

COMUNE DI MEDOLLA

UBICAZIONE INTERVENTO:	FOGLIO:	MAPPALE:	SUBALTERNO:
Via Bologna Nord	04	56 - 145 - 744	

COMMESSA:

ACCORDO OPERATIVO AMBITO AN3

Intervento residenziale via Bologna

Comparto "Scacco Matto"

PROGETTISTA

Ing. Alessandro Venturelli
Iscritto all' Ordine degli Ingegneri
Provincia di Modena al n. 1968

Geom. Andrea Berselli
Iscritto al Collegio dei Geometri
Provincia di Reggio Emilia al n. 2401

Componente Geologica, Ambientale e Idraulica

GeoGroup Geologia e Ambiente

Geol. Pier Luigi Dallari
Via C. Costa 182 - 41123 Modena
email: info@geogroupmodena.com
tel. +39 059 3967169



COMMITTENTE:

LIBRA S.R.L.
via Strada Statale 12 - 106/15 Medolla (MO)
CF 02027170360

REVISIONE:

NOME FILE:

ELABORATO:

PROGETTO DEFINITIVO RETI FOGNARIE

Relazione tecnico illustrativa

PROGETTISTA

Ing. Andrea Artusi

SCALA:

DATA:

Novembre 2023

ELABORATO N.

01



Comune di Medolla
Comune di Medolla
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE
Protocollo N.0012532/2023 del 29/11/2023
Firmatario: alessandro.venturelli ANDREA ARTUSI

INDICE

1	PREMESSA	2
2	LA STRUTTURA DELLE RETI A SERVIZIO DELL'INSEDIAMENTO IN PROGETTO	6
3	DEFINIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE	9
3.1	Elementi di idrologia	9
3.1.1	Piogge intense	9
3.1.2	Caratteristiche del bacino	14
3.2	Dimensionamento e verifica idraulica della rete di drenaggio delle acque meteoriche	15
3.2.1	Progettazione preliminare	15
3.2.2	Verifica della rete tramite modello	15
3.2.3	Risultati delle simulazioni in moto vario effettuate	16
3.3	Modalità di posa in opera e particolari costruttivi	21
3.4	Volume di invaso e laminazione delle portate di origine meteorica	26
3.4.1	Premessa	26
3.4.2	Dimensionamento del volume di invaso	26
3.4.3	Metodo delle sole piogge	27
3.4.4	Caratteristiche della vasca	28
3.4.5	Scarico in pubblica fognatura acque meteoriche	29
3.4.6	Accessibilità e sicurezza	30
3.4.7	Piano di manutenzione dei dispositivi di invarianza idraulica	30
4	DEFINIZIONE DELLA RETE DI RACCOLTA E ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE REFLUE	33
4.1	Quadro generale degli elementi di progettazione delle reti di allontanamento delle acque reflue	33
4.1.1	Determinazione delle portate e delle velocità di scarico	33
4.2	Modalità di posa in opera e particolari costruttivi	34
5	ESITI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE IN MOTO VARIO	35
1.2.	Ietogramma Chicago AIMAG S.p.A TR 20 durata 4 ore	35
1.3.	Ietogramma rettangolare Consorzio di Bonifica Burana TR100 durata 6,51 ore	42

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnico-Illustrativa ha per oggetto la soluzione progettuale individuata dagli scriventi per il sistema di drenaggio delle acque meteoriche e di raccolta e smaltimento delle acque reflue a servizio dell'intervento per la realizzazione del nuovo comparto residenziale denominato "Scacco Matto" comparto AN3 previsto in Comune di Medolla (MO), con accesso principale da Via Bologna, tenendo conto delle problematiche legate all'idraulica del territorio e relativa sostenibilità.

Per idraulica del territorio si intende quella disciplina che si occupa del governo delle acque superficiali in relazione alle peculiarità antropiche e alle condizioni fisiche del territorio in cui si trovano a fluire.

Le soluzioni tecniche previste per le reti di drenaggio urbano del comparto in oggetto, hanno necessariamente implicato la diversificazione dei deflussi delle acque reflue di origine antropica dalle acque di origine meteorica, così che queste ultime possano essere temporaneamente invasate in un bacino di laminazione per l'accumulo dei volumi necessari al rispetto dei principi di gestione del rischio idraulico del territorio.

Il rispetto di tali principi si rende necessario in virtù delle condizioni di criticità idraulica cui può essere sottoposto il corpo ricettore delle acque miste o meteoriche esistente.

La soluzione progettuale individuata recepisce le indicazioni e prescrizioni emesse dagli Enti proprietario e gestore delle reti fognarie bianche e nere in oggetto (Comune di Medolla e Aimag S.p.a., rispettivamente), dall'Ente gestore del reticolo idrografico superficiale di recapito (Consorzio di Bonifica Burana Leo Scoltenna Panaro), nonché degli Enti preposti alla tutela sanitaria ed ambientale del territorio (ARPAE, AUSL e ARPA).

In particolare, sono stati individuati i seguenti recapiti per le reti di drenaggio a servizio dell'area:

- acque nere: rete acque nere esistente sul sedime di Via Modena, defluente in direzione Est costituita da un collettore PVC DN 250;
- acque meteoriche: rete acque meteoriche esistente sul sedime di Via Giacomo Matteotti, costituita da un collettore CLS DN 800 defluente in direzione Ovest.

Sono state previste caratteristiche tipologiche e dimensionali di collettori fognari ed opere accessorie in conformità con quanto espresso dal Gestore delle reti. Per i dettagli si rimanda ad apposito paragrafo nel seguito della Relazione.

Lo scarico delle portate meteoriche generate dal comparto è stato previsto suddetto collettore fognario acque meteoriche, previa laminazione dei deflussi di piena.

L'obiettivo prefissato è infatti quello di contenere gli apporti udometrici delle aree afferenti che verranno urbanizzate, nell'ottica di ottimizzare la gestione del rischio idraulico sul territorio.



Figura 1: Stralcio aerofotogrammetrico dell'area oggetto di intervento.

Nel quadro della progettazione del comparto si è provveduto a definire e dimensionare le opere e a verificare il funzionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche e reflue applicando una metodologia di lavoro largamente consolidata in materia.

La metodologia di lavoro applicata può essere sintetizzata in alcuni steps operativi:

- **definizione delle piogge critiche** mediate sul territorio oggetto dell'intervento, ottenute elaborando le serie storiche reperite negli annali idrografici delle precipitazioni intense (cioè di forte intensità e breve durata). Con questa procedura di tipo statistico si ricava una legge rappresentativa degli eventi meteorici in funzione di un "tempo di ritorno" in genere assegnato. Il tempo di ritorno esprime la probabilità statisticamente determinata che un certo evento si presenti mediamente almeno una volta nel periodo considerato;
- **perimetrazione e caratterizzazione idrologica dei bacini** in cui è possibile suddividere l'area in esame, che si traduce nello studio delle condizioni dei suoli e loro comportamento nei confronti delle acque che ivi defluiscono. In linguaggio tecnico si parla di calcolo delle perdite idrologiche, interpretando la reale capacità del bacino imbrifero di trattenere (in diversi modi) una quota parte delle precipitazioni che lo investono;
- **trasformazione afflussi-deflussi** utilizzando modelli matematico-idraulici tradizionali, in grado di simulare il comportamento reale del bacino oggetto di verifica; tali strumenti consentono per ogni pioggia considerata di riprodurre le portate che si producono su un bacino di date caratteristiche.
- **progettazione di massima della rete** utilizzando una metodologia "sintetica" basata sull'equazione di Chezy, supponendo, cioè, il funzionamento in moto uniforme della rete di drenaggio urbano;
- **verifica dell'ufficiosità idraulica dei collettori** che drenano le portate prodottesi e calcolate per ogni sottobacino oggetto di studio. A questo proposito si adotta il motore di calcolo utilizzato dal modello matematico-idraulico M.A.R.TE. DEFLUX ovvero lo Storm Water Management Model SWMM,

sviluppato dall'EPA statunitense. Tale motore di calcolo rappresenta lo stato dell'arte della modellazione di reti di deflusso urbano.

Tale metodologia è stata implementata già nella presente fase preliminare di progettazione onde poter definire compiutamente le opere complessive che saranno da realizzare nei vari steps realizzativi.

Accanto alle caratteristiche delle sezioni saranno riportate anche le portate defluenti, il grado di riempimento, le velocità e tutte le altre informazioni caratteristiche della progettazione e della verifica idraulica di collettori.

La disponibilità di dette grandezze, scaturenti dalle verifiche, consentirà agli Enti gestori della rete di pubblica fognatura / reticolo idrografico superficiale di valutare e validare le soluzioni progettuali proposte e da adottare per rendere compatibile dal punto di vista idraulico il nuovo insediamento.

La tendenza attuale degli Enti competenti alla gestione idraulica territoriale più complessiva è quella di limitare il contributo in termini di portate di origine meteorica provenienti dai comparti di nuova urbanizzazione ad un valore prossimo a quello che il terreno agricolo produce sullo stesso bacino in assenza di impermeabilizzazioni.

Si vuole evidenziare in questa sede come l'Ente competente della gestione del ricettore finale delle acque meteoriche, cui saranno recapitate in definitiva le portate prodottesi nel realizzando comparto, abbia richiesto l'applicazione del "Principio di Invarianza Idraulica", accertate le condizioni di potenziale carico idraulico in cui versa il corso d'acqua in questione.

Detto principio determina, nella sostanza, l'invarianza dei coefficienti idrometrici di un comparto nell'ambito delle necessarie operazioni di impermeabilizzazione conseguenti alla realizzazione delle urbanizzazioni: ci si riferisce sostanzialmente alla possibilità di realizzare volumi di invaso e laminazione di capacità adeguata per ridurre il colmo di piena da immettere nel recapito finale che nel caso specifico della presente progettazione dovrà essere "tarato" mediante dispositivo di regolazione a galleggiante che, parzializzando la luce libera di efflusso, consente di limitare la portata uscente ad un valore prossimo alla portata di invarianza idraulica ovvero 2,40 l/s pari a 5 l/s per ettaro di superficie territoriale drenata ovvero 0,4842 ha, rispetto ai 0,3142 ha impermeabili (ponderati secondo il coefficiente di deflusso).

Quest'ultimo parametro sarà adottato nella stima dei volumi di accumulo tramite il "metodo delle sole piogge" descritto in seguito.

Tale valore, diviene il riferimento oltre il quale non sarà possibile scaricare dal nuovo insediamento e rappresenta un vincolo progettuale tale da imporre l'adozione di volumi di invaso variamente localizzati. Le portate meteoriche in esubero dovranno essere contenute all'interno di tali volumi.

Essi possono in generale essere ricavati in vari modi; ad esempio:

- incremento del sistema "maggiore", ovvero l'insieme di quegli elementi che costituiscono il sistema di drenaggio superficiale (depressioni superficiali, capacità di laminazione ed invaso delle superfici impermeabilizzate quali tetti, piazzali regolati da caditoie nonché rugosità del suolo) che possono essere strutturati affinché l'acqua sia trattenuta il più a lungo possibile prima che raggiunga il sistema cosiddetto "minore" – principalmente sfruttato nell'ambito dei primi stralci realizzativi (cfr. demolizione stabilimento e forte decremento del coefficiente di deflusso delle aree);
- incremento del sistema "minore", ovvero il complesso della rete di collettori e canalizzazioni realizzate per il trasporto delle acque; si tratta di intervenire con idonei e calibrati sovradimensionamenti delle geometrie costituenti le tubazioni così da creare un volume di invaso – possibile e previsto già in questa fase di progettazione preliminare contemperando esigenze tecniche ed economiche;
- realizzazione di vasche di laminazione di volume adeguato – possibile e previsto già in questa fase di progettazione preliminare contemperando esigenze tecniche ed economiche.

Il bacino di progetto drenato costituito da coperture, viabilità e parcheggi, per un totale che ammonta 0,4842 ha complessivi di superficie territoriale drenata sarà servito da un sistema di laminazione di tipo interrato costituito da un volume in linea realizzato mediante sovradimensionamento della rete con collettori scatolari 160x80 cm

per un volume di 205 mc (160 metri lineari di sviluppo) corrispondenti a circa 652 mc/ha imp, a fronte di una portata uscente dal sistema pari a 2,42 l/s.

Si precisa che nel calcolo del volume della rete non rientra, a favore di sicurezza, il volume per condotte di diametro inferiore al DN 800, né il volume dei pozzetti di ispezione.

Il volume così dimensionato risulta in grado di contenere eventi meteorici secolari.

In questa sede si vuole altresì sottolineare che sono state adottate piogge di progetto con tempo di ritorno ventennale -ietogramma sintetico "tipo Chicago" di durata pari a 4 ore (fonte Aimag spa)- per il dimensionamento dei collettori preposti al convogliamento delle acque meteoriche e tempo di ritorno centennale -ietogramma sintetico "tipo rettangolare" di durata pari a 6,5 ore (fonte Consorzio di Burana)- per la determinazione dei volumi necessari alla laminazione dell'onda di piena generata dal comparto in oggetto.

La verifica idraulica, condotta tramite simulazione numerica, sia nel caso della pioggia breve e intensa con tempo di ritorno pari a 20 anni che in quello dell'evento critico per la vasca con frequenza secolare, ha messo in evidenza che la rete nel suo complesso conserva una buona capacità di deflusso delle acque meteoriche, non verificandosi fenomeni di sovraccarico delle condotte con funzionamento in pressione, né di esondazione con allagamento superficiale sia nei tratti apicali della rete in corrispondenza delle superfici drenate, che nei tratti terminali in corrispondenza del punto di immissione del canale al reticolo idrografico superficiale.

Relativamente alla verifica delle reti destinate alla raccolta e smaltimento delle acque reflue si è impostata una metodologia che ha consentito l'individuazione della portata di deflusso gravante sui singoli collettori; le verifiche delle condotte previste sono state espletate in funzione della stima delle portate che interesseranno i collettori in esercizio, così da verificarne la perfetta officiosità sia in funzione della capacità di allontanamento della rete, sia in relazione alle possibili sedimentazioni dovute alle basse portate defluenti.

2 LA STRUTTURA DELLE RETI A SERVIZIO DELL'INSEDIAMENTO IN PROGETTO

Relativamente al drenaggio delle acque meteoriche, i circa 0,4842 ha di estensione dell'area destinata ad ospitare il nuovo insediamento in progetto di cui 0,3142 ha impermeabili, sono stati suddivisi in sottobacini idrologici afferenti ai singoli tronchi di fognatura bianca, il cui tracciato si sviluppa lungo la viabilità interna al comparto e seguendo la dislocazione delle caditoie previste per il drenaggio delle acque.

E' prevista la posa in opera di condotte in PVC, conformi a norma UNI EN 1401-1 tipo SN8 – SDR34, con diametri commerciali variabili dal DN 315 nei tratti apicali della rete fino al DN 630.

Per diametri nominali maggiori si prevede l'impiego di:

- elementi scatolari prefabbricati in calcestruzzo di cemento ad alta resistenza ai solfati, turbovibrocompresso a sezione rettangolare interna, con armatura idonea, costruiti in conformità alle Norme UNI EN 14844:2006 marcatura CE, D.M. 14/01/08 Lavori Pubblici, UNI 206-1, UNI8981, EN 13760:2008 e UNI 8520/2 per carichi stradali di prima categoria di sezione interna 160x80 cm.

Tutta la rete è prevista con funzionamento a gravità e pendenza media pari all'1 per mille.

Il sistema di drenaggio si avvarrà di un sistema di laminazione di tipo interrato, costituito da un volume in linea realizzato mediante sovradimensionamento della rete con collettori scatolari in CLS dimensioni 160x80 cm, per uno sviluppo di 160 metri lineari e volume complessivo di circa 205 mc, corrispondenti a circa 652 mc/ha impermeabile. Il funzionamento della rete sarà tale da consentire lo svuotamento totale per gravità al termine di ogni evento di pioggia, senza ricorrere a sollevamenti elettromeccanici.

Il volume così dimensionato risulterà in grado di contenere eventi meteorici secolari con portate massime uscenti pari a 2,42 l/s ovvero 5 l/s ha di superficie territoriale drenata.

In relazione a quanto disposto dalle vigenti normative nazionali e regionali (nello specifico Deliberazione G.R. dell'Emilia Romagna N. 286 del 14/02/2005 "Direttiva concernente indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne" e Delibera G.R. dell'Emilia Romagna N. 1860 del 18/12/2006 "Linee Guida di indirizzo per la gestione acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione della Deliberazione G.R. N. 286 del 14/02/2005"), in funzione della tipologia dei futuri insediamenti nei singoli lotti privati in fase di richiesta di permesso di costruire potranno essere previsti idonei apparati idraulici di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia o reflue di dilavamento delle superfici suscettibili di contaminazione. Nel caso specifico non si configura l'ipotesi di contaminazione delle acque di pioggia in quanto la destinazione residenziale non costituisce elementi tali da prefigurare la necessità di installare sistemi per la cattura e l'invio alla depurazione di acque di pioggia contaminate.

Relativamente allo smaltimento delle acque reflue, la rete progettata è prevista con funzionamento a gravità e pendenze di posa medie del 2 per mille. Sarà costituita da condotte in PVC SN8 con diametro commerciale DN 250.

Lo schema della rete seguirà in parallelo quello adottato per la fognatura bianca.

Le reti in progetto sono previste in cessione all'Amministrazione Pubblica / gestione Aimag spa.

La posa di tutte le condotte è prevista con sufficiente ricoprimento, utile ad eseguire con modalità corretta gli allacciamenti provenienti dai lotti.

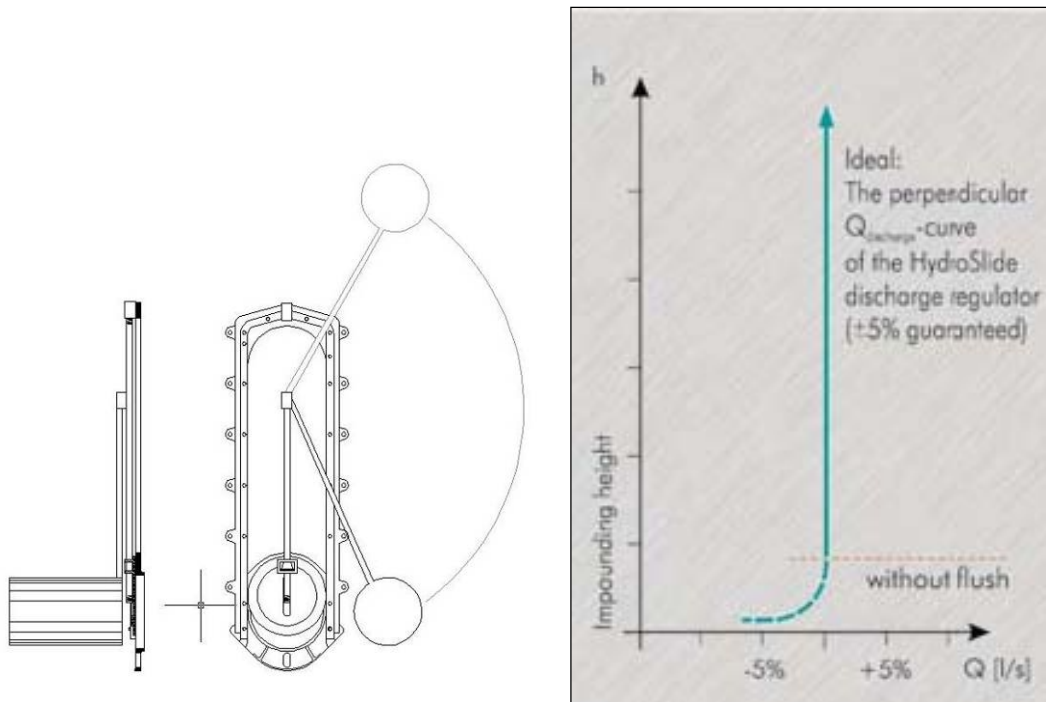


Figura 3: Dispositivo di regolazione delle portate tipo "Hydroslide": particolare costruttivo e principio di funzionamento.

3 DEFINIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

3.1 *Elementi di idrologia*

3.1.1 Piogge intense

Il bacino oggetto di impermeabilizzazione, per dimensioni e caratteristiche altimetriche è destinato ad essere messo in crisi da piogge di forte intensità e breve durata.

il tempo di corrivazione di detto bacino si determina attraverso la relazione:

$$t_c = t_a + t_r$$

ove t_a è il *tempo di accesso alla rete* relativo al sottobacino drenato dal condotto fognario posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo e t_r è il *tempo di rete*.

Il tempo di accesso t_a è sempre stato di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa ed il livello di realizzazione dei drenaggi minori, nonché dell'altezza della pioggia precedente l'evento critico di progetto; tuttavia il valore normalmente assunto nella progettazione è sempre stato compreso entro l'intervallo di 5 – 20 minuti (valori suggeriti da Centro Studi Deflussi Urbani nel Manuale di Progettazione – Sistemi di Fognatura); i valori più bassi essendo validi per le aree di minore estensione, più attrezzate e di maggior pendenza e i valori più alti nei casi opposti.

Analogamente Di Fidio nel testo "Fognature" suggerisce di adottare in zone fittamente edificate un valore del tempo di accesso alla rete pari a 5 minuti mentre in zone rade e piate con pozzetti di introduzione in fognatura molto distanti valori variabili fra i 20 e i 30 minuti. Per zone mediamente edificate il valore più corrente è 15 minuti; nel caso in esame, per il calcolo della portata da scaricare a urbanizzazione realizzata, essendo il lotto caratterizzato dalla forte presenza di aree impermeabilizzate, si è adottato un tempo di accesso alla rete pari a 15 minuti.

Per quanto riguarda invece il *tempo di rete* t_r esso è calcolabile come somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria in progetto. Per la velocità di percorrenza si è adottato un valore medio pari a 1 m/s; al fine dell'individuazione della lunghezza massima che l'acqua deve percorrere lungo la rete di progetto si è fatto riferimento alla geometria effettiva della rete (L_{max} pari a circa 180m).

Nel caso specifico, adottando la formula del metodo cinematico, si ottiene:

$$T_c = \frac{L}{v} = \frac{180}{1} = 3 \text{ minuti circa}$$

Per semplificare lo sviluppo dei calcoli si è scelto di considerare per il bacino costituente il comparto ed ai fini del dimensionamento e verifica della rete di drenaggio in progetto un tempo di corrivazione complessivo di 20 minuti.

Come accennato in premessa il campione delle precipitazioni significative su cui basare l'indagine statistica per l'individuazione delle curve di possibilità climatica che caratterizzano il sito e il bacino oggetto di indagine è reperibile dalle serie storiche riportate negli annali idrografici stilati dall'osservatorio idrografico nazionale.

Nell'analisi svolta sono state prese in considerazione le maggiori piogge di durata minore di 24 ore ovvero quelle specifiche precipitazioni che, per dimensioni e caratteristiche dell'area destinata ad ospitare le condotte per lo scolo delle acque meteoriche del sedime in oggetto sono destinate a mandare in crisi il sistema di drenaggio progettato.

In accordo con i tecnici Aimag coinvolti, per dimensionare e verificare la rete in oggetto si è ritenuto opportuno adottare un tempo di ritorno ventennale con uno ietogramma sintetico “tipo Chicago” di durata pari a 4 ore, come da dati forniti (Aimag spa):

dicembre 2019

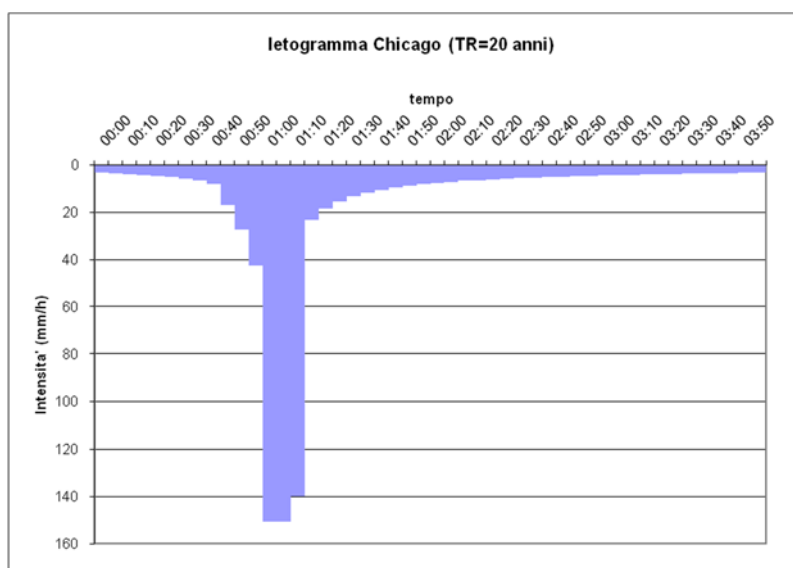
TR = 20 anni

	d ≤ 1 h	d > 1 h
a =	51,599	51,599
n =	0,401	0,182

durata [ore]	durata [min]	altezza [mm]	intensita' [mm/h]
0,08	5	19,0	228,6
0,17	10	25,2	150,9
0,25	15	29,6	118,4
0,33	20	33,2	99,6
0,50	30	39,1	78,2
0,75	45	46,0	61,3
1,00	60	51,6	51,6
2,00	120	58,5	29,3
4,00	240	66,4	16,6

Tabella 1: Parametri della curva di possibilità climatica adottata da Aimag spa sul territorio gestito.

dicembre 2019	
	TR = 20 anni
ora	intensita' (mm/h)
00:00	3,121104
00:05	3,351188
00:10	3,622741
00:15	3,948642
00:20	4,347863
00:25	4,849641
00:30	5,50166
00:35	6,387718
00:40	7,67102
00:45	16,84887
00:50	27,13595
00:55	42,19655
01:00	150,9254
01:05	150,9254



01:10	139,8468
01:15	23,09836
01:20	18,17204
01:25	15,10562
01:30	12,99528
01:35	11,44577
01:40	10,25522
01:45	9,309148
01:50	8,537569
01:55	7,895152
02:00	7,351188
02:05	6,884094
02:10	6,478238
02:15	6,122008
02:20	5,806587
02:25	5,525157
02:30	5,272354
02:35	5,043904
02:40	4,836353
02:45	4,646877
02:50	4,473149
02:55	4,313227
03:00	4,165483
03:05	4,028535
03:10	3,901209
03:15	3,782496
03:20	3,671524
03:25	3,567538
03:30	3,469879
03:35	3,37797
03:40	3,291303
03:45	3,209427
03:50	3,131945
03:55	3,058501

Tabella 2: Ietogramma “tipo Chicago” adottato da Aimag spa per il dimensionamento/verifica della rete.

Tale ietogramma è stato impiegato per il dimensionamento/verifica della rete affinché proponesse le intensità di picco proprie di un Chicago, essendo maggiormente severo rispetto ad uno ietogramma rettangolare.

Per il dimensionamento e la verifica del volume di invaso e laminazione, in accordo con i tecnici del Consorzio di Bonifica, è stato eseguito un confronto con la c.p.c. ricavata dal DISTART dell'Università di Bologna, valida sul territorio gestito dal Consorzio di Burana, adottando un tempo di ritorno pari a 100 anni, con ietogrammi di forma rettangolare e durata crescente fino a massimizzare i volumi in gioco e trovando risultati del tutto simili.



cui per precipitazioni di più giorni consecutivi e per tempi di ritorno elevati si arriva fino a valori dell'errore del 20-30 %, gli scarti medi percentuali (che aumentano sempre con il tempo di ritorno dell'evento) non raggiungono mai il 10%. In particolare, questi ultimi variano dal 3,0 % al 6,0 % per precipitazioni di durata inferiore al giorno e del 4,0 % al 9,7 % per precipitazioni di più giorni consecutivi.

Si può quindi concludere che l'adozione dei valori medi areali dei coefficienti a e n , riportati nelle Tabelle 5 e 6, comporta errori generalmente piuttosto contenuti e pertanto consente di ottenere stime dell'altezza di pioggia puntuale di assegnata durata e tempo di ritorno ragionevolmente accurate per i comuni scopi tecnico-applicativi.

Tabella 5 Valore medio e campo di variabilità delle stime del coefficiente a delle curve di possibilità climatica puntuale per assegnato tempo di ritorno nell'area del Consorzio.

TEMPO DI RITORNO (anni)	$a(mm/ora)$		$a(mm/g)$	
	ORARIE		GIORNALIERE	
	Min-Max	Valore medio	Min-Max	Valore medio
2	19,2-23,1	20,7	43,8-51,5	47,9
5	28,5-34,2	30,8	56,0-68,8	62,9
10	34,2-41,0	36,9	63,5-80,8	72,7
20	39,3-47,5	42,7	70,7-92,4	82,2
50	45,9-55,9	50,2	79,9-107,3	94,5
100	50,9-62,2	55,9	86,8-118,5	103,7
200	55,8-68,4	61,5	93,7-129,6	112,8

Tabella 6. Valore medio e campo di variabilità delle stime del coefficiente n delle curve di possibilità climatica puntuale per assegnato tempo di ritorno nell'area del Consorzio.

TEMPO DI RITORNO (anni)	$n(-)$		$n(-)$	
	ORARIE		GIORNALIERE	
	Min-Max	Valore medio	Min-Max	Valore medio
2	0,228-0,300	0,278	0,224-0,301	0,271
5	0,212-0,273	0,257	0,199-0,293	0,272
10	0,205-0,269	0,249	0,189-0,305	0,273
20	0,196-0,268	0,243	0,180-0,317	0,273
50	0,187-0,266	0,237	0,172-0,329	0,274
100	0,181-0,265	0,233	0,165-0,336	0,274
200	0,176-0,264	0,231	0,159-0,341	0,274

Tabella 3: Parametri della curva di possibilità climatica valida sul territorio gestito dal Consorzio di Burana.

Tempo Ritorno	a_1 (mm/h)	n_1	a_2 (mm/h)	n_2
[anni]	[$t < 1$ h]	[$t < 1$ h]	[$t > 1$ h]	[$t > 1$ h]
Curva BURANA				
100			55.9	0.233

Supponendo quindi un tempo di pioggia di 4 ore ed uno ietogramma di tipo Chicago sono state verificate le capacità idrauliche della rete. Al contempo, supponendo durata di pioggia pari a 6,50 ore (tempo critico del bacino da metodo sole piogge) ed uno ietogramma di forma rettangolare, si sono ricercate le condizioni critiche per il dimensionamento degli invasi di laminazione, applicando la relazione che lega altezza di pioggia a durata della medesima si ottiene:

d (h)	6,50
T (anni)	100
ietogramma	rettangolare

a	55,9
n	0,233
c.p.c.	
h (mm)	82,87
i (mm/ora)	12,73

Tabella 4: Parametri curva di possibilità climatica.

3.1.2. Caratteristiche del bacino

Di seguito vengono riportati i parametri idrologici significativi relativi al bacino oggetto di verifica, allo stato di progetto, tenendo conto delle previsioni urbanistiche di massima edificabilità.

	PUA Via Bologna Nord
Sup. drenata (ha)	0,4842
di cui:	
Imp (%)	64,89
Per (%)	35,10
si considera:	
φ_{imp}	0.9
φ_{per}	0.2
φ_{med}	0,654

Tabella 5: Parametri idrologici significativi relativi al bacino oggetto di verifica.

Per quanto attiene la formazione dell'onda di piena, il bacino interviene attraverso il grado di permeabilità e capacità invaso delle depressioni superficiali, nonché attraverso i tempi di corrivazione.

In riferimento al primo di tali due aspetti, non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alla rete idrica superficiale: vi sono infatti fenomeni idrologici legati all'infiltrazione, all'evaporazione ed all'immagazzinamento di acque nelle depressioni superficiali che incidono sul volume d'acqua piovuta. Tali fenomeni possono essere convenientemente espressi attraverso l'impiego di un coefficiente " φ " detto coefficiente di deflusso, il cui valore può essere compreso tra 0 e 1 ed esprime la quota parte di volume affluito durante una precipitazione che giunge effettivamente alla rete idrica superficiale senza disperdersi.

Detto coefficiente è stato stimato partendo dalle stime del rapporto tra il totale della superficie drenata (0,482 ha complessivi di St) e quanto di questo verrà impermeabilizzato (64,89%), giungendo così ad un valore medio $\varphi = 0,654$ supponendo così che il 65,4% del piovuto sarà smaltito dal reticolo di drenaggio urbano, mentre il restante 34,6% continuerà a percolare in falda freatica.

3.2 Dimensionamento e verifica idraulica della rete di drenaggio delle acque meteoriche

L'approccio metodologico seguito ha portato a dimensionare la rete di drenaggio in via preliminare e a verificarne successivamente l'efficienza, in moto vario, mediante la simulazione numerica.

In seguito ai risultati della simulazione si è andati a rettificare i parametri idraulici caratteristici delle condotte supposte in esercizio verificandone la perfetta efficienza (grado di riempimento massimo < 80%) a fronte di un evento pluviometrico sintetico di frequenza decennale e che nessuna parte di rete funzionasse in pressione per lunghe fasi scongiurando esondazioni sul piano stradale in progetto a fronte di un evento pluviometrico sintetico di frequenza ventennale.

3.2.1 Progettazione preliminare

Al fine di procedere ad un dimensionamento delle condotte di drenaggio delle acque meteoriche si è ipotizzato di voler assicurare condizioni di esercizio in moto uniforme e funzionamento non rigurgitato delle condotte stesse.

La scelta dei diametri delle tubazioni in funzione della scabrezza del materiale impiegato, della pendenza imposta, delle portate massime da smaltire determinate in precedenza e quindi del grado di riempimento, è stata effettuata sfruttando la formula inversa dell'equazione di Chezy:

$$Q = XA\sqrt{Ri}$$

con:

A = area della sezione occupata dall'acqua;

R = A/B Raggio idraulico;

B = Contorno bagnato;

i = pendenza di fondo;

X = $K_s (R^{1/6})$ coefficiente di scabrezza;

K_s = coefficiente di Gausler-Strickler.

L'individuazione delle portate bianche defluenti da ciascun sottobacino è stata stimata, in questa prima fase, con il metodo cinematico, partendo dai dati pluviometrici e supponendo ciascun sottobacino come un "serbatoio" a se stante con una propria superficie, un proprio coefficiente di afflusso e un tempo di corrivazione caratteristico.

Stabiliti i fattori di cui sopra, si è applicato il metodo cinematico, e si è determinata la quota parte di portata chiara critica che ciascun i-esimo sottobacino dell'area analizzata convoglierà in rete:

$$Q_i = \varphi_i A_i$$

dove:

φ_i = coefficiente di afflusso;

i_i = $dh/dt = a n T^{(-1)}$ intensità di pioggia critica per l'i-esimo sottobacino [mm/h];

a,n = parametri della curva di possibilità climatica

A_i = superficie scolante dell'i-esimo sottobacino [mq].

3.2.2 Verifica della rete tramite modello

Il sistema di drenaggio a servizio dell'urbanizzazione in analisi dimensionato preliminarmente è stato verificato mediante l'utilizzo del modulo *DEFLUX* del pacchetto applicativo *M.A.R.TE.*

Il motore di calcolo utilizzato da *M.A.R.TE. DEFLUX*, ovvero lo *Storm Water Management Model (SWMM)* sviluppato dall'EPA statunitense, rappresenta lo stato dell'arte della modellazione di reti di deflusso urbano.

E' possibile lanciare simulazioni di diverso tipo: a "evento singolo" o "in continuo", andando cioè a simulare per poche ore o per molti giorni eventi critici di pioggia che vanno a sollecitare il bacino imbrifero in cui è presente una rete di drenaggio.

Il modello può essere quindi utilizzato tanto per la progettazione quanto per la verifica e gestione delle reti di fognatura (bianche, nere e miste).

SWMM è sostanzialmente basato su una struttura modulare in grado di rispondere alle diverse esigenze progettuali; in particolare, nella versione implementata in *M.A.R.TE. DEFLUX* sono stati interfacciati i moduli *Runoff* ed *Extran* di tale progetto, poichè rappresentano quelli di maggiore interesse per le applicazioni ingegneristiche.

In linea generale *SWMM* è stato concepito per modellare in termini qualitativi e quantitativi tutti i processi che si innescano nel ciclo idrologico urbano, fornendo una puntuale fotografia del comportamento della rete elemento per elemento nonché nel suo complesso ad ogni istante della modellazione simulata.

Le diverse categorie di dati di input in *M.A.R.TE. DEFLUX* possono essere così riassunte in maniera generale:

- 1) Dati meteorologici: precipitazione (intensità in mm/h o valore della precipitazione in mm);
- 2) Dati dei sottobacini: area, percentuale di impermeabilità, pendenza del terreno, volumi specifici di accumulo e coefficienti di Manning per area permeabile ed impermeabile; parametri riferiti alla legge di infiltrazione prescelta (Horton o Green Ampt);
- 3) Dati dei condotti: tipo di sezione, quote di monte e valle, lunghezza, scabrezza;
- 4) Dati dei nodi: quote terreno e fondo, eventuale portata entrante (nera), caratterizzazione del nodo. Ogni nodo può essere generico, di recapito o di accumulo. I nodi generici rappresentano i semplici pozzetti, i nodi di accumulo richiedono la quota del cielo e la superficie di accumulo mentre i nodi di recapito richiedono la condizione di sbocco (libero o non libero ad una certa quota);
- 5) Dati delle pompe: curva caratteristica a tre punti, livello iniziale nel nodo di partenza, livelli di attacco e stacco;
- 6) Dati degli scaricatori di piena: tipo (sfiato laterale o salto di fondo), sezione, coefficiente di efflusso.

Tali impostazioni sono state implementate per la simulazione della rete del nuovo insediamento in progetto.

I risultati numerici nodo per nodo e ramo per ramo vengono riportati in fase di progettazione esecutiva nelle tabelle allegate relative alle simulazioni effettuate con le precipitazioni di progetto ritenute significative nel dimensionamento di collettori e volume di laminazione.

L'allegato alla relazione presenterà anche il riassunto dei valori idrologici per ogni singolo sottobacino costituente l'area modellizzata, nonché le verifiche di continuità sui volumi in gioco.

Dalle simulazioni effettuate si evince come il sistema di drenaggio in progetto, sottoposto alle precipitazioni sintetiche di cui sopra – con TR ventennale/secolare –, mantiene una piena officiosità; i tratti apicali della rete non presentano fenomeni di esondazione superficiale, così come i tratti finali.

In entrambi i casi l'usura delle condotte non desta preoccupazione contenendo, in tutti i casi analizzati, le velocità di deflusso al disotto dei 2 m/s.

Relativamente ai nodi della rete delle acque meteoriche, le simulazioni in moto vario effettuate hanno evidenziato assenza di esondazioni superficiali in concomitanza del transito dell'onda di piena.

3.2.3 Risultati delle simulazioni in moto vario effettuate

Vengono riportati in forma grafica i risultati più significativi delle simulazioni idrauliche in moto vario effettuate.

Gli scenari considerati al fine di pervenire alle verifiche più gravose sia sulla rete (evento di pioggia breve e intenso) che sul volume di laminazione (evento lungo) sono i seguenti:

- 1) Simulazione letogramma Chicago con $Tr = 20$ anni e durata 240 minuti; c.p.c. Aimag
- 2) Simulazione letogramma rettangolare con $Tr = 100$ anni e durata 240 minuti; c.p.c. Burana

Sono presentati i grafici (idrogrammi di portata piena, livelli idrici) relativamente ai nodi idraulici principali della rete di drenaggio.

Trattasi rispettivamente di:

- Nodo 13: sezione di valle dell'invaso di laminazione interrato;
- Ramo 13: sbocco al recapito a valle della vasca di laminazione in linea (PVC DN 160 BT 50 mm).

In tutti i casi le portate al colmo da smaltire sono compatibili con le capacità idrauliche delle condotte in partenza dal pozzetto; i livelli idrici calcolati sono graficati con scala delle ordinate rappresentante la quota assoluta in m slm: i minimi franchi verificati sono dell'ordine dei 60 cm rispetto al piano minimo del comparto (massimo livello idrico +19,90 m slm e piano campagna adiacente + 20,50 m slm).

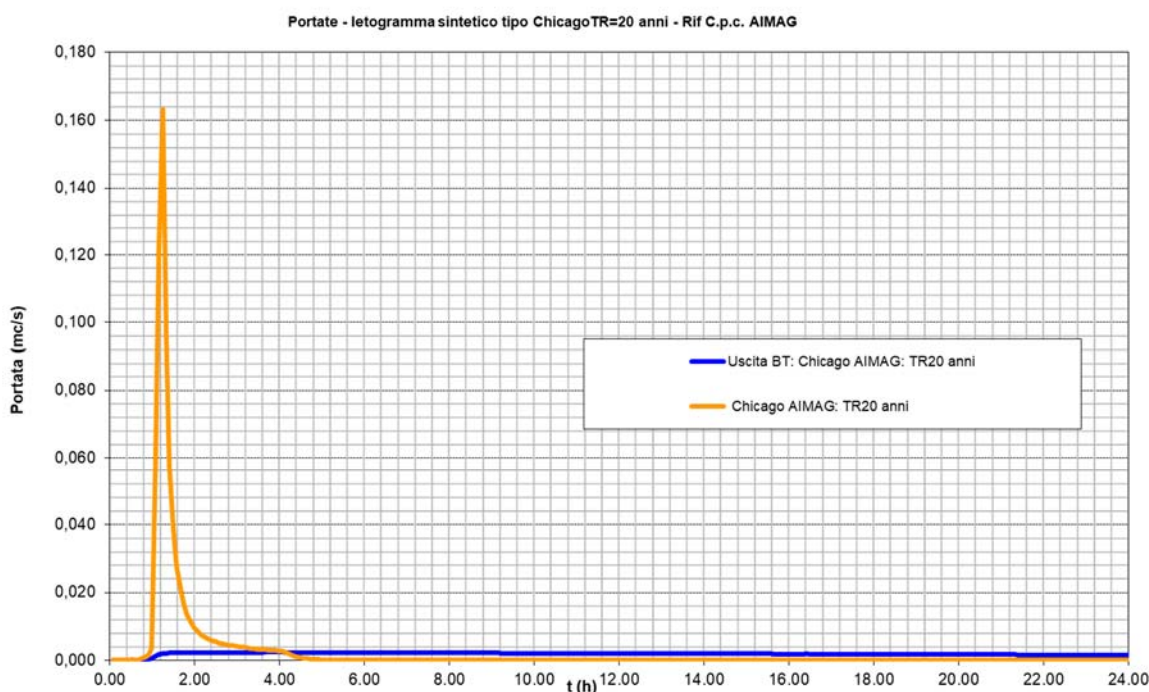


Grafico 1: Idrogrammi di piena caratteristici del comparto in esame calcolati in corrispondenza dell'immissione nel recapito in assenza e in presenza di regolazione della portata e vasca di laminazione – ietogramma Chicago TR = 20 anni.

Risulta evidente come le portate generate dal comparto in assenza di regolazione e laminazione raggiungano al colmo di piena valori dell'ordine dei 160 l/s (idrogramma di colore arancione), mentre tendano a stabilirsi al di sotto degli 2,4 l/s in conseguenza del funzionamento “a bocca tarata” del manufatto in uscita dalla vasca (idrogramma di colore blu); l'aliquota di portata eccedente, valutabile eseguendo l'integrale della differenza tra gli idrogrammi, viene contenuta all'interno della vasca di laminazione delle portate al colmo di piena a servizio del comparto.

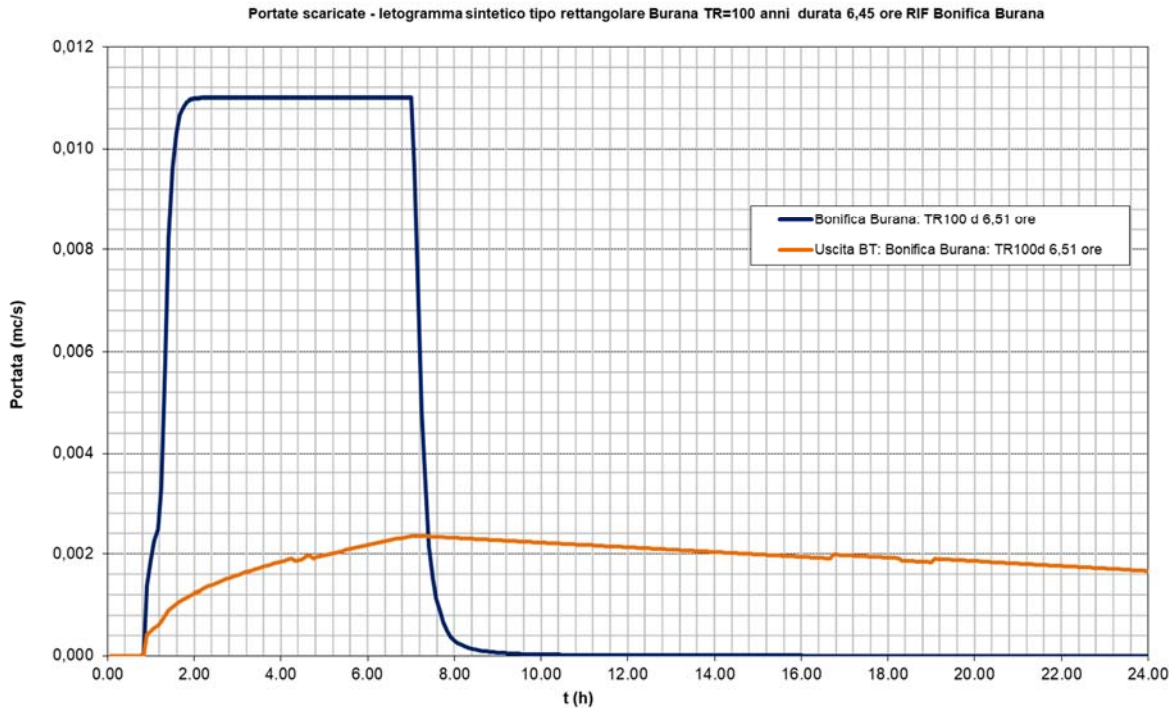


Grafico 2: Idrogrammi di piena caratteristici del comparto in esame calcolati in corrispondenza dell'immissione nel recapito in assenza e in presenza di regolazione della portata e vasca di laminazione – ietogramma sintetico tipo rettangolare Burana TR=100 anni.

Risulta evidente come le portate generate dal comparto in assenza di regolazione e laminazione raggiungano al colmo di piena valori dell'ordine dei 11 l/s (idrogramma di colore arancione), mentre tendano a stabilirsi al di sotto degli 2,4 l/s in conseguenza del funzionamento "a bocca tarata" del manufatto in uscita dalla vasca (idrogramma di colore blu); l'aliquota di portata eccedente, valutabile eseguendo l'integrale della differenza tra gli idrogrammi, viene contenuta all'interno della vasca di laminazione delle portate al colmo di piena a servizio del comparto.

Il grafico sotto riportato mette evidenza le differenze di portata scaricata generata da eventi meteorici descritti da ietogramma Chicago fonte AIMAG S.p.A., rettangolare Bonifica Burana TR = 100 anni durata 6,51 ore.

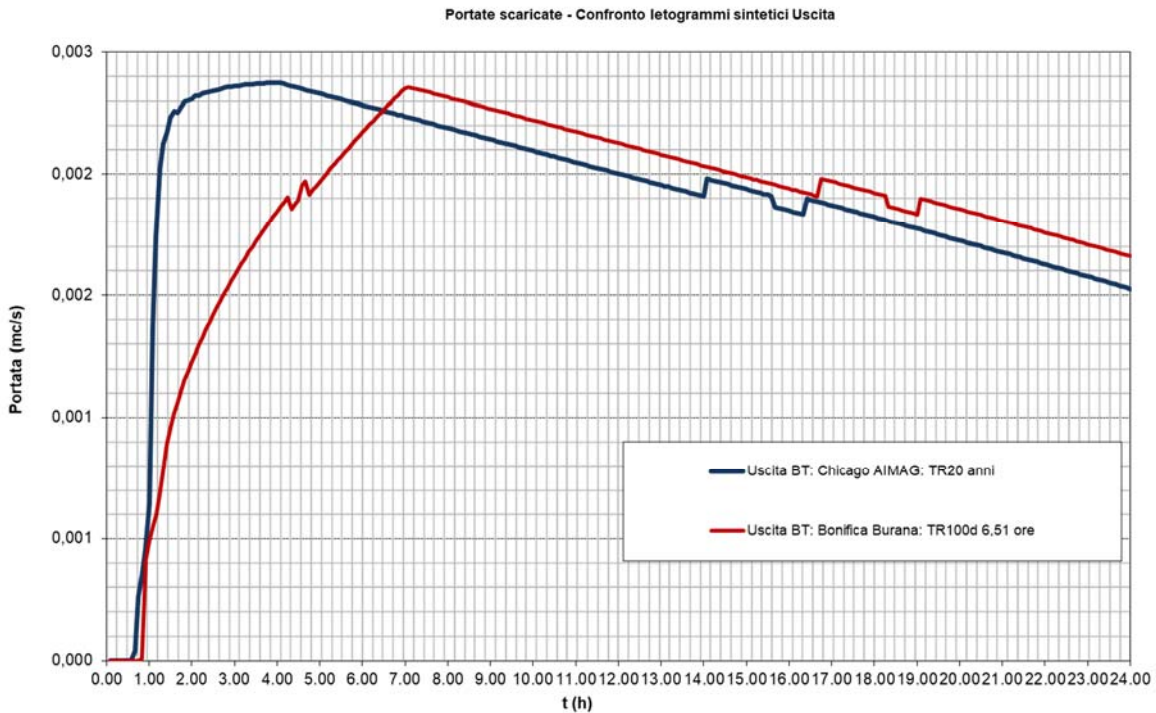


Grafico 3: Confronto tra idrogrammi in uscita dall'intero bacino drenato: ietogramma Chicago Aimag Spa TR = 20 anni durata 4 ore e ietogramma rettangolare Bonifica Burana TR = 100 anni durata 6,51 ore.

Nel grafico sotto riportato viene illustrato il livello idrometrico che viene a formarsi all'interno del dispositivo di laminazione a cielo aperto in risposta alle piogge critiche di progetto; è possibile verificare che viene calcolato in corrispondenza di un evento pluviometrico di frequenza centenaria un tirante massimo di circa 0,80 m al nodo n. 13

La quota assoluta di massimo invaso si attesta a +19,90 m slm da rapportare ad una quota minima del comparto pari a +20,50 m s.l.m..

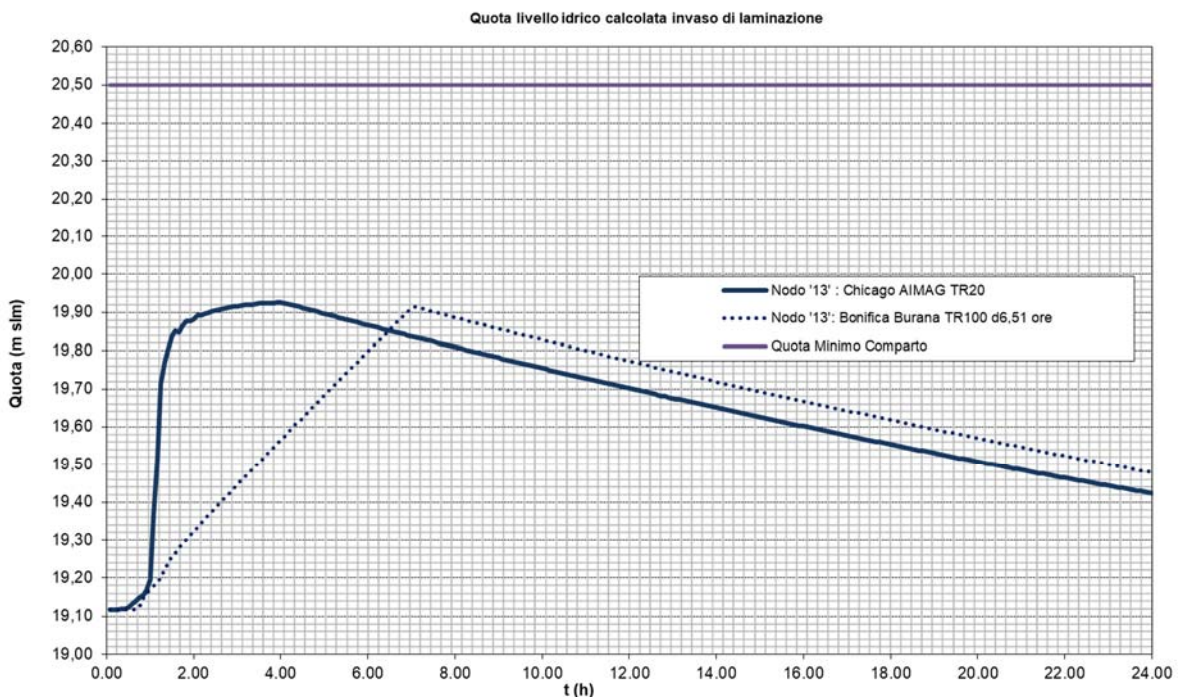


Grafico 4: Livelli idrometrici interni alla vasca di laminazione a cielo aperto.

3.3 Modalità di posa in opera e particolari costruttivi

I tubi in PVC saranno conformi a norma UNI EN 1401-1 tipo SN8 – SDR34, diametro esterno compreso tra 315 e 630 mm. Le condotte in PVC verranno posate come da tavola dei particolari costruttivi allegata: è previsto letto di 20 cm di spessore, rinfiacco e ricoprimento con pietrischetto di frantoio 3/9, ben costipato fino a 20 cm al di sopra dell'estradosso superiore della tubazione; la restante parte del ricoprimento è prevista in terreno di riporto dello scavo se in area verde o con inerte naturale misto granulometricamente stabilizzato o misto cementato su sede stradale; nel caso lo spessore complessivo dello strato di ricoprimento sottostante i percorsi carrabili sia inferiore ad 85 cm, dovrà essere interposta sotto la pavimentazione stradale soletta di cls armata di ripartizione dei carichi; in alternativa le tubazioni potranno essere rinfiaccate con CLS RCK 250 da fondazione o direttamente sostituite da condotte in CLS.

Per diametri nominali maggiori si prevede l'impiego di:

- elementi scolarli prefabbricati in calcestruzzo di cemento ad alta resistenza ai solfati, turbovibrocompresso a sezione rettangolare interna 160x80cm, con armatura idonea, costruiti in conformità alle Norme UNI EN 14844:2006 marcatura CE, D.M. 14/01/08 Lavori Pubblici, UNI 206-1, UNI8981, EN 13760:2008 e UNI 8520/2 per carichi stradali di prima categoria. Muniti di guarnizione butilica, stuccatura delle giunzioni maschio e femmina con malte per ripristini fognature, la formazione del piano di posa da realizzare in stabilizzato cementato. Il manufatto dovrà avere la verifica strutturale firmata da tecnico abilitato secondo la normativa vigente.

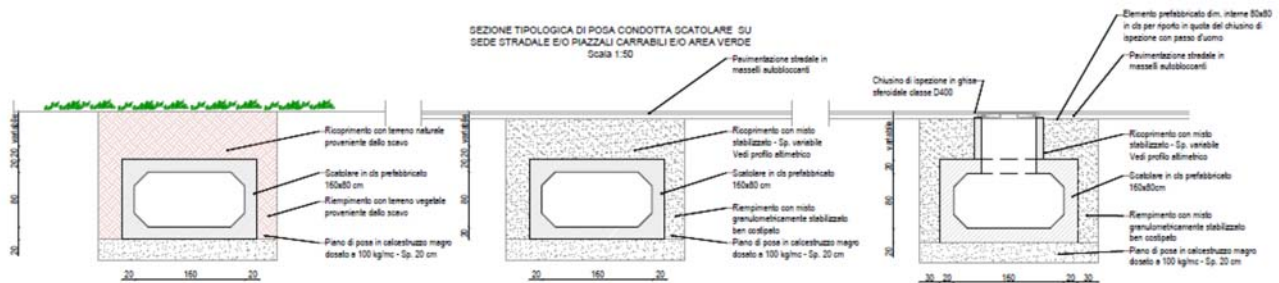
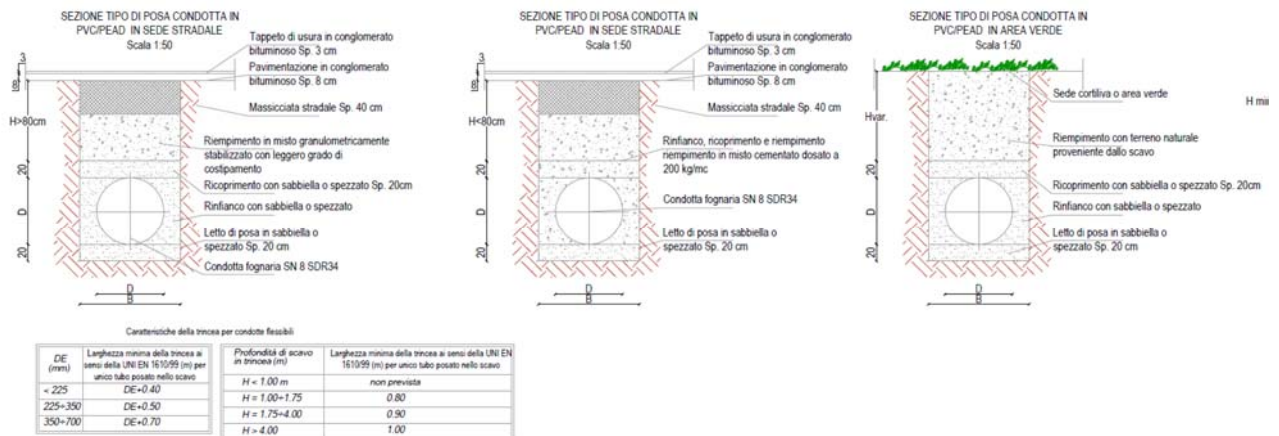


Figura 4: Sezioni tipiche di posa delle tubazioni adottate in progetto.

I pozzetti di raccordo e ispezione sono stati predisposti con distanze coerenti alle attività di lavaggio e ispezione, nonché in funzione delle dimensioni trasversali delle aree impermeabilizzate da drenare.

Tali pozzetti devono essere posati a regola d'arte, previo consolidamento del terreno di supporto e previa gettata di congruo spessore di cemento magro di sottofondazione; le operazioni di consolidamento si rendono necessarie per evitare eventuali sfondamenti dovuti al traffico veicolare.

Detti pozzetti si intendono tutti di forma quadrata, del tipo prefabbricato in calcestruzzo vibrato, realizzato con l'impiego di cemento ad alta resistenza ai solfati, ispezionabile, e quindi delle dimensioni interne:

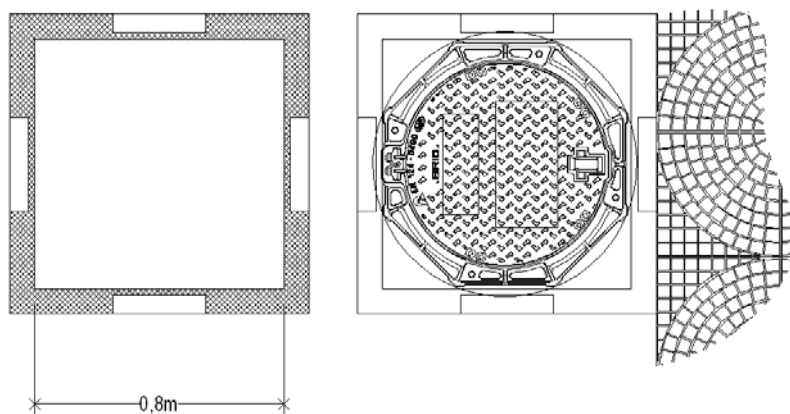
- 60x60 cm in corrispondenza di tutte le condotte di diametro minore a 315 mm (pozzetti di utenza / allacciamenti);
- 80x80 cm in corrispondenza di tutte le condotte di diametro maggiore uguale a 315 mm minore a 500 mm;
- 100x100 cm in corrispondenza di tutte le condotte di diametro maggiore a 500 mm minore o uguale a 630 mm;
- Tipo collari in cls prefabbricato dim interne 80x80cm di riporto in quota per condotte scatolari 160x80cm;

La predisposizione di eventuali organi idraulici di tipo meccanico (limitatori di portata, valvole di tipo clapet ecc.) potrebbe rendere necessaria la predisposizione di uno o più pozzetti di dimensioni diverse rispetto a quelle sopra citate.

I chiusini dei pozzetti di allaccio e di ispezione è previsto siano di regola in ghisa sferoidale di classe D400 (UNI EN124) ad esclusione di zone o punti dove tali classi sono inadeguate od eccessive in rapporto all'entità e alle caratteristiche dei carichi a cui sono, o possono essere, sottoposti.

Inoltre si prevede di prevedere l'adozione di chiusini tipo Telecom/elettricità con apertura a spicchi triangolari in corrispondenza delle camerette in cui sono alloggiate delle valvole al fine di agevolare la loro manutenzione ed eventuale estrazione e/o sostituzione. In tal caso il telaio sarà realizzato per saldatura di elementi in ghisa sferoidale e quattro semicoperchi triangolari, incernierati al telaio ad appoggio tripode con sistema di chiusura per accavallamento successivo e serratura di sicurezza.

Chiusino in ghisa sferoidale UNI EN 124
Classe C 250 o superiore



(0000 1.10)

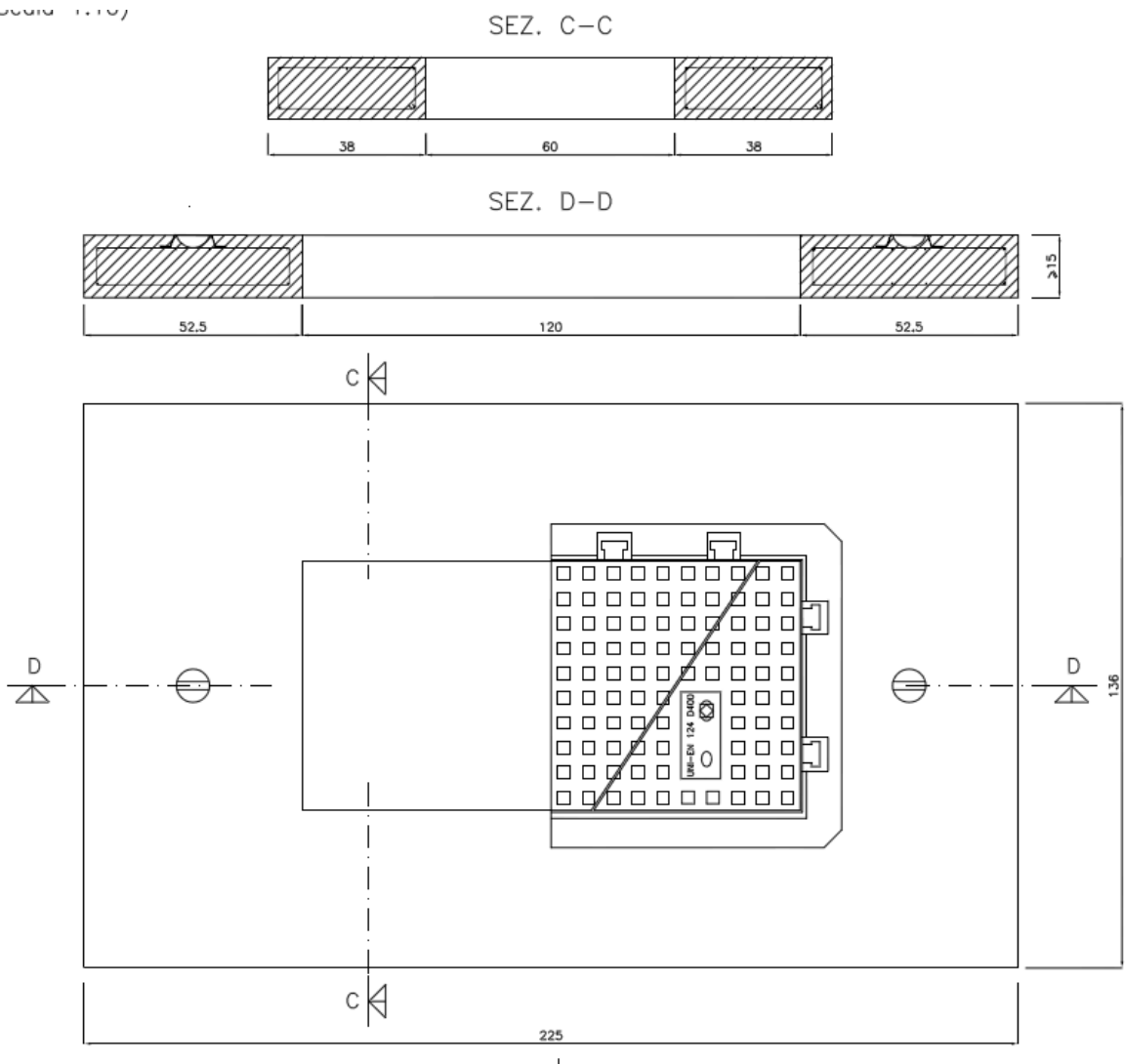


Figura 5: Tipologie di chiusini di possibile adozione: tipo "standard" e tipo "Telecom-reti elettriche".

La raccolta delle acque meteoriche sarà effettuata con griglie asolate rialzabili in ghisa sferoidale, classe di appartenenza non inferiore a C250, secondo la Norma EN 124, forza di controllo > 250 kN e telaio di dimensioni interne almeno 400 x 400 mm. In conformità con quanto consigliato dai principali costruttori, dovrà essere prevista la posa di una caditoia ogni 150 mq max di superficie stradale.

Particolari griglie piane in ghisa sferoidale
(waterway $W > 700 \text{ cm}^2$)

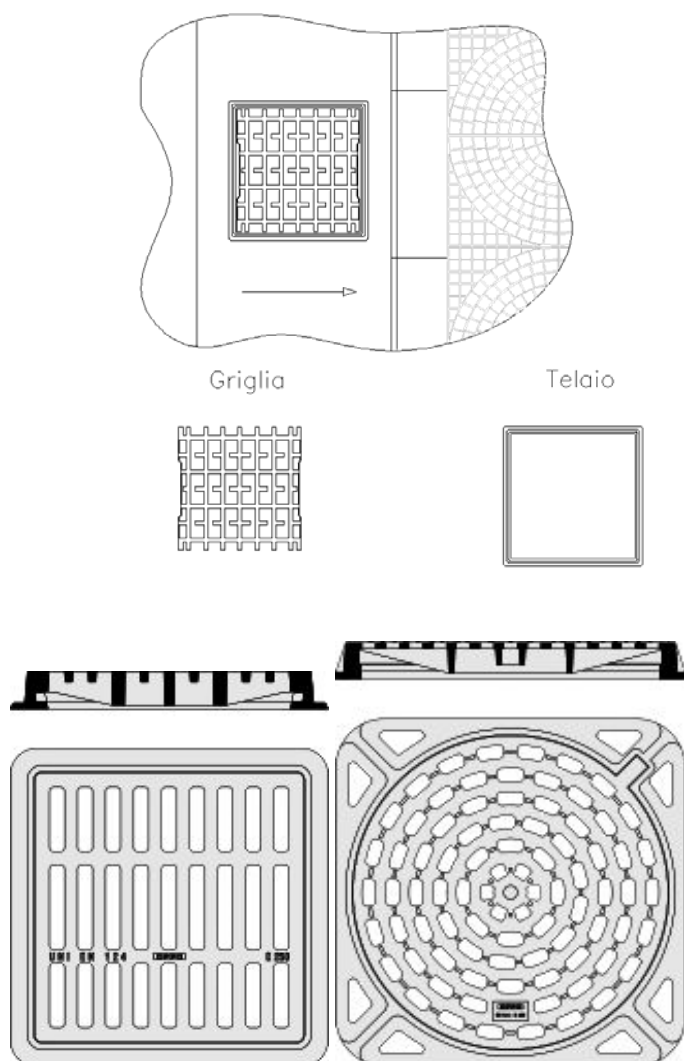


Figura 6: Tipologie di griglie di possibile adozione UNI EN 124 (waterway $> 700 \text{ cm}^2$).

POZZETTO
AUTOSIFONATO IN POLIETILENE

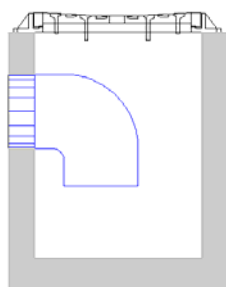


Figura 7: Tipologia di pozzetto autosifonato in polietilene di possibile adozione.

Il pozzetto della caditoia si intende del tipo con sifone incorporato, privo di vaschetta di raccolta, in particolare il sifone sarà costituito da dispositivo amovibile interno al pozzetto di raccolta; l'immissione dell'acqua raccolta dalla caditoia nella dorsale portante verrà realizzata con fognoli di diametro non inferiore a 160 mm, posti in esercizio con pendenza almeno pari all'1% (uno per cento), che si innesteranno direttamente ai pozzetti, mantenendo in tal modo l'integrità della dorsale stessa e le relative caratteristiche di tenuta idraulica.

Qualora il fognolo proveniente dalla caditoia non recapiti in un pozzetto ispezionabile si procederà secondo una delle seguenti possibilità:

- predisposizione di opportuna braga di derivazione sulla condotta portante (vedi figura seguente);

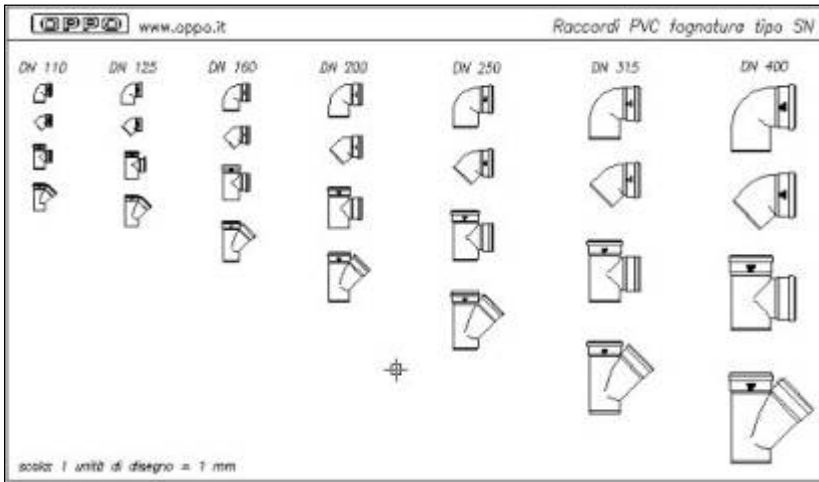


Figura 8: Raccordi per fognature in PVC.

- carotaggio della condotta portante e predisposizione di opportuna guarnizione con innesti (vedi figure seguenti);

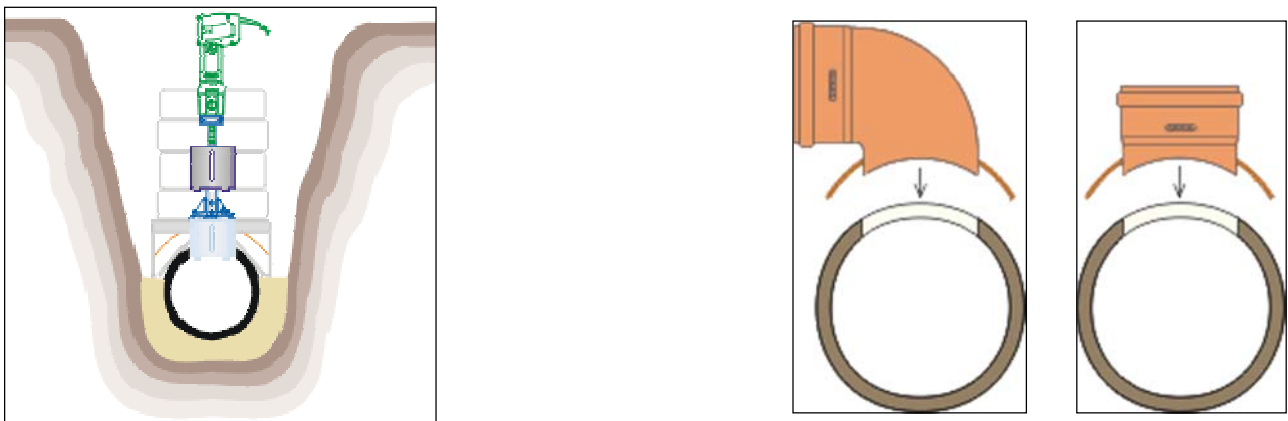


Figura 9: Carotatrice verticale per tubazioni / Innesto curvo e dritto.

- predisposizione di pozzetto cieco (non ispezionabile superficialmente) di congrue dimensioni in funzione del diametro della condotta portante.

A ciascuna caditoia dovranno competere circa 5-6 l/s di portata massima da convogliare alle dorsali di drenaggio, perfettamente compatibile con il funzionamento a bocca piena del fognolo previsto in esercizio.

3.4 Volume di invaso e laminazione delle portate di origine meteorica

3.4.1 Premessa

Viene qui definito il volume da adibire alla laminazione delle portate meteoriche che, a seguito di realizzazione dell'urbanizzazione in oggetto, risulteranno essere convogliate alla fognatura acque meteoriche esistente.

Alla luce della portata massima scaricabile e della massima in arrivo calcolata risulta necessario prevedere un volume di invaso di dimensione idonea, localizzato a monte del recapito nella pubblica fognatura esistente, funzionale allo stoccaggio del volume di acqua in esubero ed al rilascio in tempi più lunghi di quello dell'evento di precipitazione con tempo di ritorno pari a 100 anni, in riferimento al regime idrologico delle precipitazioni sul territorio.

Il sottobacino drenato per una quota impermeabile pari a 0,3142 ha rispetto al totale della superficie territoriale del lotto di 0,4842 ha, si avvarrà di un sistema di laminazione di tipo interrato, costituito da un volume in linea realizzato mediante sovradimensionamento della rete con collettori scatoari in c.a. di sezione 160x80 cm di sviluppo longitudinale pari a 160 m e per un volume di 205 mc, corrispondenti a 652 mc/ha impermeabile.

Tale volume interrato sarà ubicato sul sedime della viabilità carraia interna al comparto prevista a progetto ed in parte in corrispondenza delle aree verdi di cessione

Si precisa che nel calcolo del volume non rientra il volume delle condotte di rete inferiori al diametro 800 mm oltre che dei pozzetti di ispezione presenti sulla stessa.

Il funzionamento del sistema di drenaggio è previsto interamente a gravità.

Per tutta l'area oggetto di intervento, tale volume sarà sufficiente a contenere eventi sino a 50 anni di tempo di ritorno.

Indicazioni in merito ai criteri seguiti e ai calcoli effettuati per il dimensionamento di tale volume sono riportate nel paragrafo successivo.

3.4.2 Dimensionamento del volume di invaso

Descrizione del fenomeno della laminazione

Il progetto di una vasca volano è in generale legato alla determinazione della capacità di invaso W_m in funzione della portata massima accettabile all'uscita Q_{umax} atta a contenere l'evento meteorico critico di assegnato tempo di ritorno.

Le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico di una vasca volano sono tre:

- l'equazione differenziale di continuità della vasca:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

in cui

$Q_e(t)$ è la portata in ingresso alla vasca al generico istante t ; essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa;

$Q_u(t)$ è la portata in uscita dalla vasca; essa dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca;

$W(t)$ è il volume invasato nella vasca all'istante t .

- la relazione funzionale tra il volume invasato e il livello idrico h nell'invaso:

$$W(t) = W(h(t))$$

che dipende esclusivamente dalla geometria della vasca.

- la legge d'efflusso che governa l'uscita dalla vasca:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

che dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.

Nell'integrazione dell'equazione differenziale di continuità della vasca sono incognite le funzioni $Q_u(t)$, $W(t)$ o $h(t)$ in quanto è nota, per precedenti calcoli, l'onda di piena in ingresso alla vasca $Q_e(t)$.

La progettazione delle vasche di laminazione si fonda sulla determinazione del volume d'invaso W^* che consente di ridurre, con la minima capacità di invaso, la portata al colmo dell'evento critico di progetto di assegnato tempo di ritorno T_R .

Note la portata entrante $Q_e(t)$ e la portata massima $Q_{u\ max}$ che la rete di fognatura a valle della vasca è in grado di convogliare e definite la geometria della vasca e le caratteristiche dei dispositivi di scarico, ipotizzando che nell'intervallo di tempo (t_1, t_2) , durante il quale la portata in ingresso $Q_e(t)$ eccede la capacità della rete, la portata uscente $Q_u(t)$ sia costante e uguale alla massima $Q_{u\ max}$, si determina il minimo volume di invaso W^* che consente di ottenere la laminazione dell'onda di piena.

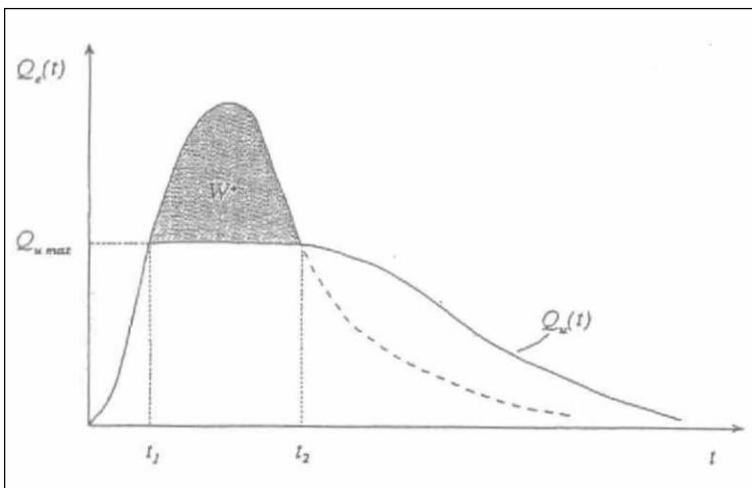


Figura 10: Processo di laminazione dell'onda di piena utilizzando dispositivi di scarico a portata costante.

La modellazione in moto vario eseguita al fine del dimensionamento della rete porta ad identificare il volume minimo complessivo da adibire alla laminazione delle portate meteoriche generate dal comparto in almeno 205 mc, corrispondenti ad un rapporto di circa 630 mc/ha impermeabile, mantenendo al contempo opportuni franchi di sicurezza in termini di battente massimo.

3.4.3 Metodo delle sole piogge

Volendo adottare il metodo delle sole piogge come indicato nelle linee guida del Consorzio della Bonifica di Burana si ottiene il seguente dimensionamento del volume di invaso.

Posto:

S = Superficie territoriale drenata [ha] = 0,4842 ha

U = coefficiente udometrico [l/s ha] = 5 l/s ha

Φ = coefficiente di deflusso [-] = 0,654

t = durata critica dell'evento [ore] = 6,51 ore

$h(t)$ = altezza di pioggia critica [mm] = 82,87 mm

Si ottiene secondo l'equazione:

$$V = V_{aff} - V_{defl} = 10 \cdot S \cdot F \cdot h(t) - 3.6 \cdot u \cdot S \cdot t$$

Che nel caso in esame conduce ad una stima del volume pari a 205 mc che costituisce dunque il volume di progetto minimo.

Nel dimensionamento geometrico delle componenti della rete, il volume di invaso interrato che viene adottato è confermato in 205 mc.

Tale volume corrisponde a circa 652 mc/ha impermeabili.

3.4.4 Caratteristiche della vasca

Come descritto nei paragrafi precedente è prevista la realizzazione di un invaso interrato di tipo in linea da realizzarsi lungo la viabilità interna di progetto ed in parte in area verde.

In ogni caso si tratta di aree oggetto di cessione pubblica.

E' a servizio di un bacino idrologico afferente di superficie territoriale complessiva pari a 0,4842 ha di superficie territoriale di cui 0,3142 ha impermeabili (ponderati secondo il coefficiente di deflusso).

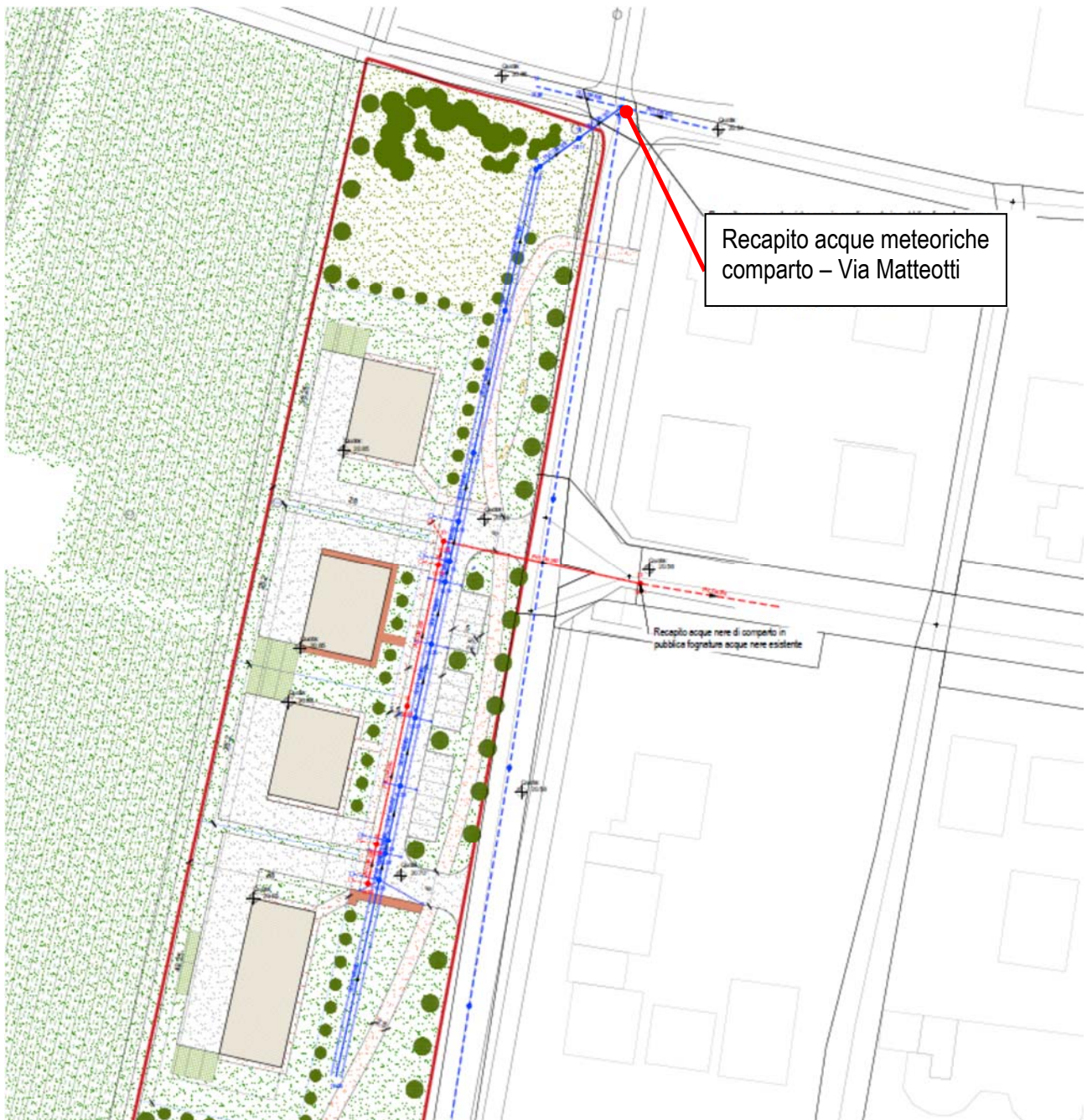


Figura 11: Sezione tipologica trasversale invaso di laminazione a cielo aperto.

Il volume di laminazione delle portate meteoriche sarà costituito da un volume in linea realizzato mediante sovradimensionamento della rete di drenaggio stessa con collettori scatolari c.a. di dimensioni 160x80cm per uno sviluppo longitudinale di 160 m e volume relativo di 205 mc.

Si osserva che nel calcolo dei volumi di accumulo consentiti dal sistema di drenaggio in progetto non si è fatto rientrare, a favore di sicurezza, il volume costituito dalle tubazioni della rete con diametri inferiori a 800 mm e dai pozzetti di ispezione che verranno predisposti.

3.4.5 Scarico in pubblica fognatura acque meteoriche

Lo scarico generale è previsto al nodo 14 in corrispondenza dell'esistente collettore CLS DN 800 sul sedime di Via Giacomo Matteotti.

La regolazione delle portate uscenti sarà affidata ad un collettore PVC DN 160 SN8 con anteposto dispositivo di regolazione a galleggiante dell'portate che, parzializzando la luce libera di efflusso, consente di tarata la portata uscente ad un valore prossimo all'invarianza idraulica ammissibile per il comparto.

Regolazione portate meteoriche uscenti

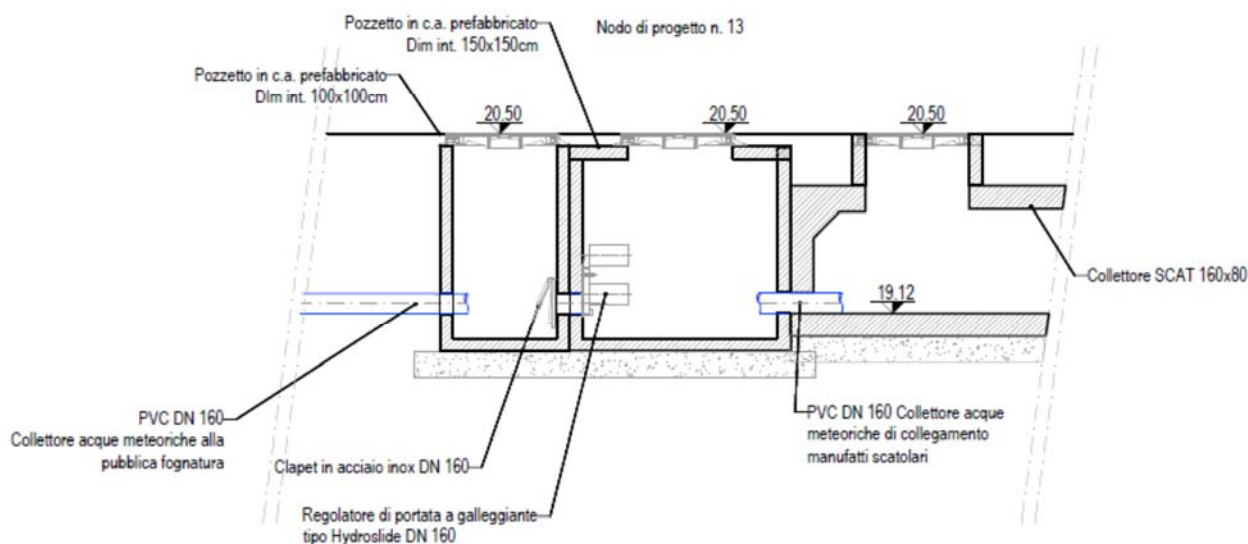


Figura 12: Nodo di regolazione delle portate uscenti

3.4.6 Accessibilità e sicurezza

Sarà garantita la possibilità di accesso al volume di laminazione interrato da parte di personale tecnico mediante i pozzetti/torri di ispezione previsti.

3.4.7 Piano di manutenzione dei dispositivi di invarianza idraulica

OP ER E	TIPO DI INTERVENTO	OBBLIG O	CADE NZA	RISCHI POTENZIALI	ATTREZZATURE E DISPOSITIVI DI SICUREZZA	NOTE E OSSERVAZIO NI
FOGNATURE A GRAVITA'	Controllo visivo dello stato di pluviali, grondaie, chiusini e caditoie	si	1 anno	Contusioni e schiacciamenti Biologico Investimento	Piante e schemi delle fognature (elaborati grafici) DPI di uso comune	Manodopera idonea
	Controllo visivo dello stato interno dei collettori fognari (con videoispezione)	si	3 anni	Caduta dall'alto Scivolamenti, contusioni e schiacciamenti Biologico	Piante e schemi delle fognature (elaborati grafici) DPI di uso comune	Manodopera specializzata

Pulizia pozzetti e caditoie	si	1 anno	Caduta dall'alto Scivolamenti, contusioni e schiacciamenti Biologico Investimento	Piante e schemi delle fognature (elaborati grafici) DPI di uso comune	Manodopera idonea
Sostituzione e rifacimento di pluviali, grondaie, chiusini e caditoie	si	Quando serve	Caduta dall'alto Caduta di materiale dall'alto Contusioni e schiacciamenti Biologico Spazio confinato Investimento	Piante e schemi delle fognature (elaborati grafici) DPI di uso comune Maschere e autorespiratori Tute impermeabili Dispositivi per ventilazione forzata Dispositivi di sollevamento di emergenza	Manodopera edile qualificata
Risanamento pozzetti e manufatti in c.a. (armature scoperte, scrostamenti, cedimenti locali...)	si	Quando serve	Caduta dall'alto Caduta di materiale dall'alto Contusioni e schiacciamenti Biologico Spazio confinato Investimento	Piante e schemi delle fognature (elaborati grafici) DPI di uso comune Maschere e autorespiratori Tute impermeabili Dispositivi per ventilazione forzata Dispositivi di sollevamento di emergenza	Manodopera edile qualificata
Rifacimento rete di collettori di drenaggio acque meteoriche	no	30 anni	Caduta dall'alto Caduta di materiale dall'alto Contusioni e schiacciamenti Biologico	Piante e schemi delle fognature (elaborati grafici) DPI di uso comune Maschere e autorespiratori Tute impermeabili	Manodopera edile qualificata

				Spazio confinato	Dispositivi per ventilazione forzata	
				Investimento	Dispositivi di sollevamento di emergenza	

Tabella 6: Piano di manutenzione dell'opera

4 DEFINIZIONE DELLA RETE DI RACCOLTA E ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

4.1 *Quadro generale degli elementi di progettazione delle reti di allontanamento delle acque reflue*

La rete di raccolta delle acque reflue a servizio del nuovo comparto sarà costituita da condotte in PVC con diametro commerciale DN 250.

Si prevede un funzionamento della rete per gravità; verrà imposta pendenza media del 2 per mille in virtù di un recapito in pubblica fognatura esistente sul sedime di Via Modena, ove si rileva la presenza di un collettore PVC DN 250 alla quota di scorrimento di -0,85 m rispetto al piano stradale, privilegiando comunque un funzionamento della rete per sola gravità.

4.1.1. Determinazione delle portate e delle velocità di scarico

Per il calcolo del valor medio delle portate di reflui in tempo secco è stata adottata la classica relazione:

$$Q_{N24} = \frac{N \cdot d \cdot \alpha}{24 \cdot 3600} \quad \text{portata nera media giornaliera acque nere sulle 24 ore espressa in (l/s)}$$

con:

N = numero di A.E.

d_r = dotazione idrica giornaliera per abitante equivalente (ipotizzata pari a 300 l/ab giorno)

$\alpha = 0.8$

Il numero di A.E. è stato stimato a partire dal numero di unità abitative / superfici commerciali previste nel comparto.

Parallelamente sono stati applicati opportuni coefficienti di punta delle portate nere calcolati su scala di bacino:

$$Q_{N_{pita}} = K \cdot Q_{N24} \quad \text{portata nera di punta espressa in (l/s): definisce il valore della portata scaricabile nell'ora di massimo consumo del giorno di massimo consumo.}$$

dove con K si indica il coefficiente di punta per gli scarichi calcolato secondo l'espressione suggerita da Rich (1980) e riportata in *Luigi Masotti – "Depurazione delle acque" ed. Calderini, 2002:*

$$K = 15.85 \cdot N^{-0.167}$$

nel calcolo del quale si assume per N la somma del numero di A.E. (14 unità immobiliari da 4 a.e. ciascuna per un totale di 56) relativi a tutte le aree afferenti a monte del punto di immissione, ottenendo una portata di punta pari a 1,31 l/s ed una portata media pari a 0,16 l/s.

Fissati quindi il tipo di tubazione impiegata e relative dimensioni (PVC DN 250 diametro minimo da adottarsi per reti pubbliche), quote di scorrimento e pendenza (imposte dalle condizioni al contorno), scabrezza del materiale, è stata calcolata con la formula di Chezy la massima portata smaltibile e la velocità relativa alla portata di progetto in condizioni di moto uniforme per ogni ramo costituente la rete.

Si riportano di seguito le verifiche fatte in relazione alle basse velocità della corrente della rete acque nere.

Tratta	Valle
--------	-------

Tubazione adottata	PVC DN 250
Diametro interno (DN)	235,4 mm
Scabrezza (Ks)	85 m ^{1/3} /s
Pendenza di posa (i)	0,002
Portata punta Qnpta (l/s)	1,31
Velocità punta (m/s)	0,15

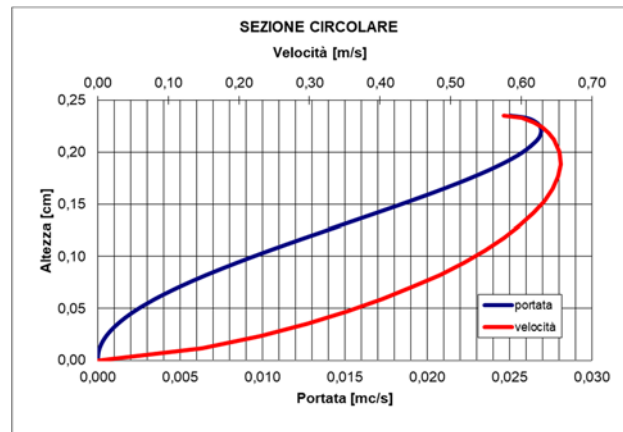


Tabella 10: Valori di velocità relativa alla portata di punta di progetto ricavati dalla scala di deflusso della tubazione adottata per la raccolta e collettamento di acque nere di comparto.

La velocità minima della corrente nelle tubazioni deve essere tale da evitare la formazione di depositi persistenti di materiali sedimentabili.

La normativa tecnica indica che per le acque nere la velocità relativa alle portate medie non deve generalmente essere inferiore a 50 cm/s, nei casi in cui tale valore non sia possibile rispettarlo, occorre comunque non avere valori inferiori ai 25-30 cm/s. Nel caso di fognature miste le velocità necessarie per rimuovere e trasportare i materiali sedimentati risultano superiori e sono dell'ordine di 60-70 cm/s.

Come deducibile dai risultati riportati nelle Tabelle sopra riportate, le velocità minime che si riscontrano in corrispondenza dei tratti di valle afferenti e del collettore ultimo risultano al di sotto dei limiti di normativa a causa dei modesti contributi e delle pendenze limitate che, date le condizioni al contorno descritte, in taluni casi è stato inevitabile imporre volendo privilegiare il deflusso interamente a gravità.

4.2 Modalità di posa in opera e particolari costruttivi

I collettori di acque nere vengono previsti in PVC rigido conformi norma UNI EN 1401-1 tipo SN8 – SDR34, con giunzione a bicchiere e guarnizione elastomerica, di dimensione minima DN 250 mm e pendenza media di esercizio mai inferiore allo 0.2%, comunque in modo tale che il deflusso delle portate minime possa avvenire con una velocità tale da scongiurare gli effetti della legge di Stokes.

Per quel che riguarda le modalità di posa in opera si rimanda a quanto precisato all'interno del paragrafo dedicato della relazione sulle reti di drenaggio delle acque meteoriche.

I pozzetti di ispezione e raccordo sulla rete nera a valle dei trattamenti (DN 250 mm) sono stati previsti a base circolare, di diametro interno utile 1000 mm, in calcestruzzo vibrocompresso di cemento ad alta resistenza, con spessore delle pareti 150 mm, costituiti da: un elemento di base con canale di scorrimento liquami di altezza pari al 50% della condotta, pavimento circostante con pendenza verso il canale, superficie interna della base del pozzetto rivestita con guscio in PP, un elemento di rialzo terminale a forma troncoconica ed eventuali elementi raggiungiquota di diametro interno utile di 625 mm.

Le giunzioni dei componenti e degli innesti saranno a tenuta ermetica con guarnizioni in elastomero resistenti ai liquami aggressivi conformi alle norme UNI 4920.

5 ESITI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE IN MOTO VARIO

1.2. *Ietogramma Chicago AIMAG S.p.A TR 20 durata 4 ore*

Marte DEFLUX 2007 - DESIGNER EDITION	
Codice	Modulo SWMM 5.0.009
	Copyright (C) 2000-2009 DEK s.r.l.
Nome	2023-11-21_ViaBologna-AIMAGTR20
Descrizione	<nessuna descrizione>
Data di creazione	01/01/1980 - 01:41:13
Sottorete	Intera rete
Database	2023-11-21_SERTECO-ViaBologna

DATI GENERALI	
Numero dei nodi	16
Numero dei rami	15
Numero delle pompe	0
Numero degli scaricatori	0
Numero degli inquinanti	0

CONTINUITA' DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE		
	Volume (m ha)	Livello (mm) sul bacino
Precipitazione totale	0,032155	66,409
Infiltrazione totale	0,007113	14,689
Evaporazione totale dai sottobacini	0,000847	1,749
Deflusso superficiale	0,022882	47,258
Accumulo finale in superficie	0,001313	2,712

Errore continuità 0.000 %

CONTINUITA' DEL FLUSSO NELLA RETE		
	Volume (m ha)	Volume (Mlitri)
Ingresso nel periodo secco	0,000000	0,0000
Ingresso nel periodo bagnato	0,022868	0,2287
Apporto ipodermico da falda	0,000000	0,0000
Apporto da idrogrammi	0,000000	0,0000
Uscita da nodi di recapito	0,016510	0,1651
Uscita da esondazione	0,000000	0,0000
Evaporazione totale dalla rete	0,000000	0,0000
Accumulo iniziale	0,000001	0,0000
Accumulo finale	0,005826	0,0583

Errore continuità 2.329 %

TABELLA DEI MATERIALI												
Nome	Tipo	Area (m2)	Diametro int. (m)	Altezza (m)	Larghez. (m)	Pendenze (o/v)	n Manning	n Manning sinistra	n Manning destra	Spessore (mm)	Numero rami	Lunghezza totale (m)
BT 50	Circolare	0,002	0,050	*****	*****	*****	0,0130	*****	*****	0,000	1	9,08
PVC DN 160	Circolare	0,018	0,150	*****	*****	*****	0,0120	*****	*****	0,000	1	9,08
SCAT 160x100	Rettangolare	1,600	*****	1,000	1,600	*****	0,0140	*****	*****	200,000	1	15,08
SCAT 160x80	Rettangolare	1,280	*****	0,800	1,600	*****	0,0140	*****	*****	150,000	12	160,00
											15	193,24

DATI DEI NODI										
					Quota		Portata			Livello

Nodo	Tipo di nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)	massimo accumulo (m slm)	Livello iniziale (m)	esterna fissata (m3/s)	Idrogramma	addizion. sovracc. (m)	Evapor. superf. (%)
1	Nodo generico	20,70	20,08	19,28		0,00	0,00			
10	Nodo generico	20,70	19,98	19,18		0,00	0,00			
11	Nodo generico	20,50	19,97	19,17		0,00	0,00			
12	Nodo generico	20,50	19,94	19,14		0,00	0,00			
13	Nodo generico	20,50	19,92	19,12		0,00	0,00			
14	Nodo generico	20,84	20,00	19,00		0,00	0,00			
15	Nodo di recapito	20,86	19,98	18,98			0,00			
16	Nodo generico	20,67	19,26	19,11		0,00	0,00			
2	Nodo generico	20,70	20,04	19,24		0,00	0,00			
3	Nodo generico	20,70	20,04	19,24		0,00	0,00			
4	Nodo generico	20,70	20,04	19,24		0,00	0,00			
5	Nodo generico	20,70	20,03	19,23		0,00	0,00			
6	Nodo generico	20,70	20,01	19,21		0,00	0,00			
7	Nodo generico	20,70	20,00	19,20		0,00	0,00			
8	Nodo generico	20,70	19,99	19,19		0,00	0,00			
9	Nodo generico	20,70	19,99	19,19		0,00	0,00			

DATI DEGLI ELEMENTI LINEARI						
Elemento	Nodo iniziale	Nodo finale	Tipo di elemento	Materiale	Lunghezza (m)	Valvola anti-rifl.
1	1	2	Ramo	SCAT 160x80	34,55	no
10	10	11	Ramo	SCAT 160x80	12,05	no
11	11	12	Ramo	SCAT 160x80	25,00	no
12	12	13	Ramo	SCAT 160x80	25,00	no
13	13	16	Ramo	PVC DN 160	9,08	no
14	14	15	Ramo	SCAT 160x100	15,08	no
15	16	14	Ramo	BT 50	9,08	no
2	2	3	Ramo	SCAT 160x80	4,67	no
3	3	4	Ramo	SCAT 160x80	2,33	no
4	4	5	Ramo	SCAT 160x80	9,67	no

5	5	6	Ramo	SCAT 160x80	12,00	no
6	6	7	Ramo	SCAT 160x80	13,00	no
7	7	8	Ramo	SCAT 160x80	11,00	no
8	8	9	Ramo	SCAT 160x80	3,73	no
9	9	10	Ramo	SCAT 160x80	7,00	no

SOMMARIO DELLE STATISTICHE DEI SOTTOBACINI											
Sotto-bacino afferente al ramo	Nodo di Ingresso	Area (ha)	Larghezza (m)	Pendenza terreno (m/m)	% imper.	Precipit. totale (mm)	Evaporaz. totale (mm)	Infiltr. totale (mm)	Deflusso superfic. totale (mm)	Picco deflusso superfic. (m3/s)	Coeffic. di deflusso (-)
1	1	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
10	10	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
11	11	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
12	12	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
2	2	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
3	3	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
4	4	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
5	5	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
6	6	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
7	7	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
8	8	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712
9	9	0,04	35,000	0,010	64,89	66,409	1,748	14,690	47,258	0,02	0,712

SOMMARIO STATISTICHE DEI NODI												
Nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)	Quota massimo accumulo (m slm)	Massima quota		Livello massimo (m)	Sovrac-carico massimo (m)	Durata sovrac-carico (min)	Volume esondato totale (mm ha)	Durata della esondaz. (min)	Errore bilancio (%)
					(m slm)	al tempo						
1	20,70	20,08	19,28		19,93	4:00	0,65					0,00
10	20,70	19,98	19,18		19,93	4:00	0,75					1,95

15	Ramo	0,00100	0,050	0,002	0,013	0,0003	0,002	4:01	1,21	4:01	9,23	0,050	1:11	1,000	1395,13
2	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1981	0,051	1:26	0,15	1:05	0,04	0,685	3:58	0,856	
3	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1978	0,060	1:26	0,19	1:02	0,05	0,688	3:58	0,860	
4	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1981	0,063	1:20	0,25	1:02	0,05	0,694	4:00	0,867	
5	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,068	1:20	0,27	1:02	0,06	0,705	4:00	0,881	
6	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,064	1:13	0,28	1:02	0,05	0,717	4:00	0,896	
7	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1981	0,065	1:13	0,28	1:02	0,05	0,729	4:00	0,911	
8	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1979	0,070	1:11	0,29	1:02	0,06	0,736	4:00	0,921	
9	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,079	1:11	0,32	1:02	0,07	0,742	4:00	0,927	

SOMMARIO STATISTICHE PORTATE										
Ramo	Lunghezza equiv. / iniziale	Frazione temporale per ciascuna condizione								Media numero di Froude
		asciutto	asciutto a monte	asciutto a valle	Q sub- critica	Q super- critica	Q crit. a monte	Q crit. a valle		
1	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0029
10	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0072
11	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0062
12	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0033
13	1,000	0,01	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0950
14	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1934
15	1,000	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	1,4049
2	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0033
3	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0047
4	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0056
5	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0060
6	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0062
7	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0062
8	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0064
9	1,000	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0070

1.3. Ietogramma rettangolare Consorzio di Bonifica Burana TR100 durata 6,51 ore

Marte DEFLUX 2007 - DESIGNER EDITION	
Codice	Modulo SWMM 5.0.009
	Copyright (C) 2000-2009 DEK s.r.l.
Nome	2023-11-21_ViaBologna-BuranaTR100d6,5ore
Descrizione	<nessuna descrizione>
Data di creazione	01/01/1980 - 01:02:52
Sottorete	Intera rete
Database	2023-11-21_SERTECO-ViaBologna

DATI GENERALI	
Numero dei nodi	16
Numero dei rami	15
Numero delle pompe	0
Numero degli scaricatori	0
Numero degli inquinanti	0

CONTINUITA' DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE		
	Volume (m ha)	Livello (mm) sul bacino
Precipitazione totale	0,040097	82,810
Infiltrazione totale	0,013907	28,722
Evaporazione totale dai sottobacini	0,000932	1,925
Deflusso superficiale	0,023853	49,262
Accumulo finale in superficie	0,001403	2,898

Errore continuità	0.000 %
-------------------	---------

CONTINUITA' DEL FLUSSO NELLA RETE		
	Volume (m ha)	Volume (Mlitri)
Ingresso nel periodo secco	0,000000	0,0000
Ingresso nel periodo bagnato	0,023842	0,2384
Apporto ipodermico da falda	0,000000	0,0000
Apporto da idrogrammi	0,000000	0,0000
Uscita da nodi di recapito	0,015945	0,1595
Uscita da esondazione	0,000000	0,0000
Evaporazione totale dalla rete	0,000000	0,0000
Accumulo iniziale	0,000001	0,0000
Accumulo finale	0,007235	0,0724

Errore continuità 2.776 %

TABELLA DEI MATERIALI												
Nome	Tipo	Area (m2)	Diametro int. (m)	Altezza (m)	Larghez. (m)	Pendenze (o/v)	n Manning	n Manning sinistra	n Manning destra	Spessore (mm)	Numero rami	Lunghezza totale (m)
BT 50	Circolare	0,002	0,050	*****	*****	*****	0,0130	*****	*****	0,000	1	9,08
PVC DN 160	Circolare	0,018	0,150	*****	*****	*****	0,0120	*****	*****	0,000	1	9,08
SCAT 160x100	Rettangolare	1,600	*****	1,000	1,600	*****	0,0140	*****	*****	200,000	1	15,08
SCAT 160x80	Rettangolare	1,280	*****	0,800	1,600	*****	0,0140	*****	*****	150,000	12	160,00
											15	193,24

DATI DEI NODI										
Nodo	Tipo di nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)	Quota massimo accumulo (m slm)	Livello iniziale (m)	Portata esterna fissata (m3/s)	Idrogramma	Livello addizion. sovracc. (m)	Evapor. superf. (%)

1	Nodo generico	20,70	20,08	19,28		0,00	0,00			
10	Nodo generico	20,70	19,98	19,18		0,00	0,00			
11	Nodo generico	20,50	19,97	19,17		0,00	0,00			
12	Nodo generico	20,50	19,94	19,14		0,00	0,00			
13	Nodo generico	20,50	19,92	19,12		0,00	0,00			
14	Nodo generico	20,84	20,00	19,00		0,00	0,00			
15	Nodo di recapito	20,86	19,98	18,98			0,00			
16	Nodo generico	20,67	19,26	19,11		0,00	0,00			
2	Nodo generico	20,70	20,04	19,24		0,00	0,00			
3	Nodo generico	20,70	20,04	19,24		0,00	0,00			
4	Nodo generico	20,70	20,04	19,24		0,00	0,00			
5	Nodo generico	20,70	20,03	19,23		0,00	0,00			
6	Nodo generico	20,70	20,01	19,21		0,00	0,00			
7	Nodo generico	20,70	20,00	19,20		0,00	0,00			
8	Nodo generico	20,70	19,99	19,19		0,00	0,00			
9	Nodo generico	20,70	19,99	19,19		0,00	0,00			

DATI DEGLI ELEMENTI LINEARI						
Elemento	Nodo iniziale	Nodo finale	Tipo di elemento	Materiale	Lunghezza (m)	Valvola anti-rifl.
1	1	2	Ramo	SCAT 160x80	34,55	no
10	10	11	Ramo	SCAT 160x80	12,05	no
11	11	12	Ramo	SCAT 160x80	25,00	no
12	12	13	Ramo	SCAT 160x80	25,00	no
13	13	16	Ramo	PVC DN 160	9,08	no
14	14	15	Ramo	SCAT 160x100	15,08	no
15	16	14	Ramo	BT 50	9,08	no
2	2	3	Ramo	SCAT 160x80	4,67	no
3	3	4	Ramo	SCAT 160x80	2,33	no
4	4	5	Ramo	SCAT 160x80	9,67	no
5	5	6	Ramo	SCAT 160x80	12,00	no
6	6	7	Ramo	SCAT 160x80	13,00	no
7	7	8	Ramo	SCAT 160x80	11,00	no

8	8	9	Ramo	SCAT 160x80	3,73	no
9	9	10	Ramo	SCAT 160x80	7,00	no

SOMMARIO DELLE STATISTICHE DEI SOTTOBACINI											
Sotto-bacino afferente al ramo	Nodo di Ingresso	Area (ha)	Larghezza (m)	Pendenza terreno (m/m)	% imper.	Precipit. totale (mm)	Evaporaz. totale (mm)	Infiltr. totale (mm)	Deflusso superfic. totale (mm)	Picco deflusso superfic. (m3/s)	Coeffic. di deflusso (-)
1	1	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
10	10	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
11	11	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
12	12	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
2	2	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
3	3	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
4	4	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
5	5	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
6	6	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
7	7	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
8	8	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595
9	9	0,04	35,000	0,010	64,89	82,802	1,925	28,725	49,264	0,00	0,595

SOMMARIO STATISTICHE DEI NODI												
Nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)	Quota massimo accumulo (m slm)	Massima quota		Livello massimo (m)	Sovrac-carico massimo (m)	Durata sovrac-carico (min)	Volume esondato totale (mm ha)	Durata della esondaz. (min)	Errore bilancio (%)
					(m slm)	al tempo						
1	20,70	20,08	19,28		19,91	7:04	0,64					0,00
10	20,70	19,98	19,18		19,91	7:03	0,73					3,24
11	20,50	19,97	19,17		19,91	7:04	0,75					5,68
12	20,50	19,94	19,14		19,91	7:03	0,77					7,71
13	20,50	19,92	19,12		19,91	7:04	0,80					4,77

14	20,84	20,00	19,00		19,02	7:03	0,02								0,15
15	20,86	19,98	18,98		18,99	7:03	0,01								0,00
16	20,67	19,26	19,11		19,91	7:04	0,80	0,65	1348,33						0,16
2	20,70	20,04	19,24		19,91	7:03	0,67								16,47
3	20,70	20,04	19,24		19,91	7:04	0,67								8,16
4	20,70	20,04	19,24		19,91	7:03	0,68								0,16
5	20,70	20,03	19,23		19,91	7:03	0,69								5,96
6	20,70	20,01	19,21		19,91	7:04	0,70								5,94
7	20,70	20,00	19,20		19,91	7:03	0,71								5,26
8	20,70	19,99	19,19		19,91	7:04	0,72								3,14
9	20,70	19,99	19,19		19,91	7:04	0,73								2,16

SOMMARIO STATISTICHE NODI DI RECAPITO

Nodo	Frequenza flusso (%)	Portata media (m3/s)	Portata max (m3/s)
15	96,31	0,0019	0,0024

SOMMARIO STATISTICHE DEGLI ELEMENTI LINEARI

Elemento	Tipo di elemento	Pendenza ramo (m/m)	Altezza sezione (m)	Area sezione piena (m2)	Raggio idraulico sez.piena (m)	Portata di moto uniforme (m3/s)	Portata max di calcolo		Velocità max di calcolo		Portata massima normalizzata	Livello massimo		Livello massimo normalizzato	Durata sovraccarico (min)
							(m3/s)	al tempo	(m/s)	al tempo		(m)	al tempo		
1	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,001	5:53	0,06	1:19	0,00	0,653	7:03	0,816	
10	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1981	0,006	1:18	0,11	1:04	0,00	0,739	7:04	0,924	
11	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,005	5:52	0,12	0:52	0,00	0,758	7:04	0,947	
12	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,004	5:59	0,10	0:46	0,00	0,783	7:04	0,978	
13	Ramo	0,00100	0,150	0,018	0,038	0,0052	0,002	7:04	0,25	0:52	0,45	0,150	1:35	1,000	1344,53
14	Ramo	0,00100	1,000	1,600	0,308	1,6474	0,002	7:03	0,14	7:04	0,00	0,011	7:03	0,011	
15	Ramo	0,00100	0,050	0,002	0,013	0,0003	0,002	7:04	1,20	7:04	9,16	0,050	4:16	1,000	1387,00
2	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1981	0,003	5:59	0,08	1:24	0,00	0,672	7:04	0,840	
3	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1978	0,003	5:59	0,11	1:24	0,00	0,676	7:03	0,845	

4	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1981	0,004	1:24	0,13	1:23	0,00	0,682	7:03	0,852
5	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,004	1:23	0,14	1:20	0,00	0,692	7:03	0,866
6	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,005	1:20	0,15	1:18	0,00	0,705	7:03	0,881
7	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1981	0,005	1:19	0,14	1:16	0,00	0,717	7:04	0,896
8	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1979	0,005	1:18	0,14	1:15	0,00	0,724	7:04	0,905
9	Ramo	0,00100	0,800	1,280	0,267	1,1980	0,006	1:18	0,14	1:14	0,00	0,730	7:03	0,912

SOMMARIO STATISTICHE PORTATE										
Ramo	Lunghezza equival. / iniziale	Frazione temporale per ciascuna condizione								Media numero di Froude
		asciutto	asciutto a monte	asciutto a valle	Q sub- critica	Q super- critica	Q crit. a monte	Q crit. a valle		
1	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0040
10	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0074
11	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0055
12	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0030
13	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0906
14	1,000	0,03	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1896
15	1,000	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	1,3592
2	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0046
3	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0061
4	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0072
5	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0075
6	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0074
7	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0071
8	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0073
9	1,000	0,02	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0078