

**Strada Statale 7 Ter "Salentina"
ITINERARIO BRADANICO - SALENTINO**

LAVORI DI AMMODERNAMENTO DEL TRONCO MANDURIA - LECCE
1° LOTTO - 2° STRALCIO

COMPLETAMENTO FUNZIONALE DELLA VARIANTE ALL'ABITATO DI S. PANCRAZIO SALENTINO (BR)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. BA 128

PROGETTAZIONE: ANAS - COORDINAMENTO TERRITORIALE ADRIATICA

IL PROGETTISTA
Ing. Gianfranco PAGLIALUNGA

ESPROPRI
Geom. Fiorentino AGRIMANO

COLLABORATORI
Avv. Claudia MASSARO
Geom. Andrea DELL'ANNA
Geom. Giuseppe CALO'

IL GEOLOGO
Dott. Pasquale SCORCIA

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Geom. Dario LEONE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Vito RICCARDI

IL RESPONSABILE DI PROGETTO COORDINAMENTO TERRITORIALE ADRIATICA
Ing. Marianna GRISOLIA

RESPONSABILE PROJECT MANAGEMENT PUGLIA
Ing. Nicola MARZI

ATTIVITA' DI SUPPORTO

IDROLOGIA E IDRAULICA
Relazione idrologico - idraulica

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

CTBA02 D 1801

NOME FILE

T00_ID00_IDR_RE01_C.dwg

CODICE ELAB. T00 ID00 IDR RE01

REVISIONE

C

SCALA:

FOGLIO:

DI

C

Emissione a seguito CTA e Cds

Febbraio 2019

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	3
2.1	NORMATIVA NAZIONALE	3
2.2	NORMATIVA REGIONALE	5
2.3	PIANIFICAZIONE TERRITORIALE	6
3	INQUADRAMENTO PIANO DI BACINO	7
4	IDROLOGIA	8
5	SISTEMI DI ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE DAL PIANO VIABILE E DI COMPENSAZIONE DEI VOLUMI PER LE ACQUE DI BACINO	9
5.1	REQUISITI PRESTAZIONALI	9
5.2	SCHEMA IDRAULICO	10
5.2.1	Sistema 1 – Allontanamento delle acque incidenti sulla piattaforma stradale	11
5.2.2	Sistema 2 – Compensazione dei volumi delle acque di bacino	13
5.2.3	OsservAzioni suI Sistemi idraulici progettati	13
5.3	PORTATE DI PROGETTO	15
5.4	VERIFICA INTERASSE DEGLI EMBRICI	17
6	DIMENSIONAMENTO SISTEMI IDRAULICI	19
6.1	METODO DEL CURVE NUMBER	21
6.2	METODO DI HORTON	25
6.3	SISTEMI DI SUB-DRENAGGIO	26
6.4	METODO DEI MASSIMI INVASI	27
7	OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO	34
8	CONFRONTO CON STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA REDATTO DA ANAS NEL 2012	35
9	ALLEGATI	39

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le caratteristiche del tracciato di progetto dei lavori di ammodernamento della SS 7 ter nel tronco Manduria – Lecce, 1° Lotto – 2° Stralcio, inerenti il completamento funzionale della variante all'abitato di San Pancrazio Salentino (BR).

Il tracciato di cui trattasi si sviluppa in prosecuzione del I stralcio del lotto 1 della S.S 7 ter esistente e realizzato a 4 corsie e si sviluppa per circa 3 km completamente in variante a sud dell'abitato di San Pancrazio Salentino fino a reinserirsi sull'attuale sede a due corsie.

La sezione tipologica del II stralcio sarà di tipo C secondo la geometria prevista nel DM 5 Novembre 2001, n. 6792.

Per quanto concerne alcune opere in progetto, l'area interessata dalla variante interseca il reticolo idrografico indicato con la linea blu sulla cartografia IGM 1:25.000 allegata al PAI. Per tale ragione, nell'ambito di una precedente fase progettuale che viene (riportato in allegato separato), venne effettuato uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica, che ha ottenuto parere favorevole dall'Autorità di Bacino della Puglia in data 06/07/2012.

Sulla scorta di tale studio è stato elaborato un nuovo sistema di gestione delle acque di bacino che ha tenuto conto delle modifiche introdotte con l'attuale progettazione e che è stato dimensionato e verificato per minimizzare il più possibile, garantendo un adeguato con margine di sicurezza, l'interferenza della nuova opera con il bacino imbrifero stesso.

Per il dimensionamento di tutti gli elementi che costituiscono il sistema di gestione delle acque di bacino, il calcolo delle portate massime di progetto è stato effettuato secondo i metodi illustrati nei paragrafi successivi, mentre le superfici attribuite sono state suddivise in base alla natura ed alla permeabilità delle aree interessate: manto stradale e terreni limitrofi.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riportano i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale e regionale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico - idraulico, ambientale e di difesa del suolo.

2.1 NORMATIVA NAZIONALE

Rd 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie. *Dpr 15/01/1972 n° 8*

Trasferimento alle regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

L. 319/76 (legge merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento. La legge sancisce l'obbligo per le regioni di elaborare

il piano di risanamento delle acque.

Dpr 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle regioni

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi. Vengono individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione; vengono istituiti il comitato nazionale per la difesa del suolo e l'autorità di bacino. Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale e date le prime indicazioni per la redazione dei piani di bacino.

L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

Dl 04/12/1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (convertito con modificazioni dalla l. 61/94).

L. 36/94 (legge galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

Dpr 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183.

Dpr 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino.

Dpcm 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della legge Galli).

Decreto legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59

Dpcm 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, n. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia.

L. 267/98 (legge Sarno)

Conversione in legge del dl 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania. La legge impone alle autorità di bacino nazionali e interregionali la redazione dei piani stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio.

L. 365/00 (legge Soverato)

Conversione in legge del dl 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile; individua la procedura per

l'adozione dei progetti di piano stralcio; prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio.

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Tale decreto ha riorganizzato le autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Sostituisce ed integra il dl 152/99.

2.2 **NORMATIVA REGIONALE**

Legge regionale n. 19 del 1997

Aree protette

Dgr 1492-99

Adozione piano straordinario interventi urgenti ai sensi dell'art. 1 bis della legge n. 3 agosto 1998, n. 267 e legge n. 13 luglio 1999, n. 22

Legge n. 13 del 2000

Procedure per l'attuazione del programma operativo della regione puglia 2000-2006.

Legge n.17 del 2000

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi in materia di tutela ambientale.

Legge n. 25 del 2000

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi in materia di urbanistica e pianificazione territoriale e di edilizia residenziale pubblica.

Legge n.12 del 2001

Istituzione dell'autorità di bacino dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore.

Legge n.13 del 2001

Norme regionali in materia di opere e lavori pubblici.

Legge n. 20 2001

Norme generali di governo e uso del territorio.

Legge n.19 del 2002

Istituzione dell'Autorità di bacino della puglia

Regolamento regionale 9 dicembre 2013, n°26

Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia (attuazione dell'art. 113 del Dl.gs. n. 152/06 e ss.mm. ed ii.)

2.3 PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Pianificazione Autorità di Bacino

“Il Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessarie a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso. Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall’articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, sovraordinato, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell’Autorità di Bacino della Puglia” (Art.1 Norme tecniche di attuazione PAI Puglia, novembre 2005).

In relazione alle condizioni idrauliche e idrogeologiche, alla tutela dell’ambiente ed alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, sono soggette alle norme dell’Autorità di Bacino le aree classificate in base alla pericolosità idraulica:

- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggetta ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni;
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggetta ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggetta ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni.

Piano Tutela delle Acque

Tale Progetto di Piano è stato adottato con Delibera della Giunta Regionale 19 giugno 2007, n. 883.

3 INQUADRAMENTO PIANO DI BACINO

La zona interessata dagli interventi ricade all'interno della pianificazione dell'autorità di Bacino della regione Puglia.

Il PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) rappresenta la sintesi e la condivisione fra tutti i soggetti chiamati al governo ed alla gestione del territorio delle problematiche e delle conoscenze inerenti la pericolosità del territorio e degli interventi necessari e sufficienti a mettere in sicurezza i bacini idrografici. Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessarie a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso. Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia. In relazione alle condizioni idrauliche e idrogeologiche, alla tutela dell'ambiente ed alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, sono soggette alle norme dell'autorità di bacino le aree classificate in base alla pericolosità idraulica:

- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggetta ad essere allagata per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni;
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggetta ad essere allagata per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggetta ad essere allagata per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni;

Con riferimento alla Planimetria di inquadramento nell'ambito del PAI, la zona interessata dai lavori di realizzazione della variante non ricade all'interno di alcuna delle aree classificate a pericolosità idraulica, ma interferisce con le aree Artt. 6 e 10 delle NTA del PAI come meglio spe-

cificato nel paragrafo 8 denominato confronto con studio di compatibilità idraulica redatto da Anas nel 2012.

4 IDROLOGIA

Le precipitazioni che si abbattano sulla sede stradale possono produrre un deflusso superficiale di non trascurabile entità. Ciò è tanto più vero quanto più le precipitazioni sono brevi ed intense. Per l'analisi idrologica delle piogge è perciò necessaria la definizione del regime delle piogge di breve durata e notevole intensità.

L'elaborazione dei dati pluviometrici forniti da una stazione di misura delle piogge si svolge ricercando, con metodi statistici-probabilistici, la relazione esistente tra l'altezza h delle precipitazioni e le loro durate τ . Le relazioni $h = h(\tau)$ sono generalmente date nella forma: $h = a \tau_c^n$ nella quale le costanti a (funzione del periodo di ritorno T_r) ed n sono determinate caso per caso.

I diagrammi di tali funzioni sono le cosiddette curve di possibilità pluviometrica che, scrivendo l'equazione in forma logaritmica, diventano delle rette del tipo: $\log h = \log a + n \log \tau_c$. Rappresentando tali rette in un diagramma cartesiano in scala bilogaritmica, il valore di a si legge direttamente misurando l'intercetta sull'asse y , mentre il valore di n altri non è che il coefficiente angolare della stessa retta.

Ovviamente per la determinazione di a ed n si fa riferimento ai dati pluviometrici osservazionali registrati negli anni dalle varie stazioni pluviometriche disponibili in zona.

Nel caso in questione sono stati presi come riferimento i dati della stazione pluviometrica di San Pancrazio Salentino (lat. 40°25'10.3"; long. 17°50'26.0") messi a disposizione dalla Regione Puglia – Settore Protezione Civile – Ufficio Idrografico e Mareografico e aggiornati al 2005. Tali dati sono riportati nella FIG. 1.

Per l'elaborazione statistica è stato adottato il metodo di GUMBEL che, come è noto, si basa sul seguente criterio.

Alle precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi fra loro indipendenti, si può applicare la seguente descrizione statistica, comune a molte serie idrologiche:

$$X (Tr) = X_m + F \times S_x$$

essendo

$X (Tr)$ il valore dell'evento caratterizzato da un periodo di ritorno Tr , ossia l'evento che viene eguagliato o superato mediamente ogni Tr anni;

X_m il valore medio degli eventi considerati

F fattore di frequenza

S_x scarto quadratico medio della variabile in esame

Nella FIG.2 sono riportati i valori dei parametri occorrenti per la determinazione delle altezze di pioggia per 1-3-6-12-24 h con tempi di ritorno di 5, 25 e 200 anni.

Al fine di valutare l'adattamento della legge di GUMBEL alla serie statistica considerata, è stato applicato il test di PEARSON, onde accettare o rifiutare l'ipotesi che la legge probabilistica considerata ben si adatti al campione. Nella FIG. 3 è riportato il test per le precipitazioni di massima intensità di durata $t = 1$ h.

Con i valori così determinati sono state ricavate le equazioni di possibilità pluviometrica riportate nella FIG. 4.

Di seguito si riportano i valori delle altezze di pioggia orarie per i vari tempi di ritorno:

Tr	h_1
5	50.75
25	74.03
50	83.40
200	102.75

5 SISTEMI DI ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE DAL PIANO VIABILE E DI COMPENSAZIONE DEI VOLUMI PER LE ACQUE DI BACINO

5.1 REQUISITI PRESTAZIONALI

La soluzione per l'allontanamento delle acque meteoriche incidenti sulla pavimentazione stradale è stata progettata al fine di soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire la sicurezza degli utenti anche nel caso di forti precipitazioni impedendo il verificarsi del pericoloso fenomeno dell'aqua-planning e quindi impedendo il formarsi di ristagni sulla pavimentazione stradale; a tal fine la sovrastruttura stradale viene opportunamente sagomata prevedendo pendenze trasversali minime che consentano l'allontanamento rapido delle acque meteoriche ai bordi della carreggiata dalla quale, mediante la predisposizione di idonee scoline in embrici di cls, le stesse vengono trasferite ai piedi del rilevato stradale;
- garantire la stabilità dei rilevati e impedire lo scalzamento degli stessi al piede, a tal fine è stata prevista la realizzazione di fossi di guardi in terra opportunamente dimensionati progettati in maniera tale da evitare il ruscellamento delle acque e favorire la loro permeabilità.

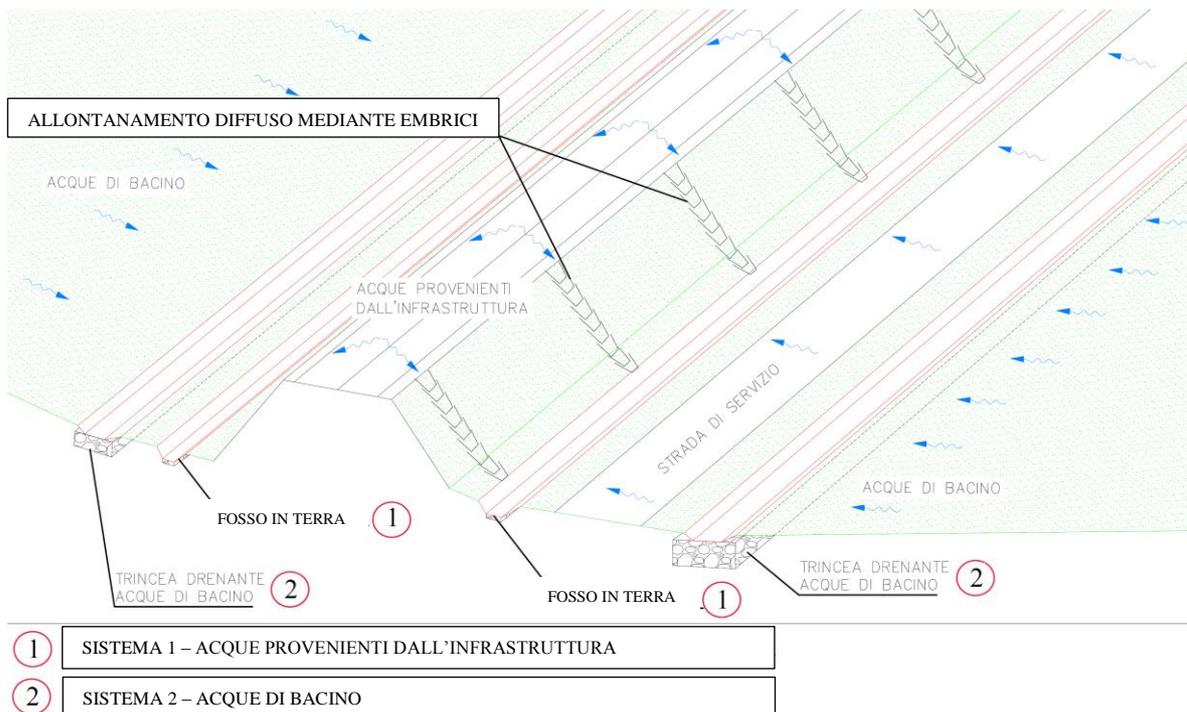
Per quanto riguarda il sistema di compensazione dei volumi per le acque di bacino, occorre preliminarmente evidenziare che i terreni attraversati dal nuovo tratto di strada sono caratterizzati da basse se non scarse permeabilità ed hanno un andamento altimetrico costante e sono pressoché privi di dislivelli e versanti significativi ai fini della formazione di vie preferenziali di scorrimento superficiale delle acque meteoriche; di fatto lo scorrimento superficiale delle acque avviene attraverso la viabilità secondaria esistente.

Per tale motivo, soprattutto a seguito di eventi meteorici intensi, l'acqua piovana che non trova scorrimento sulla viabilità esistente, ristagna in superficie invasandosi in pozzanghere e piccole conche endoreiche di modesta profondità per poi drenare lentamente negli strati più profondi del terreno. Per tali acque è stato studiato un sistema che consenta, per quanto possibile, di aumentare la capacità drenante del terreno, previa sostituzione dello stato superficiale del terreno poco permeabile e che preveda la compensazione degli attuali volumi di invaso superficiale che saranno fisicamente occupati dalla nuova opera, mediante la realizzazione di un fosso in terra opportunamente dimensionato.

5.2 SCHEMA IDRAULICO

E' prevista, quindi, la realizzazione di un doppio sistema idraulico superficiale: il primo dedicato all'allontanamento delle acque meteoriche incidenti sull'infrastruttura di progetto ed il secondo di compensazione dei volumi dedicato alle acque di bacino provenienti dalle aree esterne

all'opera. I due sistemi, non sono posti in collegamento e sono indipendenti così come illustrato nella seguente figura

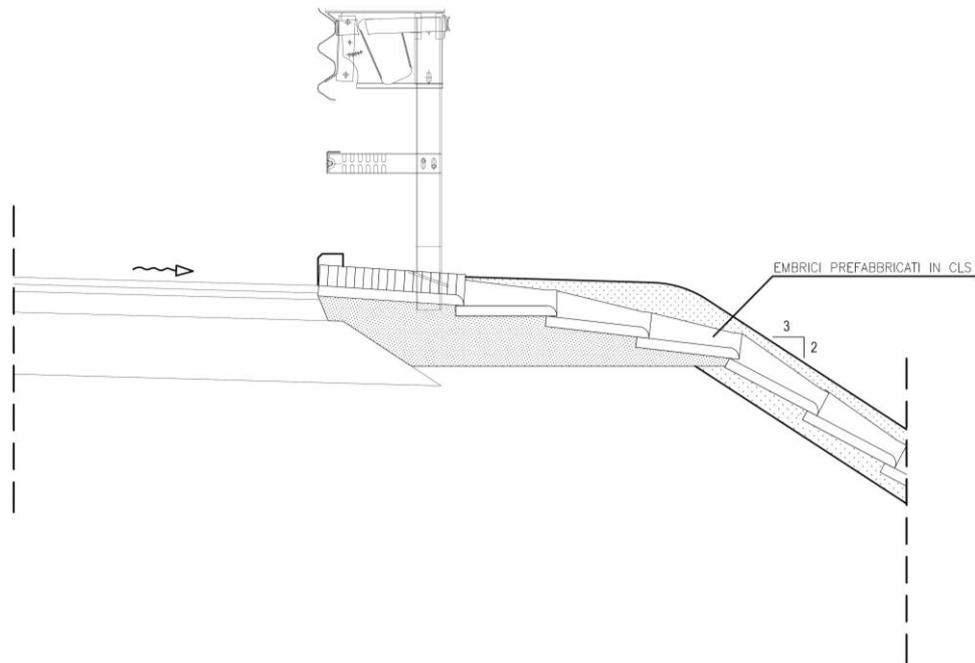


5.2.1 SISTEMA 1 – ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE INCIDENTI SULLA PIATTAFORMA STRADALE

Il Sistema 1 prevede l'allontanamento delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie stradale in maniera frazionata e diffusa lungo tutto il tracciato, mediante la predisposizione di scoline in embrici di cls posti ad interasse opportuno e fossi in terra al piede del rilevato, realizzati con pendenza longitudinale pressoché nulla. Il fosso avrà sezione trapezoidale con base maggiore di 2,50 m, base minore di 1,50 m e altezza pari a 0,50 m.

Il sistema è privo di collettamento ed è dimensionato in funzione delle acque provenienti dalla sede stradale principale e dalla viabilità di servizio, ove affiancata all'asta principale, che è comunque realizzata con pavimentazione di tipo permeabile.

Un cordolo realizzato a bordo della carreggiata impedirà l'erosione delle scarpate.



In corrispondenza delle sezioni in viadotto, l'allontanamento delle acque avverrà attraverso dei bocchettoni muniti di griglie realizzate mediante una lamiera mandrolata forata che attraverso dei tubi discendenti ammorsati alle pile trasferirà l'acqua dagli impalcati al terreno sottostante.

Gli elementi per la raccolta e di trasferimento delle acque sono dimensionati rispetto all'evento con tempo di ritorno pari a 25 anni.

Il fosso in terra alla base del rilevato stradale è stato invece dimensionato sia per la sollecitazione meteorica con tempo di ritorno pari a 50 anni come da indicazioni fornite nei capitoli ANAS, che per tempo di ritorno pari a 200 anni, per mantenere distinte le acque provenienti dalla piattaforma da quelle di bacino provenienti dalle aree esterne all'infrastruttura in corrispondenza della sollecitazione duecentennale.

5.2.2 SISTEMA 2 – COMPENSAZIONE DEI VOLUMI DELLE ACQUE DI BACINO

Il *Sistema 2* prevede che il surplus delle acque meteoriche incidenti sul bacino interessato dall'opera in oggetto e provenienti esclusivamente da aree ubicate all'esterno della stessa venga dapprima invasato in un cunettone sterrato opportunamente dimensionato e poi drenato per sub-dispersione negli strati superficiali del terreno la cui permeabilità verrà migliorata prevenendo al di sotto dei cunettoni e lungo tutto lo sviluppo degli stessi, delle trincee drenanti costituite da cavi riempiti di ghiaia. In particolare, i cunettoni avranno sezione trapezoidale con base maggiore di 2,50 m, base minore di 1,50 m e altezza pari a 0,50 m; le sottostanti le trincee sub-drenanti avranno sezione rettangolare di dimensioni pari a 7.00 x 1.30 m, quella lato San Pancrazio e pari a 5.00 x 1.30 m per quella lato Guagnano. I cunettoni anche in questo caso avranno pendenza longitudinale pressoché nulla per impedire il collettamento in senso longitudinale (rispetto all'asse della strada da realizzare), delle acque di bacino mentre sono collegati tra loro, in senso trasversale all'infrastruttura, attraverso una serie di tombini che hanno la sola funzione di garantire di trasparenza idraulica dei rilevati stradali consentendo, nel caso di eventi meteorici intensi, di mettere in comunicazione le trincee sub-drenanti.

Questo secondo sistema ha lo scopo di migliorare il drenaggio delle acque meteoriche (le trincee drenanti hanno un potere drenante nettamente superiore al terreno attuale) ricadenti nelle aree limitrofe all'intervento che come già detto si presentano pianeggianti e prive di vie di deflusso definite, limitando di fatto i fenomeni di ristagno dovuti alla configurazione morfologica del terreno.

Il sistema è stato dimensionato per la raccolta e il sub-drenaggio delle acque di pioggia con tempo di ritorno pari a 200 anni.

5.2.3 OSSERVAZIONI SUI SISTEMI IDRAULICI PROGETTATI

Lo schema di drenaggio adottato prevede l'allontanamento diffuso delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale di progetto alla base del rilevato, attraverso scoline in embrici, e la realizza-

zione di fossi in terra posti a protezione delle scarpate dei rilevati e pressoché privi di pendenza longitudinale; il frazionamento delle acque incidenti sul piano viabile attraverso la realizzazione di scoline in embrici di cls poste a interasse molto ridotto, (da 4 a 13 ml), di fatto impedisce il collettamento delle acque, non solo di prima pioggia ma anche quelle successive, in aree puntuali.

I due sistemi sono stati progettati in maniera tale da mantenere distinte le acque provenienti dalla piattaforma da quelle di bacino provenienti dalle aree esterne all'infrastruttura, con particolare riferimento alle acque meteoriche di dilavamento il cui drenaggio è normato dal Regolamento della Regione Puglia n. 26 del 9 dicembre 2013.

Per le ragioni sopra esposte e anche in considerazione che l'opera di fatto NON SARA' PROVVISORIA di sistemi di collettamento, nemmeno a cielo aperto, si ritiene che non sia necessario prevedere i trattamenti delle acque di piattaforma non rientrando la medesima opera nei presupposti previsti dal citato Regolamento Regionale, con particolare riferimento a quanto in esso riportato al comma 10 dell'art. 4.

I due sistemi sopra descritti sono stati inoltre dimensionati in modo da scongiurare il contatto diretto delle acque in ingresso con la falda superficiale. Si tratta di una falda superficiale la cui presenza è strettamente stagionale essendo dipendente dagli afflussi meteorici che caratterizzano i mesi autunnali e invernali. I vari sondaggi eseguiti hanno fornito valori altalenanti dei livelli statici di falda, in base al carattere effimero intrinseco alla falda stessa.

Per la ricostruzione delle caratteristiche della falda superficiale sono stati utilizzati i dati provenienti da tre campagne di indagine (2010, 2018, 2019). Di seguito si riportano i dati relativi alle varie campagne di indagine:

- 2010 : falda non presente negli 8 sondaggi (fatto salvo un esiguo livello nel sondaggio 2, a profondità compresa tra - 3,5 e -4,5 m dal p.c.). L'assenza è correlata al periodo di indagine, ossia ottobre, e quindi posteriormente ai mesi estivi di minimo o nullo afflusso;

- 2018 : livello di falda misurato rispettivamente a – 2,5 mt dal p.c. nel Sondaggio Si4 e a – 1,8 mt dal p.c. nel Sondaggio Si5; la presenza, rilevata nel mese di giugno, quindi posteriormente al periodo stagionale di afflusso conferma la stagionalità dell'evento (di seguito le schede relative ai due piezometri);
- 2019 : livello di falda misurato in entrambi i Sondaggi Si1 e Si3 a – 2,0 mt dal p.c. ; si conferma ulteriormente l'andamento stagionale del livello medesimo, in questo caso rilevato nel mese di gennaio, a valle di un periodo autunnale caratterizzato da eventi meteorici intensi.

In definitiva, le valutazioni progettuali tengono conto della presenza di linee d'acqua che oscillano nel corso dell'anno, con livelli massimi medi pari a - 2 mt dal p.c. Gli elementi disperdenti sono stati posizionati al di sopra del livello massimo medio individuato, ed in modo da non scendere oltre il livello massimo registrato delle linee d'acqua registrate nei sondaggi effettuati nella stagioni caratterizzate da livelli meteorici intensi (-1.8 m dal p.c.).

5.3 PORTATE DI PROGETTO

Per il calcolo delle portate di progetto da utilizzare nelle verifiche degli elementi di raccolta e sub-drenaggio delle acque di piattaforma, è stato utilizzato il metodo razionale.

La formula razionale per la previsione della portata di massima piena, per assegnato tempo di ritorno, è direttamente dedotta dal metodo cinematico, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica sia pari al tempo di corrivazione tc .

La massima portata al colmo di piena, espressa in mc/s, è calcolata mediante la seguente relazione:

$$Q_{\max} = C i A/3600000$$

C è il coefficiente di deflusso,

$i = h/tc$ è l'intensità della precipitazione, in mm/h, corrispondente ad una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione e dipendente dal tempo di ritorno,

A è l'area della superficie del bacino espressa in mq.

Il metodo razionale considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata di piena in modo rigoroso sotto le seguenti ipotesi:

- l'intensità di precipitazione è costante per tutta la durata dell'evento meteorico che si considera equivalente al tempo di corrivazione;
- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T_r di quello utilizzato per la determinazione dell'intensità di pioggia;
- il coefficiente di deflusso è costante durante l'evento e indipendente dall'intensità di precipitazione;
- la portata è nulla all'istante iniziale;
- il modello di trasformazione afflussi-deflussi è di tipo lineare stazionario.

Il coefficiente C è un parametro minore dell'unità tramite il quale si tiene globalmente conto del complesso delle perdite del bacino (infiltrazione nel terreno, ritenzione nelle depressioni superficiali) a causa delle quali la portata al colmo è minore della portata di pioggia. Questo è stato determinato operando la media pesata dei coefficienti attribuiti a ciascuna tipologia di superficie che costituisce ciascun bacino.

Il tempo di corrivazione t_c è definito come il tempo impiegato dalla goccia, che cade nel punto idraulicamente più lontano del bacino, ad arrivare nella sezione di chiusura dello stesso.

La condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione in ore è stato stimato mediante la seguente formulazione:

$$t_c = t_a + \frac{L}{v \cdot 3600}$$

Dove t_a è il tempo di accesso posto pari a 0,05 ore, L è la lunghezza dell'asta principale in m e v è la velocità di percorrenza all'interno dell'elemento di sub-drenaggio preso in esame.

5.4 VERIFICA INTERASSE DEGLI EMBRICI

Per la determinazione dell'interasse degli embri è stato condotto un opportuno dimensionamento, facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chezy.

$$V = K \times R_i^{2/3} \times J^{1/2}$$

in cui:

- V = velocità media del flusso (m/s)
- K = coefficiente di scabrezza di Gaucker - Strickler ($m^{1/3}/s$)
- R_i = raggio idraulico (m), rapporto tra sezione idraulica $A(m^2)$ e contorno bagnato $C(m)$;
- J = pendenza longitudinale (m/m)

associata all'equazione di continuità:

$$Q_p = V \times A$$

ove:

- Q_p = portata (m^3/s)
- A = area bagnata (m^2).

Per quanto riguarda i valori dei coefficienti di scabrezza è stato assunto $K=70 m^{1/3}/s$.

Il calcolo della sollecitazione pluviometrica è stato condotto per un tempo di ritorno pari a 25 anni, mediante la curva di pioggia precedentemente descritta e definita dai due parametri a ed n ; tali curve esponenziale monomie sono costruite sulla base delle piogge orarie e non hanno validità per tempi di pioggia inferiori, in quanto presentano un comportamento asintotico in corrispondenza dello zero che rende tali valori inattendibili.

In corrispondenza di tempi di pioggia inferiori all'ora, per la stima delle altezze di pioggia e delle relative intensità, occorre dunque utilizzare dei parametri correttivi forniti da metodologie proposte in letteratura, in grado di estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica.

Data l'entità del fenomeno considerato, caratterizzato da tempi di corrivazione di molto inferiori all'ora, sono state adottate tali metodologie per la corretta definizione della sollecitazione meteorica.

E' stata così utilizzata la metodologia sviluppata a partire dai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso, fornisce i rapporti r_δ dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata h_δ rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria h_1 .

h_1'/h_1	h_2'/h_1	h_3'/h_1	h_4'/h_1	h_5'/h_1	h_{10}'/h_1	H_{15}'/h_1	h_{30}'/h_1	H_{45}'/h_1
0,130	0,180	0,229	0,272	0,322	0,489	0,601	0,811	0,913

Tabella del valore del coefficiente r_δ in funzione della durata di pioggia δ

La verifica degli embrici conduce al calcolo degli interassi massimi con cui disporre tali elementi in base alla pendenza longitudinale del tracciato stradale.

Il calcolo della sollecitazione pluviometrica da adottare per la verifica degli embrici fornisce intensità di pioggia molto elevate a causa del ridotto tempo di pioggia considerato, nell'ipotesi che quest'ultimo risulti uguale al tempo di corrivazione del bacino di calcolo. I calcoli forniscono così eventi pluviometrici concentrati, con elevate altezze di pioggia per durate molto ridotte.

Le verifiche svolte per la determinazione degli interassi degli embrici hanno così fornito valori estremamente ridotti. Dal momento che tale configurazione risulta particolarmente gravosa a causa dei tempi di pioggia molto brevi, è stato fissato un valore di intensità di progetto pari a 140 mm/h con il quale sono state effettuate le verifiche. La configurazione di calcolo prevede un allagamento della banchina per una fascia di larghezza pari a 0.7 m. Con tale sollecitazione di progetto, si ottengono interassi comunque molto ridotti, i cui valori inferiori risultano pari a 4 m.

Con tali interassi di progetto, gli embrici risultano estremamente ravvicinati, costituendo un sistema di smaltimento abbondante. Tale interasse è inoltre difficilmente riducibile per difficoltà di tipo realizzativo.

Le verifiche sono state comunque condotte anche per le intensità calcolate a partire dalle metodologie precedentemente espone, che come precedentemente riportato forniscono valori di intensità di pioggia molto gravosi per via della breve durata degli eventi di pioggia considerati.

Di seguito si riportano i calcoli così svolti. E' stato considerato un allagamento della banchina per una fascia di larghezza maggiore, e pari a 1.2 m. I risultati di questa seconda verifica confermano le scelte operate in precedenza.

I risultati del dimensionamento operato con le varie intensità di pioggia di progetto sono riportati in FIG. 5.

6 DIMENSIONAMENTO SISTEMI IDRAULICI

Vista l'assenza di linee d'acqua marcate sul territorio attraversato dall'infrastruttura, il recapito finale delle acque meteoriche avviene nel suolo in maniera frazionata e diffusa attraverso trincee sub-drenanti poste al di sopra di fossi trapezoidali sterrati. Tali elementi hanno la funzione di invasare il surplus d'acqua quando la portata in arrivo è superiore alla portata di filtrazione degli strati di terreno sottostanti.

Per le trincee ed i fossi ricorrono a tecniche di infiltrazione. Informazione fondamentale per il dimensionamento di tali opere è quindi la conoscenza delle caratteristiche di permeabilità dei suoli, dati che sono stati attinti dalla relazione geologica in seguito ad opportune indagini riguardo la permeabilità degli strati superficiali e profondi del terreno.

Il calcolo procede confrontando i volumi di acqua in ingresso, provenienti dagli apporti meteorici, con i volumi che vengono infiltrati nel terreno e stoccati all'interno degli elementi di dispersione.

$$(Q_p - Q_f)\Delta t = \Delta W$$

Essendo

Q_p portata influente

Q_f portata infiltrata

Δt intervallo di tempo

ΔW variazione del volume invasato

Sono state condotte le seguenti verifiche per il dimensionamento dei sistemi di sub-drenaggio:

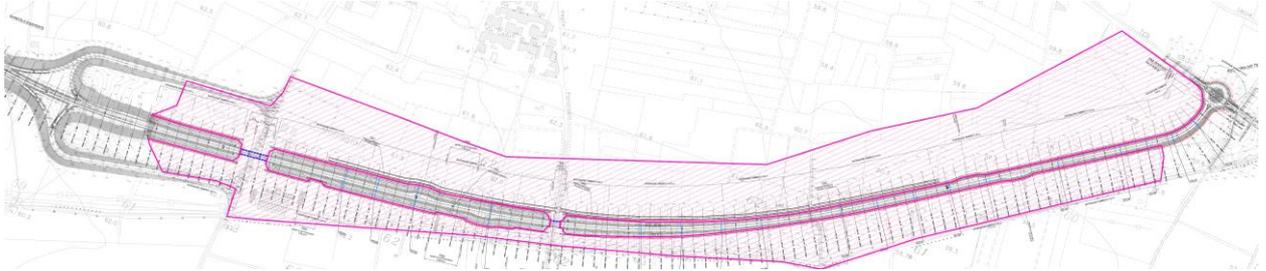
- 1) Sistema 1 - Evento con $T_r=200$ anni
- 2) Sistema 2 - lato nord + lato sud - Evento con $T_r=200$ anni

Il dimensionamento idraulico sistemi è stato dunque condotto per garantire il funzionamento indipendente dei due sistemi in corrispondenza dell'evento duecentennale.

Il *Sistema 1* è stato dimensionato sulla base delle sollecitazioni meteoriche insistenti sull'infrastruttura di progetto e sulla viabilità di servizio. A favore di sicurezza è stata considerata la raccolta delle acque in un solo lato dell'infrastruttura, caso previsto in corrispondenza delle curve con pendenza verso l'abitato di San Pancrazio.

Per il dimensionamento del *Sistema 2*, sono state delimitate le aree esterne contribuenti. Le aree limitrofe all'infrastruttura si presentano pianeggianti e prive di vie di deflusso definite; si evidenziano fenomeni di ristagno delle acque, dovuti proprio alla configurazione morfologica del terreno. La delimitazione di aree contribuenti, in virtù delle caratteristiche e del comportamento dei terreni, risulta dunque un'operazione in favore di sicurezza nell'ottica della definizione delle portate in ingresso.

Si è proceduto alla definizione di queste aree contribuenti per valutare il contributo nella determinazione della sollecitazione di progetto.



Le portate di progetto sono state valutate attraverso le metodologie del Curve Number e di Horton, per un'analisi maggiormente approfondita del processo di trasformazione afflussi-deflussi. Per il dimensionamento degli elementi disperdenti è stato adottato il metodo dei massimi invasi, che fornisce l'evento critico in termini volumetrici per la verifica del sistema. Di seguito vengono presentate le metodologie svolte e gli elementi costituenti il sistema.

6.1 METODO DEL CURVE NUMBER

La pioggia lorda è stata depurata dalle perdite attraverso il coefficiente di afflusso ϕ . Il calcolo è stato eseguito con il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti. La formulazione usata permette di ricavare la pioggia netta depurata in base all'espressione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I)^2}{(h_{lorda} + S - I)}$$

dove h_{lorda} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

ed I è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione $I = 0.2 \cdot S$.

In particolare il metodo del CN sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN che definisce la relazione precipitazione–volume di deflusso in bacini idrografici di cui è nota, oltre che la morfologia, la copertura vegetale e il tipo idrologico di suolo presenti nelle carte tematiche.

Il parametro CN, ricavato dall'analisi qualitativa delle carte tematiche, rappresenta la capacità di una porzione di terreno del bacino imbrifero di produrre deflusso ed è stato calcolato sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

La carta del CN è stata realizzata sulla base delle informazioni fornite dalla carta litologica e dalla carta dell'uso del suolo del Progetto CORINE.

Il valore del CN si ottiene per incrocio delle caratteristiche del suolo (quattro tipi A, B, C, D) a permeabilità decrescente e delle caratteristiche di uso prevalente.

- Gruppo A: suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso e capacità di infiltrazione, in condizioni di saturazione, molto levata; comprende sabbie profonde, con bassa percentuale di limi e argille molto permeabili.
- Gruppo B: suoli aventi moderata potenzialità di deflusso e capacità di infiltrazione, anche in condizioni di saturazione, elevata; comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi rispetto al gruppo A;
- Gruppo C: suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta e scarsa capacità di infiltrazione e saturazione; comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argille e colloidi.
- Gruppo D: Suoli aventi potenzialità di deflusso molto elevate e scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione; comprende argille ad elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

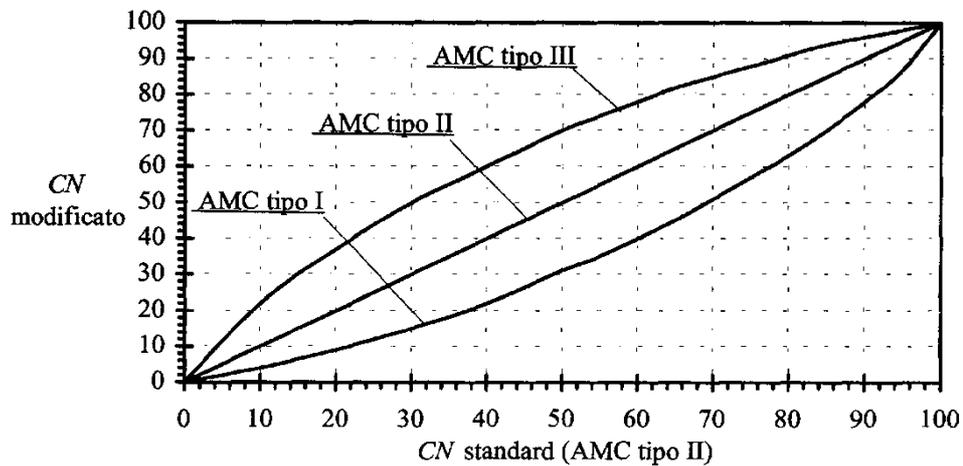
I valori del CN normalmente utilizzati per i tipi di suolo A, B, C e D e per una condizione standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia ("AMC", Antecedent Moisture Condition, di classe II) sono riportati nella seguente tabella.

Valori del parametro CN per i diversi tipi di suolo A, B, C, D e per AMC di classe II.

COPERTURA (USO DEL SUOLO)	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
Suolo coltivato:				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Suolo da pascolo:				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni	30	58	71	78
Suoli boscosi o forestati:				
suolo sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade:				
pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Dalle indagini effettuate riportate e descritte nella relazione di geologia e geotecnica T00_GE00_GEO_RE01_C, si evidenzia come i terreni superficiali siano costituiti da limi argillosi e sabbiosi, caratterizzati da un basso grado di permeabilità. A tali terreni è stata assegnata una classe SCS di tipo D.

Per condizioni antecedenti l'evento molto umide (AMC di classe III) o molto asciutte (AMC di classe I) i valori del parametro CN vanno modificati, secondo il Soil Conservation Service, in relazione alle curve riportate nella seguente figura.



Curve di conversione dei valori CN per le diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento.

Nella presente trattazione si sono ipotizzate, cautelativamente, umide le condizioni antecedenti di umidità del suolo (Antecedent Moisture Conditions, AMC, di tipo III, secondo la classificazione del SCS).

Di seguito si riporta la mappatura del CN ottenuta per le aree contribuenti considerate.



6.2 METODO DI HORTON

Il modello di Horton viene adottato per le aree non impermeabilizzate dall'intervento antropico, per la valutazione della generazione dei deflussi superficiali.

Si è ipotizzato che l'acqua di precipitazione in parte di accumuli nelle depressioni superficiali del terreno ed in parte si ingiltri nel terreno gino a saturarlo, a questo punto l'acqua meteorica si ingiltra solamente in minima parte e praticamente scorre tutta in superficie gino a raggiungere la rete drenante.

La formulazione matematica del processo di infiltrazione sopra descritto è riassumibile nella curva di Horton:

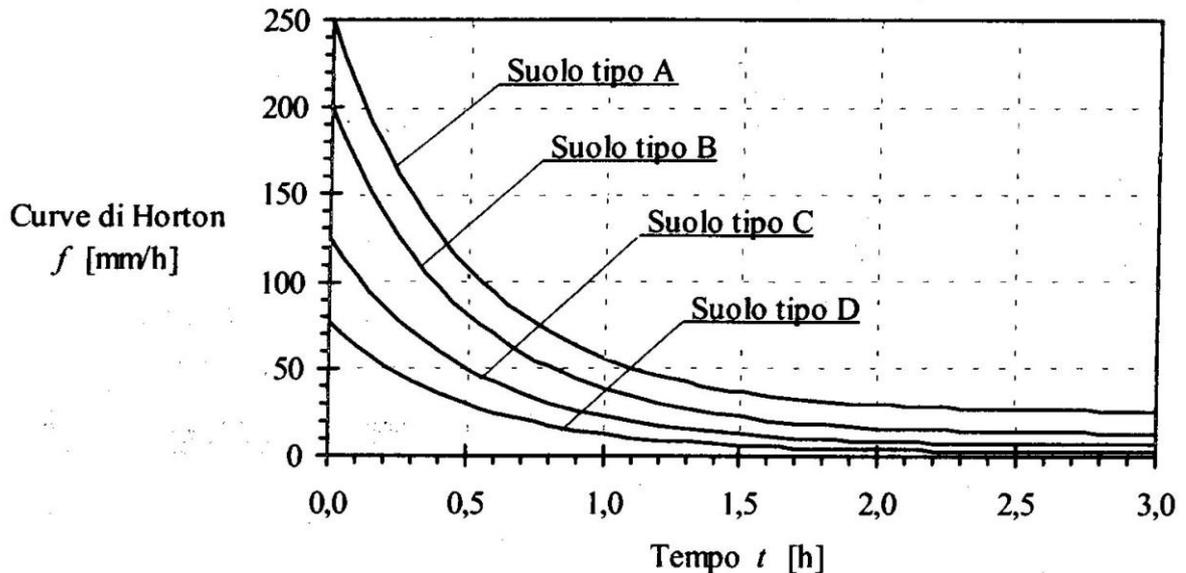
$$f_p(t) = f_\infty + (f_0 - f_\infty)e^{-kt}$$

dove

- $f_p(t)$ è la capacità di infiltrazione nel tempo espressa in mm/h
- f_0 è l'infiltrazione massima che si verifica al tempo $t=0$
- f_∞ è il valore di infiltrazione raggiunto asintoticamente ad un tempo infinito
- k è una costante che qualifica la velocità dell'esaurimento, cioè del passaggio dal valore f_0 al valore f_∞ .

Ogni suolo è quindi caratterizzato dai parametri f_0 , f_∞ e k . Di seguito si presentano i valori di tali parametri, e l'andamento delle curve di infiltrazione di Horton per i diversi tipi di suolo classificati dal Soil Conservation Service.

tipo di terreno	f_0 [mm/h]	f_∞ [mm/h]	k [h ⁻¹]
A) Terreno con scarsa potenzialità di deflusso. Comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili	250	25.4	2
B) Terreno con potenzialità di deflusso moderatamente bassa Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.	200	12.7	2
C) Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.	125	6.3	2
D) Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie.	76	2.5	2



Dalle indagini effettuate riportate e descritte nella relazione di geologia e geotecnica T00_GEO0_GEO_RE01_C, si evidenzia come i terreni superficiali siano costituiti da limi argillosi e sabbiosi, caratterizzati da un basso grado di permeabilità. A tali terreni è stata assegnata una classe SCS di tipo D.

In seguito si presentano gli elementi costituenti il sistema di dispersione.

6.3 SISTEMI DI SUB-DRENAGGIO

Tali sistemi sono costituiti da due elementi principali: fossi disperdenti in terra, e trincee disperdenti. Mentre i fossi in terra sono elementi presenti in entrambi i sistemi, le trincee caratterizzano il sistema 2 dedicato alle acque di bacino.

Sia il fosso che la trincea svolgono la duplice funzione di consentire l'infiltrazione negli strati superficiali del terreno e di accumulare volumi di acqua in ingresso.

La portata infiltrata dal sistema di sub-drenaggio si calcola nel seguente modo.

$$Q_{\text{sistema}} = KJA_f$$

Dove K è la permeabilità, J la cadente, infine A_f rappresenta la superficie drenante effettiva del sistema, data dalla somma delle superfici drenanti degli elementi costitutivi.

Il valore di permeabilità K è stato valutato a partire dalle indagini svolte e riportate all'interno della relazione di geologia e geotecnica T00_GE00_GEO_RE01_C. Il valore di permeabilità adottato nella progettazione è stato stimato come valore medio tra quelli ottenuti dalle prove di permeabilità svolte in corrispondenza del posizionamento degli elementi disperdenti di progetto. Il valore adottato nella progettazione è pari a $3.8 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Si riportano i valori di portata infiltrata dai vari sistemi di sub-drenaggio per metro lineare.

Sistema	Elemento	Q_{sistema}
		l/s/m
S1	Fosso in terra disperdente 0.5x1.5x0.5	0.072
S2	Trincea 7.0x1.3	0.362
S2	Trincea 5.0x1.3	0.287

6.4 METODO DEI MASSIMI INVASI

Note le portate infiltrate mediante i vari contributi degli elementi costituenti il sistema di sub-drenaggio, si è proceduto alla valutazione della sollecitazione di progetto, in termini volumetrici, che consenta il dimensionamento geometrici dei vari elementi per consentire l'accumulo e il sub-drenaggio degli apporti meteorici in ingresso.

Allo scopo di identificare l'idrogramma critico in ingresso, è stata utilizzata la seguente equazione di continuità

$$dW = Q_i \cdot dt - Q_u \cdot dt$$

dove dW è il volume invasato nell'intervallo di tempo dt , mentre Q_i e Q_u sono rispettivamente la portata in ingresso e quella in uscita dal volume di compenso e pari alla portata infiltrata mediante gli elementi del sistema.

Il massimo volume invasato si ottiene in generale per un tempo di pioggia maggiore del tempo di concentrazione caratteristico del bacino di monte.

Le piogge con durate superiori a t_c determinano un diagramma di afflusso trapezio.

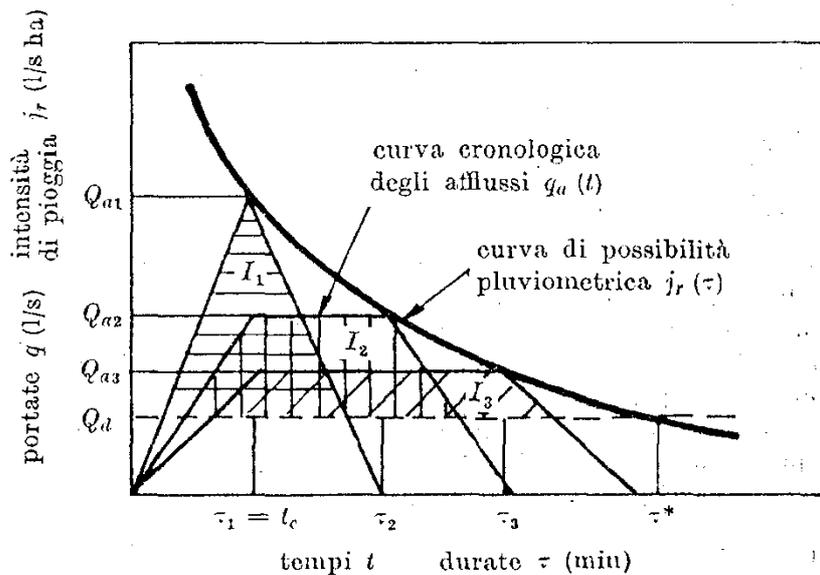
Allo scopo di individuare la durata di pioggia critica, cioè che massimizza il volume invasato è stata utilizzata la seguente espressione approssimata.

$$W = Q_{i\max} \cdot t - q_{\max} \cdot t$$

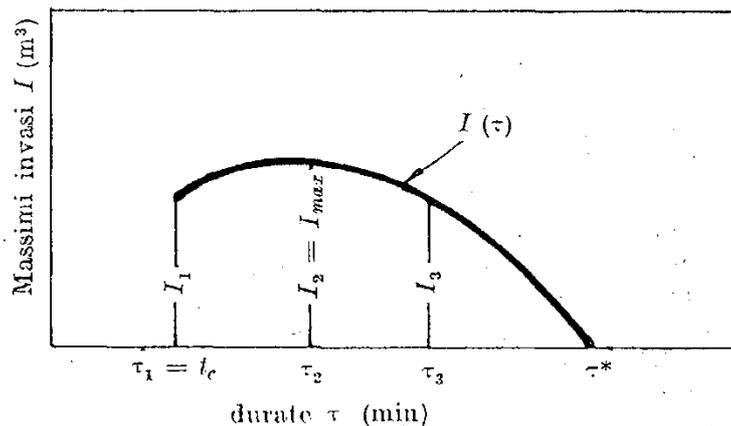
dove W è il volume invasato al variare della durata t dell'evento meteorico, $Q_{i\max}$ rappresenta la portata massima in ingresso all'invaso dovuto all'evento piovoso di durata t e q_{\max} è la massima portata in uscita dall'invaso che si vuole ottenere supposta per semplicità di calcolo costante al variare del tempo.

Tale espressione rappresenta la "curva dei massimi invasi" ed è in generale rappresentabile graficamente nel seguente modo.

a) Determinazione del massimo invaso in base alle curve cronologiche semplificate degli afflussi e dei deflussi, con piogge di diversa durata

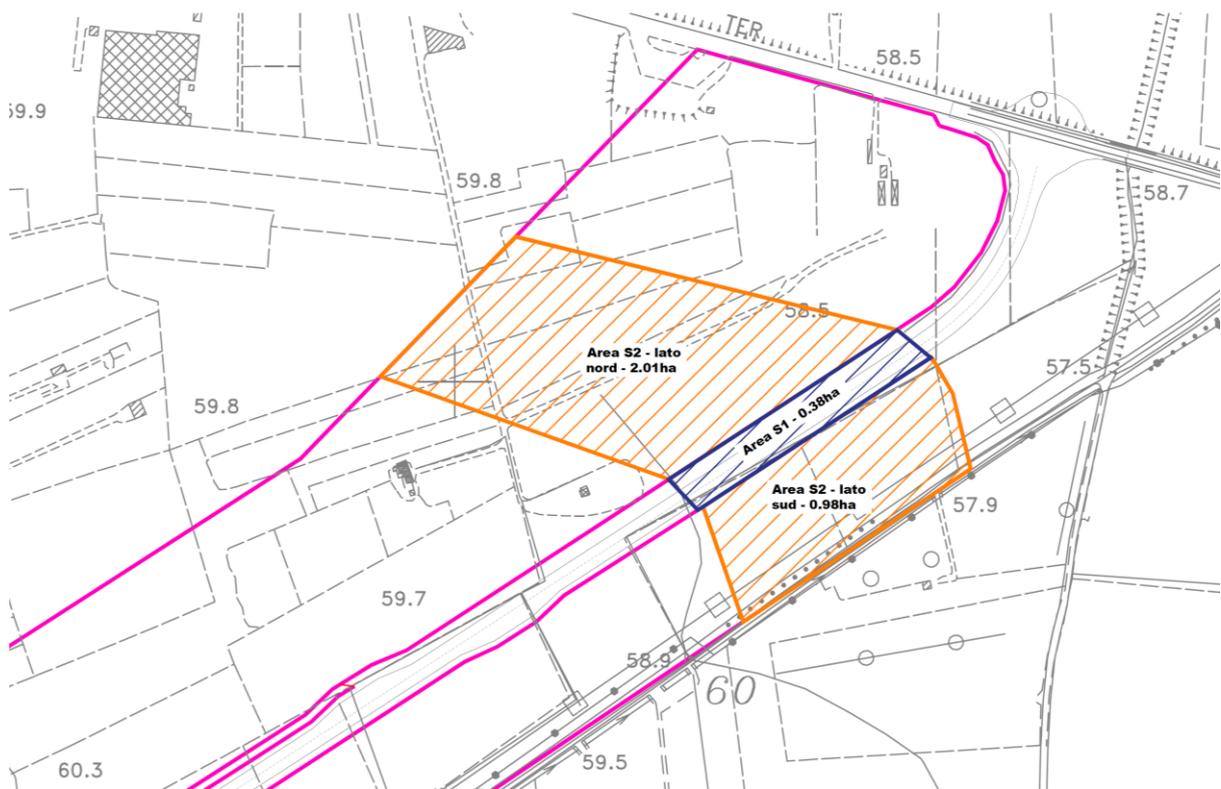


b) Curva dei massimi invasi in funzione della durata della pioggia



Il dimensionamento del sistema è stato effettuato considerando un bacino costituito, oltre che dal corpo dell'infrastruttura stradale, da un'area esterna contribuyente definita all'inizio del presente capitolo. In particolare, il dimensionamento del sistema è stato condotto considerando il

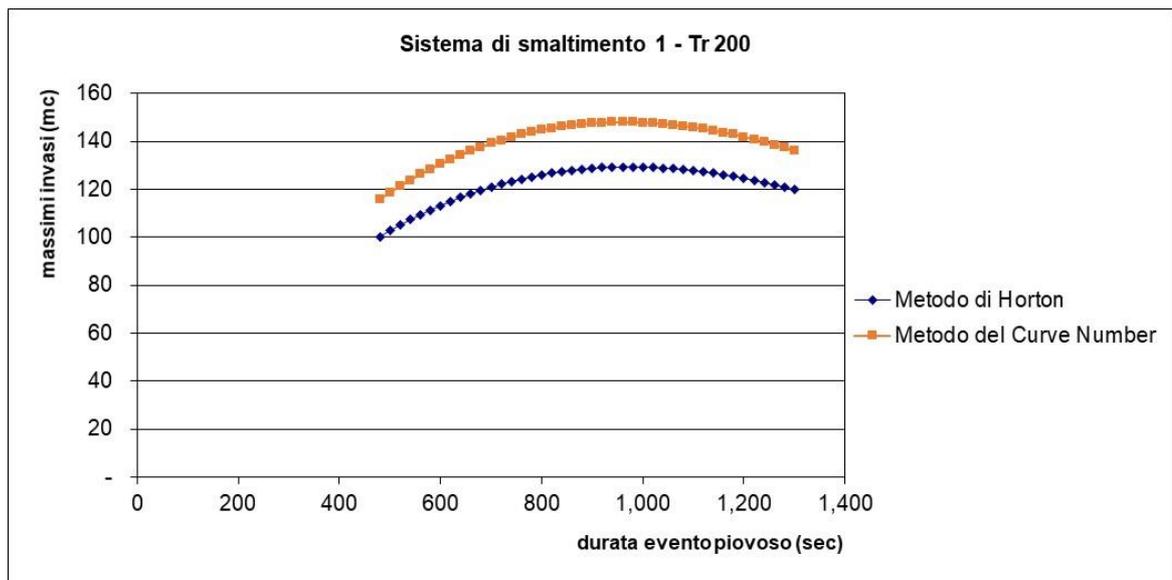
sottobacino maggiormente critico in termini di estensione areale e caratteristiche idrologiche, considerando una fascia pari a 150 m di larghezza per quanto riguarda il sistema di sub-drenaggio sottoposto a verifica.

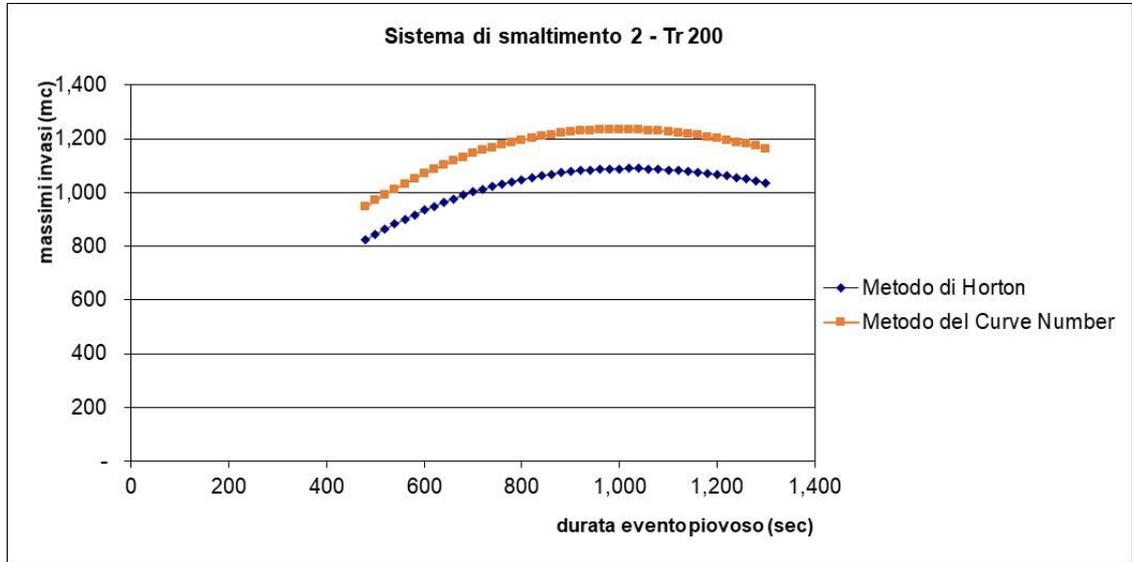


Per ogni sistema di sub-drenaggio, sono state delimitate le aree contribuenti per il calcolo della sollecitazione meteorica associata. Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche delle aree contribuenti considerate per le diverse verifiche svolte.

Sistema di smaltimento	Tr di verifica	S
	anni	ha
Sistema 1	200	0,38
Sistema 2	200	2,99

Il metodo dei massimi invasi restituisce i seguenti risultati al variare della durata dell'evento piovoso di riferimento, a partire dai quali è possibile individuare la durata critica che massimizza il volume di compenso richiesto al sistema. Il volume di compenso richiesto verrà quindi confrontato con la capacità di invaso del sistema di subdrenaggio.





A partire dalle curve dei massimi invasi costruite, è possibile ottenere gli idrogrammi critici in termini volumetrici, dai quali si desume l'entità del volume di compenso richiesto al sistema. Tale volume deve risultare inferiore alla capacità di invaso del sistema di sub-drenaggio.

La capacità di invaso del sistema è stata ottenuta sommando il volume immagazzinabile all'interno dei fossi e delle trincee drenanti. Tale valore equivale al volume geometrico dell'elemento, a cui deve essere applicata l'entità dell'indice dei vuoti del materiale costituente l'elemento stesso per determinare l'effettiva disponibilità dei volumi al contenimento delle acque. Per quanto riguarda la trincea drenante ed il substrato del fosso disperdente, per il calcolo dei volumi disponibili all'invaso è stato utilizzato un indice dei vuoti n pari a 0.40 per il materiale ghiaioso.

Di seguito si riporta la formula adottata per il calcolo del volume immagazzinabile all'interno di ogni singolo elemento:

$$V_{\text{immagazzinabile}} = A L n$$

dove

A è pari all'area in sezione dell'elemento

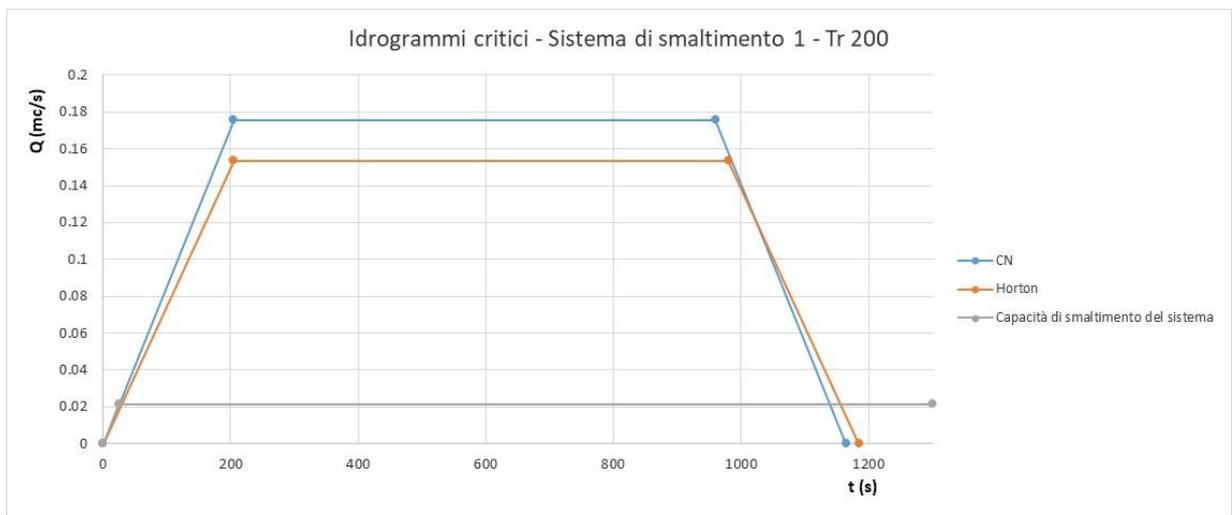
L è pari all'estensione longitudinale dell'elemento considerato

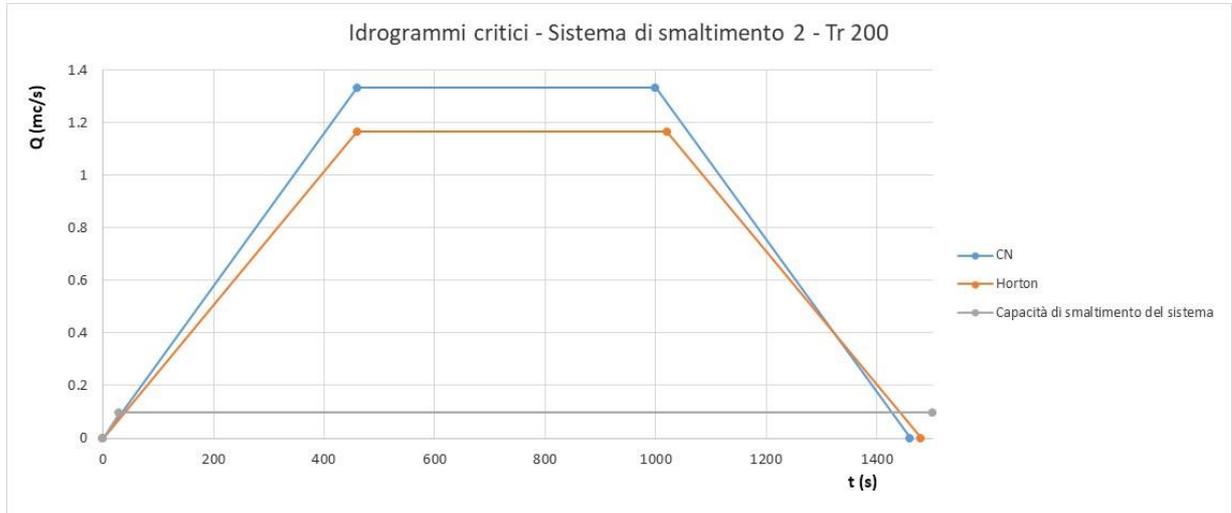
n è pari all'indice dei vuoti del materiale costituente l'elemento.

Di seguito si riporta il calcolo della capacità di invaso dei sistemi di sub-drenaggio, confrontate con i massimi volumi invasati calcolati con le metodologie di Horton e del Curve Number.

Sistema di smaltimento	Tr di verifica	S	Massimo volume invasato		Capacità di invaso
			Metodo di Horton	Metodo CN	
			anni	ha	mc
Sistema 1	200	0,38	129	148	168
Sistema 2	200	2,99	1089	1235	1236

Di seguito si riportano gli idrogrammi critici, ottenuti adottando le metodologie afflussi-deflussi descritte in precedenza.





La capacità di laminazione e di infiltrazione del sistema risultano sufficienti allo sub-drenaggio delle portate in ingresso.

In FIG. 6 sono riportati i report di calcolo.

7 OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO

Il tronco di strada in progetto si sviluppa completamente in rilevato su un territorio pianeggiante e, come già accennato, privo di linee d'acqua. Tale circostanza fa sì che le superfici interessate dall'opera, attualmente siano soggette ad allagamenti in occasione di precipitazioni di intensità tale da superare le capacità di assorbimento superficiale del terreno.

I tombini idraulici presenti in progetto non necessitano di verifiche idrauliche in quanto non intersecano "linee d'acqua o compluvi morfologici" ma risultano funzionali a garantire la sola "trasparenza idraulica del rilevato". Il loro dimensionamento risulta dettato unicamente dalla geometria del rilevato (dimensione variabile da Φ 500 a Φ 1500 mm, con intervallo di circa 60 m) e hanno pendenza nulla.

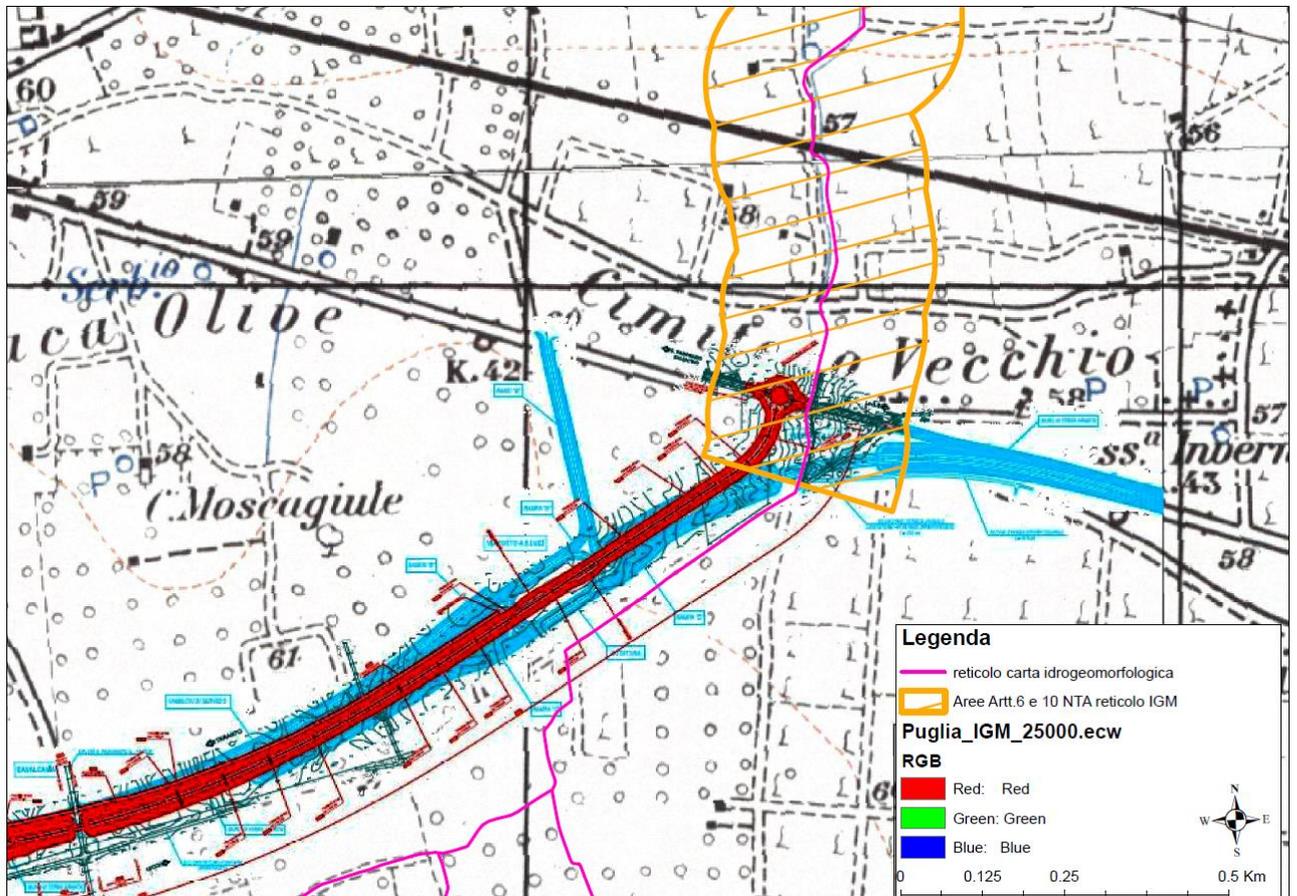
8 CONFRONTO CON STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA REDATTO DA ANAS NEL 2012

Per come indicato in premessa, nell'ambito di una precedente fase progettuale, per l'area di interesse è stato effettuato uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica, che ha ottenuto parere favorevole dall'Autorità di Bacino della Puglia prot. AdB n.8334 in data 06/07/2012 (riportato in allegato separato).

Come rappresentato nelle immagini seguenti, il tracciato del progetto originario ANAS del 2012 intersecava un reticolo idrografico indicato con linea blu su cartografia IGM 1:25.000 e pertanto rientrava in area classificata dal PAI come "*Alveo fluviale in modellamento attivo e aree golena-li*" di cui agli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI Puglia.

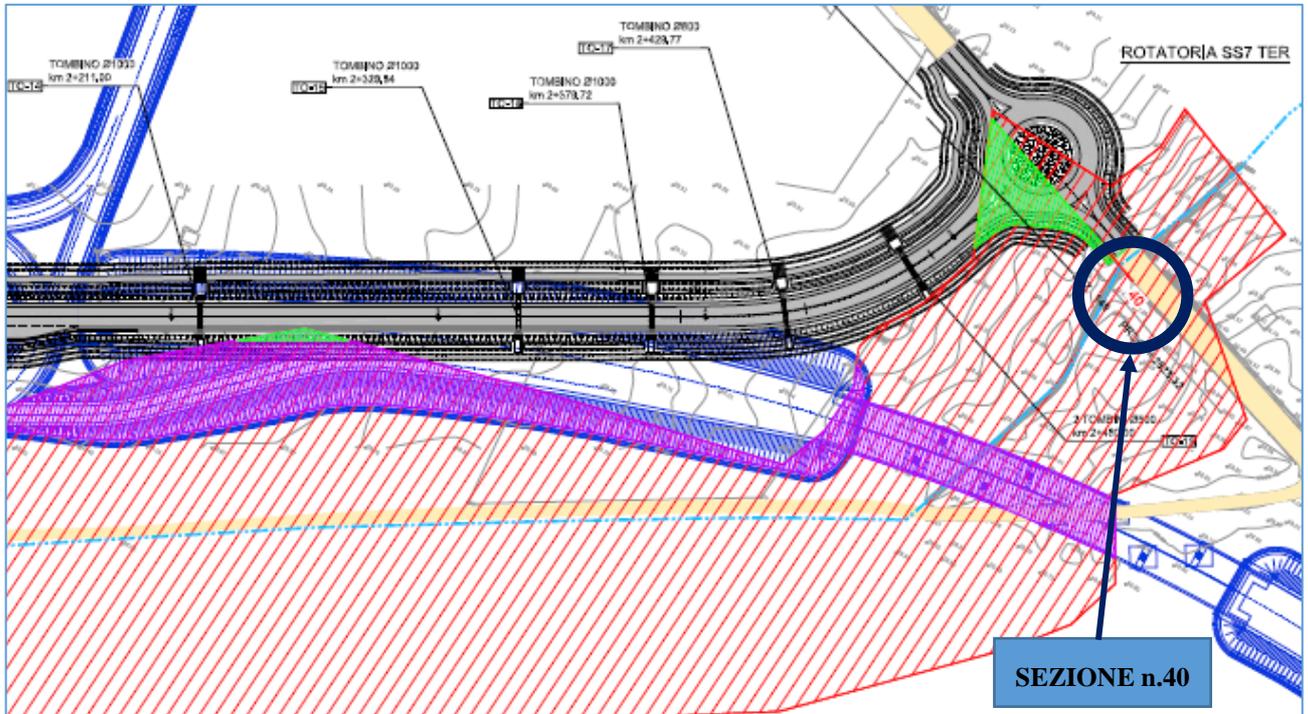
Il tracciato dell'attuale progetto invece, non interseca il reticolo in esame ma vi scorre in affiancamento interferendo con le citate aree di cui agli artt. 6 e 10 delle NTA. Pertanto si rendono tuttavia necessarie specifiche valutazioni a riguardo della compatibilità idraulica dell'intervento.

Nell'immagine seguente si rappresenta l'inquadramento PAI delle aree di interferenza di cui agli Artt. 6 e 10 con il tracciato in progetto in rosso (in azzurro in progetto originario); è inoltre rappresentato quale ulteriore elemento conoscitivo dell'idrografia dei luoghi il reticolo della carta idrogeomorfologica della Regione Puglia.



Nell'elaborato T00_ID00_IDR_PL02_C che riporta il confronto tra l'area di esondazione con Tr 200 anni Ante Operam e i due progetti, quello ANAS del 2012 (in azzurro) e quello della presente variante (in neretto).

Da tale confronto, si evince come il nuovo tracciato presenti una interferenza nettamente inferiore rispetto a quanto previsto nel 2012 (vedi Fig. seguente). Le superfici interferite con il progetto 2012 risultano infatti pari a 8.004 mq mentre le superfici interferite con il progetto 2018 risultano 1.022 mq.



A seguire, con finalità di confronto, si presentano nella seguente tabella le caratteristiche della versione originaria del progetto ANAS 2012 e quelle della presente variante in rapporto alle interferenze con il PAI Puglia.

INTERFERENZA CON IL PAI PUGLIA	Progetto ANAS 2012	Progetto attuale
INTERSEZIONE con il reticolo idrografico del PAI IGM 1:25.000	SI	NO
PRESENZA DI ELEMENTI STRUTTURALI DI PROGETTO PERMANENTI IN ALVEO	SI	NO

(PILE DEL VIADOTTO)		
INTERFERENZA AREALE CON LE AREE DI CUI AGLI ARTT. 6 E 10 DELLE NTA DEL PAI	SI (8.004 m²)	SI (1.022 m²)

Tabella 1 - Tabella di confronto ininterferenza con il PAI Puglia tra progetto ANAS 2012 e progetto attuale

Dal presente confronto si deduce come la variante in esame riduca sensibilmente l'interferenza dell'opera con il PAI Puglia.

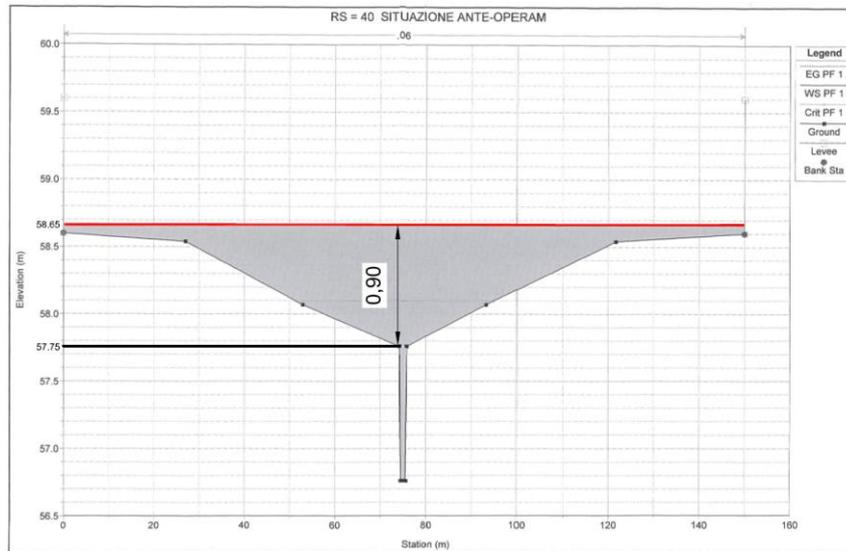
In merito alla compatibilità idraulica dell'originario progetto ANAS 2012, dal citato parere AdB si riporta testualmente il seguente stralcio:

- “... con riferimento alla condizione Post Operam, lo studio idraulico testimonia che la presenza del rilevato e dei piloni del viadotto **non induce variazioni apprezzabili dei livelli idrici della corrente di piena...**”

In sintesi, alla luce del confronto prodotto tra progetto ANAS 2012 e progetto attuale, se per l'intervento del progetto originario, si apprende dal citato parere AdB, una non apprezzabile variazione dei livelli idrici della corrente di piena nella configurazione Post Operam, risulta logicamente conseguente ritenere le variazioni all'assetto idraulico prodotte dall'intervento in progetto ulteriormente inferiori.

Inoltre, sempre nell'elaborato T00_ID00_IDR_PL02_C, è riportata anche una sezione trasversale caratteristica, la n.40, evidenziata nell'immagine precedente, e collocata in prossimità della principale interferenza areale con l'area di esondazione con Tr 200 anni Ante Operam.

In tale immagine, qui sotto riportata, si ritrova l'indicazione delle quote assolute della piena duecentennale estrapolata dallo studio idraulico condotto che evidenziano come la viabilità in esame sia da ritenersi in condizioni di sicurezza idraulica.



Conseguentemente a tutte le valutazioni su esposte si ritiene l'intervento in progetto compatibile al PAI Puglia.

9 ALLEGATI

FIG. 1

 REGIONE PUGLIA PRESIDENZA SETTORE PROTEZIONE CIVILE Ufficio Idrografico e Mareografico													
Stazione: SAN PANCRAZIO SALENTINO lat. 40°25'10,3" long. 17°50'26,0"													
Tabella piogge intense valore Max													
ANNI	Max intensità			1 ORA		3 ORE		6 ORE		12 ORE		24 ORE	
	mm	data	minuti	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
1957	61,8	06/10/1957	2	40,2	06/10/1957	69,0	06/10/1957	77,2	06/10/1957	96,0	06/10/1957	103,0	06/10/1957
1958	19,6	23/05/1958	15	26,4	07/11/1958	32,8	14/06/1958	41,2	26/11/1958	53,8	07/11/1958	61,0	11/11/1958
1960	13,6	23/11/1960	10	57,0	09/02/1960	82,0	09/02/1960	110,4	09/02/1960	143,0	09/02/1960	175,0	09/02/1960
1962	8,4	08/10/1962	5	30,4	18/10/1962	32,0	18/10/1962	37,0	11/03/1962	38,0	11/03/1962	58,6	14/03/1962
1963	>>	>>	>>	36,4	04/10/1963	39,4	04/10/1963	39,6	04/10/1963	49,6	04/10/1963	53,2	04/10/1963
1964	27,6	05/10/1964	20	34,2	05/10/1964	45,4	01/11/1964	46,0	01/11/1964	63,4	01/11/1964	80,4	11/11/1964
1965	>>	>>	>>	11,0	23/09/1965	17,2	23/09/1965	19,2	11/12/1965	32,6	11/12/1965	44,2	11/12/1965
1967	31,6	08/07/1967	40	32,4	08/07/1967	32,4	08/07/1967	32,4	08/07/1967	32,4	08/07/1967	37,4	30/11/1967
1968	35,0	09/12/1968	30	47,8	09/12/1968	98,2	09/12/1968	104,0	09/12/1968	105,0	08/12/1968	105,0	08/12/1968
1969	30,0	11/09/1969	30	45,2	11/09/1969	51,2	11/09/1969	55,2	11/09/1969	58,8	11/09/1969	76,0	11/09/1969
1970	30,4	28/05/1970	30	45,0	17/09/1970	52,8	17/09/1970	56,4	17/09/1970	56,4	17/09/1970	74,2	17/10/1970
1972	30,0	20/07/1972	45	31,4	25/08/1972	50,0	03/10/1972	80,0	02/10/1972	97,6	02/10/1972	120,8	02/10/1972
1973	10,2	08/10/1973	10	23,0	01/12/1973	29,4	01/12/1973	41,0	30/03/1973	52,4	30/03/1973	59,2	30/03/1973
1974	56,6	13/10/1974	45	60,0	13/10/1974	62,2	13/10/1974	65,0	13/10/1974	65,4	13/10/1974	75,6	13/10/1974
1975	26,8	13/10/1975	30	53,4	13/10/1975	82,0	13/10/1975	82,0	13/10/1975	82,0	13/10/1975	82,0	13/10/1975
1976	17,0	31/08/1976	30	17,2	31/08/1976	36,6	19/11/1976	61,0	19/11/1976	86,0	18/11/1976	110,4	18/11/1976
1977	41,4	03/09/1977	30	41,6	03/09/1977	43,6	03/09/1977	45,4	03/09/1977	46,6	03/09/1977	47,4	01/04/1977
1978	30,0	21/10/1978	50	30,6	21/10/1978	31,2	21/10/1978	31,2	21/10/1978	40,6	20/10/1978	42,2	20/10/1978
1979	18,4	20/06/1979	15	20,0	20/06/1979	20,4	20/06/1979	22,2	04/11/1979	41,6	03/11/1979	79,0	03/11/1979
1980	40,0	09/11/1980	30	52,0	09/11/1980	113,0	09/11/1980	123,0	09/11/1980	124,2	09/11/1980	124,8	09/11/1980
1981	45,0	14/08/1981	20	57,0	14/08/1981	65,6	14/08/1981	65,6	14/08/1981	73,8	13/08/1981	99,0	14/08/1981
1982	18,4	07/10/1982	15	23,6	07/10/1982	27,0	22/03/1982	38,8	28/11/1982	51,6	28/11/1982	66,2	28/11/1982
1983	18,0	14/08/1983	15	23,0	14/08/1983	25,0	08/12/1983	36,8	08/12/1983	51,4	08/12/1983	66,2	08/12/1983
1985	13,0	22/10/1985	10	33,8	22/10/1985	38,0	22/10/1985	50,0	21/10/1985	58,6	21/10/1985	73,4	21/10/1985
1987	18,0	11/10/1987	12	28,6	15/11/1987	48,6	15/11/1987	57,4	15/11/1987	94,0	15/11/1987	94,8	15/11/1987
1989	30,0	12/09/1989	12	48,8	12/09/1989	48,8	12/09/1989	48,8	12/09/1989	48,8	12/09/1989	49,0	12/09/1989
1990	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	41,8	14/11/1990
1991	26,0	23/09/1991	15	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
1992	12,4	20/06/1992	10	21,6	20/06/1992	33,8	03/07/1992	43,2	03/07/1992	58,4	03/07/1992	61,2	03/07/1992
1993	>>	>>	>>	>>	>>	61,2	14/05/1993	72,2	14/05/1993	72,4	14/05/1993	85,2	14/05/1993
1994	>>	>>	>>	>>	>>	25,6	20/01/1994	32,6	20/01/1994	40,0	20/01/1994	48,2	20/01/1994
1996	40,0	03/09/1996	15	45,8	03/09/1996	63,2	08/10/1996	104,4	08/10/1996	139,4	08/10/1996	139,8	08/10/1996
1997	6,8	24/09/1997	5	36,0	24/09/1997	64,4	23/11/1997	88,0	23/11/1997	89,8	23/11/1997	91,2	23/11/1997
	19,0	24/09/1997	15										
	26,0	24/09/1997	30										
1998	7,2	20/08/1998	5	37,4	20/08/1998	41,2	15/07/1998	41,8	15/07/1998	48,2	22/11/1998	74,6	22/11/1998
	18,0	20/08/1998	15										
	29,0	15/07/1998	30										
1999	10,2	21/10/1999	5	72,8	21/10/1999	105,4	21/10/1999	105,6	21/10/1999	105,6	21/10/1999	105,6	21/10/1999
	23,8	21/10/1999	15										
	39,2	21/10/1999	30										
2000	10,4	02/10/2000	5	26,8	02/10/2000	40,2	02/10/2000	69,8	02/10/2000	81,6	02/10/2000	92,6	02/10/2000
	18,6	02/10/2000	15										
	23,8	02/10/2000	30										
2001	8,2	25/10/2001	5	27,2	25/10/2001	28,2	25/10/2001	28,2	25/10/2001	28,6	25/10/2001	47,0	25/10/2001
	21,4	25/10/2001	15										
	25,6	25/10/2001	30										
2002	11,4	30/07/2002	5	39,2	29/08/2002	39,2	29/08/2002	41,0	29/08/2002	41,2	29/08/2002	41,2	10/03/2002
	20,0	30/07/2002	15										28/08/2002
	30,2	30/07/2002	30										
2003	7,2	02/08/2003	5	22,4	02/08/2003	33,8	26/11/2003	56,0	26/11/2003	86,6	26/11/2003	91,0	26/11/2003
	14,6	02/08/2003	15										
	21,0	02/08/2003	30										
2004	9,0	26/07/2004	5	32,6	26/07/2004	43,8	26/07/2004	49,2	07/03/2004	73,8	07/03/2004	80,6	07/03/2004
	21,8	26/07/2004	15										
	28,8	26/07/2004	30										
2005	9,6	05/09/2005	5	62,2	05/09/2005	68,8	05/09/2005	71,2	05/09/2005	71,4	05/09/2005	71,8	05/09/2005
	24,4	05/09/2005	15										
	39,8	05/09/2005	30										

FIG. 2

ANNO	PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA' (mm)				
	STAZIONE DI S. PANCRAZIO SALENTINO				
	1 h	3 h	6h	12 h	24 h
1957	40,2	69,0	77,2	96,0	103,0
1958	26,4	32,8	41,2	53,8	61,0
1959					
1960	57,0	82,0	110,4	143,0	175,0
1961					
1962	30,4	32,0	37,0	38,0	58,6
1963	36,4	39,4	39,6	49,6	53,2
1964	34,2	45,4	46,0	63,4	80,4
1965	11,0	17,2	19,2	32,6	44,2
1966					
1967	32,4	32,4	32,4	32,4	37,4
1968	47,8	98,2	104,0	105,0	105,0
1969	45,2	51,2	55,2	58,8	76,0
1970	45,0	52,8	56,4	56,4	74,2
1971					
1972	31,4	50,0	80,0	97,6	120,8
1973	23,0	29,4	41,0	52,4	59,2
1974	60,0	62,2	65,0	65,4	75,6
1975	53,4	82,0	82,0	82,0	82,0
1976	17,2	36,6	61,0	86,0	110,4
1977	41,6	43,6	45,4	46,6	47,4
1978	30,6	31,2	31,2	40,6	42,2
1979	20,0	20,4	22,2	41,6	79,0
1980	52,0	113,0	123,0	124,2	124,8
1981	57,0	65,6	65,6	73,8	99,0
1982	23,6	27,0	38,8	51,6	66,2
1983	23,0	25,0	36,8	51,4	66,2
1984					
1985	33,8	38,0	50,0	58,6	73,4
1986					
1987	28,6	48,6	57,4	94,0	94,8
1988					
1989	48,8	48,8	48,8	48,8	49,0
1990	-	-	-	41,8	68,8
1991					
1992	21,6	33,8	43,2	58,4	61,2
1993	-	61,2	72,2	72,4	85,2
1994	-	25,6	32,6	40,0	48,2
1995					
1996	45,8	63,2	104,4	139,4	139,8
1997	36,0	64,4	88,0	89,8	91,2
1998	37,4	41,2	41,8	48,2	74,6
1999	72,8	105,4	105,6	105,6	105,6
2000	26,8	40,2	69,8	81,6	92,6
2001	27,2	28,2	28,2	28,6	47,0
2002	39,2	39,2	41,0	41,2	41,2
2003	22,4	33,8	56,0	86,6	91,0
2004	32,6	43,8	49,2	73,8	80,6
2005	62,2	68,8	71,2	71,4	71,8

N° OSSERVAZIONI	37	39	39	40	40
MEDIA	37,14	49,30	58,21	68,06	78,92
SSQM	13,93	22,79	25,64	28,38	28,80
YN(37-39-39-40-40))	0,5417	0,543	0,543	0,5436	0,5436
SN(37-39-39-40-40))	1,1496	1,1538	1,1538	1,1559	1,1559
MODA	30,57	38,57	46,14	54,72	65,38
ALPHA	12,12	19,75	22,22	24,55	24,91
PERIODO DI RITORNO Tr = 5 ANNI					
Y(TR 5)	1,4999	1,4999	1,4999	1,4999	1,4999
F	0,8335	0,8294	0,8294	0,8274	0,8274
H(5)	48,74	68,20	79,47	91,54	102,75
PERIODO DI RITORNO Tr = 25 ANNI					
Y(TR 25)	3,1985	3,1985	3,1985	3,1985	3,1985
F	2,3111	2,3016	2,3016	2,2969	2,2969
H(25)	69,32	101,74	117,22	133,24	145,06
PERIODO DI RITORNO Tr = 200 ANNI					
Y(TR 200)	5,2958	5,2958	5,2958	5,2958	5,2958
F	4,1354	4,1193	4,1193	4,1113	4,1113
H(200)	94,73	143,17	163,83	184,72	197,31

FIG. 4

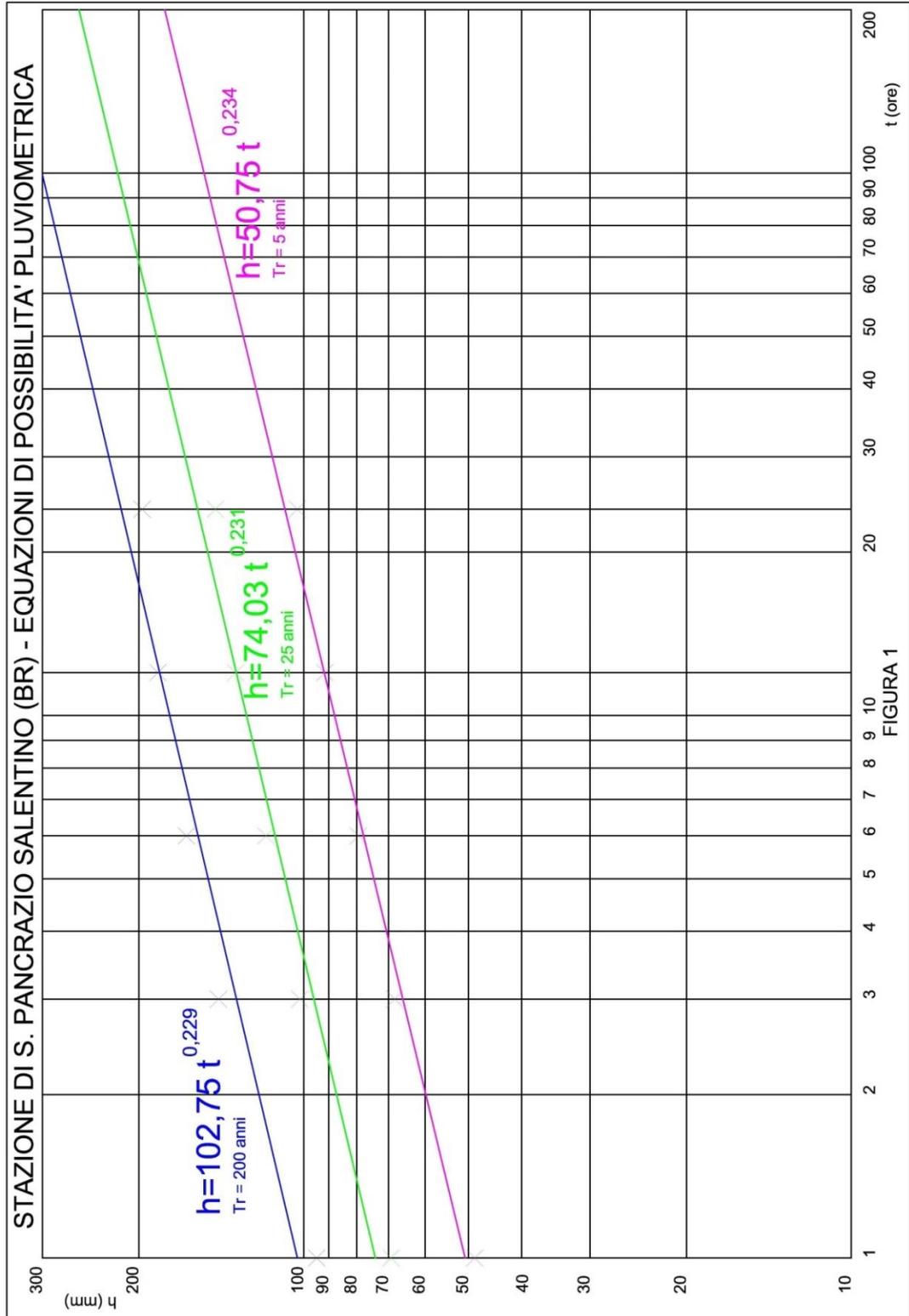


FIG. 5

INTERASSE EMBRICI - SEZIONE IN CURVA										
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	Ks Gauckler-Strickler	tirante idrico	Qmax smaltibile
	m	m	ore	ore	mq		mm/h		m	mc/s
0.001	10.5	4	0.050	0.057	38	1.00	140.00	70	0.10	0.001
0.002	10.5	4	0.050	0.057	44	1.00	140.00	70	0.10	0.002
0.004	10.5	6	0.050	0.057	63	1.00	140.00	70	0.10	0.002
0.005	10.5	7	0.050	0.057	70	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.006	10.5	7	0.050	0.057	77	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.007	10.5	8	0.050	0.057	83	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.008	10.5	8	0.050	0.057	89	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.009	10.5	9	0.050	0.057	94	1.00	140.00	70	0.10	0.004
0.010	10.5	9	0.050	0.057	99	1.00	140.00	70	0.10	0.004
0.015	10.5	12	0.050	0.057	122	1.00	140.00	70	0.10	0.005
0.020	10.5	13	0.050	0.057	141	1.00	140.00	70	0.10	0.005
0.025	10.5	15	0.050	0.057	157	1.00	140.00	70	0.10	0.006
0.030	10.5	16	0.050	0.057	172	1.00	140.00	70	0.10	0.007
0.035	10.5	18	0.050	0.057	186	1.00	140.00	70	0.10	0.007
0.040	10.5	19	0.050	0.057	199	1.00	140.00	70	0.10	0.008

INTERASSE EMBRICI - SEZIONE IN RETTIFILO										
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	Ks Gauckler-Strickler	tirante idrico	Qmax smaltibile
	m	m	ore	ore	mq		mm/h		m	mc/s
0.001	5.3	6	0.050	0.064	31	1.00	140.00	70	0.10	0.001
0.002	5.3	8	0.050	0.064	44	1.00	140.00	70	0.10	0.002
0.004	5.3	12	0.050	0.064	63	1.00	140.00	70	0.10	0.002
0.005	5.3	13	0.050	0.064	70	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.006	5.3	15	0.050	0.064	77	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.007	5.3	16	0.050	0.064	83	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.008	5.3	17	0.050	0.064	89	1.00	140.00	70	0.10	0.003
0.009	5.3	18	0.050	0.064	94	1.00	140.00	70	0.10	0.004
0.010	5.3	19	0.050	0.064	99	1.00	140.00	70	0.10	0.004
0.015	5.3	23	0.050	0.064	122	1.00	140.00	70	0.10	0.005
0.020	5.3	27	0.050	0.064	141	1.00	140.00	70	0.10	0.005
0.025	5.3	30	0.050	0.064	157	1.00	140.00	70	0.10	0.006
0.030	5.3	33	0.050	0.064	172	1.00	140.00	70	0.10	0.007
0.035	5.3	35	0.050	0.064	186	1.00	140.00	70	0.10	0.007
0.040	5.3	38	0.050	0.064	199	1.00	140.00	70	0.10	0.008

INTERASSE EMBRICI - SEZIONE IN CURVA										
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	Ks	tirante idrico	Qmax
	m	m	ore	ore	mq		mm/h	Gauckler-Strickler	m	mc/s
0.001	10.5	4	0.050	0.056	42	1.00	300.96	70	0.10	0.003
0.002	10.5	5	0.050	0.056	53	1.00	300.96	70	0.10	0.004
0.004	10.5	6	0.050	0.056	63	1.00	300.96	70	0.10	0.006
0.005	10.5	7	0.050	0.056	74	1.00	300.96	70	0.10	0.006
0.006	10.5	8	0.050	0.056	84	1.00	300.96	70	0.10	0.007
0.007	10.5	9	0.050	0.056	95	1.00	300.96	70	0.10	0.008
0.008	10.5	9	0.050	0.056	95	1.00	300.96	70	0.10	0.008
0.009	10.5	10	0.050	0.056	105	1.00	300.96	70	0.10	0.009
0.010	10.5	10	0.050	0.056	105	1.00	300.96	70	0.10	0.009
0.015	10.5	13	0.050	0.056	137	1.00	300.96	70	0.10	0.011
0.020	10.5	14	0.050	0.056	147	1.00	300.96	70	0.10	0.013
0.025	10.5	16	0.050	0.056	168	1.00	300.96	70	0.10	0.014
0.030	10.5	18	0.050	0.056	189	1.00	300.96	70	0.10	0.016
0.035	10.5	19	0.050	0.056	200	1.00	300.96	70	0.10	0.017
0.040	10.5	20	0.050	0.056	210	1.00	300.96	70	0.10	0.018

RETTIFILO										
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	Ks	tirante idrico	Qmax
	m	m	ore	ore	mq		mm/h	Gauckler-Strickler	m	mc/s
0.001	5.3	7	0.050	0.064	39	1.00	262.87	70	0.10	0.003
0.002	5.3	10	0.050	0.064	55	1.00	262.87	70	0.10	0.004
0.004	5.3	15	0.050	0.064	78	1.00	262.87	70	0.10	0.006
0.005	5.3	17	0.050	0.064	87	1.00	262.87	70	0.10	0.006
0.006	5.3	18	0.050	0.064	95	1.00	262.87	70	0.10	0.007
0.007	5.3	20	0.050	0.064	103	1.00	262.87	70	0.10	0.008
0.008	5.3	21	0.050	0.064	110	1.00	262.87	70	0.10	0.008
0.009	5.3	22	0.050	0.064	117	1.00	262.87	70	0.10	0.009
0.010	5.3	23	0.050	0.064	123	1.00	262.87	70	0.10	0.009
0.015	5.3	29	0.050	0.064	151	1.00	262.87	70	0.10	0.011
0.020	5.3	33	0.050	0.064	174	1.00	262.87	70	0.10	0.013
0.025	5.3	37	0.050	0.064	195	1.00	262.87	70	0.10	0.014
0.030	5.3	41	0.050	0.064	213	1.00	262.87	70	0.10	0.016
0.035	5.3	44	0.050	0.064	230	1.00	262.87	70	0.10	0.017
0.040	5.3	47	0.050	0.064	246	1.00	262.87	70	0.10	0.018

FIG. 6

SISTEMA DI SMALTIMENTO 1			
CARATTERISTICHE BACINO DI CALCOLO			
L	150.0	m	lunghezza elemento disperdente di calcolo
S	0.38	ha	superficie bacino
fi	0.90		coefficiente di deflusso
Qu	21.49	L/sec	portata massima in uscita dalla vasca
tc	0.06	ore	tempo di corrivazione
CAPACITA' ELEMENTO DISPERDENTE			
V fosso acque di piattaforma	18.00	mc	Volume immagazzinato nella trincea disperdente
V fosso acque esterne	150.00	mc	Volume immagazzinato nel fosso disperdente
V_{accumulo}	168.00	mc	Volume tot immagazzinato

METODO DI HORTON						
t	i_{25}	$f_p(t)$	i_{netta}	Q_{25}	$V=(Q_{25}-Q_w) \times t$	ΔV
sec	mm/ora	mm/h	mm	L/s	mc	mc
480	277.209	58.80	218.413	230.55	100.35	67.65
500	273.282	58.17	215.108	227.06	102.78	65.22
520	269.402	57.56	211.843	223.61	105.10	62.90
540	265.565	56.95	208.615	220.20	107.31	60.69
560	261.771	56.35	205.423	216.84	109.39	58.61
580	258.019	55.75	202.265	213.50	111.37	56.63
600	254.306	55.17	199.141	210.20	113.23	54.77
620	250.633	54.58	196.050	206.94	114.98	53.02
640	246.997	54.01	192.990	203.71	116.62	51.38
660	243.400	53.44	189.961	200.51	118.16	49.84
680	239.838	52.88	186.963	197.35	119.59	48.41
700	236.313	52.32	183.994	194.22	120.91	47.09
720	232.824	51.77	181.055	191.11	122.13	45.87
740	229.369	51.22	178.145	188.04	123.25	44.75
760	225.949	50.69	175.264	185.00	124.27	43.73
780	222.564	50.15	172.410	181.99	125.19	42.81
800	219.212	49.63	169.585	179.01	126.01	41.99
820	215.894	49.11	166.788	176.05	126.74	41.26
840	212.609	48.59	164.018	173.13	127.38	40.62
860	209.357	48.08	161.275	170.24	127.92	40.08
880	206.138	47.58	158.560	167.37	128.37	39.63
900	202.952	47.08	155.872	164.53	128.74	39.26
920	199.798	46.59	153.210	161.72	129.01	38.99
940	196.676	46.10	150.576	158.94	129.20	38.80
960	193.586	45.62	147.968	156.19	129.31	38.69
980	190.528	45.14	145.386	153.46	129.33	38.67
1,000	187.502	44.67	142.831	150.77	129.28	38.72
1,020	184.508	44.20	140.303	148.10	129.14	38.86
1,040	181.545	43.74	137.801	145.46	128.93	39.07
1,060	178.613	43.29	135.325	142.84	128.64	39.36
1,080	175.713	42.84	132.876	140.26	128.27	39.73
1,100	172.844	42.39	130.452	137.70	127.83	40.17
1,120	170.006	41.95	128.055	135.17	127.32	40.68
1,140	167.199	41.52	125.684	132.67	126.74	41.26
1,160	164.424	41.08	123.339	130.19	126.10	41.90
1,180	161.679	40.66	121.021	127.74	125.38	42.62
1,200	158.965	40.24	118.728	125.32	124.60	43.40
1,220	156.281	39.82	116.462	122.93	123.76	44.24
1,240	153.629	39.41	114.222	120.57	122.86	45.14

METODO CN								
t	i_{25}	S	Ia	CN AMC II	i netta	Q ₂₅	V=(Q ₂₅ -Q ₀)x t	ΔV
sec	mm/ora				mm	L/s	mc	mc
480	199.725	25.1	5.0	91	249.186	263.03	115.94	52.06
500	196.896	25.1	5.0	91	245.288	258.92	118.71	49.29
520	194.100	25.1	5.0	91	241.436	254.85	121.35	46.65
540	191.336	25.1	5.0	91	237.629	250.83	123.84	44.16
560	188.603	25.1	5.0	91	233.865	246.86	126.21	41.79
580	185.899	25.1	5.0	91	230.143	242.93	128.43	39.57
600	183.224	25.1	5.0	91	226.461	239.04	130.53	37.47
620	180.578	25.1	5.0	91	222.819	235.20	132.50	35.50
640	177.958	25.1	5.0	91	219.215	231.39	134.34	33.66
660	175.366	25.1	5.0	91	215.649	227.63	136.05	31.95
680	172.800	25.1	5.0	91	212.121	223.91	137.64	30.36
700	170.261	25.1	5.0	91	208.629	220.22	139.11	28.89
720	167.746	25.1	5.0	91	205.174	216.57	140.46	27.54
740	165.257	25.1	5.0	91	201.754	212.96	141.69	26.31
760	162.793	25.1	5.0	91	198.369	209.39	142.80	25.20
780	160.354	25.1	5.0	91	195.019	205.85	143.80	24.20
800	157.939	25.1	5.0	91	191.704	202.35	144.69	23.31
820	155.549	25.1	5.0	91	188.423	198.89	145.47	22.53
840	153.182	25.1	5.0	91	185.176	195.46	146.14	21.86
860	150.839	25.1	5.0	91	181.962	192.07	146.70	21.30
880	148.520	25.1	5.0	91	178.783	188.71	147.16	20.84
900	146.224	25.1	5.0	91	175.636	185.39	147.51	20.49
920	143.952	25.1	5.0	91	172.523	182.11	147.77	20.23
940	141.702	25.1	5.0	91	169.442	178.86	147.92	20.08
960	139.476	25.1	5.0	91	166.394	175.64	147.98	20.02
980	137.273	25.1	5.0	91	163.379	172.46	147.95	20.05
1,000	135.093	25.1	5.0	91	160.397	169.31	147.82	20.18
1,020	132.935	25.1	5.0	91	157.447	166.19	147.60	20.40
1,040	130.801	25.1	5.0	91	154.529	163.11	147.29	20.71
1,060	128.689	25.1	5.0	91	151.644	160.07	146.89	21.11
1,080	126.599	25.1	5.0	91	148.791	157.06	146.41	21.59
1,100	124.532	25.1	5.0	91	145.970	154.08	145.85	22.15
1,120	122.487	25.1	5.0	91	143.181	151.14	145.20	22.80
1,140	120.465	25.1	5.0	91	140.424	148.23	144.48	23.52
1,160	118.465	25.1	5.0	91	137.699	145.35	143.68	24.32
1,180	116.487	25.1	5.0	91	135.005	142.51	142.80	25.20
1,200	114.532	25.1	5.0	91	132.344	139.70	141.85	26.15
1,220	112.598	25.1	5.0	91	129.714	136.92	140.83	27.17
1,240	110.687	25.1	5.0	91	127.116	134.18	139.73	28.27

SISTEMA DI SMALTIMENTO 2			
CARATTERISTICHE BACINO DI CALCOLO			
L	150.0	m	lunghezza elemento disperdente di calcolo
S	2.99	ha	superficie bacino
fi	0.90		coefficiente di deflusso
Qu	97.27	L/sec	portata massima in uscita dalla vasca
tc	0.13	ore	tempo di corrivazione
CAPACITA' ELEMENTO DISPERDENTE			
V fosso acque di piattaforma	936.00	mc	Volume immagazzinato nella trincea disperdente
V fosso acque esterne	300.00	mc	Volume immagazzinato nel fosso disperdente
V_{accumulo}	1236.00	mc	Volume tot immagazzinato

METODO DI HORTON						
t	i_{50}	$f_p(t)$	i_{netta}	Q_{50}	$V=(Q_{50}-Q_u) \times t$	ΔV
sec	mm/ora	mm/h	mm	L/s	mc	mc
480	277.209	58.80	218.413	1814.04	824.05	411.95
500	273.282	58.17	215.108	1786.60	844.66	391.34
520	269.402	57.56	211.843	1759.47	864.35	371.65
540	265.565	56.95	208.615	1732.66	883.11	352.89
560	261.771	56.35	205.423	1706.15	900.98	335.02
580	258.019	55.75	202.265	1679.93	917.94	318.06
600	254.306	55.17	199.141	1653.98	934.03	301.97
620	250.633	54.58	196.050	1628.30	949.24	286.76
640	246.997	54.01	192.990	1602.89	963.60	272.40
660	243.400	53.44	189.961	1577.73	977.11	258.89
680	239.838	52.88	186.963	1552.83	989.78	246.22
700	236.313	52.32	183.994	1528.17	1,001.64	234.36
720	232.824	51.77	181.055	1503.76	1,012.68	223.32
740	229.369	51.22	178.145	1479.59	1,022.92	213.08
760	225.949	50.69	175.264	1455.66	1,032.38	203.62
780	222.564	50.15	172.410	1431.96	1,041.06	194.94
800	219.212	49.63	169.585	1408.50	1,048.99	187.01
820	215.894	49.11	166.788	1385.27	1,056.16	179.84
840	212.609	48.59	164.018	1362.26	1,062.60	173.40
860	209.357	48.08	161.275	1339.48	1,068.31	167.69
880	206.138	47.58	158.560	1316.93	1,073.30	162.70
900	202.952	47.08	155.872	1294.60	1,077.60	158.40
920	199.798	46.59	153.210	1272.50	1,081.21	154.79
940	196.676	46.10	150.576	1250.62	1,084.15	151.85
960	193.586	45.62	147.968	1228.95	1,086.42	149.58
980	190.528	45.14	145.386	1207.51	1,088.04	147.96
1,000	187.502	44.67	142.831	1186.29	1,089.03	146.97
1,020	184.508	44.20	140.303	1165.29	1,089.39	146.61
1,040	181.545	43.74	137.801	1144.51	1,089.14	146.86
1,060	178.613	43.29	135.325	1123.95	1,088.28	147.72
1,080	175.713	42.84	132.876	1103.61	1,086.85	149.15
1,100	172.844	42.39	130.452	1083.48	1,084.83	151.17
1,120	170.006	41.95	128.055	1063.57	1,082.26	153.74
1,140	167.199	41.52	125.684	1043.88	1,079.14	156.86
1,160	164.424	41.08	123.339	1024.40	1,075.48	160.52
1,180	161.679	40.66	121.021	1005.15	1,071.30	164.70
1,200	158.965	40.24	118.728	986.11	1,066.61	169.39

METODO CN								
t	i_{50}	S	Ia	CN AMC II	i netta	Q ₅₀	V=(Q ₅₀ -Q _u)×t	ΔV
sec	mm/ora				mm	L/s	mc	mc
480	277.209	25.1	5.0	91	249.186	2069.63	946.73	289.27
500	273.282	25.1	5.0	91	245.288	2037.25	969.99	266.01
520	269.402	25.1	5.0	91	241.436	2005.26	992.16	243.84
540	265.565	25.1	5.0	91	237.629	1973.64	1,013.24	222.76
560	261.771	25.1	5.0	91	233.865	1942.38	1,033.26	202.74
580	258.019	25.1	5.0	91	230.143	1911.46	1,052.23	183.77
600	254.306	25.1	5.0	91	226.461	1880.88	1,070.17	165.83
620	250.633	25.1	5.0	91	222.819	1850.63	1,087.09	148.91
640	246.997	25.1	5.0	91	219.215	1820.70	1,103.00	133.00
660	243.400	25.1	5.0	91	215.649	1791.09	1,117.92	118.08
680	239.838	25.1	5.0	91	212.121	1761.78	1,131.87	104.13
700	236.313	25.1	5.0	91	208.629	1732.78	1,144.86	91.14
720	232.824	25.1	5.0	91	205.174	1704.08	1,156.91	79.09
740	229.369	25.1	5.0	91	201.754	1675.68	1,168.02	67.98
760	225.949	25.1	5.0	91	198.369	1647.57	1,178.23	57.77
780	222.564	25.1	5.0	91	195.019	1619.74	1,187.53	48.47
800	219.212	25.1	5.0	91	191.704	1592.21	1,195.95	40.05
820	215.894	25.1	5.0	91	188.423	1564.96	1,203.51	32.49
840	212.609	25.1	5.0	91	185.176	1537.99	1,210.21	25.79
860	209.357	25.1	5.0	91	181.962	1511.30	1,216.07	19.93
880	206.138	25.1	5.0	91	178.783	1484.89	1,221.11	14.89
900	202.952	25.1	5.0	91	175.636	1458.75	1,225.34	10.66
920	199.798	25.1	5.0	91	172.523	1432.90	1,228.78	7.22
940	196.676	25.1	5.0	91	169.442	1407.31	1,231.44	4.56
960	193.586	25.1	5.0	91	166.394	1382.00	1,233.34	2.66
980	190.528	25.1	5.0	91	163.379	1356.96	1,234.50	1.50
1,000	187.502	25.1	5.0	91	160.397	1332.19	1,234.92	1.08
1,020	184.508	25.1	5.0	91	157.447	1307.69	1,234.63	1.37
1,040	181.545	25.1	5.0	91	154.529	1283.45	1,233.63	2.37
1,060	178.613	25.1	5.0	91	151.644	1259.49	1,231.96	4.04
1,080	175.713	25.1	5.0	91	148.791	1235.79	1,229.61	6.39
1,100	172.844	25.1	5.0	91	145.970	1212.36	1,226.60	9.40
1,120	170.006	25.1	5.0	91	143.181	1189.20	1,222.96	13.04
1,140	167.199	25.1	5.0	91	140.424	1166.30	1,218.70	17.30
1,160	164.424	25.1	5.0	91	137.699	1143.66	1,213.82	22.18
1,180	161.679	25.1	5.0	91	135.005	1121.29	1,208.35	27.65
1,200	158.965	25.1	5.0	91	132.344	1099.19	1,202.31	33.69