenari di pericolosità:

- aree interessate da alluvione rara (P1);
- aree interessate da alluvione poco frequente (P2);
- aree interessate da alluvione frequente (P3).

Sulla base della cartografia del PGRA, l'area d'interesse è compresa nel " Reticolo principale e secondario collinare e montano (RP_RSCM)", dove è classificata come zona "**P1 - Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi**", e "**Rischio medio R2 + Rischio Moderato o nullo R1**". Nel "Reticolo secondario di pianura (RSP)", viene classificata come zona "**P2 - Alluvioni poco frequenti: tempi di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità**", e "**Rischio medio R2 + Rischio Moderato o nullo R1**".

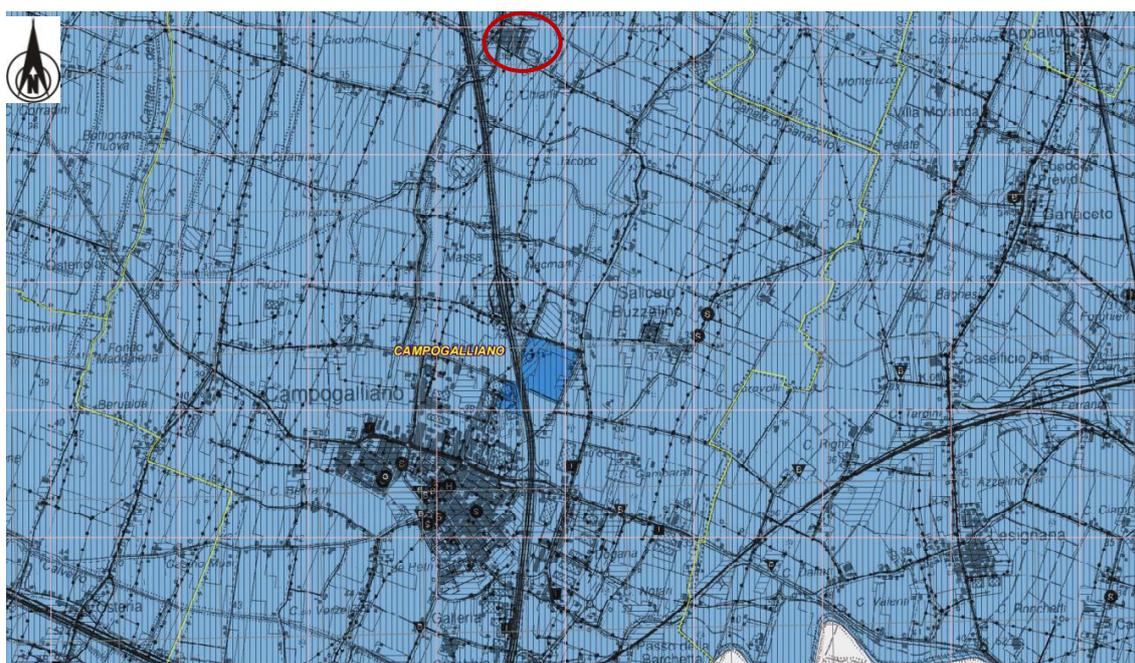




Legenda

Aree Protette		Zone Parco		SIC - ZPS
Classi di Rischio		puntuali	lineari	areali
R1 (rischio moderato o nullo)				
R2 (rischio medio)				
R3 (rischio elevato)				
R4 (rischio molto elevato)				

Figura 10 - Estratto dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Principale e Secondario montano.



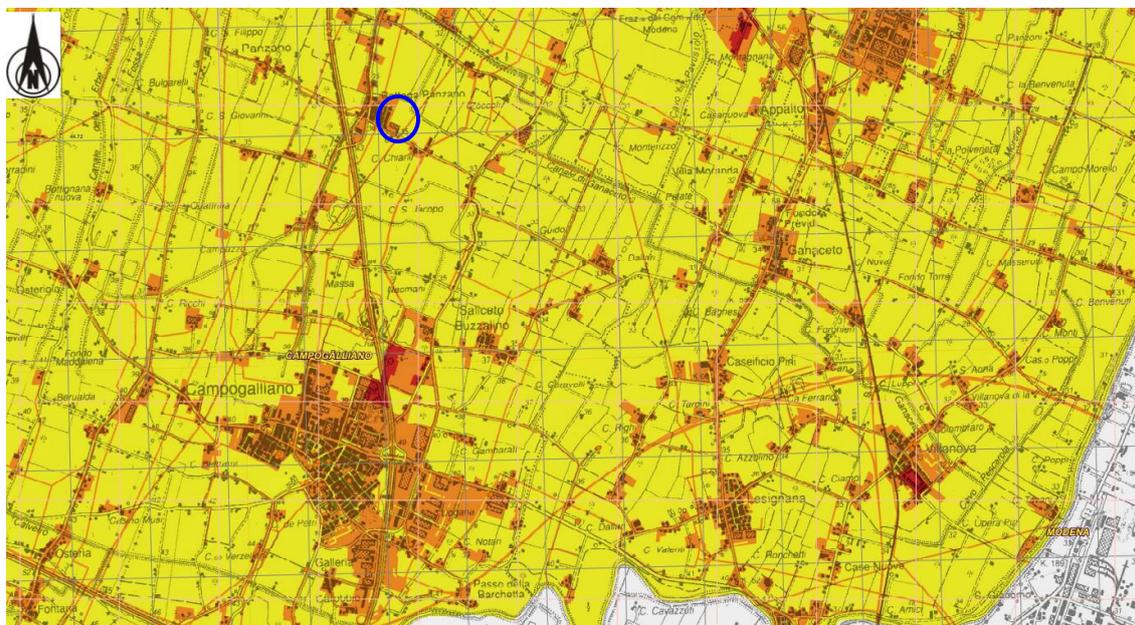
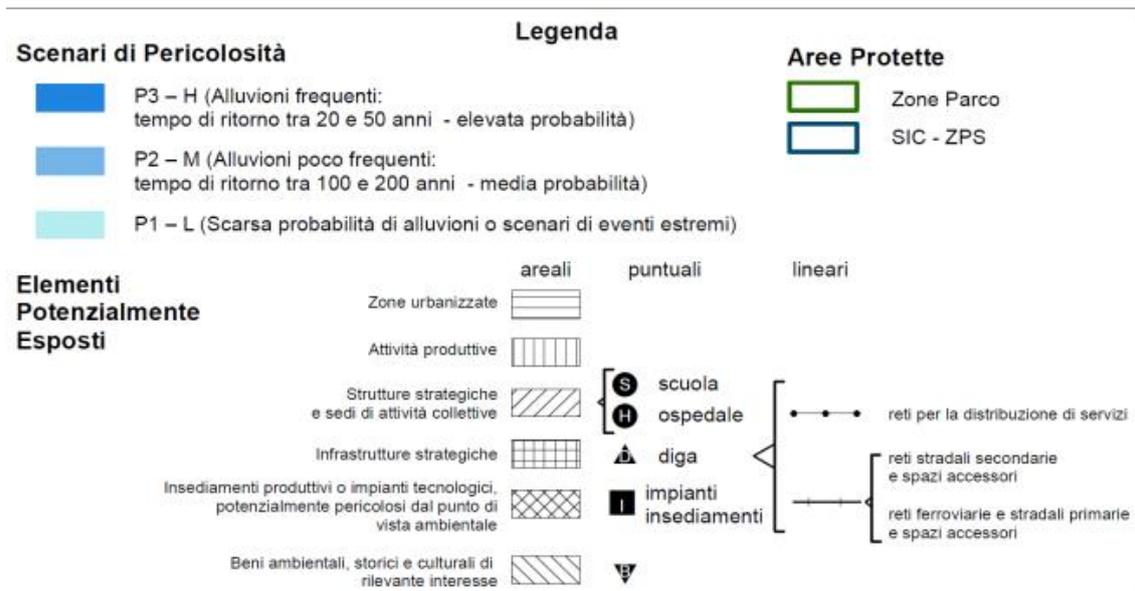


Figura 11 - Estratto dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Secondario di Pianura

Sulla base di quanto indicato nel PTCP della Provincia di Modena, l'area d'interesse non è classificata. Si riporta comunque di seguito l'art. 11 di riferimento.

ART. 11 DEL PTCP - SOSTENIBILITÀ DEGLI INSEDIAMENTI RISPETTO ALLA CRITICITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO

1. (D) Ferme restando le norme di cui agli articoli 9 e 10 del presente Piano, ai fini dell'applicazione delle direttive e degli indirizzi di cui ai seguenti commi si definiscono i seguenti ambiti in riferimento alla suddivisione del territorio di pianura in aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica, riportate nella Carta n. 2.3 del presente Piano:

A1. aree ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale corrispondenti alle fasce di rispetto individuate in base alle diverse altezze arginali; in tale area un'onda di piena disalveata compromette gravemente il sistema insediativo, produttivo e infrastrutturale interessato;

A2. aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A, con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m; tali aree si trovano in comparti morfologici allagabili e sono caratterizzate da condizioni altimetriche e di drenaggio particolarmente critiche;

A3. aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B, situate in comparti morfologici allagabili, ma caratterizzate da condizioni altimetriche meno critiche della classe precedente, aree caratterizzate da scorrimento rapido e buona capacità di smaltimento, ad elevata criticità idraulica poiché situate in comparti allagabili;

A4. aree depresse a media criticità idraulica con bassa capacità di smaltimento situate in comparti non immediatamente raggiungibili dall'acqua, ma caratterizzate da condizioni altimetriche che ne determinano la difficoltà di drenaggio e tempi lunghi di permanenza.

I **Piani Strutturali Comunali** possono eventualmente pervenire ad ulteriori specificazioni solo qualora derivanti da studi e approfondimenti di maggior dettaglio, i quali in tal caso sostituiscono le delimitazioni della Carta n. 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del presente Piano.

2. (D) All'interno dell'**ambito A1** di cui al precedente punto i Comuni in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici:

- a. procedono ad una verifica del livello di pericolosità idraulica e vulnerabilità in rapporto al sistema insediativo presente e di progetto;
- b. definiscono in relazione al livello di pericolosità e vulnerabilità individuato di cui al punto a. gli utilizzi ammissibili e le limitazioni relative agli interventi edilizi ed urbanistici con particolare riferimento alle zone di nuova urbanizzazione;
- c. definiscono con elaborati adeguati le misure di controllo in atto o da adottare al fine di rendere compatibili gli interventi di trasformazione del suolo e delle destinazioni d'uso previste;
- d. procedono alla verifica di cui alla lettera a. anche per le aree di cui al comma 3, art. 9 del PTCP - attuazione del PTPR.

3. (D) Negli **ambiti A1 e A2** di cui al precedente comma 1 i Comuni attraverso i **Regolamenti Urbanistico-Edilizi** definiscono norme edilizie atte a diminuire la pericolosità per le persone che risiedono negli edifici di tali aree quali: la presenza di scale interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani, la limitazione di vani interrati quali garage o taverne, ecc..

4. (D) Negli **ambiti A1, A2 e A3** i Comuni attivano una puntuale pianificazione dell'emergenza finalizzata alla limitazione del rischio per la popolazione residente.

5. (D) Negli **ambiti A2, A3, A4**, con particolare riferimento alle aree interessate da rilevanti nuovi insediamenti produttivi, gli strumenti urbanistici comunali indicano gli interventi tecnici da adottare sia per ridurre l'effetto della impermeabilizzazione delle superfici nei confronti dell'incremento dei tempi di corrivazione e di deflusso idrici superficiali sia per mantenere una ottimale capacità di smaltimento del reticolo di scolo legato al sistema della rete dei canali di bonifica. Deve essere previsto il drenaggio totale delle acque meteoriche con il sistema duale, cioè un sistema minore, costituito dai collettori fognari destinati allo smaltimento delle acque nere e di parte di quelle bianche, e un sistema maggiore, costituito dalle vie di acque superficiali (anche vasche volano, taratura delle bocche delle caditoie, estensione delle aree verdi) che si formano in occasione di precipitazioni più intense di quelle compatibili con la rete fognaria.

Nell'**Appendice 1** della Relazione di Piano viene fornito un metodo per il calcolo dell'incremento teorico di superficie impermeabilizzabile date le caratteristiche del bacino di scolo.

6. (I) Negli ambiti **A1, A2, A3, A4** gli strumenti urbanistici comunali si dotano di uno studio idrologico-idraulico che definisca gli ambiti soggetti ad inondazioni per tempi di ritorno prefissati e che permettano di verificare il grado di pericolosità e di criticità individuato nel presente Piano esaminando un tratto di corso d'acqua significativo che abbia riferimento con l'area di intervento. Lo studio deve inoltre verificare gli eventuali fenomeni di ristagno per le diverse aree di intervento.

Nelle **aree soggette ad inondazione** per piene con tempi di ritorno prefissati e **soggette a fenomeni di ristagno** gli strumenti urbanistici comunali o i loro strumenti attuativi individuano gli interventi necessari a riportare ad un livello accettabile il rischio di inondazione e il rischio di ristagno. Essi devono essere compatibili con la situazione idraulica dell'ambito territorialmente adiacente alle zone di intervento.

7. (I) Nella **Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica"** del presente Piano viene rappresentato il limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, per il quale la riduzione delle condizioni di rischio generate da eventi a bassa probabilità di inondazione e l'obiettivo di garantire un grado di sicurezza accettabile alla popolazione è affidato alla predisposizione di programmi di prevenzione e protezione civile ai sensi della L. 225/1992 e s.m.i. Tali programmi e i piani di emergenza per la difesa della popolazione e del territorio investono anche i territori di cui agli articoli 9, 10 del presente Piano.

8. (D) Nei territori che ricadono all'interno del limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, di cui al comma 7, il Comune nell'ambito della elaborazione del PSC dispone l'adozione di misure volte alla prevenzione e al rischio idraulico ed alla corretta gestione del ciclo idrico. In particolare sulla base di un bilancio relativo alla sostenibilità delle trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali sul sistema idrico esistente, entro ambiti territoriali definiti dal Piano, il Comune prevede:

- **per i nuovi insediamenti e le infrastrutture - l'applicazione del principio di invarianza idraulica (o udometrica)** attraverso la realizzazione di un volume di invaso atto alla laminazione delle piene ed idonei dispositivi di limitazione delle portate in uscita o l'adozione di soluzioni alternative di pari efficacia per il raggiungimento delle finalità sopra richiamate;
- **per gli interventi di recupero e riqualificazione di aree urbane l'applicazione del principio di attenuazione idraulica** attraverso la riduzione della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa, attraverso una serie di interventi urbanistici, edilizi, e infrastrutturali in grado di ridurre la portata scaricata al recapito rispetto alla situazione preesistente.

9. (I) Per la gestione del rischio idraulico attraverso l'applicazione dei **principi di invarianza e attenuazione idraulica**, di cui al comma precedente, il Comune può procedere sulla base della metodologia riportata a titolo esemplificativo nell'Appendice 1 della Relazione di Piano. In fase di prima applicazione si individua come parametro di riferimento per l'invarianza idraulica a cui i Comuni possono attenersi il valore di 300-500 mc/ha di volume di laminazione per ogni ettaro impermeabilizzato. Per i Comuni che ricadono nell'ambito di competenza dell'Autorità di Bacino del Reno i sistemi di applicazione del principio di invarianza idraulica possono essere anche previsti negli strumenti urbanistici come interventi complessivi elaborati d'intesa con l'Autorità idraulica competente. Le caratteristiche funzionali di tali sistemi sono stabilite dall'Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione.

10.(I) Nel **territorio rurale di pianura**, che ricade all'interno del suddetto limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, l'adozione di nuovi sistemi di drenaggio superficiale che riducono sensibilmente il volume specifico d'invaso, modificando quindi i regimi idraulici, è subordinata all'attuazione di interventi finalizzati all'invarianza idraulica, consistenti nella realizzazione di un volume d'invaso compensativo, il cui calcolo sia fornito sulla base di un'idonea documentazione.

11.(I) Per gli interventi nel territorio rurale di cui al precedente comma, l'Autorità idraulica responsabile dello scolo di quel bacino esercitano l'attività di controllo e la Provincia interviene anche attraverso accordi territoriali per coordinare la gestione di tali attività.

12.(D) **Nella Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e criticità idraulica"** sono rappresentate le infrastrutture per la sicurezza idraulica del territorio [...]. Tali infrastrutture sono da considerarsi strategiche e quindi prioritarie ai fini della sicurezza e della prevenzione del rischio idraulico nel territorio provinciale.

Per quanto riguarda gli interventi edilizi nel seguito dettagliati si fa riferimento alle disposizioni specifiche sotto riportate.

In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti (come nel nostro caso), si deve garantire l'applicazione:

- ✓ di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana: a tal fine la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione; è da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione; è necessario favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione).

- ✓ di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio Questo aspetto verrà trattato al Capitolo 4 della presente relazione.

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'area d'interesse ricade in una zona caratterizzata da numerosi corsi d'acqua di scolo e di irrigazione afferenti al Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale.

In particolare si tratta di canali primari e/o secondari (Cavo Lama, Diversivo Gherardo, Cavo Lametta, Canale di Soliera, Cavetto Inferiore, Scolo Dottore Inferiore, Scolo Dottore Superiore, Scolo Alzata, Canale dei Preti, Scolo Gambisa, Canale di Limidi, Canale Spinetta II, Scolo Arginetto, Scolo Oriolo) facenti parte dell'ambito territoriale compreso tra Secchia ed Enza, ambito che si sviluppa nelle Province di Reggio Emilia e Modena.

Dal punto di vista idrografico il sito in oggetto ricade in nell'area prevalentemente agricola compresa tra il Canale Limidi, lo Scolo Alzata e il Canale di Soliera (Figura 12).

In generale il reticolo idrografico risulta essere costituito da canali o cavi con direzione di flusso orientata prevalentemente verso nord, nord-est.



Figura 12 - Inquadramento idrografico e ubicazione dell'area d'interesse (cerchiata in rosso).

Questo ambito territoriale presenta peculiari caratteristiche morfologiche e climatologiche che modificano i parametri idrologici connessi alla formazione ed al deflusso delle piene. La particolare caratteristica dei corsi d'acqua di bonifica risiede proprio nella loro funzionalità e negli usi a cui sono preposti; l'ambivalenza delle funzioni di scolo ed irrigazione rende non poco difficile l'analisi idrologica in quanto essi vanno studiati sotto il profilo della funzione di drenaggio delle acque meteoriche ma tuttavia sono utilizzati, soprattutto nelle stagioni primaverili ed estive, anche per irrigazione, mantenendo alti i livelli in alveo e riducendo la capacità di assorbimento di eventi pluviometrici importanti.

Ai fini della riduzione del rischio idraulico, il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, consapevole dell'importanza di dover controllare e monitorare in tempo reale i livelli idrometrici transitanti nella propria rete idraulica, dispone di una rete di telecontrollo dei dati idrometrici e pluviometrici per controllare e gestire le piene interne.

Gli idrometri presenti nelle stazioni sono prevalentemente ad ultrasuoni e sono situati nei punti nevralgici da idrometri lineari a lettura diretta facenti parte della infrastruttura idraulica, così da permettere al personale

consortile dislocato sul territorio di controllare visivamente tali strumentazioni durante le necessarie manovre di regolazione idraulica.

Il sistema informatico consente sia di “comandare” in remoto il funzionamento degli impianti sia di verificare le quote idrometriche e pluviometriche anche mediante l’utilizzo di smartphone e tablet (tramite sistemi WEB).

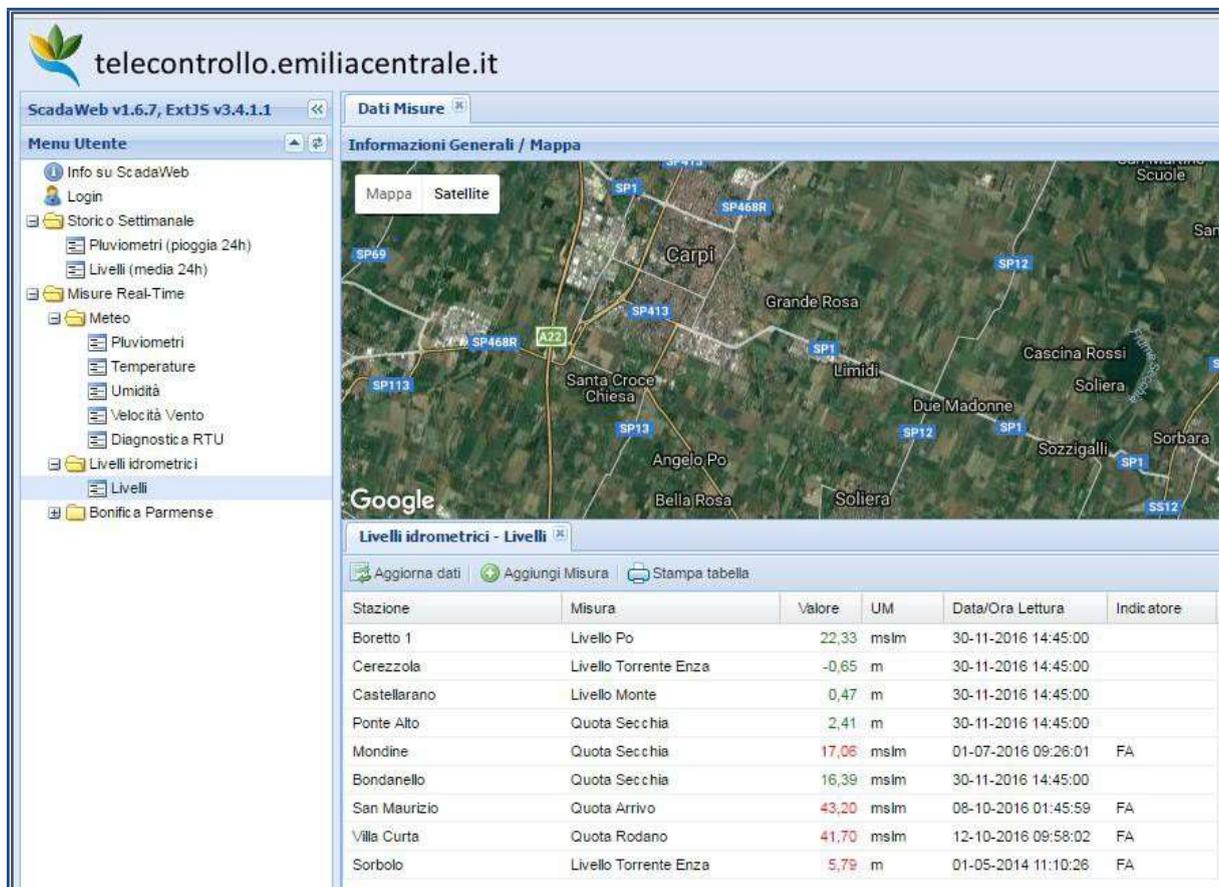


Figura 13 - Rete di Telecontrollo disposta dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale

Lo scolo Alzata preposto al drenaggio delle espansioni residenziali dell'area Saliceto Buzzalino non è interessato da funzioni irrigue. Di seguito vengono riportati i risultati di sintesi ottenuti in considerazione delle espansioni zona Papotti:

Bacino Nodo originario	Superficie [Ha]	Grado di impermeabilizzazione originario [%]	Zona di espansione	Superficie di espansione [Ha]	Grado di impermeabilizzazione incrementale [%]	Portata max generata [mc/s]	Quota max [m s.l.m.]	Franco [m]	Portata max totale [mc/s]
1474	A1306	99,70	1.30	Papotti	42,00	13	0,52	29,60	0,13
TOTALE					42 Ha		0,52 mc/s		

Il grado di impermeabilizzazione ipotizzato (inteso come rapporto tra la superficie impermeabile e la superficie totale) per le zone di espansione considerate, meglio descritto nelle “proposte di norme” al cap. 6, potrebbe giustificare l'adozione di sistemi di laminazione. È necessario provvedere alla risagomatura del fosso coerentemente a quanto indicato nei progetti esecutivi originari.

4.1. Caratteristiche idrografiche del Reticolo Secondario di Pianura "RSP"

Dal punto di vista idrografico l'area d'interesse ricade nel bacino dello Scolo Alzata tuttavia, l'area è insiste su due sottobacini, quello a nord direttamente afferente allo Scolo Alzata, quello a sud al canale presente lungo via Jugularia che solo successivamente si collega al medesimo Scolo.

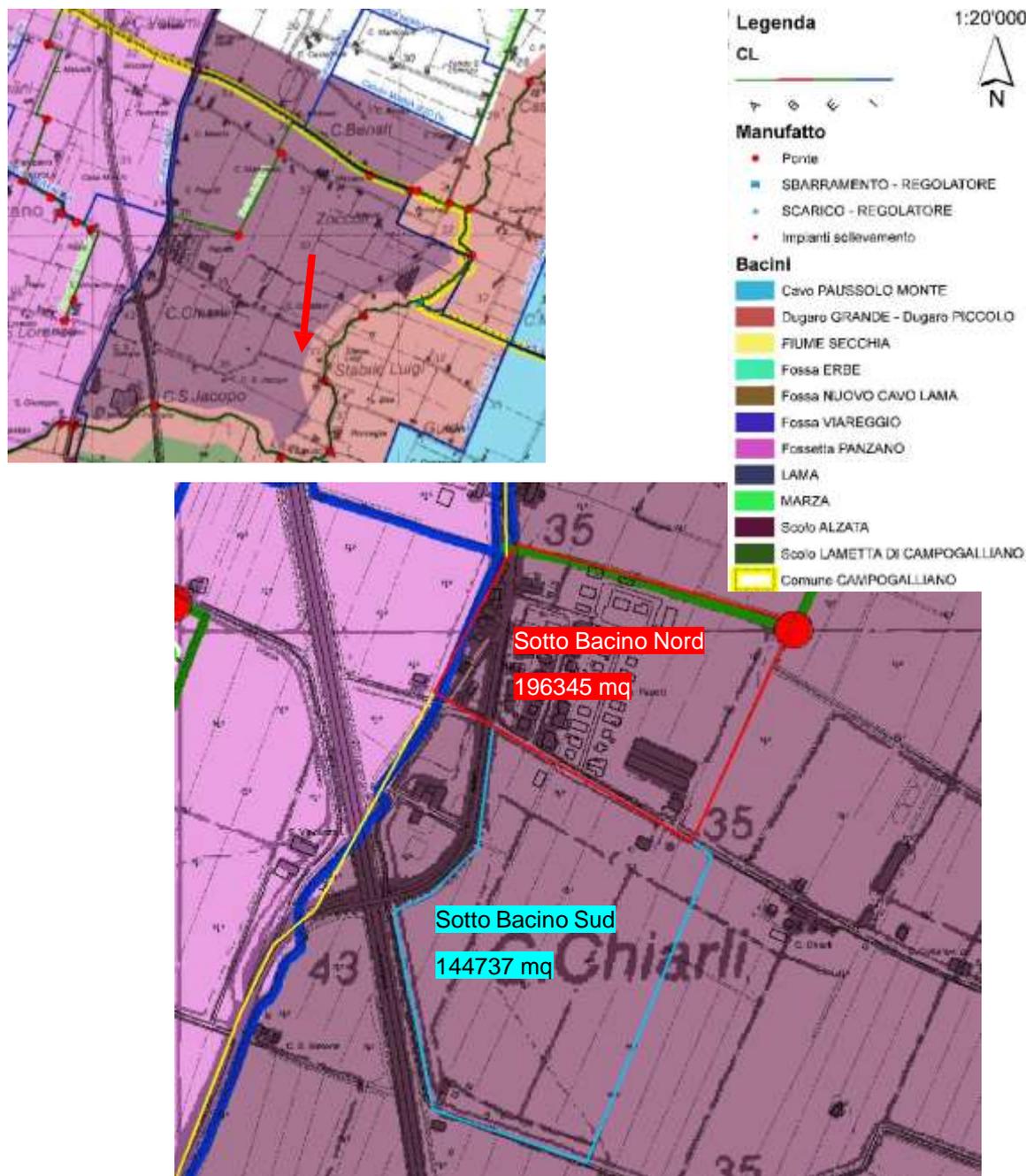


Figura 14 – Suddivisione dei sottobacini che comportano potenziale rischio esondazione per il reticolo secondario

Si analizzano quindi i due bacini considerati e si verifica che i fossi di scolo siano in grado di fare defluire la portata intercettata dai bacini in funzione di precipitazioni con $Tr = 100$ anni.

5. VERIFICA DEL RISCHIO IDRAULICO - SOTTOBACINO NORD

- Superficie: 0.196 kmq
- Lunghezza asta principale: 450 m = 0.45 km
- Quota massima del bacino: 34.0 m s.l.m.
- Quota alla sezione di chiusura considerata: 32.8 m s.l.m.

È riportato di seguito il bacino imbrifero considerato, sotteso alla sezione di chiusura.

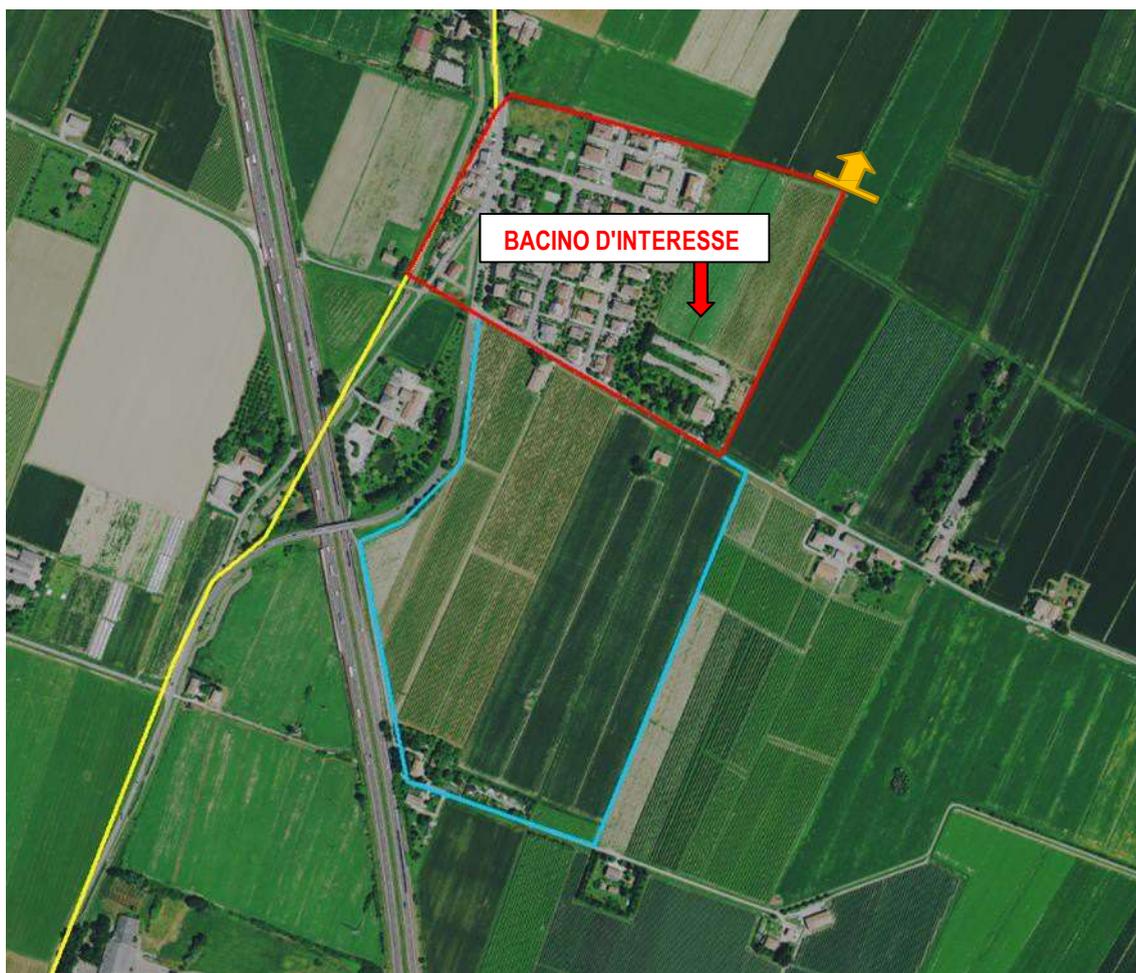


Figura 15 - Delimitazione del bacino imbrifero Nord, su base fotografica satellitare tratta da Google Earth

5.1. Calcolo del volume delle precipitazioni medie annue (v)

Nella zona in esame, il clima è caratterizzato da precipitazioni prevalenti nei mesi primaverili e in quelli autunnali, e da un periodo siccitoso estivo. La temperatura è rigida nei mesi invernali mentre nei mesi estivi è elevata ed è spesso associata ad un'alta umidità dell'aria.

Tale andamento di precipitazioni e di temperatura ricorda sia i climi continentali dell'Europa centrale, caratterizzati da forti escursioni termiche, che quelli delle regioni mediterranee.

Dalla consultazione degli Annali Idrologici, a cura **dell'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA - Regione Emilia Romagna) - Servizio Idrometeorologico**, ed in riferimento alle stazioni pluviometriche di Cavezzo (24 m slm), Mirandola (18 m slm) e San Felice sul Panaro (16 m slm), il valore della **precipitazione media annua P** può essere assunto pari a:

$$P = 852 \text{ mm/anno}$$

Il volume V delle precipitazioni sul bacino considerato (di superficie S = 0.196 kmq), risulta dunque:

$$V = 167'286 \text{ mc/anno}$$

5.2. Portata media annua naturale

Per calcolare la portata media annuale naturale Qm è necessario definire il coefficiente di deflusso cd del corso d'acqua relativo al bacino sotteso.

Per quanto riguarda il bacino considerato, l'area è caratterizzata dai seguenti coefficienti di deflusso:

Tipologia superficie	ϕ
Verde su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0,10-0,15
Terreno incolto, sterrato non compattato	0,20-0,30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0,30-0,50
Pavimentazioni in macadam	0,35-0,50
Superfici sterrate compatte	0,50-0,60
Coperture tetti	0,85-1,00
Pavimentazioni in asfalto o cls	0,85-1,00

Figura 16 - Coefficienti di deflusso in funzione della tipologia di superficie

		Tipo di suolo		
		Terreno leggero	Terreno di medio impasto	Terreno compatto
Vegetazione e pendenza				
Boschi	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
Pascoli	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
Colture agrarie	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Figura 17 - Coefficienti di deflusso in funzione della tipologia di suolo

In linea generale per bacini di piccola e media estensione, come in questo caso, è opportuno fare riferimento all'uso del suolo e alla litologia, assegnando ad ogni tipologia/combinazione di tali parametri il valore più

appropriato del coefficiente di deflusso valutando attraverso la media ponderata sull'area il coefficiente di deflusso globale.

Nel caso in esame, trattandosi di un bacino poco edificato e con buona copertura vegetale, è stato ottenuto il seguente valore di coefficiente di deflusso medio ponderato:

$$c_d = 0.47$$

Risulta di conseguenza che la portata media annuale Q_m nel punto di chiusura del bacino (ovvero nel punto più a valle) vale:

$$Q_m = c_d \cdot V/T = 0.47 \cdot 167285'000 / 31'536'000 = 0.0025 \text{ mc/s} = 2.5 \text{ l/s}$$

essendo $T = 31'536'000$ s il tempo annuale.

La portata annuale media naturale, arrotondando per eccesso a favore di sicurezza, $Q_m = 2.50$ l/s è quella presente nel bacino considerato, alla sezione di chiusura considerata.

La portata specifica media annua q_{medA} per kmq vale:

$$q_{medA} = Q_m/S = (2.5 \text{ l/s}) / (0.20 \text{ kmq}) = 12.72 \text{ l/s} \cdot \text{kmq}$$

5.3. Calcolo della portata di massima piena

La verifica idraulica è stata svolta seguendo la letteratura tecnica di Settore e le indicazioni dell'autorità di bacino del Fiume Po contenute nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po (Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter).

La portata di piena Q_c di progetto è stata desunta dalle "Indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni" riportate nelle norme di attuazione.

Secondo il metodo razionale della corrivazione citato dalla normativa, la portata può essere calcolata come:

$$Q_c = 0.278 c i A$$

Dove:

Q_c = portata al colmo in mc/s;

c = coefficiente di deflusso adimensionale;

i = intensità di pioggia in mm/h;

A = superficie del bacino in kmq

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia,
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione t_c .

Il tempo di corrivazione è definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale; una definizione forse migliore è che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

Tempo di corrivazione t_c

Il tempo di corrivazione del bacino è normalmente calcolato con formule empiriche; tra esse molto usata è quella di Giandotti (1934, 1937):

$$t_c = (4 (A)^{0,5} + 1,5 L)/(0,8 (H_m - H_0)^{0,5}) \quad (\text{ore})$$

dove:

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km) = 0.450 km

H_m = altitudine media del bacino (m s.l.m.) = 33.4 m s.l.m.

H_0 = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.) = 32.8 m s.l.m.

$H_m - H_0 = 0.6$ m

A = superficie del bacino in kmq = 0.196 kmq

Da cui:

tc = 14218 sec = 3.95 h

A tale tempo di corrivazione corrisponde una velocità media di deflusso sul bacino a monte del lotto d'interesse:

$V_m = L/T_c = 2'000 \text{ m} / 34487 \text{ sec} = 0.0061 \text{ m/s}$

Curva di probabilità pluviometrica

La curva di probabilità pluviometrica, con tempo di ritorno di 100 anni, nella sua forma generale è la seguente:

$h = a t n$

con

h= altezza della pioggia in millimetri;

t = durata di pioggia in ore;

a (mm/h) n (adimensionale);

I coefficienti a e n sono ricavabili dalla Griglia di discretizzazione delle Piogge Intense:

(Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO) da cui la cella significativa di calcolo risulta la FR125:

Cella	E (m)	N (m)	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
FR125	647000	4951000	45.99	0.246	59.99	0.239	65.97	0.236	73.88	0.234

Si può così calcolare l'altezza critica di pioggia per un tempo di ritorno di 100 anni:

Tempo di ritorno	Altezza di pioggia h(tc) (mm)
Tr=100 anni	$h_{c(100)} = 59.99 * 3.95^{0.239} = \mathbf{83.3 \text{ mm}}$

Adottando il coefficiente di deflusso medio ponderato calcolato si può determinare la portata al colmo Qc relativa ai tempi di ritorno considerati, arrotondando per eccesso a favore di sicurezza:

$Q_c(100) = 0.278 * C * A * i = 0.278 * C * A * h(tc)/t_c = 0.54 \text{ mc/s}$

5.4. Stima del livello di piena in corrispondenza dell'area d'interesse

Di seguito si provvede a verificare che la sezione utile dello Scolo Alzata in corrispondenza dell'area in esame sia in grado di far defluire l'intera portata di piena, stimata pari a:

$Q_c(100) = 0.54 \text{ mc/sec}$

La portata transitante in una sezione si calcola con la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_{STR} \cdot R^{2/3} \cdot \omega \cdot i^{1/2}$$

dove:

R = raggio idraulico

i = pendenza del canale;

Kstr = coefficiente di scabrezza

Valori dell'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler	
Natura delle pareti	k_s ($m^{1/3}/s$)
Corsi d'acqua naturali	
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua	30-40
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, sinuosi e senza ristagni d'acqua	22-30
tratti lenti con erbacce e stagni profondi	13-20
tratti molto erbosi con stagni profondi, ostacolati da alberi e macchie	7-13
fiumi di montagna, con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi e lati ripidi	20-33
fiumi di montagna, con fondo in ciottoli e grossi massi, lati ripidi	14-25
Golene	
con erba	20-40
con aree coltivate	20-50
con sottobosco	14-29
con molti alberi	8-13
Grandi fiumi (larghezza in superficie maggiore di 30 m)	
sezione regolare, senza massi o vegetazione	17-40
sezione irregolare	10-29

Figura 18 - Valori degli indici di Scabrezza secondo Gauckler - Strickler

In corrispondenza della sezione di chiusura, posta a valle del lotto, l'allontanamento delle acque meteoriche da parte dello Scolo Alzata, avviene con sezione trapezoidale.

In corrispondenza di tale sezione Z si ha:

ω = area della sezione (S). approssimata per difetto a favore di sicurezza, risulta $\omega = 1.98 \text{ mq}$

C = contorno bagnato, considerando la sezione completamente bagnata si ha C = 3.7 m

R = raggio idraulico, considerando la sezione completamente bagnata, risulta R = 0.53 m.

i = pendenza del canale che in moto permanente coincide con la cadente piezometrica: nel nostro caso i = 0.003.

Kstr = coefficiente di scabrezza, compreso tra 30 e 40 (si veda tabella 3.5.I). Nel nostro caso è stato utilizzato il valore di Kstr = 30.

Facendo gli opportuni calcoli ne deriva che le sezioni utili considerate sono in grado di far defluire una portata:

$$Q_{Sez} = 2.21 \text{ mc/sec}$$

Sulla base delle verifiche effettuate non si riscontrano criticità particolari dal punto di vista idraulico, tuttavia, al fine di ridurre la vulnerabilità degli edifici in progetto, anche ai fini della tutela della vita umana, questi non

saranno dotati di piani interrati o seminterrati. **Si consiglia comunque che la quota minima del primo piano utile degli edifici sia impostata a +0.20 m da piano campagna.**



Figura 19 - Sezione dello Scolo Alzata in corrispondenza della chiusura del bacino considerato

6. VERIFICA DEL RISCHIO IDRAULICO - SOTTOBACINO SUD

- Superficie: 0.145 kmq
- Lunghezza asta principale: 400 m = 0.40 km
- Quota massima del bacino: 35.3 m s.l.m.
- Quota alla sezione di chiusura considerata: 34.0 m s.l.m.

È riportato di seguito il bacino imbrifero considerato, sotteso alla sezione di chiusura.



Figura 20 - Delimitazione del bacino imbrifero Sud, su base fotografica satellitare tratta da Google Earth

6.1. Calcolo del volume delle precipitazioni medie annue (v)

Nella zona in esame, il clima è caratterizzato da precipitazioni prevalenti nei mesi primaverili e in quelli autunnali, e da un periodo siccitoso estivo. La temperatura è rigida nei mesi invernali mentre nei mesi estivi è elevata ed è spesso associata ad un'alta umidità dell'aria.

Tale andamento di precipitazioni e di temperatura ricorda sia i climi continentali dell'Europa centrale, caratterizzati da forti escursioni termiche, che quelli delle regioni mediterranee.

Dalla consultazione degli Annali Idrologici, a cura dell'**Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA - Regione Emilia Romagna) - Servizio Idrometeorologico**, ed in riferimento alle stazioni pluviometriche di Cavezzo (24 m slm), Mirandola (18 m slm) e San Felice sul Panaro (16 m slm), il valore della **precipitazione media annua P** può essere assunto pari a:

$$P = 852 \text{ mm/anno}$$

Il volume V delle precipitazioni sul bacino considerato (di superficie S = 0.145 kmq), risulta dunque:

$$V = 123'315 \text{ mc/anno}$$

6.2. Portata media annua naturale

Per calcolare la portata media annuale naturale Qm è necessario definire il coefficiente di deflusso cd del corso d'acqua relativo al bacino sotteso.

Per quanto riguarda il bacino considerato, l'area è caratterizzata dai seguenti coefficienti di deflusso:

Tipologia superficie	φ
Verde su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0,10-0,15
Terreno incolto, sterrato non compattato	0,20-0,30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0,30-0,50
Pavimentazioni in macadam	0,35-0,50
Superfici sterrate compatte	0,50-0,60
Coperture tetti	0,85-1,00
Pavimentazioni in asfalto o cls	0,85-1,00

Figura 21 - Coefficienti di deflusso in funzione della tipologia di superficie

		<i>Tipo di suolo</i>		
		<i>Terreno leggero</i>	<i>Terreno di medio impasto</i>	<i>Terreno compatto</i>
<i>Vegetazione e pendenza</i>				
Boschi	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
Pascoli	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
Colture agrarie	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Figura 22 - Coefficienti di deflusso in funzione della tipologia di suolo

In linea generale per bacini di piccola e media estensione, come in questo caso, è opportuno fare riferimento all'uso del suolo e alla litologia, assegnando ad ogni tipologia/combinazione di tali parametri il valore più appropriato del coefficiente di deflusso valutando attraverso la media ponderata sull'area il coefficiente di deflusso globale.

Nel caso in esame, trattandosi di un bacino poco edificato e con buona copertura vegetale, è stato ottenuto il seguente valore di coefficiente di deflusso medio ponderato:

$$c_d = 0.49$$

Risulta di conseguenza che la portata media annuale Q_m nel punto di chiusura del bacino (ovvero nel punto più a valle) vale:

$$Q_m = c_d \cdot V/T = 0.49 \cdot 123'315 / 31'536'000 = 0.0019 \text{ mc/s} = 1.92 \text{ l/s}$$

essendo $T = 31'536'000$ s il tempo annuale.

La portata annuale media naturale, arrotondando per eccesso a favore di sicurezza, $Q_m = 1.92$ l/s è quella presente nel bacino considerato, alla sezione di chiusura considerata.

La portata specifica media annua q_{medA} per kmq vale:

$$q_{medA} = Q_m/S = (1.92 \text{ l/s}) / (0.145 \text{ kmq}) = 13.24 \text{ l/s} \cdot \text{kmq}$$

6.3. Calcolo della portata di massima piena

La verifica idraulica è stata svolta seguendo la letteratura tecnica di Settore e le indicazioni dell'autorità di bacino del Fiume Po contenute nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po (Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter).

La portata di piena Q_c di progetto è stata desunta dalle "Indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni" riportate nelle norme di attuazione.

Secondo il metodo razionale della corrivazione citato dalla normativa, la portata può essere calcolata come:

$$Q_c = 0.278 c i A$$

Dove:

Q_c = portata al colmo in mc/s;

c = coefficiente di deflusso adimensionale;

i = intensità di pioggia in mm/h;

A = superficie del bacino in kmq

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia,
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione t_c .

Il tempo di corrivazione è definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale; una definizione forse migliore è che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

Tempo di corrivazione t_c

Il tempo di corrivazione del bacino è normalmente calcolato con formule empiriche; tra esse molto usata è quella di Giandotti (1934, 1937):

$$t_c = (4 (A)^{0,5} + 1,5 L)/(0,8 (H_m - H_0)^{0,5}) \quad (\text{ore})$$

dove:

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km) = 0.400 km

H_m = altitudine media del bacino (m s.l.m.) = 34.65 m s.l.m.

H_0 = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.) = 34.0 m s.l.m.

$H_m - H_0 = 0.65$ m

A = superficie del bacino in kmq = 0.145 kmq

Da cui:

$$t_c = 13241 \text{ sec} = 3.68 \text{ h}$$

A tale tempo di corrivazione corrisponde una velocità media di deflusso sul bacino a monte del lotto d'interesse:

$$V_m = L/T_c = 4'000 \text{ m} / 13241 \text{ sec} = 0.0082 \text{ m/s}$$

Curva di probabilità pluviometrica

La curva di probabilità pluviometrica, con tempo di ritorno di 100 anni, nella sua forma generale è la seguente:

$$h = a t n$$

con

h= altezza della pioggia in millimetri;

t = durata di pioggia in ore;

a (mm/h) n (adimensionale);

I coefficienti a e n sono i medesimi utilizzati per il bacino nord.

Cella	E (m)	N (m)	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
FR125	647000	4951000	45.99	0.246	59.99	0.239	65.97	0.236	73.88	0.234

Si può così calcolare l'altezza critica di pioggia per un tempo di ritorno di 100 anni:

Tempo di ritorno	Altezza di pioggia h(tc) (mm)
Tr=100 anni	$h_{c(100)} = 59.99 * 3.68^{0.239} = \mathbf{81.9 \text{ mm}}$

Adottando il coefficiente di deflusso medio ponderato calcolato si può determinare la portata al colmo Qc relativa ai tempi di ritorno considerati, arrotondando per eccesso a favore di sicurezza:

$$Q_c(100) = 0.278 * C * A * i = 0.278 * C * A * h(tc)/tc = 0.57 \text{ mc/s}$$

6.4. Stima del livello di piena in corrispondenza dell'area d'interesse

Di seguito si provvede a verificare che la sezione utile dello Scolo Alzata in corrispondenza dell'area in esame sia in grado di far defluire l'intera portata di piena, stimata pari a:

$$Q_c(100) = 0.57 \text{ mc/sec}$$

La portata transitante in una sezione si calcola con la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_{STR} \cdot R^{2/3} \cdot \omega \cdot i^{1/2}$$

dove:

R = raggio idraulico

i = pendenza del canale;

Kstr = coefficiente di scabrezza

Valori dell'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler	
Natura delle pareti	k_s ($m^{1/3}/s$)
Corsi d'acqua naturali	
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua	30-40
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, sinuosi e senza ristagni d'acqua	22-30
tratti lenti con erbacce e stagni profondi	13-20
tratti molto erbosi con stagni profondi, ostacolati da alberi e macchie	7-13
fiumi di montagna, con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi e lati ripidi	20-33
fiumi di montagna, con fondo in ciottoli e grossi massi, lati ripidi	14-25
Golene	
con erba	20-40
con aree coltivate	20-50
con sottobosco	14-29
con molti alberi	8-13
Grandi fiumi (larghezza in superficie maggiore di 30 m)	
sezione regolare, senza massi o vegetazione	17-40
sezione irregolare	10-29

Figura 23 - Valori degli indici di Scabrezza secondo Gauckler - Strickler

In corrispondenza della sezione di chiusura, posta a valle del lotto, l'allontanamento delle acque meteoriche da parte dello Scolo Alzata, avviene con sezione trapezoidale.

In corrispondenza di tale sezione Z si ha:

ω = area della sezione (S) approssimata per difetto a favore di sicurezza risulta $\omega = 0.77$ mq

C = contorno bagnato considerando la sezione completamente bagnata si ha C = 2.3 m

R = raggio idraulico considerando la sezione completamente bagnata risulta R = 0.33 m.

i = pendenza del canale che in moto permanente coincide con la cadente piezometrica: nel nostro caso i = 0.003.

Kstr = coefficiente di scabrezza, compreso tra 30 e 40 (si veda tabella 3.5.I). Nel nostro caso è stato utilizzato il valore di Kstr = 30.

Facendo gli opportuni calcoli ne deriva che le sezioni utili considerate sono in grado di far defluire una portata:

$$Q_{sez} = 0.63 \text{ mc/sec}$$

Sulla base delle verifiche effettuate non si riscontrano criticità particolari dal punto di vista idraulico, tuttavia, al fine di ridurre la vulnerabilità degli edifici in progetto, anche ai fini della tutela della vita umana, questi non saranno dotati di piani interrati o seminterrati. **Si consiglia comunque che la quota minima del primo piano utile degli edifici sia impostata a +0.20 m da piano campagna.**



Figura 24 - Sezione del fosso in via Jugularia in corrispondenza della chiusura del bacino considerato

7. VALUTAZIONE DELLE MISURE ATTE ALLA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI

Si consigliano gli accorgimenti di seguito esposti.

TIPOLOGIA STRUTTURALE E MATERIALI

I fabbricati in progetto saranno sprovvisti di piani interrati o seminterrati. Particolare cura dovrà inoltre essere posta nella scelta dei materiali da utilizzare. Per quanto riguarda gli impianti elettrici, le tracce in cui passano le canalette dovrebbero avere una pendenza tale da favorire una veloce asciugatura dell'impianto, e si consiglia di mettere in salvo su rialzi, o meglio ancora ai piani alti, gli elettrodomestici o l'arredo danneggiabili in caso di piena. Dal momento che il livello di piena previsto presso l'area d'interesse non supera il metro, è inoltre possibile pensare di impermeabilizzare il perimetro esterno dell'edificio con guaine impermeabili protette da un rivestimento.

VANI INTERRATI

Si suggerisce di non creare cantine oppure spazi completamente interrati.

MURATURE

I muri devono respirare per poter seccare senza conservare umidità: l'eventuale impermeabilizzazione di un muro deve quindi avvenire solo su di un lato, nella parte interrata verso l'esterno, in quella fuori terra verso l'interno. Se necessario eliminare gli intonaci troppo impermeabili.

L'acqua provoca degrado di ogni sorta (fessure, muffe dovute alla presenza prolungata) che appaiono anche molto tempo dopo la piena. I tramezzi composti da materiali degradabili quali gesso cartone legno e colla sono molto fragili in quanto non sono pensati per resistere alla pressione dell'acqua: meglio utilizzare blocchi di gesso idrorepellente.

SOLETTE

Le sollecitazioni sulle solette poste al di sotto del livello di massima piena sono di due tipi:

- se la soletta è a contatto col terreno impregnato d'acqua, subisce una spinta di galleggiamento dal basso verso l'alto che rischia di mettere in crisi la stabilità della struttura fino a far inarcare il pavimento o addirittura a farlo saltare;
- se il vano sottostante il pavimento non ha aperture di ventilazione, e l'acqua esterna monta al di sopra della soletta, l'aria intrappolata si comprime e può sollecitare nello stesso modo la soletta fino alla rottura.

Quindi si suggerisce, nel caso della soletta appoggiata al terreno, di prevedere giunti o intercapedini di scorrimento tra la struttura portante e la soletta. Se invece la soletta è stata creata su di un vespaio areato, assicurarsi che le aperture arrivino fino all'intradosso per evitare che l'aria intrappolata sotto il pavimento non si comprima e si trovi nuove vie di fuga. Se si deve rifare la soletta, approfittarne per creare un vespaio ben ventilato; nel caso si abbia poco spazio, usare un cassero a perdere tipo di cartone alveolare degradabile che sarà distrutto in seguito alla piena. Se non si può fare un vespaio bisogna fare in modo che la nuova soletta non sia galleggiante sul terreno, che disponga di punti di ancoraggio regolari, e che il livello di pavimentazione sia superiore a quello del suolo.

Per facilitare l'evacuazione dell'acqua di piena e del fango che inevitabilmente entrano nell'edificio in caso di alluvione, si consiglia di costruire la pavimentazione della soletta al di sotto del livello di massima piena con una pendenza del 2% e di prevedere canali di scolo all'esterno dell'edificio.

Un drenaggio sul perimetro della costruzione permetterà l'evacuazione più rapida dell'acqua piovana e di piena ed eviterà il rischio di sacche d'acqua sotto la soletta.

RIVESTIMENTI

Si consiglia l'utilizzo di rivestimenti permeabili in modo da permettere l'evaporazione dell'acqua. Materiali che possono impregnarsi, deformarsi o scollarsi dal supporto vengono sconsigliati. Non va considerato soltanto il rivestimento in sé, ma anche il collante: materiali perfettamente in grado di resistere all'acqua possono risultare inadeguati se incollati con una sostanza idrosolubile.

Intonaci composti da molti strati sottili di calce permettono un lento assorbimento dell'acqua e al contempo una facile evaporazione una volta passata piena. Si sconsiglia di posare: parquet incollati, moquettes (si sporcano), pavimenti galleggianti (si deformano e ritengono l'acqua) e pavimenti in plastica (si scollano e si gonfiano). Sono da consigliare le piastrelle.

Il tavolato in legno sopporta bene il passaggio dell'acqua a condizione che si asciughi bene (il tempo di asciugatura è normalmente dell'ordine di 6 mesi).

PORTE E SERRAMENTI

Normalmente sconsiglia di difendere l'edificio dall'ingresso dell'acqua esclusivamente prevedendo sistemi di barriere a ghigliottina da approntarsi in caso di emergenza davanti a finestre e porte: questo perché si crea una differenza di pressione tra interno ed esterno dovuta alla presenza dell'acqua contro le pareti, che se supera il metro d'altezza può causare gravi danni alla stabilità dell'edificio.

Tuttavia se il livello di massima piena non supera il metro (come prevedibile per l'area in esame), si può pensare a questo sistema come efficace solo se effettivamente stagno, e se esiste la concreta possibilità di sistemare i pannelli in tempo utile prima dell'inondazione.

IMPIANTI

Impianto igienico sanitario

Particolare attenzione deve essere posta nella costruzione e nella progettazione dell'impianto igienico sanitario: le pressioni che possono agire a livello di pozzo nero, fognature e canali di scolo, possono derivare

non solo dalle azioni dell'acqua intorno all'edificio ma anche da situazioni di sovraccarico che possono verificarsi anche molto lontano dalla struttura in questione.

È sempre bene prevedere valvole che impediscano all'acqua di uscire dai sanitari per evitare disagi che possono prolungarsi ben oltre la fine dell'emergenza.

La parte di impianto che collega la casa alla rete pubblica può essere parzialmente ostruita o deteriorata, inoltre il materiale trasportato dall'inondazione può intasare le diverse parti del sistema (tubature, canali, filtri, fossa settica...).

Per tale motivo si consiglia di installare una valvola antiriflusso ispezionabile all'uscita delle acque luride per evitare il ritorno di queste all'interno dell'edificio.

Impianto elettrico

Nelle zone più basse dell'edificio si consiglia di far correre le tracce e le canaline elettriche il più in alto possibile dando loro una leggera pendenza in modo da favorire l'evacuazione dell'acqua ad inondazione conclusa. L'impianto elettrico è un passaggio per l'acqua durante l'inondazione ma anche un posto dove questa si ferma e ristagna. La difficoltà di accedere alle scatole di derivazione e ai tubi rende problematica l'asciugatura che invece è essenziale per la rimessa in funzione dell'impianto.

Non si deve tentare di rimettere l'impianto in funzione prima di aver chiamato un tecnico. Il contatore e i pannelli elettrici vanno posti fuori portata dell'acqua e i tubi dei fili seguiranno un percorso discendente dal soffitto al pavimento per favorire lo scolo delle acque.

Le prese elettriche potranno essere rimontate a una quota compatibile al loro uso il più possibile in alto, massimo 1,2 m. Attrezzare il sistema elettrico esistente con dispositivi di sicurezza per le persone (Separatori differenziali ad alta sensibilità 30mA). Un impianto elettrico rimesso in funzione troppo presto può causare incendi.

Impianti di riscaldamento, condizionamento e trattamento dell'aria

Solitamente il locale in cui si trovano bruciatori e impianti si trova in cantina o comunque al piano terra. Se non è possibile delocalizzare gli impianti in luogo sicuro, soluzione preferibile, occorre creare barriere stagne per impedire all'acqua di compromettere definitivamente le macchine in questione.

Attenzione a posizionare le valvole per la chiusura del gas in posti accessibili e corredati da istruzioni di facile e immediata comprensione.

Nel caso di bruciatori non collegati alla rete di distribuzione si deve trattare il problema delle bombole e dei contenitori di combustibile che, se interrati, possono essere sollevati a causa delle spinte di galleggiamento, e se esterni possono sganciarsi dalla sede e essere portati via dalla corrente inquinando o travolgendo oggetti interferenti a valle.

Si deve rimettere subito l'impianto di riscaldamento in grado di funzionare, anche per contribuire a asciugare gli ambienti, ma si deve considerare l'insieme che costituisce l'impianto di riscaldamento: i generatori e le riserve individuali che sono da proteggere direttamente dall'acqua, le reti e tubature che possono essere danneggiate e devono essere ispezionate prima di riprendere a funzionare.

Verificare l'ancoraggio delle cisterne suscettibili di essere portate via dall'acqua, spostare definitivamente caldaia e generatori fuori dalla portata dell'acqua.

Per loro natura i radiatori elettrici sono vulnerabili all'acqua, anche perché sono posti in basso, saranno quindi da preferire quelli amovibili rispetto a quelli fissi per poterli porre in salvo prima della piena.

Contenitori di idrocarburi

Taniche e bombole non interrate possono essere portate via dalla piena, possono sfondarsi o essere bucate con conseguente inquinamento, possono essere strappate dai sostegni e diventare oggetti galleggianti pericolosi. Quindi saranno da verificare gli ancoraggi, ponendo quelle troppo esposte fuori dal pericolo.

Taniche e cisterne esterne

È importante calcolare la resistenza degli agganci e farli verificare, e assicurarsi della stabilità dei sostegni. Taniche e cisterne interne vanno sistemate in locali non inondabili con accesso stagno. Il pozzetto di accesso non deve lasciar passare l'acqua né essere strappato dalla corrente

ZONA RIFUGIO

È bene prevedere una zona ai piani alti in cui si possano aspettare i soccorsi in caso di emergenza. Deve essere accessibile sia dall'interno che dall'esterno dell'edificio. La finestra di questa locale deve avere dimensione sufficiente per l'evacuazione di una persona disabile in carrozzina.

8. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Nella presente relazione si riportano le scelte metodologiche e progettuali adottate per il rispetto del “principio di invarianza idraulica”: in particolare verrà verificato che le trasformazioni previste presso l'area in oggetto non provochino un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.

L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo comparto residenziale che andrà a sostituire parzialmente campi agricoli, e fabbricati dismessi. Si tratta quindi della realizzazione di 13 lotti residenziali edificabili al 30%, la strada di connessione con via Reggiani e i parcheggi pertinenziali. Tali interventi occuperanno circa il 60% del comparto Area 6, la rimanente superficie sarà mantenuta e/o trasformata in area verde pubblica.

La situazione dello STATO DI FATTO è la seguente:



Figura 25 - Stato di fatto

STATO DI FATTO	Tipologia di pavimentazione-copertura	Coeff. di deflusso φ	Superficie (mq)
	Totale area permeabile - Verde pubblica e agricola	0.2	22644
	Totale area impermeabili – Fabbricati in disuso	0.9	1246
	SUPERFICIE TOTALE COMPARTO AREA 6	0.24	23890

La situazione idraulica dello STATO DI PROGETTO è la seguente:

STATO DI PROGETTO	Tipologia di pavimentazione-copertura	Coeff. di deflusso	Superficie (mq)
	Area Verde Pubblica	0.2	9171
	Area Verde Privata	0.2	7155
	Parcheggi Permeabili	0.5	1175
	Totale area permeabile	0.22	17505
	Fabbricati	0.9	3066
	Strade	0.9	3322
	Totale pavimentazione impermeabile	0.9	6388
	SUPERFICIE TOTALE COMPARTO AREA 6	0.4	23890



Figura 26 - Stato di progetto

Si riportano di seguito le scelte metodologiche e progettuali adottate per il rispetto del "principio di invarianza idraulica": in particolare verrà verificato che le trasformazioni previste presso l'area in oggetto non provochino un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.

Nelle trasformazioni urbanistiche che comportano parziali impermeabilizzazioni del territorio sarà necessario predisporre dei volumi di invaso di compensazione. Tali volumi andranno riempiti prima che si verifichi il deflusso delle aree stesse, garantendo l'effettiva invarianza del picco di piena. Gli invasi andranno poi svuotati entro le 24 ore successive all'evento.

La portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di quell'area rimarrà così costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo garantendo il principio di invarianza idraulica.

8.1. Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica

Il metodo delle sole piogge fornisce una valutazione del volume d'invaso dell'opera di mitigazione sulla base della curva di possibilità pluviometrica e della portata massima in uscita, ipotizzata costante nel tempo.

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento.
- l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) data dalla:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim} \quad (1)$$

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, le equazioni che governano tale Metodo sono:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (2)$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w \quad (3)$$

Dove:

S = Superficie totale del lotto

φ = Coefficiente di deflusso medio ponderato

a = parametro della curva di possibilità pluviometrica

n = coefficiente di scala

$Q_{u,lim}$ = Portata limite uscente

D_w = Durata critica di pioggia

W_0 = Volume di laminazione che verifica il principio di invarianza idraulica

W_0	in [m ³]
S	in [ha]
a	in [mm/ora ⁿ]
θ	in [ore]
D_w	in [ore]
$Q_{u,lim}$	in [l/s]

La curva di possibilità pluviometrica è descritta dall'equazione: (4)

$$h = a \cdot D^n$$

Nel presente caso si utilizzano i dati forniti dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale per un tempo di ritorno

$T_r = 25$ anni:

- $h = 58.93 \cdot D^{0.230}$
- $Q_{u,lim,nord} = 20 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \rightarrow Q_{u,lim} = 47.8 \text{ l/s}$

In sintesi, i dati che descrivono il caso di studio sono:

Tabella 3.2.1 – Sintesi dei parametri utilizzati nel calcolo del volume per l'invarianza

Grandezza	Valore	UM	Fonte
S	2.389	ha	Sito Specifico
φ	0.41	-	Sito Specifico
a	58.93	mm/h ⁿ	Consorzio Bonifica Emilia Centrale
n	0.230		
Q_e	75.0	l/s	Calcolo
$Q_{u,lim}$	48.0	l/s	Calcolo

Quindi, al termine delle verifiche effettuate, il **volume di laminazione totale minimo** (arrotondato per eccesso a favore di sicurezza) vale:

$$W_{lam,tot} = 414 \text{ mc}$$

Tale volume è stato calcolato su tutto il bacino del comparto. La rete scolante delle acque meteoriche è tuttavia divisa in due parti in quanto i canali recettori finali, gestiti dal Consorzio di Bonifica, sono 2, uno è Lo Scolo Alzata, l'altro è il fosso presente a sud del comparto, lungo via Jugularia, come tra l'altro visto nel paragrafo 4.1.

Tutti i lotti e le zone impermeabilizzate pertinenti alla viabilità scoleranno verso lo Scolo Alzata a Nord, mentre il fosso divia Jugularia sarà recapito delle sole acque intercettate dalla strada stessa.

8.2. Descrizione dell'invaso naturale di laminazione

La strada di progetto sotto cui verrà realizzata il collettore centrale delle acque meteoriche avrà una quota di +0.200 m all'estremo nord verso lo Scolo Alzata, e una quota di +0.95 m all'estremo sud, verso via Jugularia, rispetto allo zero di riferimento.

La depressione prevista, per consentire la laminazione degli eventi metereologici che comporteranno portate di scarico maggiori di 20 l/s*ha, sarà ubicata come illustrato in figura 27.

Essa avrà una area di circa 1735 mq, realizzata in modo tale da avere i quattro lati in pendenza per raccordarsi al terreno circostante, con pendenza più marcata verso est per ricavare un vaso efficiente rispetto alla capacità richiesta. Nella presente trattazione, tali lati, verranno tuttavia considerati verticali per semplicità di calcolo del volume capacitivo dello stesso.

La topografia attuale dell'area verde presenta quote maggiori verso sud e minori verso nord, con uno scarto indicativo di poco oltre 60 cm, le quote della porzione nord risultano essere attorno ai -0.380 m rispetto allo zero di riferimento, quindi 82 cm sotto il piano stradale corrispondente di progetto, mentre le quote a sud, arrivano ad essere 67 cm sotto il piano stradale, ovvero a quote di +0.280 m.

Per realizzare un vaso in tale area sarà dunque necessario operare con un piccolo approfondimento diffuso, mantenendo tuttavia le pendenze di fondo necessarie allo scolo verso la porzione nord, nella quale, come vedremo in seguito si innesterà la condotta di mandata e scarico dell'vaso stesso.

La geometria dell'vaso avrà una pianta trapezoidale, con lato nord lungo circa 20 m, lato sud lungo circa 7 m distanti circa 130 m parallelamente al confine ovest del comparto.

L'vaso verrà realizzato ripristinando il manto erboso e i caratteri naturali attuali per garantire l'accessibilità dell'area, ottenendo quindi una depressione naturale utile all'espansione delle acque meteoriche solo nel caso di eventi intensi.

La rete di raccolta delle acque meteoriche è formata da un collettore centrale con diametro variabile da 315 mm a 500 mm, da sud verso nord, ed è così diviso:

- 101 m x D315 mm
- 132 m x D400 mm
- 96 m x D500 mm

La capacità minima dell'vaso dovrà essere quindi pari al volume totale di laminazione calcolato al netto dell'apporto di laminazione della rete stessa ubicata a valle della condotta di collegamento, quindi si avrà:

$$W_{\text{vaso}} = W_{\text{lam,tot}} - V_{\text{rete.nord}} = 414 - 43 = 371 \text{ mc}$$

L'approfondimento può essere descritto attraverso l'individuazione di una porzione a profondità maggiore, in grado di recepire almeno la metà delle acque, circa 215 mc con battente massimo medio di circa 0.4 m, e posizionato più vicino alla strada di comparto. Le porzioni adiacenti, posizionate lungo il muro di confine di comparto e sviluppate verso sud, saranno raccordate più dolcemente alla topografia attuale, garantendo l'espansione per i livelli più alti fino a raggiungere la capacità massima richiesta, creando in tal caso un battente d'acqua massimo di 0.5 m nella zona nord-ovest.

Si sottolinea che si tratta comunque di un unico volume all'interno di un unico invaso.



Figura 27 – Planimetria di progetto dell'invaso naturale di laminazione. In nero le quote di progetto, tra parentesi il battente massimo atteso.

Si illustra di seguito la sezione trasversale A-A' dell'invaso, descrivente le quote di progetto rispetto allo stato di fatto e il posizionamento della condotta di raccordo con la rete delle acque meteoriche.

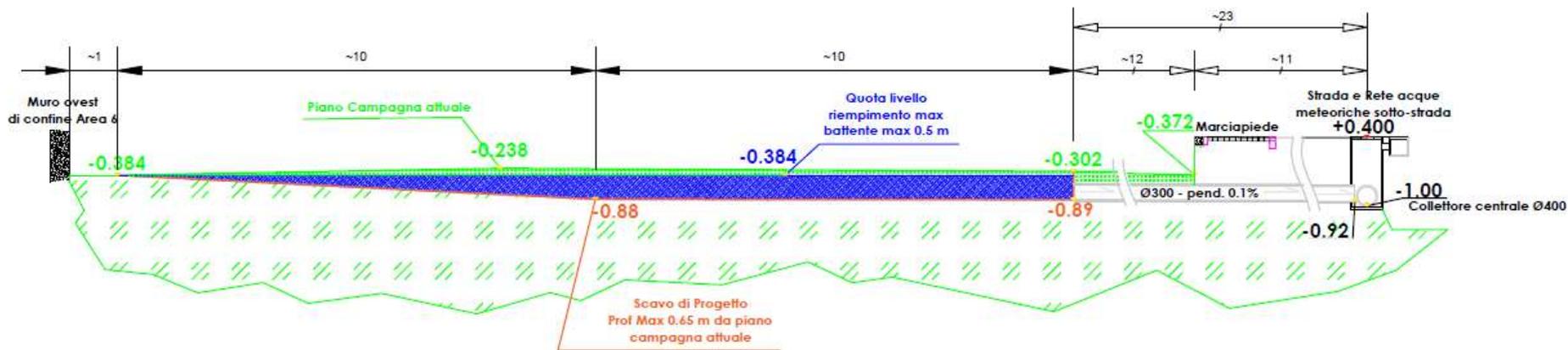


Figura 28 – Sezione trasversale indicativa delle quote di progetto dell'invaso di laminazione e della condotta di mandata-scarico di collegamento alla rete di raccolta acque meteoriche

8.3. Descrizione della rete scolante

Nel presente paragrafo si descrive la rete scolante di progetto che raccoglie la maggior parte delle precipitazioni meteoriche del comparto, che verranno recapitate allo Scolo Alzata.

Si ricorda che la portata consentita fissata al recapito, come già detto, è di 20 l/s*ha, che per tale bacino vale 48 l/s. La portata di punta calcolata con la curva pluviometrica indicata dal Consorzio di Bacino è pari a 75 l/s.

Lo Scolo Alzata scorre ad una quota di fondo canale di -1.72 m rispetto alla quota di zero di riferimento.

La rete è formata da un collettore centrale con diametro variabile da 315 mm a 500 mm a partire da sud verso nord così diviso:

- 101 m x D315 mm
- 132 m x D400 mm
- 96 m x D500 mm

Il fondo dell'invaso, nella porzione in cui sarà posizionata la condotta di mandata e scarico, avrà una quota di -0.890 m rispetto allo zero di riferimento, creando quindi uno sterro di circa 60 cm dal piano campagna attuale. La condotta verrà posizionata con una pendenza verso il collettore centrale del 0.1% in modo da consentire sia il deflusso verso l'invaso per riempimento della rete di raccolta (dal collettore verso l'invaso), sia consentire lo svuotamento del bacino per gravità a fine evento meteorico, durante lo svuotamento del collettore centrale.

La condotta, con tale pendenza, garantirà la portata Q_e al netto delle portate uscenti delle bocche tarate di scarico sullo Scolo Alzata e sul fosso lungo via Jugularia e considerando l'apporto del bacino stesso durante l'evento meteorico che comporterà un battente $h = a \cdot D w^n$:

Quindi l'invaso apporterà in un'ora:

$$Q_{inv} = h \cdot A \cdot C_d = (58.93 \cdot 0.72^{0.230}) \cdot 1735 \text{ mq} \cdot 0.2 = 20 \text{ mc/h} = 5.5 \text{ l/s}$$

$$Q_{lam} = Q_e - Q_{u,lim,nord} - Q_{u,lim,sud} + Q_{inv} = 75 - 48 - 2 + 5 = 30 \text{ l/s.}$$

La condotta sarà quindi dimensionata per consentire un facile afflusso, in leggera contropendenza, dalla rete all'invaso e per garantire il deflusso di svuotamento del bacino:

Secondo la Formula di Chezy:

Dati di calcolo

D	<input type="text" value="0.300"/>	m	=	Diametro interno del canale
w	<input type="text" value="80"/>	%	=	Livello percentuale riempimento del canale
i	<input type="text" value="0.001"/>	m/m	=	Pendenza del canale
k	<input type="text" value="120"/>		=	Coefficiente di scabrezza

Q m³/s = Portata della condotta

Tabella diametri interni tubazioni

$$v = k \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler:

120	Tubi Pe, PVC, PRFV
100	Tubi nuovi gres o ghisa rivestita
80	Tubi con lievi incrostazioni, cemento ord.
60	Tubi con incrostazioni e depositi
40	Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo

Si installerà quindi una condotta di diametro minimo di 300 mm.

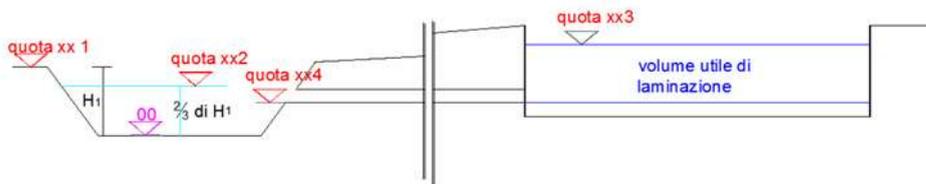
La quota di scorrimento della condotta nel pozzetto di raccordo con la rete sarà -0.92 m, ne consegue che il collettore centrale avrà una quota di scorrimento inferiore, per esempio -1.00 m.

Considerando una pendenza del collettore centrale del 0.25% e una distanza di 153 m dallo Scolo Alzata, il tratto finale a valle terminerà con pozzetto posizionato in modo da consentire una quota di scorrimento a -1.40 m dallo zero di riferimento, ovvero 32 cm sopra lo scorrimento del fondo Scolo alzata. Tale pozzetto finale, adiacente al recapito, sarà munito di bocca tarata per un deflusso non superiore a quello prescritto dall'ente gestore (48 l/s), ovvero una condotta D200 mm così calcolata:

Dove:

- Il coeff. di perdita α posto pari a 0.6
 - Δh è pari al carico idraulico disponibile calcolato come differenza tra il livello massimo della vasca in progetto e il tirante idrico sul fosso in uscita (ipotizzato pari ai 2/3 della sua altezza utile da fondo a ciglio).
- In base allo schema sotto riportato Δh può essere trovato come differenza tra la quota xx3 e la quota xx2.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\alpha * \pi * \sqrt{2 * g * \Delta h}}}$$



Dove nel presente caso:

$$\alpha = 0.6$$

$$Q = Q_{u,lim} = 0.048 \text{ mc/s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$\Delta h = 0.336 \text{ m}$ (derivato dalla differenza della quota xx3= -0.380 m e quota xx2 = -0.72 m, Scolo alzata con 1 m di battente idrico)

Quindi:

$$D = 0.199 \text{ m}$$

Durante le precipitazioni che comporteranno portate maggiori, fino a $T_r = 25$ anni pari a 75 l/s, il sistema di condotte comincerà a riempirsi, mantenendo la portata massima in uscita, ma potendo scaricare temporaneamente, nell'invaso naturale, per riempimento, tramite la condotta D300, descritta in precedenza, connessa alla rete tramite pozzetto intermedio ubicato tra i lotti 12 e 6.



Figura 29 – Dettaglio planimetrico dello scarico nello Scolo Alzata

9. CONCLUSIONI

Su incarico della proprietà ed in accordo con il tecnico progettista, nel mese di Luglio Ottobre è stato eseguito il presente studio di fattibilità idraulica propedeutico alla realizzazione del PUA denominato Area 6 previsto in via Jugularia in Località Panzano di Campogalliano (MO).

Dalla consultazione del PTCP della Provincia di Modena ed in particolare della Tavola 2_3_02 "Rischio idraulico", l'area ricade in corrispondenza di zona non classificata, tuttavia rimanendo entro il limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11), come del resto l'intera zona di pianura della provincia di Modena.

Sulla base della cartografia del PGR, l'area d'interesse è compresa nel " Reticolo principale e secondario collinare e montano (RP_RSCM)", dove è classificata come zona "**P1 - Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi**", e "**Rischio medio R2 + Rischio Moderato o nullo R1**". Nel "Reticolo secondario di pianura (RSP)", viene classificata come zona "**P2 - Alluvioni poco frequenti: tempi di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità**", e "**Rischio medio R2 + Rischio Moderato o nullo R1**".

Dal punto di vista del rischio alluvioni ed esondabilità del reticolo secondario, sulla base delle verifiche effettuate, non si riscontrano criticità particolari dal punto di vista idraulico, tuttavia, al fine di ridurre la vulnerabilità degli edifici in progetto, anche ai fini della tutela della vita umana, questi non saranno dotati di piani interrati o seminterrati. **Si consiglia comunque che la quota minima del primo piano utile degli edifici sia impostata a +0.20 m da piano campagna medio.**

Per quanto riguarda infine, le misure volte al rispetto del **principio di invarianza idraulica** finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio. L'intervento in progetto prevede l'impermeabilizzazione parziale del lotto di interesse, situazione che ha portato a computare un volume totale minimo di invaso per l'invarianza idraulica pari a **W = 414.0 m³**.

Tale volume sarà gestito tramite depressione naturale in area verde, posta lungo il confine ovest del comparto, che fungerà da invaso per l'intero volume computato. L'estensione minima di tale area sarà di circa 1735 mq e avrà un battente massimo di riempimento di 0.5 m.

La rete scolante delle acque meteoriche scaricherà a nord nello Scolo Alzata con portata limitata a **48 l/s** e a sud, nel fosso lungo via Jugularia con portata limitata a **4 l/s**, calcolate entrambe rispetto al limite imposto dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale pari a **20 l/s*ha**. Tali portate saranno garantite tramite un invaso naturale di laminazione realizzando una depressione del terreno presente lungo il confine ovest del comparto. Tale invaso, esteso circa 1735 mq, comporterà al suo riempimento massimo, un battente di 0.5 m dalla topografia di progetto.

A disposizione per ulteriori chiarimenti, cogliamo l'occasione di porgere distinti saluti.

Modena, 15 dicembre 2021

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



GEO GROUP s.r.l.

**Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche**

Tavole

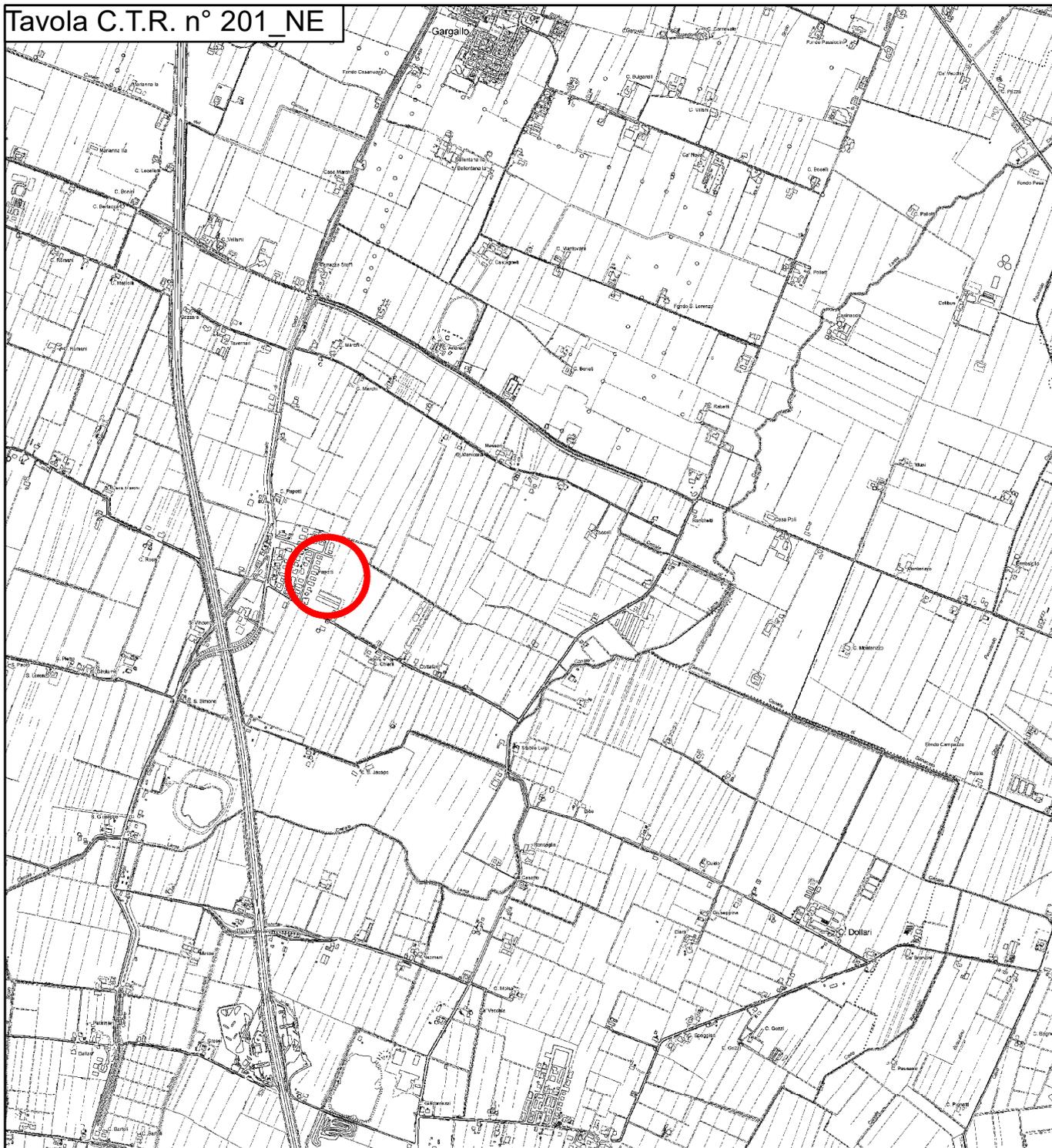


Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche, geotecniche e ambientali

Via C. Costa, 182 - 41123 Modena; Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO) - tel. 059/3967169 -

Email info@geogroupmodena.it

Tavola C.T.R. n° 201_NE



Tav. n. 1 "Carta corografica"
Scala 1 : 25000



Area di interesse

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche, geotecniche e ambientali

Via C. Costa, 182 - 41123 Modena; Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO) - tel. 059/3967169 -

Email info@geogroupmodena.it

Sezione C.T.R. n° 201070



Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1 : 10000



Area di interesse

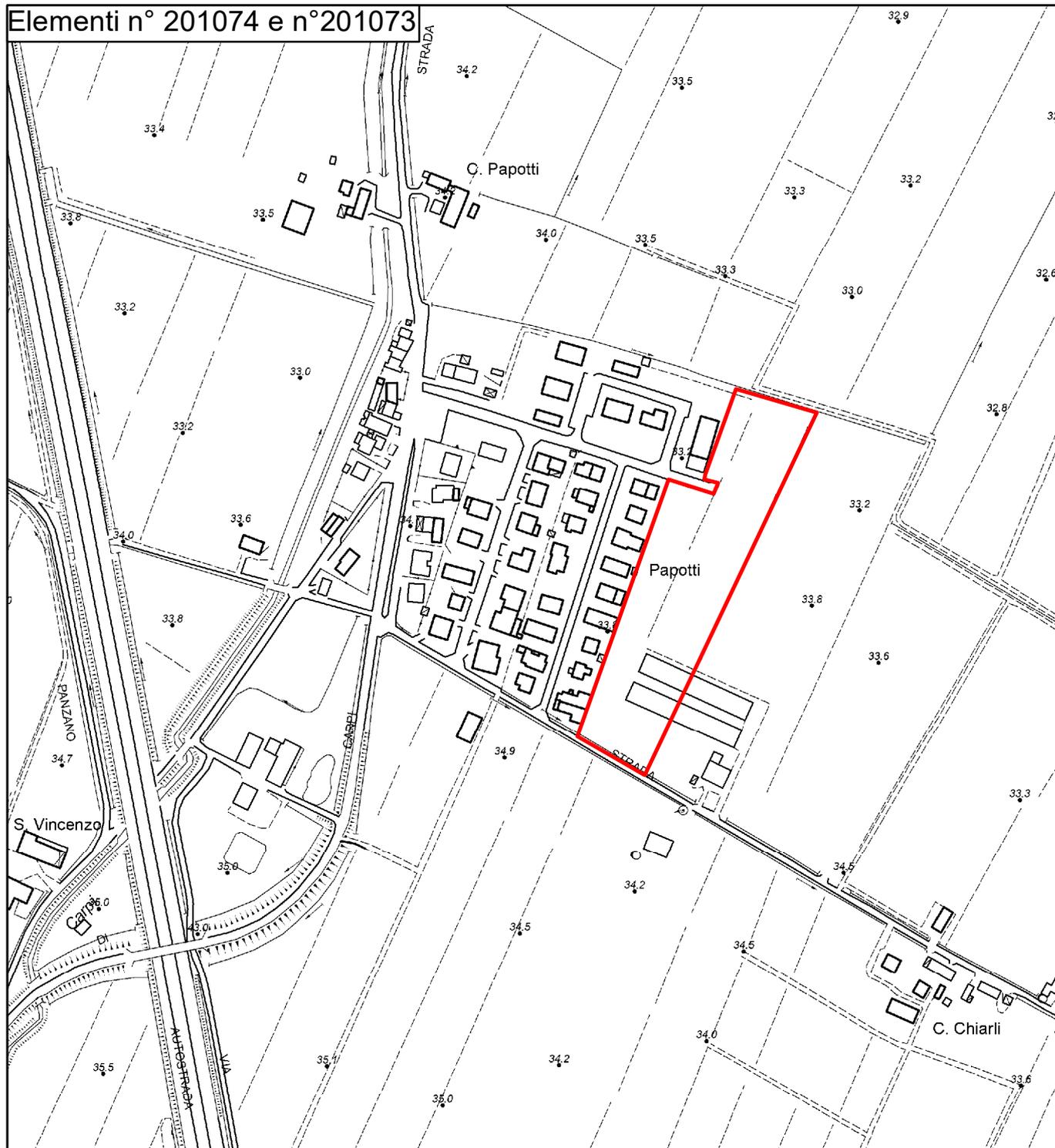


Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche, geotecniche e ambientali

Via C. Costa, 182 - 41123 Modena; Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO) - tel. 059/3967169 -

Email info@geogroupmodena.it

Elementi n° 201074 e n°201073



Tav. n. 3 "Carta topografica" Scala 1 : 5000



Area di interesse