

**PROVINCIA DI PARMA
COMUNE DI MONTECHIARUGOLO
LOCALITÀ MONTICELLI TERME**

Relazione di invarianza idraulica

**Relativa al progetto di intervento edilizio in Via Arturo Toscanini, località
Monticelli Terme, in Comune di Montechiarugolo (PR).**

**[N.T.C. Comune di Montechiarugolo, foglio 12, mappali 313, 332, 912, 1047,
1049]**

Committente: **Costruzioni e Residenze Oltretorrente S.r.l.**
Viale San Michele, 13
43121 - Parma (PR)

Progettista: **Geom. Manuel Civa**
Strada Terza Julia, 26
Corcagnano (PR)

MaC Studio Tecnico e Geologico

Dott. Geol. Luca Calzolari

Via Cotti, 13 – 43030 San Michele Tiorre – Felino

Tel. 0521-336.192

E-mail info@studiomac.it

Marzo, 2023



Dott. Geol. Luca Calzolari



Dott. Ing. Roberto Giovanelli

Via Cotti, 13 - 43035 - San Michele Tiorre - Felino - (PR) Tel. 0521-336.192
E-mail: info@studiomac.it – PEC luca.calzolari@pec.epap.it - P.IVA 02787240346

SOMMARIO:

1. PREMESSA	3
2. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE ED ESONDABILITÀ AI SENSI DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE E DEL D.LGS 49/2010	7
3. ACCORGIMENTI DA ASSUMERE PER RENDERE L'INTERVENTO COMPATIBILE CON LE CRITICITÀ RILEVATE, IN BASE AL TIPO DI PERICOLOSITÀ E AL LIVELLO DI ESPOSIZIONE RILEVATO.....	10
4. MISURE PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA.....	13
5. DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO	21
6. DEFINIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO	25
7. CONCLUSIONI	29

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica ha avuto lo scopo di caratterizzare gli aspetti idraulici relativi al progetto di intervento edilizio in Via Arturo Toscanini, località Monticelli Terme in Comune di Montechiarugolo (PR).

L'area oggetto di studio è ubicata in Via Arturo Toscanini, nell'estrema periferia sud-est dell'abitato di Monticelli Terme, località del Comune di Montechiarugolo (PR). I lotti di terreno si trovano ad un'altezza di circa 105 metri s.l.m., in un contesto morfologico sub pianeggiante, caratterizzato da una blanda pendenza con immersione verso nord, nord est. (Coord. UTM N 4952866.65 E 610630.24 Lat. 44.720638° - Lon. 10.396892° Tavola I, II e XVIII).

Inoltre, secondo il Nuovo Catasto Terreni del Comune di Montechiarugolo, l'areale è censito al Foglio 12, mappali 313, 332, 912, 1047, 1049 (Tavola III).

Secondo il RUE ed il PSC del Comune di Montechiarugolo, l'area in oggetto ricade all'interno dei "Perimetri delle zone sottoposte a Comparto Diretto C.D." e delle "Zone residenziali di nuovo impianto/C5" (art. 59 del RUE – Tavola VII), delle "Fasce di rispetto ai corsi d'acqua" (legge 431/85 RUE e PSC – Tavola VII e X), del "Perimetro del territorio urbanizzabile" (PSC – Tavola X), degli "Ambiti residenziali da urbanizzare" (PSC – Tavola X) e del "Perimetro del bacino idrominerario", ma solo i mappali 912, 312 e 331 (RUE – Tavola VII).

Nel seguito verranno illustrati gli aspetti idrologici che interessano i lotti, con riferimento specifico alla gestione delle acque meteoriche, al fine di garantire tanto l'invarianza idraulica quanto la riduzione del rischio idraulico per il comparto, a seguito delle trasformazioni che in esso verranno a prodursi.

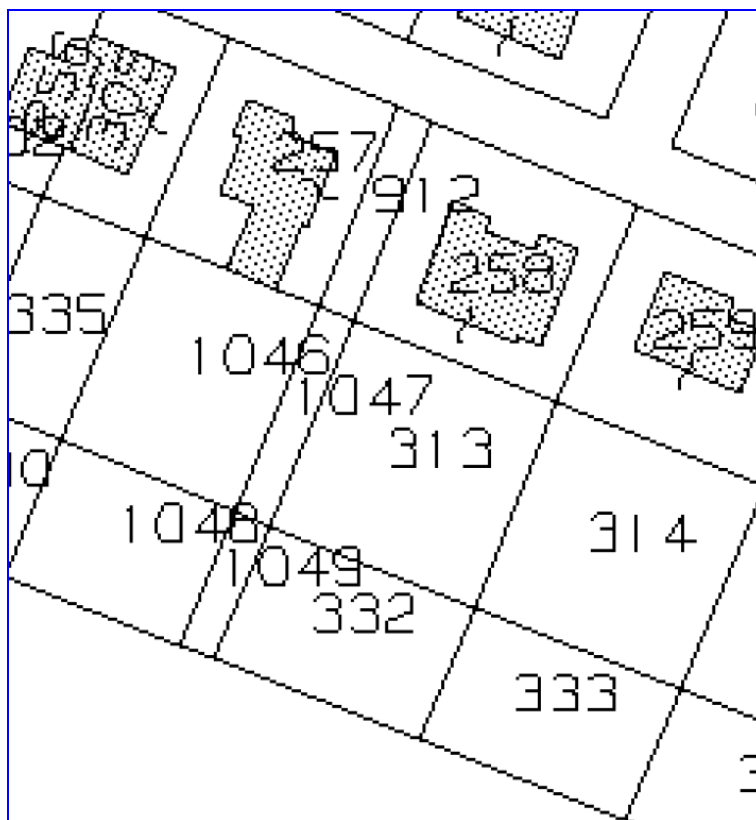


Figura 1 - Stralcio mappe catastali comune di Montechiarugolo, Foglio 12 Mappali 313, 332, 912, 1047, 1049

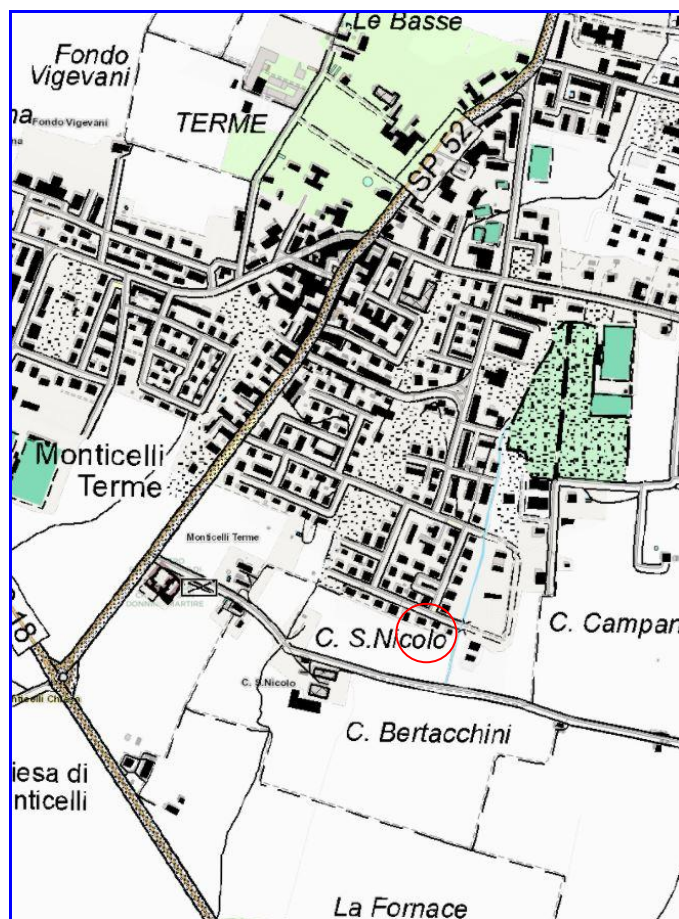


Figura 2 - Area in oggetto su estratto CTR al 25.000

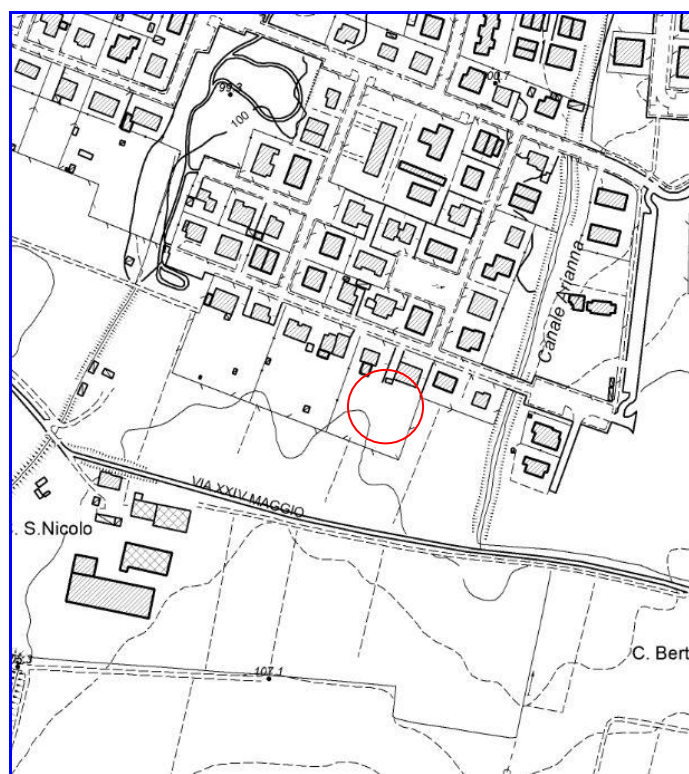
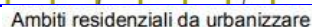


Figura 3 - Area in oggetto su estratto CTR al 5.000











- | | |
|---|---|
|  | Piani particolareggiati in attuazione in zone residenziale di nuovo impianto/C1 (Art. 54) |
|  | Zona residenziale di nuovo impianto/C2 (Art. 55) |
|  | Zona residenziale di nuovo impianto/C2.2 (Art. 56) |
|  | Zona residenziale di nuovo impianto/C3 (Art. 57) |
|  | Zona residenziale di nuovo impianto/C4 (Art. 58) |
|  | Zona residenziale di nuovo impianto/C5 (Art. 59) |
|  | Zona residenziale di nuovo impianto sottoposta a Progetto di inquadramento urbanistico edilizio (C.D.)/C6 (Art. 60) |
|  | Zona residenziale di nuovo impianto C7 (Art. 61) |

Figura 4 - Stralcio Rue del comune di Montechiarugolo



Fotografia 1 int – Foto aerea con vista da sud-ovest dei lotti in oggetto.



Fotografia 2 int – Foto aerea con vista da nord-ovest dei lotti in oggetto.



Fotografia 3 int – Foto aerea con vista da nord-est dei lotti in oggetto.

2. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE ED ESONDABILITÀ AI SENSI DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE E DEL D.LGS 49/2010

La Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispone la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

La Direttiva e il D.lgs. 49/2010 favoriscono un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate, che prevedono:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

Ai sensi dell'art. 4 del D.lgs. 49/2010 anzi citato, la valutazione preliminare del rischio di alluvioni fornisce una stima dei rischi potenziali connessi a tali fenomeni, effettuata sulla base delle informazioni disponibili, di dati registrati, di analisi speditive e degli studi sugli sviluppi a lungo termine, comprendendo almeno le seguenti componenti (art. 4, c 2):

- lett. a) **“cartografie”** tematiche del distretto idrografico in scala appropriata comprendenti i limiti amministrativi, i confini dei bacini idrografici, dei sottobacini, delle zone costiere, dalle quali risulti la topografia e l'uso del territorio”;
- lett. b) **“descrizione delle alluvioni avvenute”** in passato che hanno avuto notevoli conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali e che, con elevata probabilità, possono ancora verificarsi in futuro in maniera simile, compresa l'estensione dell'area inondabile e, ove noti, le modalità di deflusso delle acque, gli effetti al suolo e una valutazione delle conseguenze negative che hanno avuto”;
- lett. c) **“descrizione delle alluvioni significative avvenute in passato che, pur non avendo avuto notevoli conseguenze negative ne potrebbero avere in futuro”**;
- lett. d) **“valutazione delle potenziali conseguenze negative”** di future alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, tenendo conto di elementi quali la topografia, la localizzazione dei corpi idrici superficiali e le loro caratteristiche idrologiche e geomorfologiche generali, le aree di espansione naturale delle piene, l'efficacia delle infrastrutture artificiali esistenti per la difesa dalle alluvioni, la localizzazione delle aree popolate, di quelle ove esistono attività economiche e sociali e gli scenari a lungo termine, quali quelli socio economici e ambientali, determinati anche dagli effetti dei cambiamenti climatici”.

L'esistenza sul territorio italiano della pianificazione di bacino redatta dalle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali ai sensi della Legge 183/89 ed in particolare, la vigenza dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) redatti ai sensi della Legge 267/98 ha portato a decidere a livello nazionale di non svolgere la valutazione preliminare del rischio di alluvioni

ritenendo il livello delle informazioni contenute nei piani adeguato ai requisiti richiesti e di procedere direttamente alla elaborazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni con i criteri previsti dalla direttiva e dal suo decreto di attuazione.

Il fenomeno alluvionale viene descritto nell'art. 2 "definizioni" del D.lgs. 49/2010 come:

"...omissis... l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, ogni altro corpo idrico superficiale anche a regime temporaneo, naturale o artificiale, le inondazioni marine delle zone costiere ed esclude allagamenti non direttamente imputabili ad eventi meteorologici".

Le mappe della pericolosità devono, pertanto, indicare le aree geografiche potenzialmente allagabili con riferimento all'insieme di cause scatenanti sopra descritte - ivi compresa l'indicazione delle zone ove possano verificarsi fenomeni con elevato volume di sedimenti trasportati e colate detritiche - in relazione a tre scenari:

- Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità);
- Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- Alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità).

Ciascuno scenario deve essere, inoltre, descritto attraverso almeno i seguenti elementi:

- a) estensione dell'inondazione;
- b) altezza idrica o livello;
- c) caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

Il D.lgs. 49/2010 definisce all'art. 2 il rischio di alluvioni "(...) la combinazione della probabilità di accadimento di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali derivanti da tale evento".

Le mappe del rischio di alluvioni contengono, pertanto, tali elementi con riferimento ai predetti scenari.

Nel territorio regionale, le attività finalizzate alla mappatura della pericolosità e del rischio ai sensi dell'art. 6 del D. Lgs. 49/2010 sono sviluppate con riferimento ai seguenti temi:

1. Individuazione del reticolo idrografico di riferimento;
2. Mappatura della pericolosità per i seguenti ambiti omogenei (con finalità di adeguamento/omogeneizzazione e/o completamento):
 - a) corsi d'acqua principali;
 - b) reticolo naturale secondario e minore (in ambito collinare-montano prevalentemente);
 - c) reticolo artificiale di bonifica (nel territorio di pianura);
 - d) ambito costiero.
3. Analisi dei cambiamenti climatici in atto e futuri e aggiornamento dell'input idrologico;
4. Analisi dell'uso del suolo ed individuazione degli elementi esposti;
5. Definizione di un metodo per la valutazione della vulnerabilità e del rischio

Il principio di base che ispira tutte le attività è quello della valorizzazione degli strumenti già predisposti nell'ambito della pianificazione di bacino in attuazione della normativa previgente (Piani di Assetto Idrogeologico, PAI) e il complesso patrimonio di conoscenze disponibile.

Nel territorio in esame sono definite le mappe di "Pericolosità ed Elementi Esposti" e le mappe del "Rischio" 2022, predisposte ai sensi dell'art. 6 della DIRETTIVA 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010.

Dall'analisi delle suddette mappe, di cui si riportano gli estratti nelle figure seguenti, si evince che l'area risulta esterna ad ogni scenario.

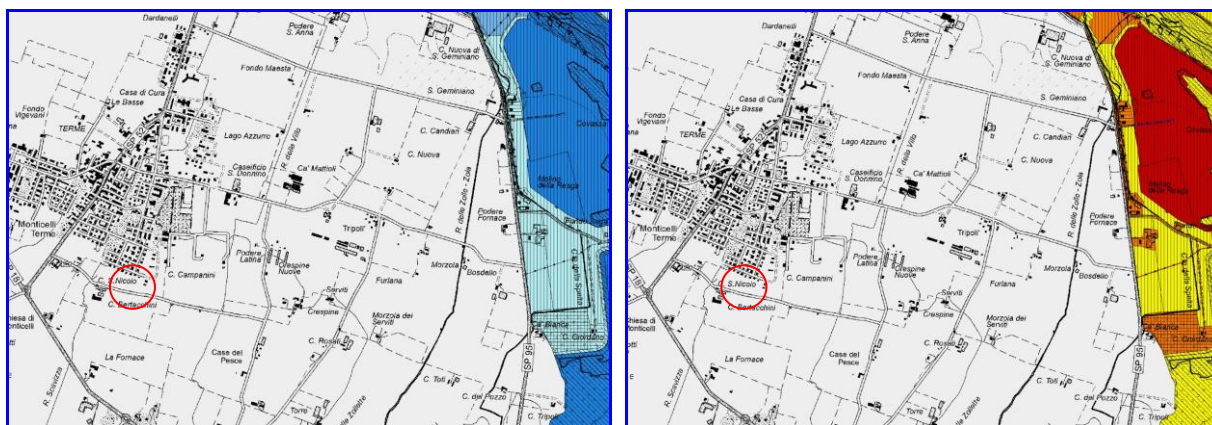
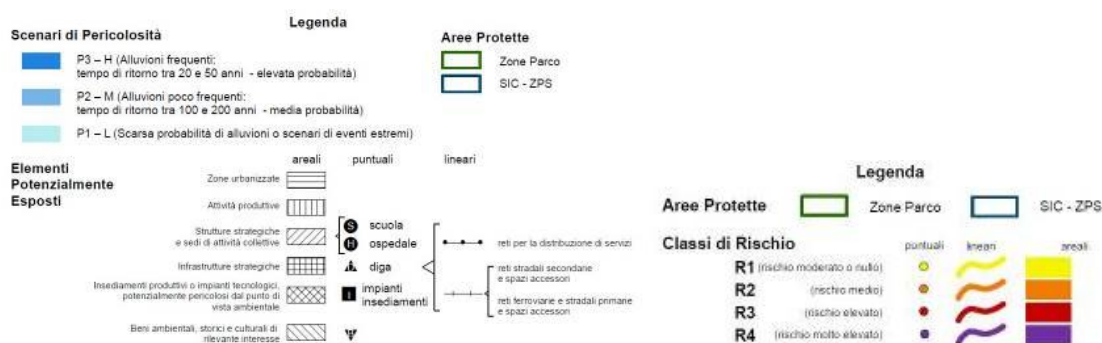


Figura 5 – Stralcio Mappa della Pericolosità e degli Elementi Esposti 2022, predisposte ai sensi dell'art. 6 della DIRETTIVA 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010



In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio anzi descritte, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, 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;
- 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.

Le successive indicazioni operative vanno considerate per il rilascio dei titoli edilizi relativi ai seguenti interventi edilizi definiti ai sensi delle vigenti leggi:

- ristrutturazione edilizia;
- interventi di nuova costruzione;
- mutamento di destinazione d'uso con opere.

3. ACCORGIMENTI DA ASSUMERE PER RENDERE L'INTERVENTO COMPATIBILE CON LE CRITICITÀ RILEVATE, IN BASE AL TIPO DI PERICOLOSITÀ E AL LIVELLO DI ESPOSIZIONE RILEVATO.

Per i procedimenti inerenti richiesta/rilascio di permesso di costruire e/o segnalazione certificata di inizio attività, la richiamata DGR 1300/2016 riporta, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che devono essere utilizzati per la mitigazione del rischio e che devono essere assunti in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento, demandando alle Amministrazioni Comunali la verifica del loro rispetto in sede di rilascio del titolo edilizio.

“a.1. 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;

a.2. è da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;*
- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;*
- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;*
- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;*
- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);*
- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.*

Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.

a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.”

Gli accorgimenti in termini di quota altimetrica della struttura e delle sue parti (su cui vertono varie delle disposizioni regionali richiamate) sono certamente quelli di maggior rilievo ai fini della protezione di beni e persone esposte.

In termini di misure atte a favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, e ad evitare l'accumulo o l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti, l'area di risulta dotata di una adeguata rete di raccolta e deflusso delle acque meteoriche.

Affrontare il tema della riduzione della vulnerabilità delle strutture realizzate in aree esondabili impone la definizione di alcuni concetti base di carattere generale che riguardano il rischio alluvione.

Si definisce infatti:

RISCHIO = Pericolosità x Valore Bene Esposto x Vulnerabilità

La **Pericolosità** esprime l'entità del fenomeno (alluvione, frana, sisma, ecc.) e la probabilità che si manifesti in un lasso temporale più o meno ampio.

La **Vulnerabilità** può esprimersi come il danno atteso, ovvero la percentuale di riduzione del valore che il fenomeno calamitoso produce sul bene; si definisce atteso perché riferito ad un fenomeno la cui intensità e la cui frequenza non è certa bensì legata ad una curva di probabilità statistica. La vulnerabilità è normalmente proporzionale alla intensità del fenomeno.

Per ridurre il **Rischio** è dunque possibile agire sui tre fattori (pericolosità, valore e vulnerabilità) ricercando ove possibile la maggiore combinazione in termini di costi benefici. Tale concetto è ben ripreso dalla direttiva europea sulle alluvioni (Direttiva 2007/60/CE) nella quale si esprime la stretta correlazione tra gli interventi per la difesa del suolo ed il beneficio economico che ne può derivare.

Il Piano per l'assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità di bacino del fiume Po affronta il tema della mitigazione del rischio mediante interventi strutturali e non che ottengano una riduzione delle sue singole componenti.

In particolare per la diminuzione della pericolosità il PAI ha disegnato un assetto delle difese idrauliche del fiume Po e del reticolo idrografico dimensionato per fenomeni di piena con tempi di ritorno di 200 anni.

La riduzione del valore dei beni esposti si attua invece con quegli articoli normativi del PAI che governano l'uso del suolo nelle aree soggette ad esondazione, così da limitare la presenza di edifici, impianti e attività altrimenti localizzabili.

Esplorare in modo esteso questo campo però non è cosa semplice, perché si intuisce che la vulnerabilità di un edificio o di un impianto o di una sua specifica componente dipende non solo dall'intensità dell'evento, ma dalle tipologie e dalle caratteristiche costruttive del bene stesso, innumerevoli e non sempre note.

I paragrafi seguenti hanno lo scopo di fornire suggerimenti e linee guida per l'individuazione delle misure possibili da adottare per la riduzione ed il contenimento dei danni in caso di fenomeni meteorologici particolarmente intensi che possono mettere in crisi localmente il reticolo secondario di pianura; tali strategie sono da interpretarsi come elementi di buona tecnica costruttiva non prescrittivi.

Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impianti elettrici

Gli impianti elettrici risultano molto sensibili nei confronti della presenza di acqua e possono essere fonte di elevate criticità qualora vengano a contatto con essa se non sono state adottate opportune precauzioni. Pertanto si suggerisce in maniera non prescrittiva di seguire le seguenti linee guida di carattere generale del tipo:

- nelle costruzioni esistenti: qualora non sia possibile sopraelevare il pavimento al di sopra del livello di piena, conviene comunque spostare a livello del soffitto 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 che si può danneggiare in caso di piena.

- impianto elettrico e relativo quadro elettrico distinto per vani potenzialmente sommergibili.

Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: impermeabilizzazione

Tra le misure passive per ridurre il grado di danneggiamento dei beni e delle strutture risulta sicuramente utile aumentare in generale il grado di impermeabilizzazione. Tale obiettivo è perseguibile in numerose modalità. Tra le migliori più frequenti e meno impattanti è possibile segnalare le seguenti tematiche:

- Se il livello di piena non supera il metro è inoltre possibile pensare di impermeabilizzare il perimetro esterno dell'edificio con guaine impermeabili protette da un rivestimento, e porre barriere con guarnizioni sulle soglie, da montare manualmente in caso di allerta. Questo sistema non garantisce risultati se la piena supera il livello di impermeabilizzazione, o se viene a mancare l'intervento umano, ma può funzionare bene per eventi di piena moderati riducendo di molto i danni.
- Si suggerisce di non creare cantine oppure spazi completamente interrati in zona allagabile. Se esistono già, è bene verificare la presenza di aperture tipo bocche di lupo o grigie di aerazione in modo da individuare le possibili vie preferenziali di infiltrazione dell'acqua e dunque poter prevenire le opportune azioni di impermeabilizzazione. Questi luoghi non dovranno essere comunque utilizzati come deposito di beni deteriorabili, né come superficie abitabile.

Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture: dettagli costruttivi

Si ritiene opportuno indicare alcuni suggerimenti che possono comunque aumentare la durabilità degli immobili e ridurre i potenziali danneggiamenti, non solo a fronte di allagamenti diffusi ma anche davanti a fenomeni meteorologici con tempo di ritorno inferiore ai 100 anni come adottato nella analisi qui esposta. Ci si riferisce in particolare ad alcuni dettagli costruttivi di cui tra i più comuni si riporta:

- impianto igienico sanitario con valvole anti riflusso;
- impianti di riscaldamento, condizionamento e trattamento ubicati a quota maggiore possibile;
- realizzazione di cordoli perimetrali: es. le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc).

Buona tecnica

Si vogliono di seguito indicare norme generali di buona tecnica che si suggerisce di tenere in considerazione, a prescindere dalla mappatura dei fenomeni di allagamento stimati dalla presente trattazione:

- 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, quali ad esempio:
 - le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;

- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;
 - le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
 - siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.
- al di sotto del livello di massima piena si consiglia di utilizzare pareti che non presentino intercapedine inaccessibili. Il classico tamponamento a pacchetto composto da blocco esterno, isolante e veletta di mattoni comporta seri problemi se l'isolante non è a cellule chiuse. Questo si impregna d'acqua che difficilmente riesce poi ad evaporare. Invece lo stesso sistema con intercapedine riempita con una schiuma in poliuretano funziona meglio. Tuttavia resta preferibile avere lo strato di isolante facilmente ispezionabile e all'occorrenza smontabile, composto da pannelli rigidi sorretti da guide di metallo o materia plastica. Infatti gli interstizi in luoghi non accessibili danno adito ad accumuli di fango e acqua spesso mischiati ad agenti inquinanti chimici od organici che non potendo defluire rischiano di compromettere la salubrità degli ambienti.

4. MISURE PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Il Consorzio della Bonifica Parmense introduce il principio di "invarianza idraulica" delle trasformazioni del territorio.

È da sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino. Tali prestazioni sono riconducibili a due meccanismi di controllo "naturale" delle piene:

- l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso)
- la laminazione, che consiste nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

Il criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che il piano di bacino adotta, prevede la compensazione delle riduzioni sul primo meccanismo attraverso il potenziamento del secondo meccanismo.

A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti prima che si verifichi il deflusso dalle aree stesse, fornisce un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l'effettiva invarianza del picco di piena. La predisposizione di tali volumi non garantisce che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

Le modifiche di destinazione d'uso del territorio determinano variazioni sostanziali dei parametri idraulici di riferimento (coefficiente di deflusso e tempi di corrivazione), per tale motivo si propone, nello stato di progetto, di mantenere al massimo lo stesso valore al colmo della portata che si genera nello stato di fatto, al fine di non perturbare l'equilibrio idraulico della rete idrica superficiale attuale. È quindi necessario, per la rete di raccolta acque bianche, ricercare all'interno dell'area polmoni di ritenzione, capaci di laminare le portate in arrivo, mantenendo quelle in uscita su valori analoghi a quelli dello stato di fatto.

Il dimensionamento della rete si è basato sui seguenti principi:

- La portata in uscita nello stato di progetto non dovrà essere superiore a quella presumibile nello stato di fatto (**criterio dell'invarianza della portata**);
- Il tempo di ritorno (TR) considerato è pari a 50 anni;
- Il volume d'invaso è ottenibile attraverso il sovradimensionamento della rete fognaria bianca e l'introduzione di una vasca di laminazione;
- Per il calcolo delle portate si sono adottati i coefficienti di deflusso di seguito riportati:

Tabella 1 – Coefficienti di deflusso.

USO DEL SUOLO	CARATTERISTICHE DEGLI STRATI	COEFFICIENTE DEFUSSO
Tetti e coperture impermeabili inclinate e piane	- coperture con manto impermeabile e/o tetti verdi	0.90
Pavimentazioni stradali, cortilizie e parcheggi non drenanti	- asfalto o calcestruzzo - massicciata stradale a diversi strati portanti in materiali aridi (ghiaia, sabbie, stabilizzato) - sottosuolo	0.90
	- cubetti o pietre con fughe sigillate - pietrisco - strato portante con ghiaia - sottosuolo	
	- verde con solette sottostanti - terreno organico - strato drenante in ghiaia, sabbia, stabilizzato - soletta in calcestruzzo	
Pavimentazioni stradali, cortilizie e parcheggi drenanti	- asfalto o calcestruzzo drenale macroporoso - massicciata stradale a diversi strati portanti - sottosuolo	0.60
	- cubetti con fughe rinverdite - pietrisco - strato portante con ghiaia - sottosuolo	
	- stabilizzato o misto di inerti - strato portante con ghiaia - sottosuolo	
	- autobloccanti alveolari (cls o plastici) intasati di terreno vegetale e prato - pietrisco - strato portante in ghiaia - sottosuolo	
Prati, parchi, giardini ed aree verdi urbane	- prato - terreno organico - sottosuolo	0.25
Terreni coltivati e incolti	- terreno organico - sottosuolo	0.25
	- terreno incolto - sottosuolo	
	- alberature e sottobosco - terreno naturale - sottosuolo	
Boschi	- alberature e sottobosco - terreno naturale - sottosuolo	0.15

L'analisi idrologica ha lo scopo di definire le portate nello Stato di progetto in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia. La stima degli afflussi/deflussi, sul lotto di terreno oggetto di studio, è stata realizzata utilizzando come parametro di calcolo il metodo Curve Number elaborato dal Soil Conservation Service (USA). Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento. L'analisi è stata fatta analizzando i tempi di ritorno delle piogge, e in funzione di questi e del coefficiente di deflusso, dipendente dal tipo di permeabilità e uso del terreno, si sono determinati i valori massimi della portata istantanea al colmo.

Il calcolo della portata di pioggia massima scaricata del collettore è stato effettuato facendo riferimento ad un tempo di ritorno pari a 50 anni.

La determinazione della portata al colmo col metodo afflussi/deflussi, deve avere come input l'altezza di pioggia ricavate dall'elaborazione statistica dei dati pluviometrici per piogge intense e di breve durata (15', 30', 1, 3, 6, 12 e 24 ore) rilevati, da cui si ottengono le curve di possibilità climatica per differenti tempi di ritorno. Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (d) dell'evento di pioggia in funzione di un prefissato tempo di ritorno (TR) è stata necessario individuare la legge probabilistica che meglio si adatta alla serie storica del campione analizzato. Generalmente, per le elaborazioni statistiche dei dati di pioggia, la distribuzione che meglio interpreta le serie storiche risulta essere quella di Gumbel, descritta dall'espressione:

$$h = a \cdot (T)^{n(T)}$$

Nel caso in esame si sono utilizzati i parametri a e n della curva di probabilità pluviometrica per TR 50 anni forniti dal Consorzio della Bonifica Parmense e di seguito riportati

Tabella 2 – Valori caratteristici della curva di probabilità pluviometrica (TR = 50 anni).

TR anni	DURATA: $1 < t < 24$ ore - $h = a \cdot t^n$		
	n	lna	a
2	0.2408	3.2272	25.2084
5	0.2732	3.5633	35.2782
10	0.2849	3.7371	41.9778
15	0.2897	3.8235	45.7631
20	0.2926	3.8798	48.4150
25	0.2946	3.9211	50.4584
30	0.2961	3.9536	52.1212
40	0.2983	4.0025	54.7351
50	0.2998	4.0388	56.7562
100	0.3039	4.1433	63.0109
200	0.3071	4.2377	69.2450
500	0.3105	4.3499	77.4723

Nella successiva tabella e nella figura a seguire sono riportati rispettivamente i parametri della curva di possibilità pluviometrica di riferimento per l'area in esame forniti dal Consorzio della Bonifica Parmense.

Tabella 3 – Valori caratteristici della curva di possibilità pluviometrica (TR = 50 anni).

CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA ALLA STAZIONE DI PARMA

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm]									
	Tr=500	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=25	Tr=20	Tr=15	Tr=10	Tr=5	Tr=2
0.25	54.23	47.86	43.03	38.18	33.30	31.71	29.66	26.72	21.51	13.64
0.5	69.64	61.67	55.62	49.56	43.45	41.47	38.89	35.21	28.69	18.84
0.75	80.61	71.52	64.64	57.73	50.77	48.51	45.57	41.38	33.96	22.75
1	77.47	69.25	63.01	56.76	50.46	48.42	45.76	41.98	35.28	25.21
1.5	87.87	78.43	71.27	64.09	56.86	54.51	51.47	47.12	39.41	27.79
2	96.08	85.67	77.78	69.87	61.89	59.30	55.94	51.14	42.63	29.79
2.5	102.97	91.75	83.24	74.70	66.10	63.30	59.68	54.50	45.31	31.43
3	108.97	97.03	87.98	78.90	69.74	66.77	62.91	57.40	47.63	32.84
6	135.14	120.05	108.61	97.12	85.55	81.79	76.91	69.93	57.56	38.81
12	167.59	148.52	134.07	119.56	104.93	100.18	94.01	85.20	69.56	45.86
24	207.84	183.75	165.50	147.17	128.70	122.71	114.92	103.79	84.06	54.19

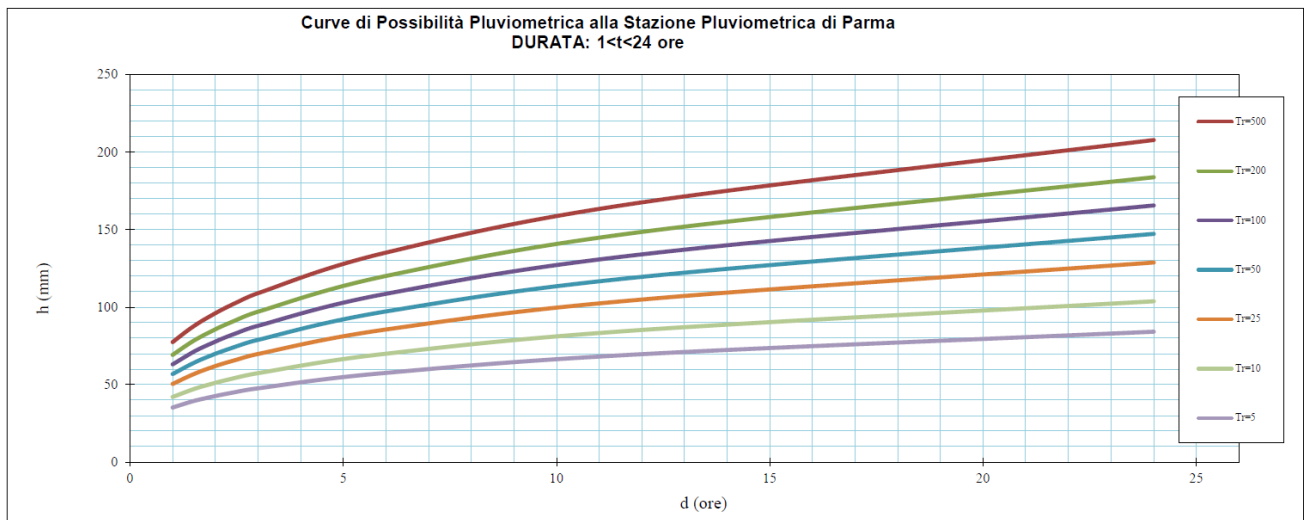


Figura 6 – Curva di possibilità pluviometrica di riferimento.

La simulazione idraulica per la determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura delle aree scolanti, ovvero nella rete fognaria destinata a riceverle, è stata effettuata con l'utilizzo del modello idrologico-idraulico **SWMM** (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A, che descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sull'area di un bacino imbrifero e quindi in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori, consentendo di definire le portate nella configurazione attuale e di progetto in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia.

Matematicamente il processo è rappresentato dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali che governano il bilancio della massa liquida (equazione di continuità) e della corrispondente energia meccanica (equazione del moto) tanto per il deflusso che si sviluppa come lama d'acqua fluente sulla superficie di una area elementare per effetto della saturazione del suolo e del superamento della sua capacità di infiltrazione, quanto del deflusso che si sviluppa come corrente essenzialmente monodimensionale in ciascuno dei tronchi elementari costituenti la rete drenante. Oltre tali equazioni differenziali, il modello impone contemporaneamente, attraverso successive formule, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di canali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei canali riceventi.

Le condizioni iniziali nel reticolo sono, invece, calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni tratto.

Per quanto riguarda il deflusso di superficie, il programma considera ogni area elementare utilizzata per la schematizzazione dell'intero bacino come un serbatoio non lineare con un singolo ingresso che rappresenta le precipitazioni, e con più uscite che rappresentano rispettivamente l'infiltrazione, l'evaporazione ed il deflusso superficiale. È quest'ultima la componente maggiormente rappresentativa nel caso presente.

La capacità del serbatoio non lineare rappresenta la capacità massima d'accumulo sulle superfici del bacino, fornita principalmente dai micro e macro avvallamenti delle superfici e dal velo d'acqua presente sulle superfici bagnate, d'altezza variabile durante l'evento di pioggia.

Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione è modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione siano potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso è ovviamente nullo. E' presente anche la componente di deflusso ipodermico e di base, derivante dalla schematizzazione della regione sotterranea come due serbatoi non lineari interconnessi; tale elemento, introdotto quando si dispone di osservazioni in continuo delle piogge, può simulare anche gli scambi idrici fra falda freatica e corso d'acqua, ma riveste un'importanza trascurabile nella simulazione di singoli eventi di piena, come quelli analizzati in questo studio, perché i tempi di risposta dei due serbatoi sotterranei eccedono largamente quelli del ruscellamento superficiale, fornendo un contributo al deflusso totale che diviene significativo solo in regime fluviale di morbida e magra. Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, è ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente portata lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete idrografica. Nel caso in esame, si sono esaminati tempi di pioggia con durate differenti, dai 15 minuti fino alle dodici ore, e fissato l'intervallo temporale di calcolo della simulazione

complessivamente in 24 ore, con pluviogramma di ingresso di tipo triangolare. I parametri che occorrono fissare per la simulazione idrologica e quindi per la determinazione delle portate generate sono i seguenti:

- caratteristiche fisiche e morfologiche dell'area sottesa (superfici impermeabili, aree verdi, strade ecc), che consentono di stimare le perdite e i coefficienti di deflusso, attraverso il metodo CN (caratteristiche del tipo di suolo);
- ietogramma in ingresso;
- il metodo di analisi afflussi/deflussi (metodo SCS Curve Number).

Come anticipato, per la determinazione delle principali perdite idrologiche come evapotraspirazione, infiltrazione ed immagazzinamento nelle depressioni superficiali, è stato utilizzato il metodo CN.

Il coefficiente CN attribuisce ad ogni singola porzione di superficie, un valore adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura al fine di stimare il coefficiente di deflusso medio.

Il metodo consiste essenzialmente di due parti: nella prima si stima il volume del deflusso risultante da una pioggia, nella seconda si determina la distribuzione nel tempo del deflusso e la portata al colmo. Rinviando ai testi d'idrologia (es. Ven Te Chow) l'illustrazione del metodo, nel seguito ci si limita a riportare gli elementi necessari alla sua applicazione. Scritta l'equazione di continuità:

$$Q = P - S'$$

dove:

Q (mm) = volume defluito fino all'istante generico t ; P (mm) = volume affluito al medesimo istante;

S' (mm) = volume complessivamente perso = $S \cdot Q/P$;

S (mm) = volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione = $25.400/CN - 254$.

La valutazione del coefficiente CN e la stima del coefficiente di deflusso (δ), per piogge con diverso tempo di ritorno TR , ha portato ai seguenti valori:

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I - S)}$$

dove:

I = quota parte dell'afflusso che va ad invasarsi nelle depressioni superficiali ($=0,2 \cdot S$).

La forma dell'idrogramma di portata è funzione del tempo di corrivazione t_c , della durata D , dell'impulso di pioggia efficace R , del tempo di ritardo del colmo L (Lag), dei tempi di crescita t_p (time to peak), di esaurimento t_r (recession time) e del tempo base (base time).

Il tempo di corrivazione o concentrazione, caratteristico del bacino, è il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano raggiunga la sezione di chiusura. Per i bacini urbani il tempo di corrivazione t_c è descritto dalla somma di due termini:

$$t_c = t_r + t_p$$

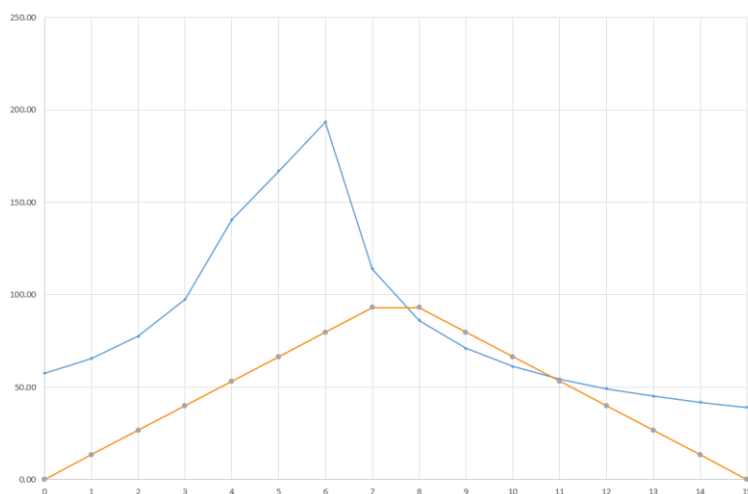
t_r rappresenta il tempo di ruscellamento ovvero il tempo che la particella d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del sottobacino di riferimento;

t_p rappresenta il tempo di percorrenza ed è quello impiegato dalla particella per raggiungere, dal punto in ingresso alla rete, la sezione di controllo.

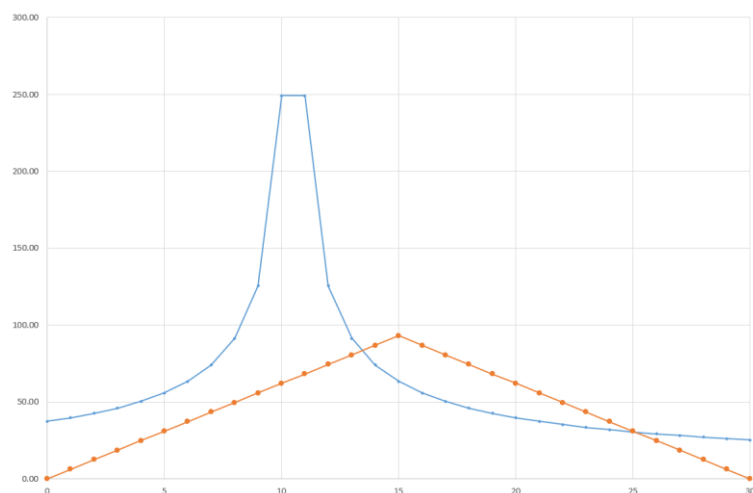
Il tempo di ruscellamento è d'incerta determinazione variando infatti con la pendenza dell'area, con la natura della pavimentazione, con la tipologia dei drenaggi minori della rete; esso viene assunto con valore compreso tra i 5 ed i 10 minuti per superfici impermeabili o difficilmente permeabili e per valori compresi tra i 10 ed i 15 minuti per superfici da permeabili a molto permeabili.

Nelle singole elaborazioni vengono considerati i seguenti ietogrammi di pioggia:

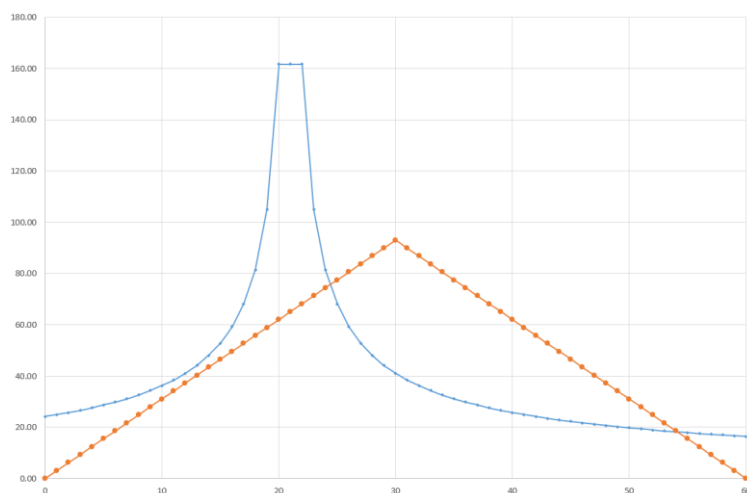
- Ietogramma triangolare (linea arancione) e ietogramma Chicago (linea azzurra) per una durata di pioggia pari a 15 minuti:



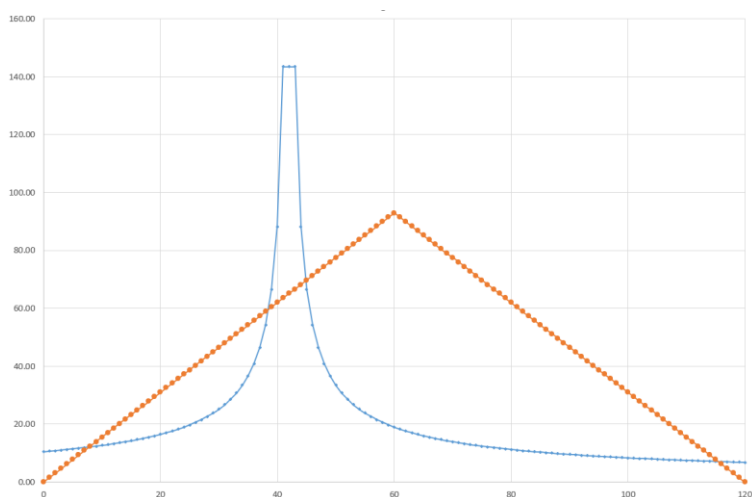
- Ietogramma triangolare (linea arancione) e ietogramma Chicago (linea azzurra) per una durata di pioggia pari a 30 minuti:



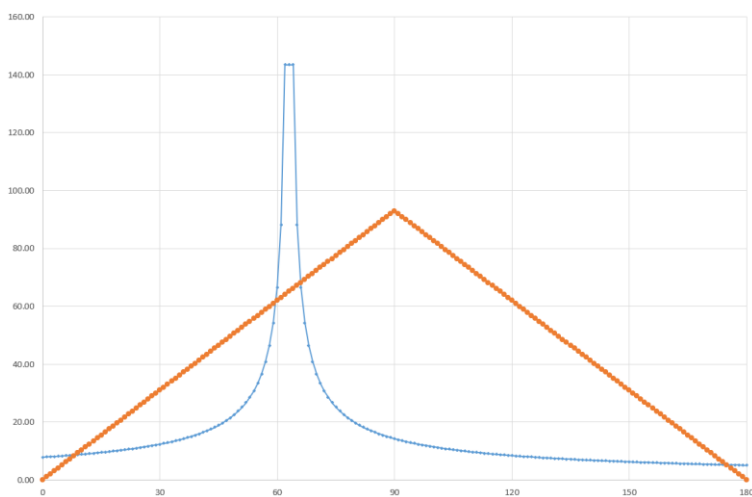
- Ietogramma triangolare (linea arancione) e ietogramma Chicago (linea azzurra) per una durata di pioggia pari a 60 minuti:



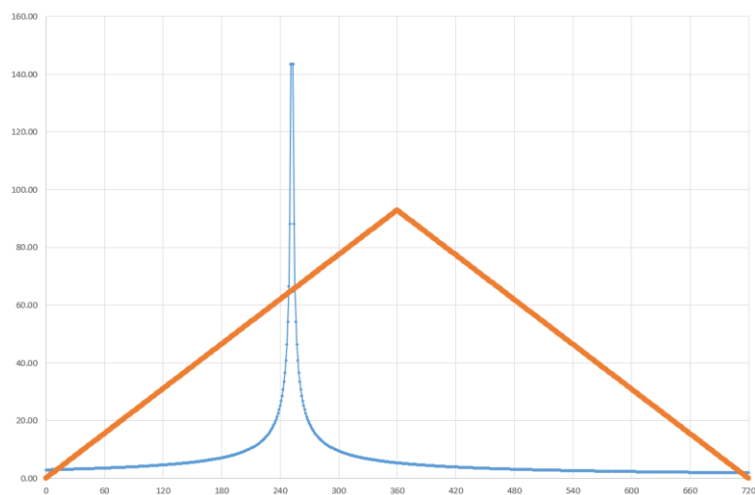
- Ietogramma triangolare (linea arancione) e ietogramma Chicago (linea azzurra) per una durata di pioggia pari a 120 minuti:



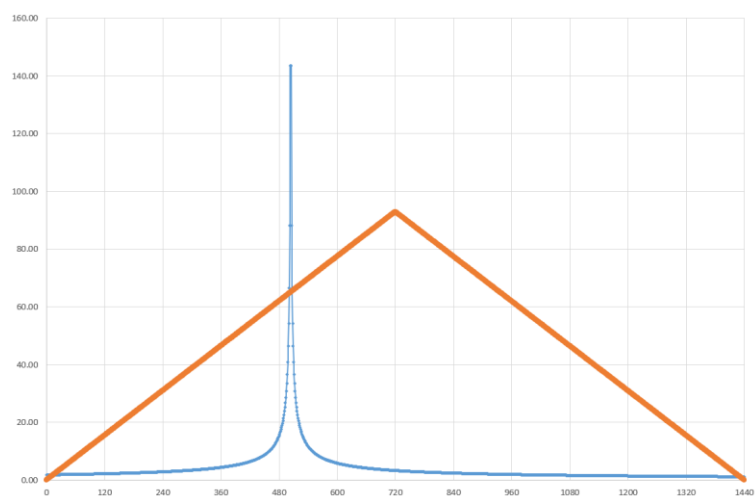
- Ietogramma triangolare (linea arancione) e ietogramma Chicago (linea azzurra) per una durata di pioggia pari a 180 minuti:



- Ietogramma triangolare (linea arancione) e ietogramma Chicago (linea azzurra) per una durata di pioggia pari a 720 minuti:



- Ietogramma triangolare (linea arancione) e ietogramma Chicago (linea azzurra) per una durata di pioggia pari a 1440 minuti:



5. DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO

La corretta progettazione del sistema di allontanamento delle acque meteoriche allo stato di progetto, deve partire da una buona definizione dello stato di fatto.

Attualmente le aree sono occupate interamente da superficie agricola e risultano di conseguenza totalmente permeabili senza la presenza di superfici antropiche.

Allo scopo di garantire l'invarianza idraulica dell'areale e quindi di non impattare negativamente sul recettore finale, si è analizzato il deflusso superficiale indotto da differenti eventi meteorici.



Figura 7 – Ortofoto dell'area di studio



Figura 8 – Schema esemplificativo modello SWMM

Il modello SWMM anzi citato utilizza un numero elevato di parametri idrologici e idraulici, distribuiti su ogni sottobacino e collettore drenante.

Oltre a fissare i parametri interni di calibrazione del modello di infiltrazione si sono fatte alcune ipotesi fisiche, di seguito riportate, sulla condizione del lotto esaminato allo Stato di Fatto:

- lo stato di fatto si configura come un'area destinata esclusivamente a prato di 0.2913 ettari (2.913,0 m²) in cui è stato considerato un curve number pari a 80;
- l'intera superficie drenante scola (per il contributo di portata non infiltrata) all'interno della Pubblica Fognatura posta su Via Arturo Toscanini attraverso le caditoie poste sulla rete stradale);
- il lotto ha una pendenza media di 0,5%;
- le condizioni di valle nei punti di uscita dal sistema sono quelle di moto uniforme.

Il metodo di calcolo utilizzato, per l'implementazione del modello, è il Dynamic Wave, ossia definizione dei parametri idraulici della rete in moto vario e quindi tenendo conto sia degli effetti di laminazione che delle condizioni di monte e valle dinamiche in ogni nodo della rete.

Seguendo le metodologie sopra esposte, sono stati stimati gli idrogrammi defluenti dal sottobacino per tutti gli eventi pluviometrici assegnati (al variare della portata di pioggia) e quindi la portata in transito istante per istante per il collettore finale ed il carico piezometrico all'interno di ciascun nodo della rete.

Determinazione del contributo allo scarico legato allo stato di fatto

Per la determinazione del contributo allo scarico allo stato di fatto, si è ipotizzato che il deflusso superficiale confluisca con scorrimento a pelo libero all'interno del corpo recettore, per fare ciò è stato modellato il bacino con uno scarico fittizio per quantificare la portata defluita. In Figura si può osservare il momento critico dello schema ipotizzato per l'evento maggiormente gravoso.

Elapsed Days	Elapsed Hours	Total Inflow (LPS)
0	08:34:00	17.88

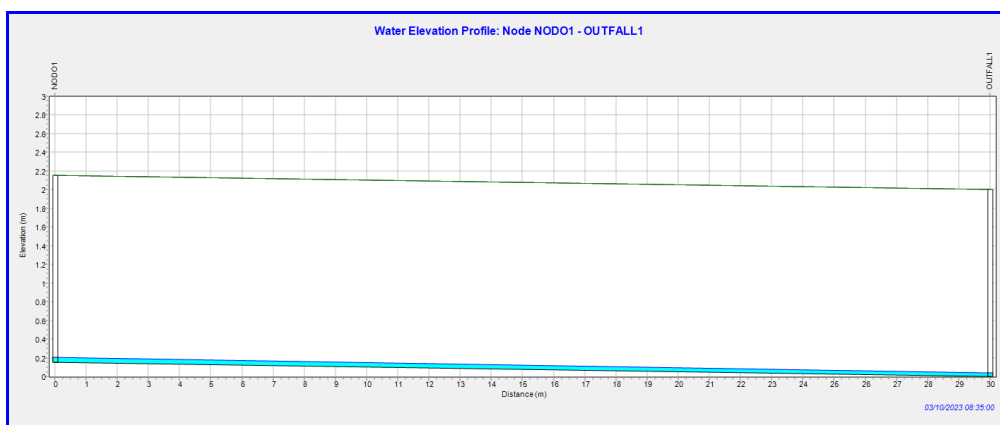


Figura 9 – Water Elevation Profile Stato di Fatto all'istante 8 ore e 34 min

In figura viene riportato l'andamento delle portate in l/s rispetto all'intero intervallo temporale dell'evento di precipitazione (24 ore):

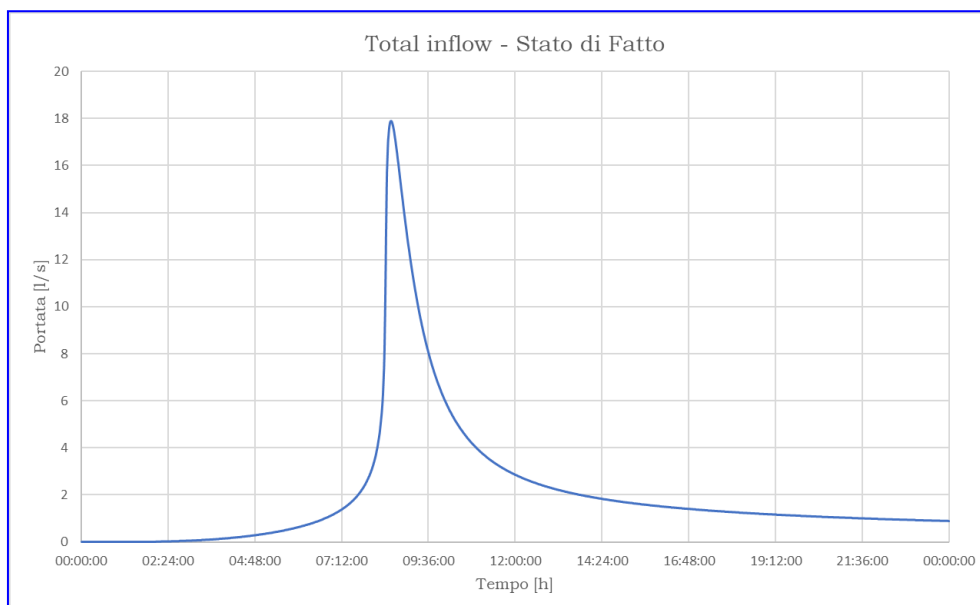


Figura 10 – Total Inflow SdF

La portata massima in uscita dal bacino (all'interno della pubblica fognatura) risulta pari a **17,88 l/s** ($0,01788 \text{ m}^3/\text{s}$) individuata all'istante pari a 8 ore e 34 minuti dall'inizio dell'evento.

6. DEFINIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

Lo stato di progetto è stato definito in funzione dell'Art. 59 del R.U.E. del Comune di Montechiarugolo per la "Zona urbanistica C5" in cui si recita: *"Negli Ambiti di Edificazione, le aree di pertinenza degli edifici dovranno essere impermeabilizzate in misura non superiore al 50% della SF di ogni singolo lotto edificabile"*.

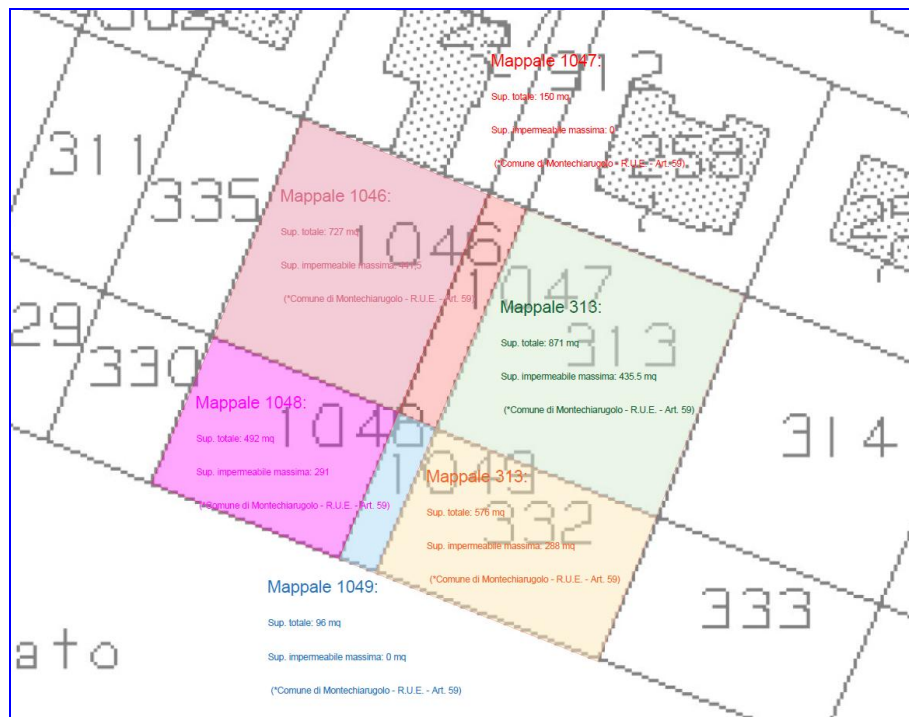


Figura 11 – Calcolo aree impermeabilizzate



Figura 12 – Schema esemplificativo di modellazione SWMM per lo SdP

- lo stato di progetto si configura come l'insieme di singoli lotti che coprono complessivamente un'area pari a quella dello stato di fatto;
- le condotte della rete sono state considerate pulite, senza nessun tipo di ostruzione e intasamento;
- la rete di scarico ha pendenza media del 0,1 %;
- lo svuotamento avviene a gravità con tubazioni di scarico di diametro: DN600 per quanto riguarda la dorsale principale e DN250 per le tubazioni all'uscita dei singoli lotti;
- il manufatto di scarico al recettore finale è costituito da una tubazione con DN140 e lunghezza pari a 30 metri.
- le condizioni di valle nei punti di uscita dal sistema sono quelle di moto uniforme.

Riassunto recapito finale:

Tabella 4 – Riassunto recapito finale

Corpo Recettore
Pubblica Fognatura

Riassunto rete di progetto:

Tabella 5 – Riassunto rete di raccolta acque meteoriche

Linea acque bianche	Manufatto finale
DN600 – DN250 – DN140	Tubazione PVC con sifone e valvola di non ritorno

Il metodo di calcolo utilizzato, per l'implementazione del modello, è il Dynamic Wave, ossia definizione dei parametri idraulici della rete in moto vario e quindi tenendo conto sia degli effetti di laminazione che delle condizioni di monte e valle dinamiche in ogni nodo della rete.

Seguendo le metodologie sopra esposte, sono stati stimati gli idrogrammi defluenti dal sottobacino per tutti gli eventi pluviometrici assegnati (al variare della portata di pioggia) e quindi la portata in transito istante per istante per il collettore finale ed il carico piezometrico all'interno di ciascun nodo della rete.

Determinazione del contributo allo scarico legato allo stato di progetto

Per la determinazione del contributo allo scarico allo stato di progetto, si è modellata la situazione dello stato di progetto, dimensionando i volumi con un opportuno franco di sicurezza. L'obiettivo è stato quello di garantire in uscita un contributo pari a quello dello stato di fatto nell'evento maggiormente gravoso.

Nella seguente Figura si può osservare il profilo del massimo tirante idrico all'interno del collettore privato utilizzato per la raccolta delle acque meteoriche, allo scopo di collettare le acque all'interno della pubblica fognatura. Per limitare il flusso e ridurre il carico, è stato previsto, prima dell'immissione nel recettore finale, un pozzetto che permetta al flusso idrico una notevole perdita di carico con presenti un sifone di tipo Firenze e una valvola di non ritorno.

Elapsed Days	Elapsed Hours	Total Inflow (LPS)
0	08:49:00	19.37

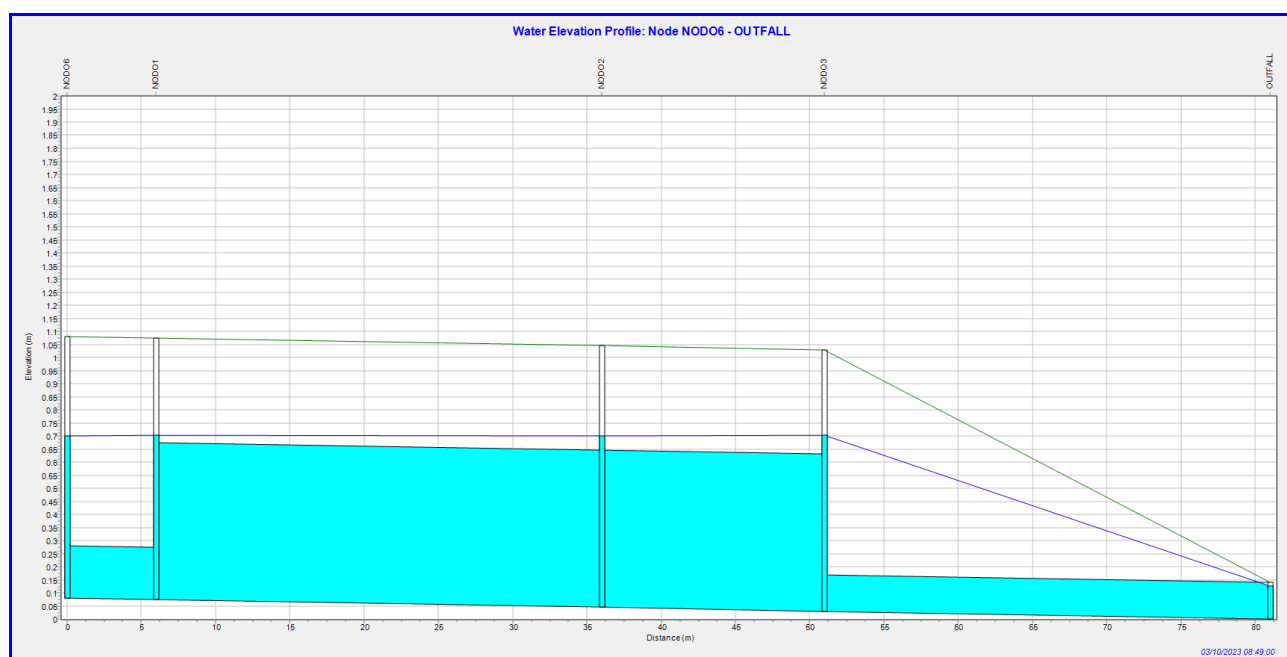


Figura 13 – Water Elevation Profile SdF all'istante 8 ore e 49 min

In Figura viene riportato l'andamento delle portate in litri al secondo [l/s] rispetto all'intero intervallo temporale dell'evento di precipitazione:

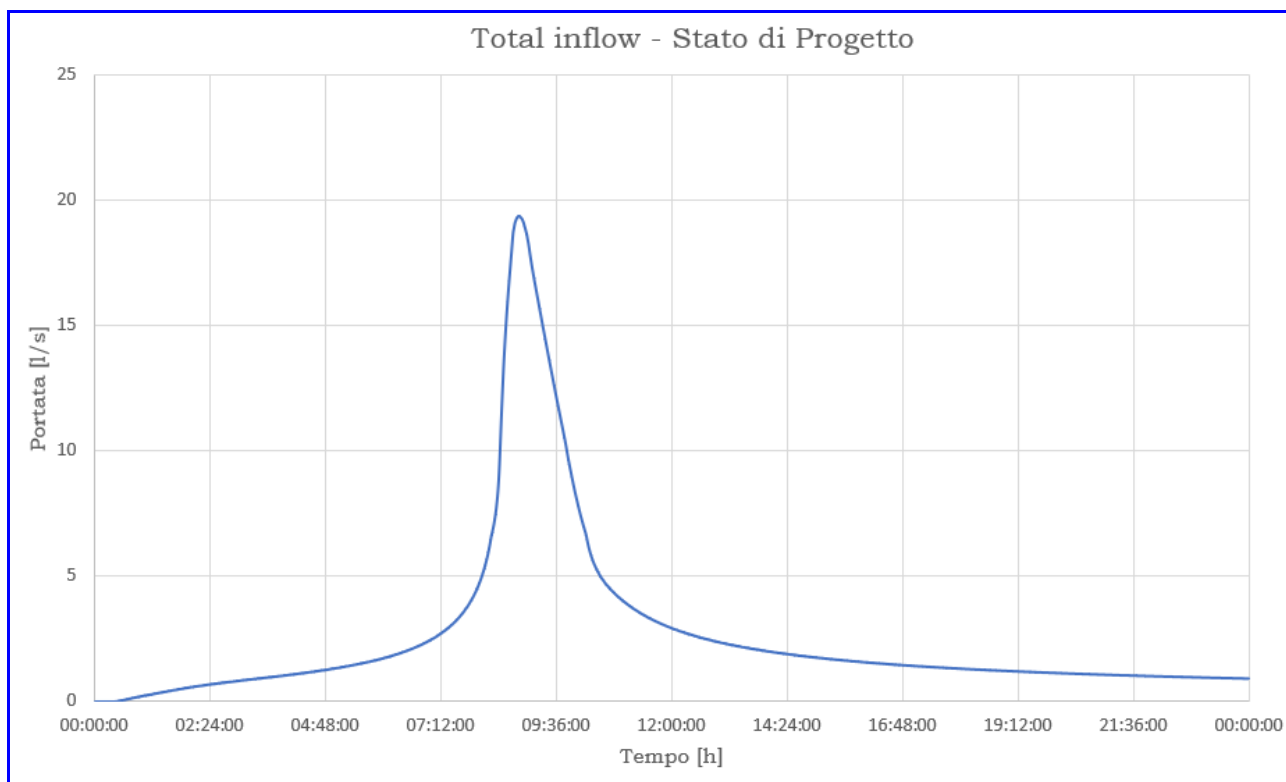


Figura 14 – Total Inflow SdP

Per quanto riguarda lo Stato di Progetto la portata massima in uscita da un singolo bacino risulta di **19,37 l/s** ($0,01937 \text{ m}^3/\text{s}$) a 8 ore e 49 minuti dall'inizio dell'evento.

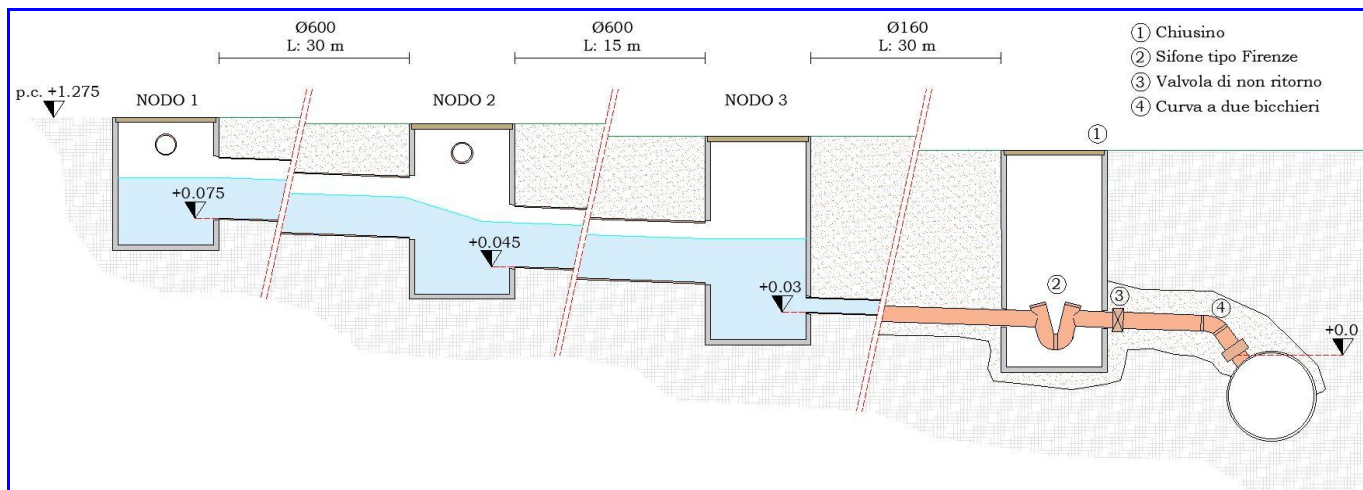


Figura 15 – Schema rete di smaltimento acque bianche

7. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda lo Stato di Progetto la portata massima in uscita da un singolo bacino risulta di **19,37 l/s** ($0,01937 \text{ m}^3/\text{s}$) a 8 ore e 49 minuti dall'inizio dell'evento.

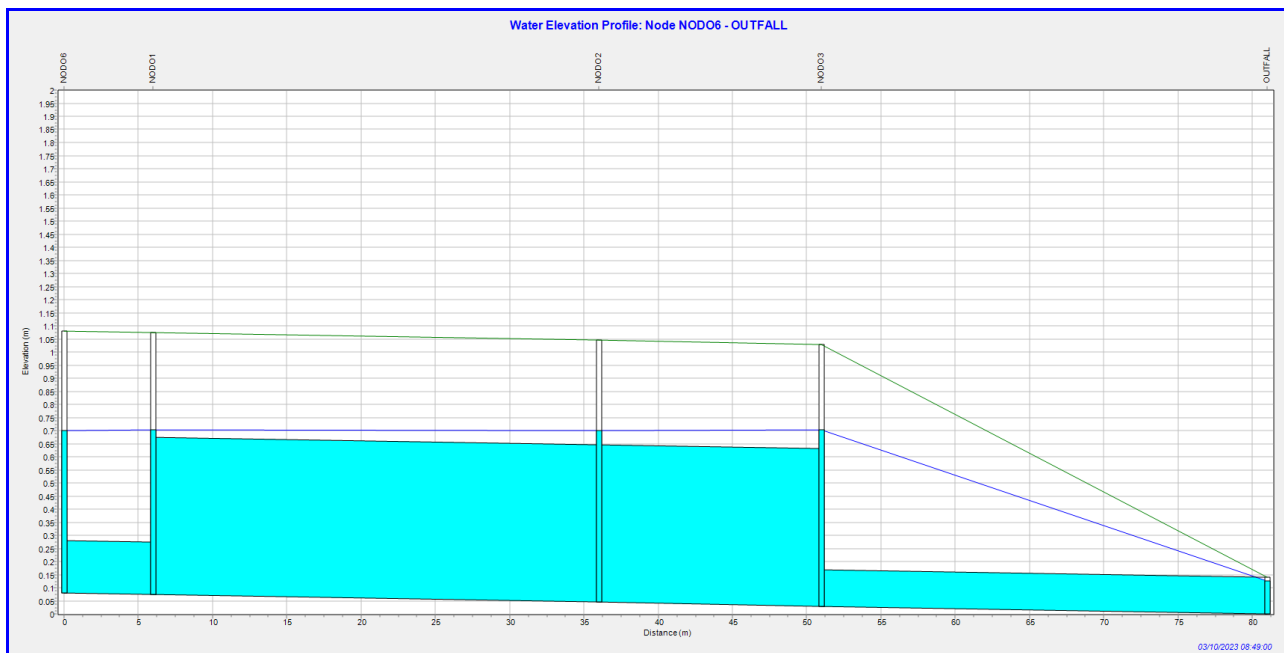
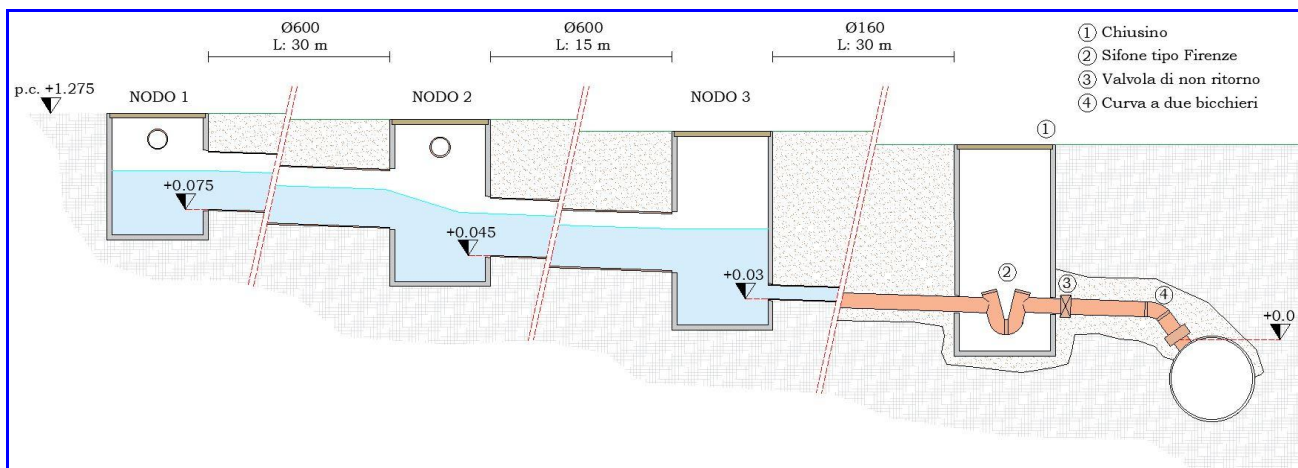


Figura 13 – Water Elevation Profile SdF all'istante 8 ore e 49 min

Si può affermare che la rete in progetto sia in grado di laminare interamente l'incremento di portata generata dall'intervento edilizio.

La rete in progetto sarà costituita dai seguenti manufatti:



San Michele Tiorre, li 16 maggio 2023

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Dott. Ing. Roberto Giovanelli

