

COMUNE DI ZOGNO

PROVINCIA DI BERGAMO



**STABILIMENTO DI RUSPINO
NUOVA AREA DI DEPOSITO IN LOCALITA' AL DERO'
PROVVEDIMENTO AUTORIZZATIVO DELLO
SPORTELLO UNICO PER LE ATTIVITA'
PRODUTTIVE (S.U.A.P.)
ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 07/09/2010 n.160**

Allegato

**RICHIESTA DI ADEGUAMENTO
AUTORIZZAZIONE SCARICO ACQUE
METEORICHE NEL FIUME BREMBO**

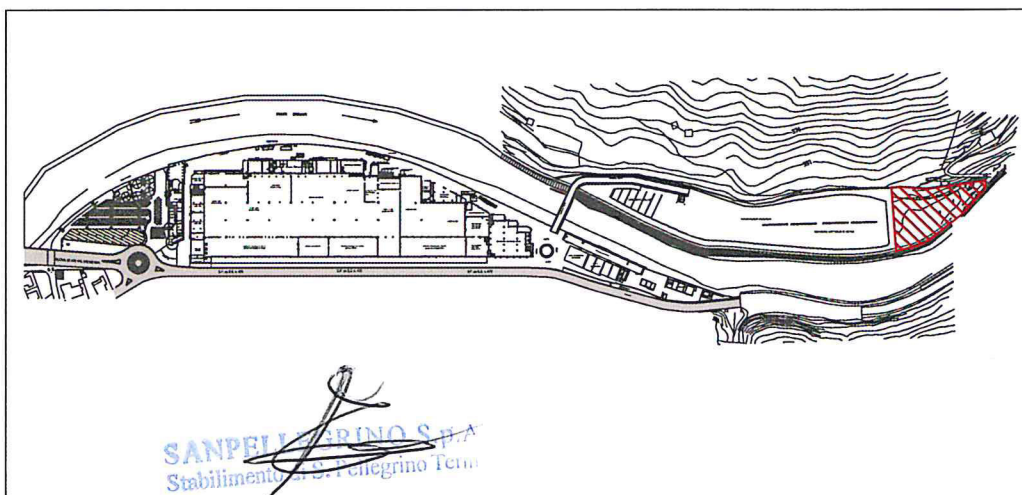
N°

M

u:\archivio_globale\archivio\ing_comerio\559_sanpellegrino_aldero'_fase iii\559_progetto\2015_03_31_suap\ 00_ tavolo
progetto\2015-suap-mascherine.dwg

data

31/03/2015



COMMITTENTE

SANPELLEGRINO S.p.A.

S.P. ex S.S. 470 - località Ruspino
24016 SAN PELLEGRINO TERME (BG)

PROGETTISTA



TECNECO PROJECT srl

Viale Kennedy, 21 - 24066 PEDRENGO (BG) - tel. 035/662067 - fax. 035/655316
direzione@tecnecoproject.com

Collaboratori:

dott. arch. LUCIA ZANETTI

Albo Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori della provincia di Bergamo - n. 1258

QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO E DATO IN CONSEGNA A TERZI SENZA ESPRESSA AUTORIZZAZIONE

COMUNE DI ZOGNO

PROVINCIA DI BERGAMO



STABILIMENTO DI RUSPINO
NUOVA AREA DI DEPOSITO IN LOCALITA' AL DERO'
PROVVEDIMENTO AUTORIZZATIVO DELLO
SPORTELLO UNICO PER LE ATTIVITA'
PRODUTTIVE (S.U.A.P.)
ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 07/09/2010 n.160

Allegato

COMUNICAZIONE ADEGUAMENTO
SCARICO ACQUE METEORICHE NEL
FIUME BREMBO

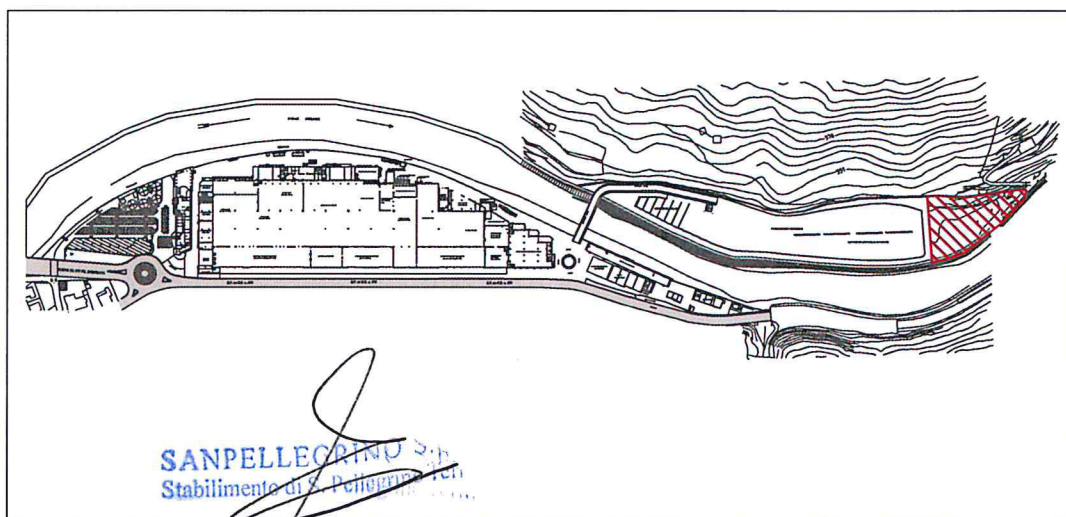
N°

M₁

u:\archivio_globale\archivio\ing_comerio\559_sanpellegrino_aldero_fase iii\559_progetto\2015_03_31_suap\ 00_ tavole
progetto\2015-suap-mascherine.dwg

data

31/03/2015



COMMITTENTE

SANPELLEGRINO S.p.A.

S.P. ex S.S. 470 - località Ruspino
24016 SAN PELLEGRINO TERME (BG)



TECNECO PROJECT srl

Viale Kennedy, 21 - 24066 PEDRENGO (BG) - tel. 035/662067 - fax. 035/655316
direzione@tecnecoproject.com

Collaboratori:

dott. arch. LUCIA ZANETTI

Albo Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori della provincia di Bergamo - n. 1258

QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO E DATO IN CONSEGNA A TERZI SENZA ESPRESSA AUTORIZZAZIONE

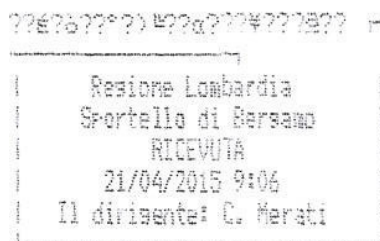
Alla REGIONE LOMBARDIA

Presidenza - Direzione Centrale Programmazione Integrata

Sede Territoriale di Bergamo

Via XX Settembre 18/A

24122 Bergamo



Io sottoscritta ALBANESE TIZIANA, nata a MONTEBELLUNA (TV) il 18/10/1971, codice fiscale LBNTZN71R58F443Z, in qualità di procuratore della società SANPELLEGRINO S.p.A., con sede legale in San Pellegrino Terme (Bg) , Località Ruspino a seguito del VERBALE DEL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE 23/02/2011 di cui alla copia conforme certificata da Notaio MARCO GILARDELLI Rep 56158 04//04/20011;

PREMESSO

che:

1. in forza del disciplinare n. 2152 dell' 08/09/2008, stipulato tra Regione Lombardia direzione centrale e programmazione integrata sede territoriale di Bergamo e Sanpellegrino S.p.a., Sanpellegrino S.p.a. ha ottenuto concessione allo scarico nel Fiume delle acque meteoriche provenienti da un area di deposito di sua proprietà sita in località Aldero' di Zogno (Bg), per complessivi 0,6 mc/sec;
2. che nell'ambito di un programma di ristrutturazione interna, Sanpellegrino S.p.a. ha in corso uno sportello unico per attività produttiva con il comune di Zogno per l'ampliamento dell'area di cui sopra per complessivi circa 3.200,00 mq;
3. che la rete di deflusso delle acque meteoriche della nuova area sarà collegata alla rete di deflusso dell'area esistente a monte dello scarico nel fiume Bremo già in essere;
4. che al fine di determinare gli incrementi di portata da scaricare a fiume per effetto della formazione della nuova area di deposito Sanpellegrino S.p.a. ha incaricato l'ing. Gian Pasquale Comerio, con studio in Pedrengo (Bg) viale Kennedy 21, iscritto all'albo degli ingegneri al n° 1731, del relativo studio idrologico/idraulico;
5. che dallo studio redatto, allegato alla presente comunicazione, si evince che per effetto della nuova area non vi è alcun incremento della portata massima da scaricare nel Fiume Brembo rispetto a quella già prevista dalla concessione di cui al punto 1 delle presenti premesse;

TUTTO CIO' PREMESSO

la scrivente società chiede alla spettabile Direzione autorizzazione allo scarico delle acque meteoriche della nuova area di deposito in formazione, alle condizioni già in essere per l'area esistente, fermo restando quanto previsto dal disciplinare n° 2152 dell' 8/09/2008, con scadenza 08/09/2027.

San Pellegrino Terme , 21/03/2015

SANPELLEGRINO S.p.A.
 Stabilimento di San Pellegrino Terme
 Il Direttore

Firma: _____

COMUNE DI ZOGNO

PROVINCIA DI BERGAMO



STABILIMENTO DI RUSPINO
NUOVA AREA DI DEPOSITO IN LOCALITA' AL DERO'
PROVVEDIMENTO AUTORIZZATIVO DELLO
SPORTELLO UNICO PER LE ATTIVITA'
PRODUTTIVE (S.U.A.P.)
ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 07/09/2010 n.160

Allegato

CONCESSIONE N. 2152 DEL 08/09/2088
SCARICO ESISTENTE

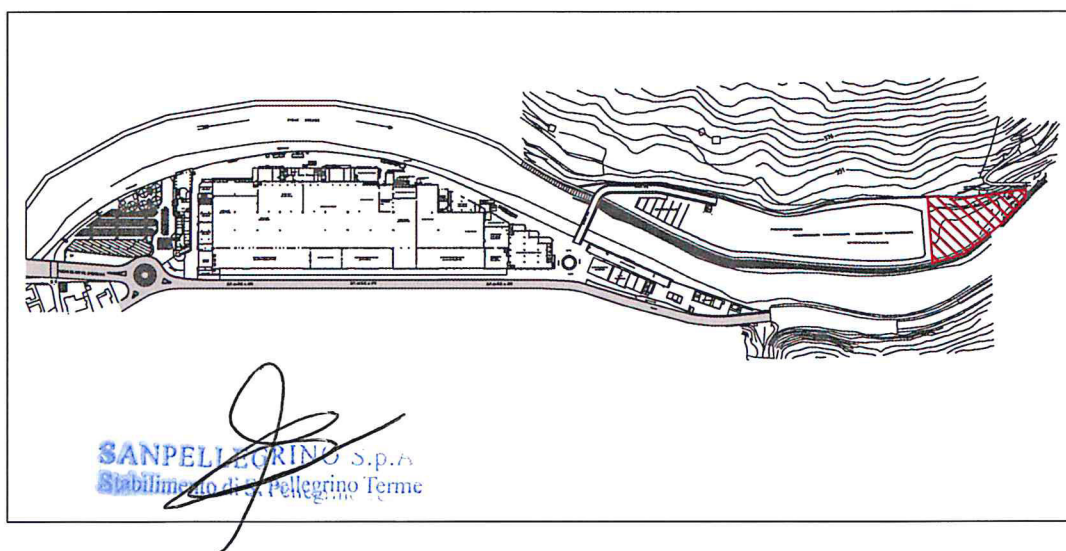
N°

M₂

u:\archivio_globale\archivio\ing_comerio\559_sanpellegrino_aldero'_fase iii\559_progetto\2015_03_31_suop\ 00_ tavole
progetto\2015-suop-mascherine.dwg

data

31/03/2015



COMMITTENTE

SANPELLEGRINO S.p.A.

S.P. ex S.S. 470 - località Ruspino
24016 SAN PELLEGRINO TERME (BG)



TECNECO PROJECT srl

Viale Kennedy, 21 - 24066 PEDRENGO (BG) - tel. 035/662067 - fax. 035/655316
direzione@tecnecoproject.com

Collaboratori:

dott. arch. LUCIA ZANETTI

Albo Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori della provincia di Bergamo - n. 1258

QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO E DATO IN CONSEGNA A TERZI SENZA ESPRESSA AUTORIZZAZIONE



Atto N. **2152**

REGIONE LOMBARDIA

8 SET. 2008

PRESIDENZA DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE INTEGRATA

SEDE TERRITORIALE DI BERGAMO

DISCIPLINARE

L'anno 2008 il giorno **08** del mese di **SETTEMBRE**, in Bergamo, tra Regione Lombardia Sede Territoriale di Bergamo Cod. Fisc. 80050050154, di seguito denominata Concedente, rappresentata dal dott. ing. Claudio Merati in qualità di dirigente dalla Sede Territoriale di Bergamo della Regione Lombardia e SanPellegrino spa con sede in Milano, Via Ludovico il Moro, 35 Cod. Fisc/ Part.IVA. 00753740158 di seguito denominata Concessionario, rappresentata dal sig. Luigi Ravasio, in qualità di Legale Rappresentante, si formalizzano e si disciplinano, con gli articoli seguenti, gli obblighi e le condizioni cui viene vincolata la concessione dell'area demaniale richiesta dal Concessionario con istanza del 3/7/2008 - P.I. n° 664/D.

Art. 1 – Oggetto della concessione.

Oggetto della concessione è: Scarico acque meteoriche per complessivi mc/sec 0,6 e occupazione mq 50 di area demaniale per scogliera a protezione dello scarico - corso d'acqua Fiume Brembo (BG001), nel Comune di San Pellegrino Terme, come da documentazione progettuale agli atti della Concedente

Art. 2 – Obblighi generali.

Le suddette opere devono risultare conformi al progetto allegato all'istanza di concessione; eventuali variazioni devono essere autorizzate dal Concedente.

La realizzazione di opere strutturali nell'area demaniale di cui trattasi è subordinata al possesso, da parte del Concessionario, di ogni atto autorizzatorio previsto dalle normative vigenti in materia urbanistica e ambientale.

IL CONCESSIONARIO

IL DIRIGENTE U.O.
SEDE TERRITORIALE DI BERGAMO
- Claudio Merati -

Il Concessionario deve mantenere costantemente in buono stato le opere di cui trattasi; deve eseguire a sua cura e spese tutte le riparazioni e/o modifiche delle opere descritte all'art. 1, che il Concedente ritiene di ordinare ai fini del buon regime delle acque.

In particolare: la portata autorizzata rimanga inalterata; ogni qualsiasi modifica o variazione di incremento dovrà essere sottoposta a una nuova verifica idraulica.

Il Concessionario è tenuto a corrispondere al Concedente il canone annuo nella misura e con le modalità previste dall'art. 5.

Il Concessionario ha depositato a favore del Concedente una cauzione pari alla prima annualità del canone suddetto.

Art. 3 – Diritti dei terzi.

La concessione viene rilasciata salvo pregiudizio dei diritti dei terzi e il Concessionario deve tenere sollevata ed indenne la Pubblica Amministrazione da qualsiasi molestia che potesse derivare in conseguenza della stessa concessione e del suo esercizio.

Art. 4 – Durata.

La concessione viene rilasciata a titolo precario e con durata di 19 ANNI (diciannove) successivi e continui a far tempo dalla data del relativo decreto di concessione da emettersi a cura del Concedente.

La concessione può essere rinnovata, su presentazione di apposita istanza, entro tre mesi dalla data di scadenza.

La concessione può essere modificata, sospesa o revocata dal Concedente, a suo insindacabile giudizio, senza che il Concessionario possa pretendere indennizzi e risarcimenti di sorta.

Art. 5 – Canone e cauzione a garanzia

Il canone annuo, è stabilito, in applicazione delle modalità di cui all'allegato C della d.g.r. 1 agosto 2003, n. 13950 in € 294,55 (duecentonovantaquattro/55), di cui € 181,27 di

IL CONCESSIONARIO

Scalzo

**IL DIRIGENTE U.O.
SEDE TERRITORIALE DI BERGAMO
- Claudio Merati -**

canone e € 113,28 di imposta regionale (l.r. n. 10 del 14/07/2003 art 26/27/28);

Il canone :

- è assoggettato a revisione annuale in proporzione diretta alla media dei valori dell'EURO calcolati distintamente dall'Istituto Centrale di Statistica per il costo della vita e per i prezzi all'ingrosso (d. l. 2 ottobre 1981, n. 546, convertito con modificazioni nella legge 1 dicembre 1981, n. 692);
- è dovuto per anno solare e versato anticipatamente entro il 31 gennaio dell'anno di riferimento; per le autorizzazioni rilasciate o in scadenza in corso d'anno, il canone è dovuto in ragione di ratei mensili pari a un dodicesimo per ciascun mese di validità del provvedimento autorizzativo; la frazione di mese deve intendersi per intero (l. r. 17 dicembre 2001, n. 26)

La cauzione, prestata a garanzia degli obblighi derivanti dal rilascio di atti di concessione, è dovuta per importi superiori a EURO 258,23 (l. r. 17 dicembre 2001, n. 26).

Art. 6 – Rinuncia, decadenza, revoca.

La concessione è nominale e pertanto non può essere ceduta.

Il diverso uso dell'area demaniale, non preventivamente autorizzato dal Concedente, comporta la revoca della concessione e l'applicazione delle eventuali sanzioni previste dalla normativa vigente.

Nel caso di rinuncia, decadenza o revoca dell'concessione, il Concessionario deve provvedere a propria cura e spese, su richiesta del Concedente, alla demolizione delle opere realizzate.

Art. 7 – Oneri vari

Sono a carico del Concessionario tutte le spese attinenti e conseguenti alla concessione.

Art. 8 – Richiamo alle disposizioni di legge.

Per quanto non previsto nel presente atto, valgono le disposizioni legislative e

IL CONCESSIONARIO

IL DIRIGENTE U.O.
SEDE TERRITORIALE DI BERGAMO
- Claudio Merati -

regolamentari in materia di Polizia Idraulica, fermo restando che l'concessione non determina alcuna servitù.

Conseguentemente, il Concedente può disporre varianti in alveo sia planimetriche che altimetriche, in qualsiasi tempo, senza che per ciò il Concessionario possa opporre difficoltà o pretendere compensi di sorta.

Art. 9 – Controversie

Per le eventuali controversie derivanti dall'applicazione del presente disciplinare si indica quale Foro competente quello di Milano.

Art. 10 – Domicilio legale.

Per ogni effetto di legge il Concessionario elegge il proprio domicilio legale in Milano, Via Ludovico il Moro, 35.

Letto ed approvato

Il Dirigente della Regione Lombardia
Sede Territoriale di Bergamo
dott. ing. Claudio Merati

Il Legale Rappresentante
di SanPellegrino spa
Luigi Ravasio

Sono approvate specificatamente le clausole di cui agli articoli. 2, 5, 6 e 9.

Il Dirigente della Regione Lombardia
Sede Territoriale di Bergamo
dott. ing. Claudio Merati

Il Legale Rappresentante
di SanPellegrino spa
Luigi Ravasio

Il presente disciplinare è redatto in duplice originale e consta di n° 4 pagine e n° 97 righe.

COMUNE DI ZOGNO

PROVINCIA DI BERGAMO



STABILIMENTO DI RUSPINO
NUOVA AREA DI DEPOSITO IN LOCALITA' AL DERO'
PROVVEDIMENTO AUTORIZZATIVO DELLO
SPORTELLO UNICO PER LE ATTIVITA'
PRODUTTIVE (S.U.A.P.)
ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 07/09/2010 n.160

Allegato

RELAZIONE IDRAULICA

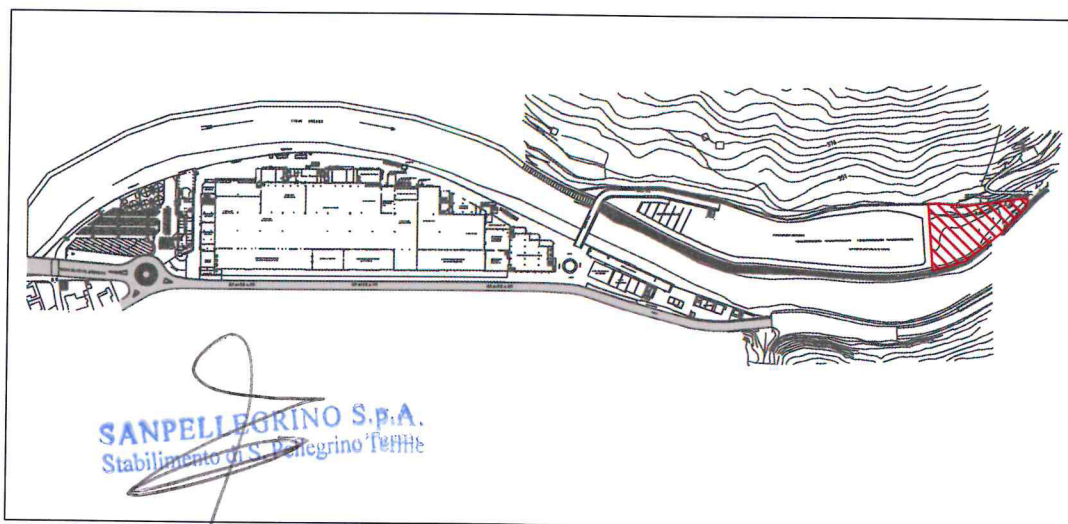
N°

M₃

u:\archivio_globale\archivio\ing_comerio\559_sanpellegrino_aldero'_fase iii\559_progetto\2015_03_31_suap\ 00_ tavole
progetto\2015-suap-mascherine.dwg

data

31/03/2015



COMMITTENTE

SANPELLEGRINO S.p.A.

S.P. ex S.S. 470 - località Ruspino
24016 SAN PELLEGRINO TERME (BG)

PROGETTISTA



Dott. Ing. G.P. COMERIO

Albo Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 1731



TECNECO PROJECT srl

Viale Kennedy, 21 - 24066 PEDRENGO (BG) - tel. 035/662067 - fax. 035/655316
direzione@tecnecoproject.com

Collaboratori:

dott. arch. LUCIA ZANETTI

Albo Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori della provincia di Bergamo - n. 1258

QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO E DATO IN CONSEGNA A TERZI SENZA ESPRESSA AUTORIZZAZIONE

- Indice generale -

1. PREMESSA	2
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E ADEMPIMENTI NECESSARI.....	4
3. DESCRIZIONE RETE FOGNARIA IN PROGETTO	5
4. CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE SCARICATE.....	6
4.1 Caratterizzazione pluviometrica e ietogramma di progetto.....	6
4.2 Lo ietogramma di progetto	11
4.3 Il metodo percentuale	11
4.4 Il metodo della corrivazione.....	12
4.5 Il metodo dell'invaso	13
4.6 Il metodo di Nash	14
5. VERIFICA SCARICO A FIUME ESISTENTE	17
6. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA RETE FOGNARIA	19
6.1 Dimensionamento dei collettori	19
6.2 Criteri di calcolo per la verifica dei collettori.	19
I.1 7.3 Verifica dei collettori.	20

1. PREMESSA

A seguito della realizzazione della nuova area di deposito a servizio della Sanpellegrino S.p.a. in località Al Dero' in Comune di Zogno, il presente studio ha lo scopo di calcolare le nuove portate convogliate nel Fiume Brembo dallo scarico esistente in località Al Dero', già autorizzato con atto n. 2152 dell'8 Settembre 2008 stipulato tra la proprietà e la Regione Lombardia. Così come descritto in seguito, l'immissione degli afflussi meteorici generati nella nuova area in progetto non è tale da richiedere il ridimensionamento dello scarico che, senza interventi di adeguamento, sarà quindi ancora idoneo a soddisfare le esigenze della zona.

Lo scarico esistente è posto tra le sezioni n° 76 e 76-1 individuate nello studio commissionato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po denominato *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po', del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda”*(2004); attualmente la concessione esistente stabilisce una portata complessiva convogliabile a fiume pari a 0,6 mc/sec.



Figura 1.1: Ortofoto in scala 1: 5000
San Pellegrino Terme (BG) – Loc. Ruspino
Zogno (BG) Località Al Derò

2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E ADEMPIMENTI NECESSARI

La normativa nazionale e regionale riguardante le opere in progetto è la seguente:

- Piano Regionale di Risanamento delle Acque della Regione Lombardia - 1992
“Criteri di pianificazione in rapporto alla gestione delle risorse idriche lombarde”
P.R.R.A. approvato con D.C.R. 15 gennaio 2002 N. VII/402;
- D. Lgs. 11 maggio 1999 N. 152 come modificato ed integrato dal D. Lgs. 18 agosto 2000 N. 258
“Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”
- Legge Regionale 27 maggio 1985 N. 62
“Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle opere di pubblica fognatura. Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento”
- Regolamento d'igiene locale
- Programma di tutela e uso delle acque (PTUA) approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. VII/19359 del 12 novembre 2004.
- Regolamento regione N. 4 del 26 marzo 2006
“Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne in attuazione dell'articolo 52 comma 1 lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26”;
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006 N. 152 “Norme in materia ambientale” con successive modifiche ed integrazioni;

Sulla base dell'art. 3 del Regolamento della RL N.4 del 26.03.2006 e preso atto che l'area in esame sarà adibita esclusivamente a stoccaggio di casse in plastica per il contenimento delle bottiglie di vetro per l'acqua, l'area **non è soggetta alle disposizioni del regolamento.**

Di conseguenza lo scarico delle acque meteoriche sarà effettuato senza la partizione delle prime piogge e senza l'autorizzazione allo scarico in corpi d'acqua superficiali per l'aspetto qualitativo rilasciato dalla Provincia di Bergamo. È invece necessaria la comunicazione allo STER, sede di Bergamo, di avvenuta variazione della portata scaricata. Dal punto di vista quantitativo, cioè in termini di limiti di accettabilità di portata di scarico, trattandosi di una immissione diretta nel fiume Brembo ai sensi del comma 6 dell'Allegato B della D.G.R. N. 7/7868 non vige l'obbligo di laminare le portate.

3. DESCRIZIONE RETE FOGNARIA IN PROGETTO

La nuova area adibita a stoccaggio di casse di bottiglie in vetro per l'acqua è posta sulla sponda sinistra del fiume Brembo nella parte nord del comune di Zogno, in particolare nei pressi della località denominata Al Derò. L'area in esame sarà collegata funzionalmente con l'adiacente area di parcheggio e deposito, di proprietà Sanpellegrino S.p.A., già esistente e realizzata con un recente intervento edilizio (2010). Nella nuova area non saranno effettuate lavorazioni industriali e l'unico materiale in deposito consisterà in casse di plastica con bottiglie di vetro vuote o piene d'acqua.

Il piazzale in progetto presenta un'estensione di circa 3.200 mq; data la naturale pendenza del versante sovrastante, il piazzale si presenta quale scarico di un bacino naturale considerevole. In virtù però delle opere da realizzarsi (muro di contenimento lato versante) **non si considera alcun contributo** oltre i deflussi generati dal dilavamento del solo piazzale. Di conseguenza il dimensionamento della rete di collettamento sarà effettuato considerando l'area a piazzale drenata da caditoie stradali. Come riportato nella tavola allegata, verrà anche realizzata una tubazione di drenaggio per acque sub-superficiali che perimetra completamente il nuovo deposito e si riunisce nello scarico delle acque di dilavamento. Sulla base di queste ipotesi, in merito al bacino scolante si sottolinea come, in fase esecutiva, i progettisti dovranno esaminare sistemi in grado di deviare le acque di ruscellamento del versante verso il naturale recapito costituito dal Fiume Brembo senza che vi siano afflussi al piazzale.

Per quanto riguarda il sistema di collettamento del nuovo piazzale la rete delle acque bianche sarà realizzata con caditoie e tubazioni in calcestruzzo atte ai carichi stradali. Tutti gli afflussi saranno raccolti presso l'angolo nord, dove si realizzerà il collegamento della nuova rete fognaria con la rete di raccolta del deposito esistente, prima dell'impianto di trattamento primario (vasca di dissabbiatura, vasca di disoleatura con filtro a coalescenza con otturatore di troppo pieno a servizio dello stesso).

Anche se non richiesto specificatamente dalla normativa in vigore nei confronti delle acque di dilavamento dei depositi, tale sistema di trattamento è adottato in via prudenziale al fine di garantire il rispetto dei limiti qualitativi di cui al D.Lgs. 152/2006 delle acque meteoriche scaricate nel Fiume Brembo.

4. CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE SCARICATE

4.1 Caratterizzazione pluviometrica e ietogramma di progetto

Per la stima della portata scaricata si è proceduto, innanzitutto, ricostruendo le Curve di Possibilità Climatica in particolare per tempi di ritorno pari a 10 e 100 anni. Determinata l'altezza di pioggia critica in funzione del tempo di ritorno si è proceduto alla determinazione della distribuzione di tale volume nel tempo. In particolare per i calcoli eseguiti tramite la convoluzione e per le formule speditive, si è adottato lo ietogramma costante in modo che il volume di pioggia rispetti le **Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica** (in seguito L.S.P.P.).

Per la determinazione della curva di possibilità climatica occorre indagare sugli afflussi meteorici conseguenti a piogge di eccezionali.

Detta h l'altezza di precipitazione in funzione della durata delle piogge stesse, la tecnica idrologica abituale fornisce, per le curve di possibilità climatica, una relazione assai semplice:

$$h = a \cdot d^n \qquad \text{Eq. 4.1}$$

dedotta andando a classificare in ordine decrescente le massime precipitazioni verificatesi in passato ed involupando superiormente i dati di pari ordine.

Oggi si preferisce affidarsi ad un'indagine probabilistica che consenta di trovare una relazione di tipo Eq. 4.1 collegata ad una assegnata probabilità: in termini pratici si vuole trovare l'altezza di pioggia h , relativa ad una certa durata t , che abbia una probabilità assegnata di essere eguagliata o superata o, come si dice, un tempo di ritorno superiore o uguale ad un valore assegnato.

L'indagine idrologica può essere effettuata per comprensori in cui sia funzionante da alcuni decenni un pluviometro registratore; i dati registrati vengono poi pubblicati sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Italiano.

Per il bacino in esame , si può fare riferimento ai dati pluviometrici relativi alle stazioni di San Martino De Calvi (Piazza Brembana) e di Bergamo riportati nel Piano Territoriale di coordinamento Provinciale. Nella tabella a seguire si riportano, a titolo d'esempio, le registrazioni relative alla stazione di Bergamo codice stazione del S.I.M.N. 1021.

Stazione Pluviometrica del S.I.M.N. 1021 BERGAMO - (quota 366 m.s.m.)
SERIE STORICA DEI MASSIMI ANNUALI DELLE PIOGGE (in mm) DELLA
DURATA DI: 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore.

ANNO	10 min	15 min	20 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1936	14.6	19.4	-	-	21.6	31.6	-	46.0	74.6
1937	-	15.0	34.4	49.8	55.0	56.6	-	69.6	87.6
1938	-	-	-	46.0	51.4	54.6	54.8	-	-
1939	12.0	16.0	39.4	-	45.4	52.4	77.8	109	151
1940	19.4	23.0	-	-	39.4	48.0	73.0	97.6	-
1941	13.0	-	-	-	27.8	29.2	30.6	44.0	46.0
1942	-	-	-	21.0	28.0	37.0	42.0	47.0	75.0
1943	-	-	-	17.0	20.0	31.4	36.0	43.6	56.4
1944	-	-	-	29.0	31.0	42.4	58.6	74.2	78.0
1945	-	-	-	15.5	19.0	32.6	43.5	53.6	60.0
1946	-	-	-	17.0	23.0	26.2	40.0	46.2	48.0
1947	-	-	-	21.8	35.8	42.6	43.2	43.2	80.0
1948	-	-	-	25.0	26.0	35.0	55.0	56.0	67.0
1950	-	-	-	37.0	44.6	54.0	54.0	64.4	71.8
1951	-	-	11.8	-	28.0	30.8	48.0	63.0	116
1952	-	-	-	-	38.0	42.2	46.0	57.0	69.0
1953	-	-	-	-	43.6	50.0	57.4	59.0	66.4
1954	-	-	-	16.8	18.0	23.4	24.6	38.6	49.4
1955	9.2	12.2	-	-	39.0	40.6	46.4	54.4	55.0
1956	8.8	-	16.8	11.8	18.2	20.0	24.6	40.6	62.0
1957	-	17.8	22.4	-	36.0	42.6	45.0	45.2	67.4
1958	-	-	-	13.8	22.6	32.0	37.4	43.4	59.0
1959	-	-	-	26.8	60.0	87.8	107	109	109
1960	-	22.2	-	-	41.2	52.4	58.0	86.4	103
1961	-	-	-	34.0	35.2	39.8	39.8	47.0	58.4
1963	-	15.6	-	-	36.8	55.2	55.2	74.2	119
1964	-	-	20.2	-	32.8	36.4	45.6	47.6	70
1965	-	-	-	-	41.4	48.2	51.8	56.2	76.4
1966	13.0	14.8	-	-	35.3	45.0	67.6	73.8	93.2
1967	-	-	19.8	-	24.8	25.8	33.6	46.6	60.8
1968	17.0	-	26.0	50.8	53.0	54.2	61.6	68.2	78.0
1969	-	20.0	-	-	33.4	41.0	41.4	42.6	51.8
1970	-	-	-	29.0	36.0	47.8	68.2	73.8	85.6
1971	-	9.4	14.0	-	21.8	24.0	46.0	56.4	68.6
1972	-	-	-	31.0	35.0	56.6	64.6	66.8	79.6
1973	14.4	15.6	17.6	28.8	38.5	45.8	46.8	76.4	98.4
1974	7.5	8.6	9.8	12.2	15.2	42.0	42.0	42.0	59.2
1975	13.9	18.4	24.3	31.2	33.5	43.6	45.4	54.5	57.4
1976	15.7	21.4	23.6	28.1	28.8	32.7	50.9	65.0	70.4
1977	12.9	16.5	21.1	31.3	34.3	37.6	40.0	57.9	84.5
1978	10.9	11.2	11.6	12.8	20.7	40.7	50.2	50.2	62.6
1979	11.3	13.4	15.6	20.0	25.7	44.5	58.2	90.9	118.8
1980	6.1	6.6	7.1	8.1	11.2	16.8	22.8	32.5	65.0
1981	13.6	17.5	23.4	30.9	34.5	38.4	52.8	76.4	114.4
1982	13.5	13.9	14.3	15.6	18.9	39.8	45.9	63.0	64.8
1983	14.4	17.0	18.7	26.4	27.6	29.4	30.6	31.0	62.0
1984	11.3	13.1	14.8	18.2	29.8	35.6	48.3	54.0	54.6

Tabella 4.1: Serie storica delle piogge di Bergamo (stazione S.I.M.N. 1021)

Riportati tali dati, per ogni stazione pluviometrica, sulla carta probabilistica di Gumbel (esprimente una legge di distribuzione di probabilità normalmente verificata per le piogge intense), si sono ottenuti i parametri che descrivono le L.S.P.P. relative ai diversi tempi di ritorno. La distribuzione di probabilità di Gumbel o EV1 (extreme value 1) è espressa da una legge tipo:

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad \text{Eq. 4.2}$$

e densità di probabilità:

$$p(x) = \alpha \cdot e^{-[e^{-\alpha(x-u)} - \alpha(x-u)]} \quad \text{Eq. 4.3}$$

dove:

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma(x)} \quad \text{Eq. 4.4}$$

$$u = \mu(x) - 0.450 \cdot \sigma(x) \quad \text{Eq. 4.5}$$

Il parametro α , inversamente proporzionale alla deviazione standard, è responsabile della forma del grafico che rappresenta la funzione densità di probabilità: quanto maggiore è α tanto più addensata è la distribuzione. Invece il parametro u (che coincide con la moda della distribuzione) controlla la posizione del grafico: all'aumentare di u il grafico scorre lungo l'asse delle ascisse. Per svincolarsi da questi due parametri, si può introdurre la variabile ridotta

$$y = \alpha \cdot (x - u) \quad \text{Eq. 4.6}$$

La funzione di probabilità assume quindi la forma:

$$P(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{Eq. 4.7}$$

Ed introducendo la definizione di tempo ritorno per la legge di Gumbel si ottiene la seguente distribuzione di probabilità:

$$P = \frac{T-1}{T} = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad \text{Eq. 4.8}$$

E quindi:

$$-\frac{1}{\alpha} \cdot \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) + u = x \quad \text{Eq. 4.9}$$

che consente di calcolare, per una data durata alla quale corrisponde una serie di dati statistici, l'altezza di precipitazione al variare del tempo di ritorno. Eseguendo tale operazione per differenti durate è possibile pervenire al grafico contenente le curve di possibilità pluviometrica (C.P.P.) o linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (L.S.P.P.)

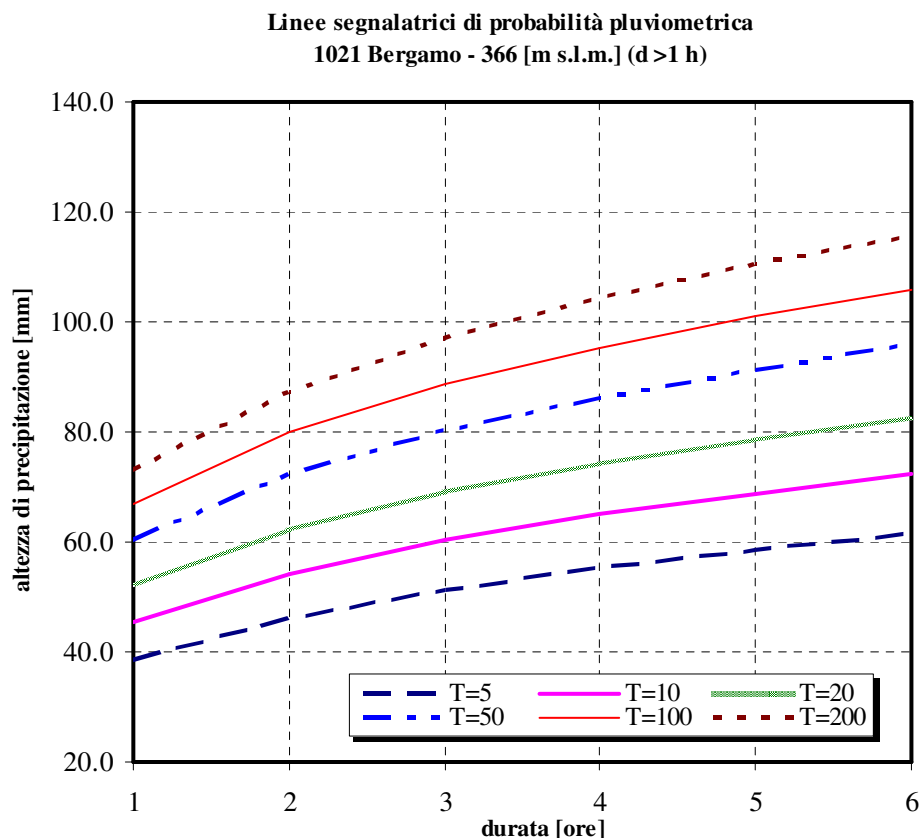


Figura 4.1: Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di Bergamo

Nelle calcolazioni a seguire, data la limitata consistenza dei bacini scolanti, sono stati assunti i parametri relativi a piogge di durate inferiori all'ora. Poiché i dati relativi alla stazione di S.Martino De Calvi di durate 15,30,45 minuti non sono disponibili, si è fatto riferimento ai valori del parametro "a" per durate superiori all'ora come riportati nelle immagini a seguire desunte dal PTCP. Nella pratica idrologica è consuetudine applicare un valore prudenziale di **0.5** al parametro "n" delle linee segnalatrici qualora non disponibili dati desunti dagli annali idrologici.

In sintesi i parametri utilizzati per le calcolazioni sono stati desunti come media fra i valori del parametro "a" della stazione di Bergamo e di San Martino De Calvi e riassunti nella tabella a seguire.

$a_{T=10 \text{ anni}}$ [mm·d ⁿ]	$n_{T=10 \text{ anni}}$ [-]	$a_{T=100 \text{ anni}}$ [mm·d ⁿ]	$n_{T=100 \text{ anni}}$ [-]
41.95	0.500	59.85	0.500

Tabella 4.2: Parametri L.S.P:P. adottati.



Figura 4.2: Mappa iso-a per $Tr = 10$ anni tratte dal P.T.C.P. ($d > 1h$)



Figura 4.3: Mappa iso-a per $Tr = 100$ anni tratte dal P.T.C.P. ($d > 1h$)

4.2 Lo ietogramma di progetto

Per il calcolo delle portate scaricate è stata ipotizzata una pioggia costante con volume congruente con le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica. Definito quindi il volume di pioggia dalla relazione analitica delle L.S.P.P., fissata la durata dell'evento T_c , semplicemente si ricava l'intensità costante di progetto [mm/h]:

$$\int_0^{\theta} i(\tau) \cdot d\tau = a \cdot \theta^n \rightarrow i_{\text{COST}} \cdot T_c = a \cdot T_c^n \rightarrow i_{\text{COST}} = \frac{a \cdot T_c^n}{T_c} \quad \text{Eq. 4.10}$$

Per la durata di pioggia è stata assunta una durata di 3 minuti sulla base del tempo di corrivazione del bacino.

4.3 Il metodo percentuale

Col metodo percentuale, l'altezza di pioggia netta dall'inizio dell'evento fino all'istante t generico è valutata come percentuale dell'altezza di pioggia totale caduta nello stesso tempo (coefficiente di afflusso). Il valore di tale percentuale è usualmente assunto costante e pari ad un opportuno valore per tutta la durata della precipitazione. Questa ipotesi è peraltro priva di qualsiasi fondamento logico ed ha valore puramente operativo. L'adozione di una percentuale ad esempio variabile secondo un'opportuna funzione dell'altezza di pioggia precedentemente caduta, conferisce una maggiore generalità al metodo e può in qualche caso portare ad un miglioramento dei risultati. Non avendo dettagliate conoscenze sui parametri che caratterizzano il terreno del bacino in esame, si è cercato di stimare al meglio il coefficiente di deflusso ϕ suddividendo il bacino in più aree in modo da rendere più semplice la distinzione delle aree omogenee ed attribuendo una percentuale di contributo al deflusso da parte delle stesse aree più permeabili ed una percentuale per il contributo dato dalle aree più impermeabili.

Si è poi proceduto applicando la seguente formula (proposta da Larcán, Mignosa e Paoletti, 1988) per il calcolo del coefficiente d'afflusso:

$$\phi = IMP + C_f \cdot (1 - IMP) \quad \text{Eq. 4.11}$$

dove:

IMP: percentuale di area impermeabile

C_f : coefficiente d'afflusso delle aree permeabili dovuto all'infiltrazione e stimato in funzione sia della durata dell'evento, dalla forma dello ietogramma e dal tipo di suolo.

Recenti studi (Rasulo G. e Gisonni C., 1997) propongono un coefficiente ϕ_{imp} di contributo per le aree impermeabili e di conseguenza l'espressione finale diviene:

$$\varphi = \Phi_{imp} \cdot IMP + \Phi_{perm} \cdot (1 - IMP) \quad \text{Eq. 4.12}$$

I coefficienti parziali ϕ di contributo sono comunque da intendersi come valori non determinati da analisi deterministiche bensì da procedimenti statistici, di conseguenza i valori assunti di seguito sono da riferirsi ad eventi con probabilità di accadimento determinata dal tempo di ritorno assunto. Per le calcolazioni in esame, in relazione alle aree impermeabili è stato utilizzato un parametro pari a **98%** per l'intero bacino trattandosi quasi interamente di parcheggio asfaltato.

4.4 Il metodo della corrivazione

Definito l'afflusso netto che contribuisce alla formazione dell'idrogramma di piena è necessario eseguire la convoluzione al fine di definire la forma dell'idrogramma stesso e quindi anche il valore massimo della portata. Per bacini naturali si applica, nella pratica, il modello cinematico o metodo della corrivazione (Maione, 1977).

Il metodo della corrivazione si basa sulle seguenti ipotesi:

- che la formazione della piena sia dovuta esclusivamente ad un trasferimento di massa liquida (nella letteratura tecnica con il termine "corrivazione" si intende appunto il moto dell'acqua su una superficie in forma di velo liquido);
- che ogni goccia d'acqua si muova sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile, che dipende soltanto dal punto in cui è caduta;
- che la velocità di una goccia non sia influenzata dalla presenza di altre gocce;
- che la portata alla sezione di chiusura si ottenga sommando tra loro le portate elementari, provenienti dalle diverse parti del bacino, che si presentano allo stesso istante alla sezione di chiusura.

Come riportato nella letteratura specifica il modello di corrivazione si basa essenzialmente su un idrogramma istantaneo unitario che si esprime nella seguente forma:

$$h(t) = \frac{1}{A_{bac}} \left(\frac{dA(\tau)}{d\tau} \right)_{\tau=t} \quad \text{Eq. 4.13}$$

oppure, ponendo $a(\tau) = dA/d\tau$,

$$h(t) = a(t) / A_{bac} \quad \text{Eq. 4.14}$$

dove:

A_{bac} = Area totale del bacino sotteso

$t =$ istante di calcolo dell'idrogramma

$A(\tau)$ = curva Aree (A) – tempi (τ) del bacino, cioè la curva che fornisce, in corrispondenza di un qualsiasi tempo di corrivazione τ , l'area A della parte di bacino i cui punti hanno tutti tempo di corrivazione non superiore a τ

$a(\tau)$ = “curva di concentrazione del bacino” cioè derivata della curva area tempi.

Nota l'espressione dell'idrogramma unitario, il valore $q(t)$ della portata in ogni istante t dell'idrogramma di piena può essere calcolato mediante il classico integrale di convoluzione:

$$q(t) = \int_0^t h(t-\tau)i(\tau)d\tau \quad \text{Eq. 4.15}$$

dove:

$h(t-\tau)$ = valore idrogramma unitario all'istante $t-\tau$

$i(\tau)$ = valore dell'intensità di pioggia “ragguagliata” all'istante τ

In realtà il metodo della corrivazione è stato introdotto nella pratica idrologica prima di riconoscere la sua identità nella forma sopra presentata. Come descritto nella letteratura tecnica nella sua forma originaria esso si basava su un'analisi in forma tabellare del contributo fornito istante per istante da ognuna delle aree parziali A_i comprese tra due linee isocorve, cioè quelle che uniscono i punti del bacino con uguale tempo di corrivazione. (in pratica l'impostazione originaria corrisponde ad una discretizzazione dell'integrale di convoluzione sopra riportato). In considerazione dei limitati bacini scolanti, si assume come semplificazione l'assunzione di una curva area tempi con crescita lineare che determina di conseguenza un idrogramma istantaneo unitario di tipo costante.

4.5 Il metodo dell'invaso

Un ulteriore modello di risposta del bacino, è rappresentato dal modello di Nash ampiamente utilizzato nella pratica idrologica. Prima di descrivere il modello di Nash risulta necessario descrivere il metodo dell'invaso che ne è la base.

Secondo il modello dell'invaso il comportamento del bacino a seguito di un evento meteorico è considerato analogo al funzionamento di un serbatoio lineare descritto dalla seguente relazione:

$$q(t) = \frac{W(t)}{k} \quad \text{Eq. 4.16}$$

che lega il volume idrico immagazzinato, $W(t)$, alla portata effluente, $q(t)$, secondo una legge di proporzionalità, dove il parametro **K**, rappresenta la costante di immagazzinamento o invaso del serbatoio.

Considerata l'equazione di continuità del serbatoio

$$\frac{dW(t)}{dt} = p(t) - q(t) \quad \text{Eq. 4.17}$$

dove $p(t)$ indica l'ingresso al serbatoio ed indicando con $q(o)$ la portata defluente dal bacino all'inizio della piena si ricava:

$$q(t) = \int_0^t \left(\frac{e^{-\frac{(t-\tau)}{K}}}{K} \right) p(\tau) + q(o) \cdot e^{-\frac{t}{K}} \quad \text{Eq. 4.18}$$

All'espressione che compare entro le parentesi quadre si dà il nome di idrogramma unitario istantaneo del metodo dell'invaso lineare. Affinché tale metodo possa essere applicato, occorre risolvere l'integrale scritto sopra e stimare la costante temporale K che caratterizza il bacino. Per tale stima si prenda in considerazione il fatto che per un dato bacino la portata critica dovrebbe essere sempre la medesima e quindi uguagliando l'espressione ottenuta con il modello della corrivazione, assai noto in letteratura, con quella del metodo dell'invaso si deduce che:

$$T_{corrivazione} \cong k \cdot 0.65^{\frac{1}{(n'-1)}} \quad \text{Eq. 4.19}$$

Si nota quindi come la costante d'invaso risulti sempre di durata inferiore rispetto al tempo di corrivazione .

4.6 Il metodo di Nash

Un ulteriore metodo indiretto di stima delle portate al colmo è il metodo di Nash o metodo Gamma formulato in base ad uno studio su un folto gruppo di bacini britannici (Nash, 1960). Il modello idrologico è di tipo concettuale cioè analiticamente vuole rappresentare la trasformazione afflussi e deflussi anche se le leggi fisiche che governano tale processo sono profondamente differenti a quelle implementate. Il modello suppone che la formazione della piena avvenga per successivi invasi lineari a cascata cioè la portata in uscita del serbatoio i -esimo rappresenta il volume in ingresso nel serbatoio $i+1$. In questo modo i parametri che gestiscono il modello sono il numero n di invasi lineari in serie e la costante di tempo k di ogni serbatoio e uguale per tutti. In genere è favorevole utilizzare un modello a più parametri in quanto meglio si può adattare agli idrogrammi registrati o comunque si adatta meglio al processo di formazione della piena, ovviamente la stima di tali parametri è tanto più difficile e laboriosa quanto maggiore è il numero dei parametri. Nel caso particolare la presenza di due aree del bacino così ben distinte, l'area collinare e l'area di pianura, può essere in via di principio rappresentata nella cascata di due serbatoi lineari ed, essendo pressoché simile il

parametro di durata critica per le due aree, l'ipotesi di utilizzare un valore univoco di **k** può essere ben accettata.

Ricordando che la formulazione dell'idrogramma unitario istantaneo (in seguito IUH) per il metodo dell'invaso è la seguente:

$$h(t) = \frac{1}{k} \cdot e^{-\frac{t}{k}} \quad \text{Eq. 4.20}$$

e applicando la convoluzione in modo ricorsivo si ottiene l'IUH per due serbatoi di costante k:

$$h(t) = \int_0^t \frac{1}{k} \cdot e^{-\frac{(t-\tau)}{k}} \cdot \frac{1}{k} \cdot e^{-\frac{\tau}{k}} \cdot d\tau = \frac{t}{k^2} \cdot e^{-t/k} \quad \text{Eq. 4.21}$$

Infine per un numero **n** di serbatoi in serie l'IUH risulta quindi :

$$h(t) = \frac{t^{n-1}}{(n-1)! k^n} \cdot e^{-t/k} \quad \text{Eq. 4.22}$$

Per la determinazione del parametro temporale k si possono fare analoghe considerazioni a quelle fatte nel confronto fra il modello della corrivazione e il modello dell'invaso lineare e quindi si ottiene che, definito T_c il tempo di corrivazione dell'intero bacino e T_p il tempo di picco dell'idrogramma di piena, la seguente formula:

$$k = \frac{T_p}{(n-1)} \quad \text{Eq. 4.23}$$

$$T_p = 0.5 \cdot T_c \quad \text{Eq. 4.24}$$

Per il bacino in esame è stato adottato il valore di **n = 3**.

In sintesi i risultati ottenuti dall'applicazione del modello di Nash mostrano i seguenti valori di portata generata dal nuovo bacino in progetto, da avviare allo scarico nel Fiume Brembo:

- Tr = 10 anni Q= 125 l/s;
- Tr = 100 anni Q= 178 l/s.

A tale portata si aggiungerà la portata del drenaggio che perimetra l'area. La stima di tale portata è di difficile definizione in quanto dipende dal bacino effettivo sotterraneo soprattutto sul lato di monte verso il pendio naturale del versante. Si ritiene che il contributo raccolto dal drenaggio sia limitato a qualche decina di l/s che per sicurezza si pone numericamente pari a 20 l/s.

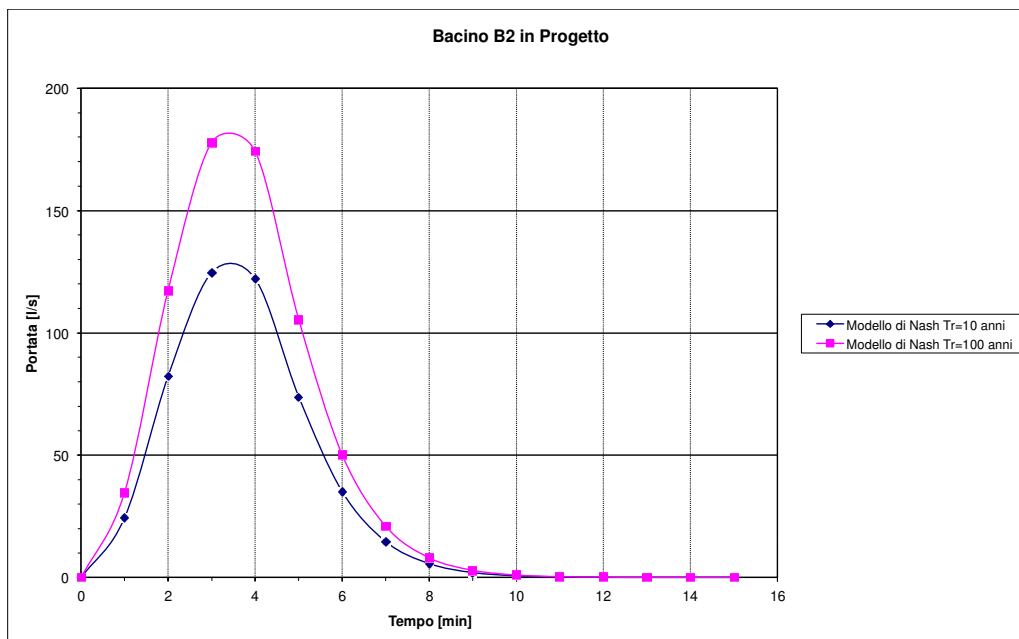


Figura 4.4: Idrogramma afflussi aree in progetto.

Pertanto in sintesi le portate generate nel nuovo bacino da scaricate nel Fiume Brembo saranno:

- Tr = 10 anni $Q = 125 \text{ l/s} + 20 \text{ l/s} = 145 \text{ l/s}$
- Tr = 100 anni $Q = 178 \text{ l/s} + 20 \text{ l/s} = 198 \text{ l/s}$.

5. VERIFICA SCARICO A FIUME ESISTENTE

Ai fini del calcolo della nuova portata da scaricare a fiume, con la metodologia di calcolo testé utilizzata per la determinazione degli afflussi del nuovo bacino in progetto, è stato risimulato il comportamento del bacino esistente. I risultati ottenuti confermano quanto già determinato nello studio idraulico a corredo della richiesta di autorizzazione che ha portato nel 2008 alla realizzazione dello scarico esistente (Atto 2152 dell' 8 settembre 2008)

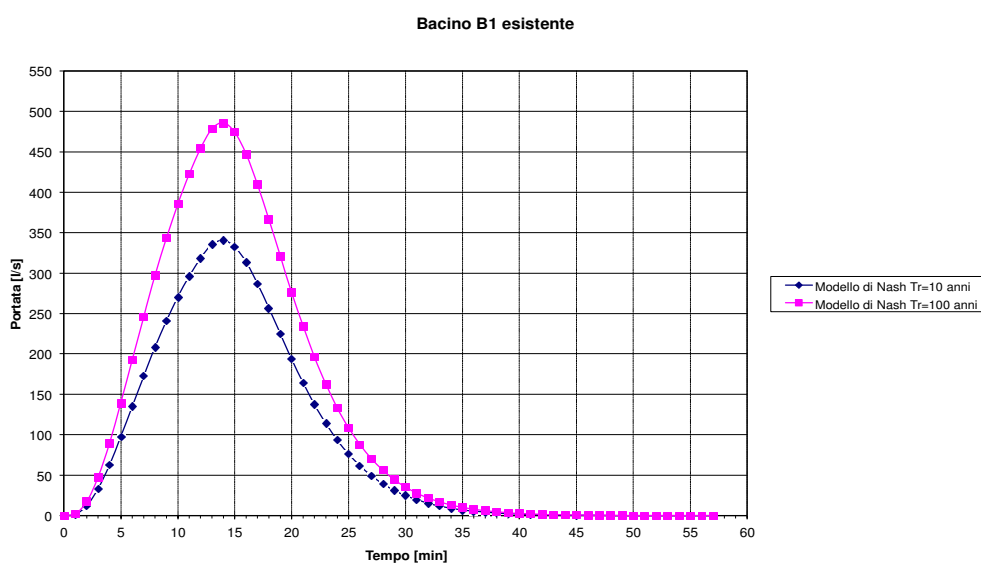


Figura 5.1: Idrogramma afflussi area esistente.

- Tr = 10 anni Q= 340 l/s
- Tr = 100 anni Q= 485 l/s

Come nel bacino in progetto a tale portata si aggiungerà la portata del drenaggio che perimetra l'area. La stima di tale portata è di difficile definizione in quanto funzione del bacino effettivo sotterraneo. Si ritiene che il contributo raccolto dal drenaggio sia limitato a qualche decina di l/s che per sicurezza si pone numericamente pari a 80 l/s.

Lo sfasamento temporale delle onde di piena generate nei due bacini (B1 esistente e B2 in progetto) con tempi di corrivazione diversi, porta al risultato finale che, pur con l'aggiunta

a valle del nuovo bacino B2 in progetto, non vi è incremento della portata massima da scaricare a fiume che quindi é confermata come quella generata dal bacino B1 esistente:

- Tr = 10 anni $Q = 340 \text{ l/s} + 80 \text{ l/s} = 420 \text{ l/s}$;
- Tr = 100 anni $Q = 485 \text{ l/s} + 80 \text{ l/s} = 565 \text{ l/s}$

già utilizzata ai fini della autorizzazione rilasciata nel 2008 per complessivi 0,6 mc/s.

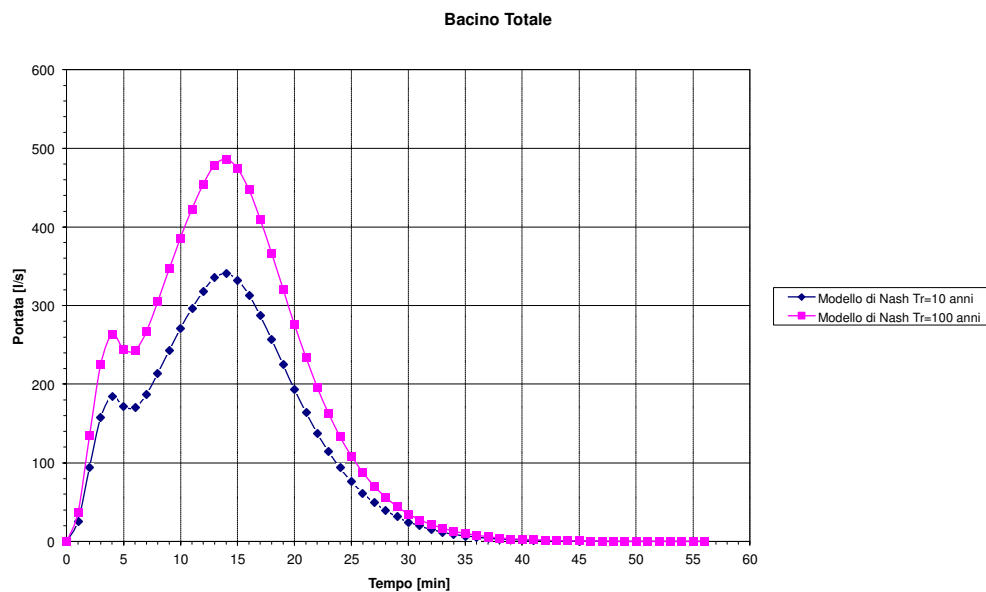


Figura 5.2: Idrogramma afflussi bacino totale

6. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA RETE FOGNARIA

6.1 Dimensionamento dei collettori

Per la verifica dei collettori si procede al calcolo della portata per eventi decennali per ciascun sottobacino scolante. Si faccia riferimento alla tavola in progetto allegata per la nomenclatura adottata.

Prog			Risultati	
ID tratto	Sup. tratto	Sup. accumulata	Tempo corriv.	Portata al colmo
	[Ha]	[Ha]	[min]	[l/s]
1-2	0,0898	0,0898	2	56,17
2-3	0,1196	0,2094	2,5	106,94
3-4	0,1075	0,3169	3	161,84

Tabella 0.1: Portate critiche per eventi decennali metodo corrivazione

6.2 Criteri di calcolo per la verifica dei collettori.

Definita la portata critica si procede al dimensionamento e verifica delle sezioni dei nuovi collettori in base alle condizioni semplificate di moto uniforme. Tale ipotesi è nella pratica progettuale accettabile per gli scopi del presente studio.

Il dimensionamento dei condotti è stato eseguito utilizzando la formula di Chezy relativa al moto monodimensionale di correnti gradualmente variate con condizioni permanenti nel tempo e con l'ipotesi di distribuzione delle velocità costante in ogni sezione :

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R(h) \cdot i} \quad \text{Eq. 0.1}$$

dove il coefficiente di resistenza χ è stato calcolato con la formula di Gauckler - Strickler:

$$\chi = k_s \cdot R(h)^{\frac{1}{6}} \quad \text{Eq. 0.2}$$

Nelle formule precedenti i simboli hanno i significati seguenti:

Q = portata di progetto $[\text{m}^3/\text{s}]$

A = area bagnata $[\text{m}^2]$

$R = \frac{A}{P}$ = raggio idraulico $[\text{m}]$

P = perimetro bagnato $[\text{m}]$

i = pendenza del condotto $[-]$

χ = coefficiente di resistenza $[\text{m}^{1/2}\text{s}^{-1}]$

k_s = coefficiente di scabrezza relativo al materiale costituente il condotto $[\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}]$

Il coefficiente di scabrezza è quindi relativo al tipo di materiale ed alle condizioni di usura dello stesso. I valori adottati nella pratica sono i seguenti:

60 $[\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}]$ per tubazioni in calcestruzzo in esercizio da diversi anni;

75 $[\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}]$ per tubazioni in calcestruzzo turbocentrifugato di nuova realizzazione;

85 $[\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}]$ per tubazioni con rivestimento interno in materiale plastico.

Tali valori sono stati desunti dalle indicazioni dell'America Society for Testing Materials (ASTM) e della Water Pollution Control Federation (WPCF).

La verifica del collettore risulta positiva se si ottengono gradi di riempimento, da intendersi come rapporto fra la portata critica e la portata a riempimento, inferiori a 0.85.

1.1 7.3 Verifica dei collettori.

Si procede ora alla verifica dei collettori di progetto indicando il grado di riempimento ed il rapporto di riempimento (tirante idrico/diametro) in base alla scala delle portate e delle velocità per le condotte circolari illustrata nella figura a seguire.

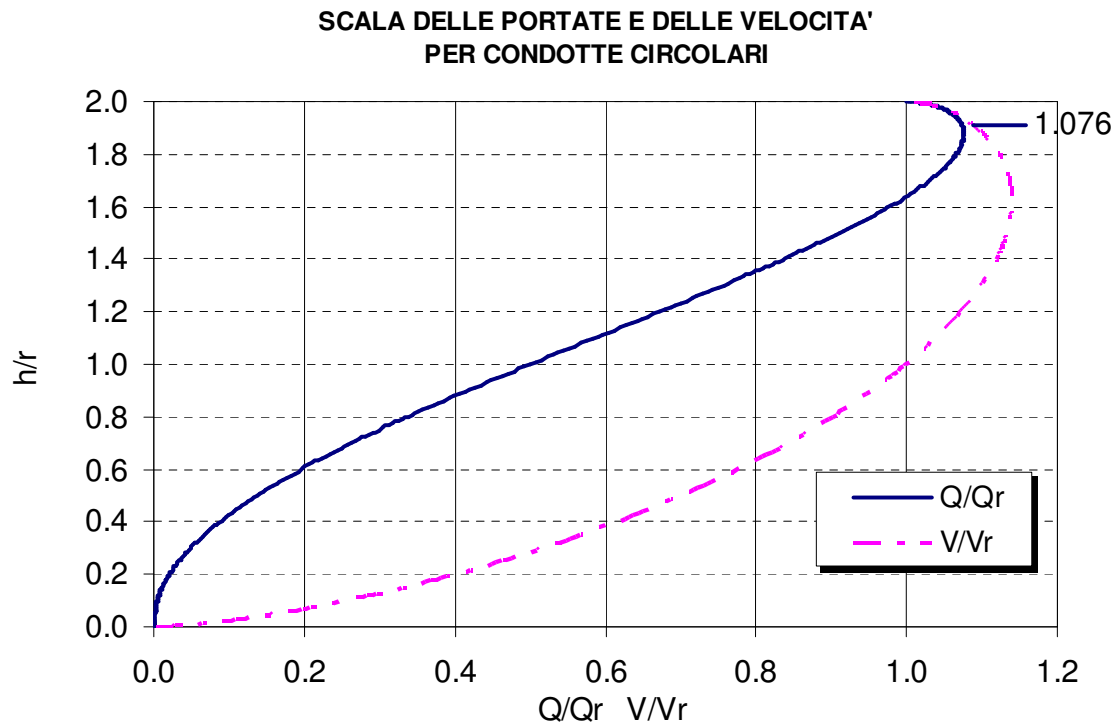


Figura 0.2: Scala delle portate per condotte circolari

ID tratto	Pendenza fondo	Portata progetto	diam. Collettore	coefficiente scabrezza	Grado di riempimento	Velocità	Portata di riempimento
	[%]	[l/s]	[mt]	[m ^{1/3} /s]	[-]	[m/s]	[l/s]
1-2	0,80	56,00	0,30	70	0,71	1,23	79,00
2-3	0,80	107,00	0,40	70	0,63	1,50	170,00
3-4	0,80	162,00	0,50	70	0,53	1,48	307,00

Tabella 0.2: Portate critiche per eventi decennali metodo corrivazione