



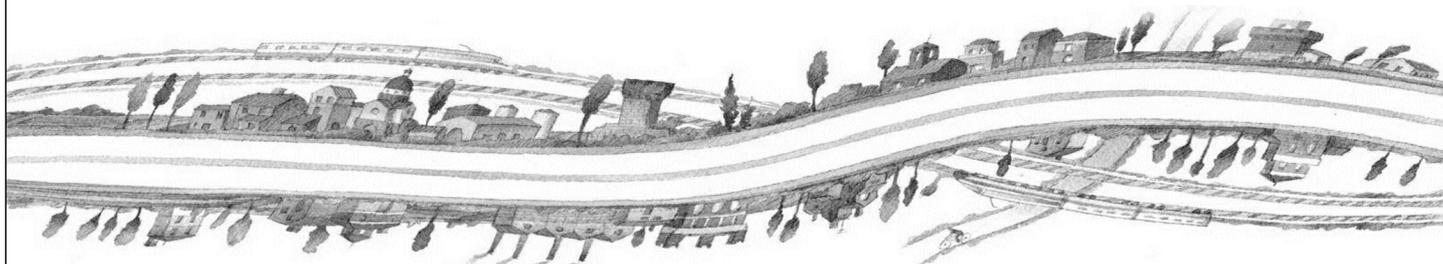
AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

D01 (EX 1PR) - RIQUALIFICAZIONE DELLA S.P.72 "PARMA - MEZZANI"

IDROLOGIA E IDRAULICA
IDRAULICA DI PIATTAFORMA
RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA



IL PROGETTISTA

Ing. Rodolfo Biondi
Albo Ing. Modena n° 1256



R. Biondi

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio-Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi

G. Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				W. GIANAROLI	R. BIONDI	E. SALSÌ		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: MAGGIO 2012
NUM. Progr.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
4743	PD	0	D01	DWP00	0	WW	RI	01	A	

I N D I C E

1. PREMESSA	2
2. CRITERI PROGETTUALI ED ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO.....	3
3. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI.....	5
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	6
5. LIMITI ALLO SCARICO ED INDIVIDUAZIONE DEL RECETTORE	7
6. ANALISI IDROLOGICHE	8
6.1. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore	8
6.2. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora	11
6.3. Definizione degli ietogrammi di progetto	11
7. VERIFICHE IDRAULICHE	14
7.1. Il modello idrologico – idraulico utilizzato	14
7.2. Il Modulo “Runoff” di SWMM	15
7.2.1. Evaporazione.....	15
7.2.2. Infiltrazione.....	16
7.2.3. Propagazione del flusso superficiale.....	16
7.2.4. I flussi sotterranei	19
7.3. Il modulo “extran” di SWMM (propagazione nel reticolo idrografico)	20
7.4. I parametri al contorno.....	21
8. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	23
8.1. Dimensionamento degli elementi di drenaggio.....	23
8.1.1. Verifica degli elementi di margine	23
9. DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE	25

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di definire e verificare il sistema di raccolta, convogliamento e scarico nel recapito finale delle acque di piattaforma per il progetto di riqualificazione della viabilità esistente denominata SP72 (D01 ex 1PR) inserito nell'intervento di realizzazione della nuova Autostrada Regionale Cispadana, infrastruttura stradale di categoria A, avente origine in corrispondenza del casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termine al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova".

La realizzazione della viabilità di adduzione comporta l'impermeabilizzazione delle superfici di piattaforma stradale con conseguenti problematiche connesse alla gestione delle acque meteoriche drenate dovute all'incremento delle portate idrauliche consegnate ai canali recettori.

Lo studio, che ha carattere idrologico, idraulico ed ambientale, ha portato alla definizione del sistema di raccolta, smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma e comprende:

1. reti interconnesse di raccolta, evacuazione delle acque di piattaforma;
2. presidi di sicurezza per il controllo degli sversamenti accidentali;
3. fossi di laminazione per il controllo delle portate rilasciate.

Per il corretto dimensionamento di tali opere, è stato individuato il migliore assetto da assegnare al sistema di drenaggio tenendo conto:

- della sollecitazioni pluviometriche;
- dei vincoli normativi;
- della particolare situazione morfologica e idraulica delle aree interessate dall'infrastruttura stradale;
- dei vincoli quantitativi dei canali recettori.

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma è caratterizzato da un sistema di tipo "aperto", dunque non viene effettuato alcun trattamento delle acque di prima pioggia. Le acque vengono quindi interamente captate mediante embrici e convogliate ai fossi di guardia che recapitano ai canali ricettori.

2. CRITERI PROGETTUALI ED ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

I criteri progettuali assunti derivanti dal Progetto Preliminare, sono i seguenti.

- progettazione della rete di evacuazione delle acque di piattaforma dimensionata per tempo di ritorno TR=20 anni;
- invarianza idraulica al recettore: si impongono come limite allo scarico i valori idrometrici prescritti dai singoli Consorzi di Bonifica;
- scarichi individuati nella rete idrica superficiale nei corsi d'acqua principali e secondari da parte dei singoli Consorzi di Bonifica ; ogni scarico è dotato di manufatto di rilascio controllato;
- evitare di riversare scarichi accidentali nei corpi recettori finali;
- invarianza di bacino afferente: non si può scaricare in un fosso o canale acque a lui non deputate originariamente;
- garantire sempre e ovunque la continuità idraulica dei campi sia ai fini di scolo che irrigui a monte e a valle della infrastruttura stradale in progetto.

Lo studio della rete di laminazione, trattamento ed evacuazione, delle acque di piattaforma autostradale si è articolato attraverso le seguenti fasi.

- 1) Individuazione dei recettori e dei loro limiti di portata;
- 2) Analisi idrologiche: preliminarmente sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica caratteristiche per ogni ambito territoriale da utilizzare nel dimensionamento degli afflussi che sollecitano la rete, quindi si è proceduto alla trasformazione Afflussi/Deflussi;
- 3) Schema idraulico di funzionamento delle reti di raccolta e smaltimento: comprende l'individuazione dei manufatti elementari del drenaggio di piattaforma ed il relativo dimensionamento in funzione dei parametri di progetto assunti; comprende anche la individuazione dei tratti omogenei e dei bacini ad essi afferenti;
- 4) Verifiche idrauliche: comprende il calcolo dei fossi di guardia e l'impatto dello scarico delle acque di piattaforma con i limiti allo scarico imposti;
- 5) Dimensionamento dei manufatti di modulazione, evacuazione e laminazione.

I metodi di calcolo e di analisi adottati sono sinteticamente riportati nei singoli paragrafi, mentre si rimanda alla bibliografia di settore per gli approfondimenti teorici ed applicativi. Nell'ambito del presente progetto non

si ritiene necessario prevedere la separazione e il trattamento delle acque di prima pioggia prima della restituzione delle acque di pioggia all'ambiente naturale data la tipologia di viabilità in questione.

La predisposizione del sistema di raccolta delle acque assolve al duplice intento di intercettare gli eventuali sversamenti di sostanze non compatibili con la rete idrografica naturale in occasione di imprevisti inconvenienti di esercizio (ribaltamento mezzi, ecc.) e di raccogliere le inevitabili scorie prodotte dal flusso veicolare. Per questa viabilità si ritiene che l'accumulo di inquinanti in tempo secco ed il loro lavaggio operato dalla pioggia sia trascurabile rispetto alle viabilità autostradali, interessate da intenso traffico veicolare e caratterizzate da superfici molto superiori.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

Il progetto del sistema di smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma è stato redatto conformemente alla "Normativa legislativa" ed alla "Normativa tecnica" vigenti sul territorio nazionale e regionale di interesse.

Si veda in proposito l'elaborato PD_0_0000_0000_0_GE_KT_01_A - Elenco delle Normative di riferimento.

4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

La sicurezza del traffico e le condizioni generali dell'ambiente urbano sono affidate sia alla corretta geometria del corpo stradale che al corretto dimensionamento delle opere di drenaggio, che devono provvedere alla raccolta, all'incanalamento ed all'allontanamento delle acque che vengono intercettate dal corpo stradale.

Il principale obiettivo nella progettazione delle opere di drenaggio è dunque quello di garantire l'assenza di ristagni d'acqua sulla superficie di usura della strada, che potrebbero seriamente pregiudicare la sicurezza degli automobilisti.

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche adottato, non prevede la componente di trattamento delle acque di prima pioggia. La giustificazione deriva da un flusso veicolare non sostenuto e da aree limitate.

Il dimensionamento delle opere è stato effettuato sulla base della portata massima attesa, determinata mediante l'utilizzo di un modello di trasformazione afflussi-deflussi che consente di valutare la portata di progetto a partire dalla conoscenza della curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 20 anni.

Il sistema di drenaggio in progetto è caratterizzato, per tutta la sua estensione dalla tipologia di viabilità "in rilevato": a determinati intervalli l'elemento marginale di trattenuta dell'afflusso di dilavamento è interrotto da manufatti di invito in calcestruzzo che si raccordano ad una canaletta ad embrici. Le acque vengono convogliate ai fossi di guardia posti al piede del rilevato.

I fossi di guardia verranno realizzati in terra, sia per contenere i costi di realizzazione, sia per ottenere un migliore inserimento ambientale; in corrispondenza degli scarichi degli embrici è previsto un rivestimento in cls sul fondo e sulle sponde del fosso. I fossi avranno larghezza al fondo e altezza minima pari a 0.5 m, con pendenza delle sponde pari a 2/3.

I fossi di laminazione scaricano le acque nella rete idrica superficiale esistente ogni qual volta viene intersecato un corso d'acqua o un fosso di scolo. Lo scarico avviene attraverso un manufatto di regolazione in cls costituito da una soglia sfiorante all'interno della quale viene praticata una foronomia adeguata alla regolazione richiesta e una paratoia per la trattenuta degli sversamenti accidentali. In particolare, nel caso di fossi non arginati, la quota di scarico dovrà essere minimo pari a - 20 cm dal piano campagna.

5. LIMITI ALLO SCARICO ED INDIVIDUAZIONE DEL RECETTORE

Il reticolo idrografico interferito è costituito da una fitta rete di canali artificiali consortili e privati. La scelta dei corsi d'acqua riceventi le acque di piattaforma, pur accettando l'ipotesi dell'invarianza idraulica e della totale depurazione, è stata suffragata da una serie di considerazioni che hanno poi trovato conforto da uno stretto rapporto con il Consorzio di Bonifica Parmense. In realtà l'infrastruttura in progetto rettifica ed amplia una strada già esistente, si tratta di leggere modifiche che non implicano importanti ripercussioni sugli incrementi dei volumi e delle portate delle acque di pioggia generate dalla piattaforma. Si mantengono gli ordinamenti idraulici dei fossi esistenti che afferiscono per buona parte nel Canale Burla.

Ciononostante e nel rispetto delle leggi cogenti e solo per quella leggera deviazione verso ovest del tracciato, per circa 600 m si verifica l'impatto del contributo delle acque di pioggia generate dalla piattaforma stradale sul canale Burla.

Si impone che, come già previsto nel Progetto Preliminare, che per questi 600m il fosso debba possedere una dimensione di $B=3,5m$ $b=0,5m$ e $h=0,5m$ al fine di garantire un contributo massimo al recettore non superiore a $8l/sec/ettaro$ per intensità di pioggia di $TR=20$ anni ed un volume di contenimento superiore a $500 m^3/ettaro$ impermeabile.

In considerazione dell'esiguità del tratto sotteso si tratta di verifiche che ampiamente accertano le condizioni imposte.

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche eseguite

6. ANALISI IDROLOGICHE

Lo studio idrologico ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un Tempo di Ritorno di 20 anni, in tutti i pluviometri situati nelle vicinanze della viabilità, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e dei relativi ietogrammi di progetto. Lo studio è stato suddiviso in due parti ciascuna influenzata dalla durata di pioggia:

- 1) verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitata da eventi di pioggia di durata >1 ora. Rientrano tra questi i sistemi di raccolta tramite fosso di guardia che come già anticipato svolge anche la funzione laminativa;
- 2) verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitata da eventi di pioggia di durata <1 ora. rientrano tra questi manufatti gli embrici e le caditoie che necessariamente debbono scaricare prima possibile le acque defluite.

6.1. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR), si fa riferimento alla legge probabilistica che meglio si adatta al campione di dati utilizzato.

Nel caso delle stazioni pluviometriche in esame, la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia, in funzione del Tempo di Ritorno (TR), è stata ottenuta tramite la legge probabilistica di Gumbel, stimandone i parametri $a(T)$ ed $n(T)$, al fine di ottenere la curva di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$

6.1

L'elaborazione statistica ha portato alla definizione delle curve di possibilità climatica, dove l'altezza di pioggia espressa in millimetri è rappresentata dall'espressione:

$$h = n - \frac{\ln \cdot \left(-\ln \cdot \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{a}$$

6.2

dove:

TR = tempo di ritorno

$$n = Y - \bar{Y}_N \cdot S_Y / S_N$$

$$a = S_N / S_Y$$

\bar{Y}_N = media della variabile ridotta

S_N = deviazione standard della variabile ridotta

Y = media aritmetica delle massime altezze di pioggia osservate

Sy = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Il valore assunto dai parametri S_x e S_n è funzione del numero di osservazioni a disposizione; tali valori sono riportati nella tabella sottostante.

TABELLA 6.1– VALORI DEI PARAMETRI (\bar{Y}_N) E S_N SECONDO GUMBELL

N	Media ridotta \bar{Y}_N %									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5154	0,5177	0,5198	0,5217
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5282	0,5296	0,5309	0,5321	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5411	0,5417	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5472	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5532	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5571	0,5573	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5584
90	0,5586	0,5588	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5605	0,5606	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611
N	Deviazione standard ridotta S_N %									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,0010	1,0148	1,0270	1,0378	1,0476	1,0564	1,0644	1,0717	1,0785	1,0847
20	1,0904	1,0958	1,1008	1,1055	1,1098	1,1140	1,1178	1,1215	1,1250	1,1283
30	1,1314	1,1344	1,1372	1,1399	1,1425	1,1449	1,1473	1,1496	1,1518	1,1538
40	1,1559	1,1578	1,1597	1,1614	1,1632	1,1649	1,1665	1,1680	1,1696	1,1710
50	1,1724	1,1738	1,1752	1,1765	1,1777	1,1789	1,1801	1,1813	1,1824	1,1835
60	1,1846	1,1856	1,1866	1,1876	1,1886	1,1895	1,1904	1,1913	1,1922	1,1931
70	1,1939	1,1947	1,1955	1,1963	1,1971	1,1978	1,1986	1,1993	1,2000	1,2007
80	1,2014	1,2020	1,2027	1,2033	1,2039	1,2045	1,2052	1,2057	1,2063	1,2069
90	1,2075	1,2080	1,2086	1,2091	1,2096	1,2101	1,2106	1,2111	1,2116	1,2121
100	1,2126	1,2130	1,2135	1,2139	1,2144	1,2148	1,2153	1,2157	1,2161	1,2165

Per stimare la CPP rappresentativa di ogni singolo tratto si è proceduto nel seguente modo: si sono prese in esame le 3 stazioni pluviometriche prossime all'infrastruttura stradale, associando ad ognuna di esse un peso, calcolato con il metodo dell'inverso della distanza, si ricavano le intensità di pioggia per assegnato TR all'interno di ogni singolo tratto.

Il metodo delle distanze quadratiche inverse si basa sull'ipotesi che in ciascun punto del bacino la precipitazione possa essere stimata sulla base di tutte le precipitazioni misurate, attribuendo ad esse un peso pari all'inverso della distanza tra il punto e la stazione pluviometrica. Frequentemente si fa riferimento alla distanza al quadrato.

Indicato con k il generico elemento della griglia, essendo $k = 1, \dots, K$, il peso w_{ki} del pluviometro i nella maglia k risulta:

$$w_{ki} = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{j=1, \dots, M} \frac{1}{d_j^2}}$$

dove d_j indica la distanza tra l'elemento della griglia ed il pluviometro i ed M è il numero complessivo di pluviometri considerati.

Si riportano di seguito, per il TR20 anni le tabelle riassuntive dei valori.

Tabella 6.2 Altezze di pioggia per durate superiori all'ora – Tr20 anni

Durata	Altezza di pioggia [mm]
[ore]	Tr=20
1	51.36
1.5	55.81
2	59.23
2.5	62.03
3	64.44
6	74.56
12	86.44
24	100.43

6.2. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora

Per la verifica dei sistemi di raccolta, per i quali la risposta al deflusso è immediata, si deve necessariamente calcolare la sollecitazione più gravosa durante eventi di pioggia intensi e di durata inferiore ad 1 ora.

Si sono pertanto ricostruite, sempre con l'utilizzo del metodo esposto precedentemente, le CPP per il tratto di interesse. I risultati ottenuti sono riportati nella sottostante tabella.

TABELLA 6.3 ALTEZZE DI PIOGGIA PER DURATE INFERIORI ALL'ORA – Tr20

Durata	Altezza di pioggia [mm]
[ore]	Tr=20
0.25	26.63
0.5	35.29
0.75	41.63

6.3. Definizione degli ietogrammi di progetto

Gli ietogrammi di progetto adottati sono di tipo triangolare, ipotizzando che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia presenti un picco a metà della durata dell'evento, per le piogge da 1 a 12 ore, e di tipo rettangolare per le piogge di breve durata (15').

Si riportano di seguito gli ietogrammi di progetto adottati per 15' e 12 ore:

FIGURA 1: IETOGRAMMA DI PROGETTO CON TR=20 ANNI E DURATA PARI A 15'

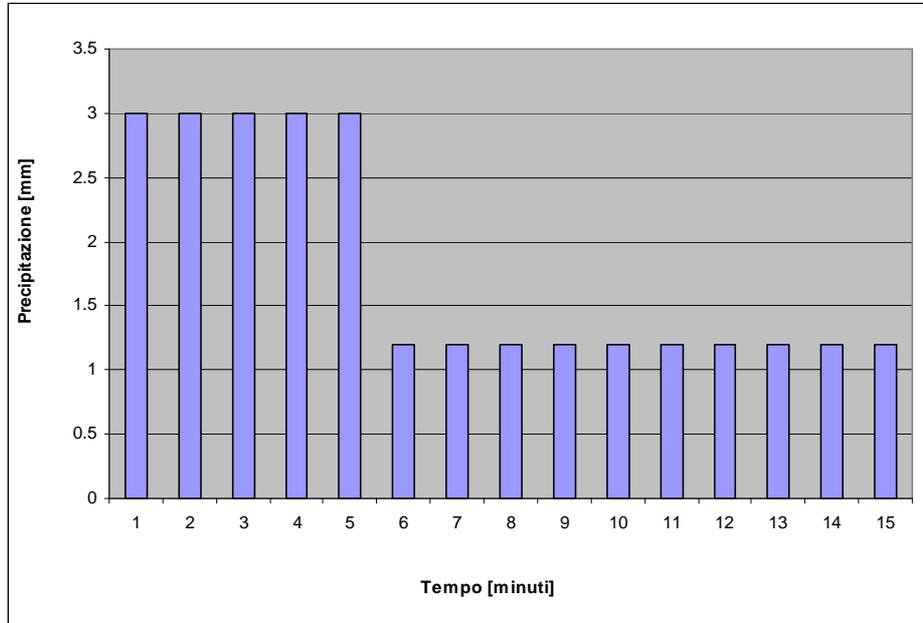
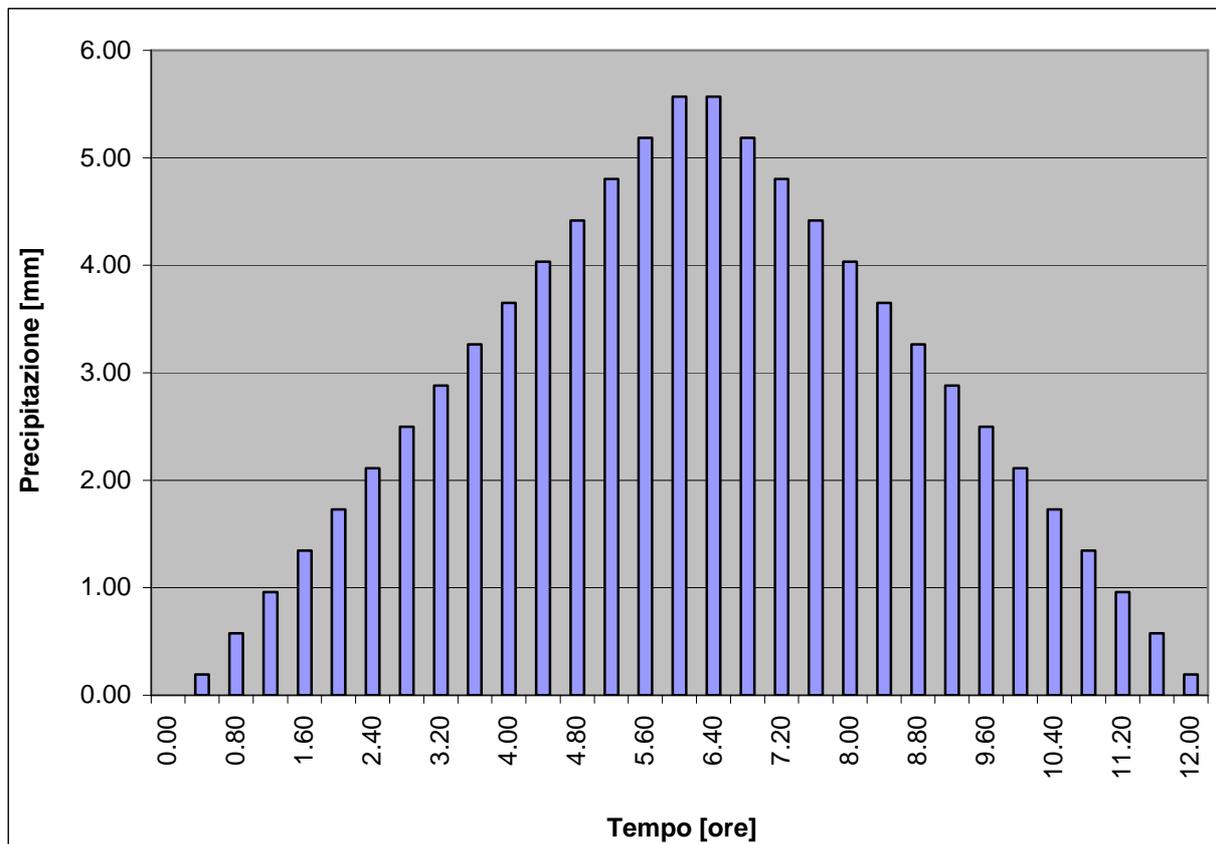


FIGURA 2: IETOGRAMMA DI PROGETTO TR=20 ANNI E DURATA PARI A 12 ORE



7. VERIFICHE IDRAULICHE

7.1. Il modello idrologico – idraulico utilizzato

Il modello dinamico SWMM (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A, descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero ed in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori.

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

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

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

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

Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione viene modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione risultino potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso risulta ovviamente nullo. E'

presente anche la componente di deflusso ipodermico e di base, derivante dalla schematizzazione della regione sotterranea come due serbatoi non lineari interconnessi; tale elemento, introdotto quando si dispone di osservazioni in continuo delle piogge, può simulare anche gli scambi idrici fra falda freatica e corso d'acqua, ma riveste una importanza trascurabile nella simulazione di singoli eventi di piena, come quelli analizzati in questo studio, perché i tempi di risposta dei due serbatoi sotterranei eccedono largamente quelli del ruscellamento superficiale, fornendo un contributo al deflusso totale che diviene significativo solo in regime fluviale di morbida e magra.

Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, viene ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente piena lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete di scolo.

7.2. Il Modulo “Runoff” di SWMM

Il modulo RUNOFF è stato sviluppato per simulare sia la quantità che la qualità dei flussi in un bacino di drenaggio ed il loro propagarsi nelle condotte della rete. Assegnatogli uno ietogramma, il programma schematizza il bacino con una combinazione di sottobacini e di condotte e/o canali ideali, e procede a svolgere un'esaustiva analisi (neve disciolta, perdite da infiltrazione nelle aree pervie, ritenzione superficiale, flusso sul terreno e nelle condotte e/o canali), che permette di determinare gli idrogrammi ed i pollutogrammi nei vari nodi. Nello studio in questione si è analizzato il problema idrico solamente dal punto di vista quantitativo, non da quello qualitativo.

7.2.1. Evaporazione

L'evaporazione può essere inserita nel modulo RUNOFF sia direttamente, tramite una altezza cumulata per ciascun mese, sia a partire dalla serie temporale delle temperature.

L'evaporazione è sottratta all'altezza di pioggia caduta e/o acqua stagnante prima di calcolare l'infiltrazione e lo scorrimento superficiale. Il valore della precipitazione che il programma considera è quindi sempre quello netto a cui sono già state sottratte le perdite di evaporazione.

Sebbene nel modulo RUNOFF evaporazione e infiltrazione siano sommate per formare un unico valore di perdita per i calcoli nei sottobacini, totali separati sono mantenuti nel controllo generale della continuità.

7.2.2. Infiltrazione

Per l'infiltrazione nelle aree pervie SWMM consente di scegliere tra 3 modelli: Horton, Green-Ampt e Curve Number. Il modello empirico di Horton è frequentemente utilizzato. Molti idrologi hanno una "sensibilità" per i tre parametri richiesti, nonostante la documentazione al riguardo sia molto scarsa. Sebbene nella sua formulazione classica l'equazione possa essere utilizzata solo qualora l'intensità di precipitazione ecceda la capacità di infiltrazione, le modifiche apportate in SWMM al modello permettono di superare questa deficienza.

Alternativamente l'equazione di Green-Ampt è un modello fisico che può consentire una buona descrizione del processo di infiltrazione. Nella formulazione di Mein-Larson il modello può anche essere applicato in caso di intensità di precipitazione inferiore alla capacità di infiltrazione all'inizio dell'intervallo temporale.

7.2.3. Propagazione del flusso superficiale

Il modulo RUNOFF rappresenta l'inizio della generazione del flusso in SWMM. Ciascun sottobacino viene suddiviso in tre sottoaree che simulano le aree impermeabili, con e senza depressioni superficiali, e l'area permeabile, con depressioni superficiali. La profondità delle depressioni superficiali è un dato di input (parametro denominato WSTORE) per le aree impermeabili e permeabili di ciascun sottobacino.

Il flusso superficiale è generato da ciascuna delle tre aree approssimandole a serbatoi non-lineari, ai quali non viene assegnata alcuna forma specifica. Tuttavia, se la larghezza del sottobacino, W , è considerata come vera larghezza del flusso superficiale, allora l'area si comporterà come un bacino rettangolare. Altrimenti, la larghezza (come anche la pendenza e la scabrezza) possono essere considerati come parametri di calibrazione. Il serbatoio non-lineare è definito combinando l'equazione di continuità con quella di Manning.

L'equazione di continuità, applicata a ciascuna sottoarea:

$$\frac{dV}{dt} = A \frac{dd}{dt} = Ai^* - Q$$

dove $V = A \cdot d$ = volume di acqua nella sottoarea, m^3

d = altezza della lama d'acqua, m ,

t = tempo, s ,

A = area del sottobacino, m^2

i^* = eccedenza di precipitazione = intensità di precipitazione /neve disciolta meno tasso di

evaporazione e/o infiltrazione(m/s),

Q = velocità del flusso, m²/s,

si coniuga con l'equazione di Manning per il flusso:

$$Q = W \frac{1.49}{n} (d - d_p)^{5/3} S^{1/2}$$

dove W = larghezza del sottobacino, m,

n = coefficiente di scabrezza di Manning,

d = altezza della lama d'acqua, m,

S = pendenza del sottobacino, m/m.

Queste due equazioni sono combinate in una equazione differenziale non lineare, che può essere risolta rispetto ad un'incognita, l'altezza, d.

$$\frac{dd}{dt} = i^* - \frac{1.49 \cdot W}{A \cdot n} \cdot (d - d_p)^{5/3} S^{1/2} = i^* + WCON \cdot (d - d_p)^{5/3}$$

dove:

$$WCON = \frac{1.49 \cdot W \cdot S^{1/2}}{A \cdot n}$$

Si noti il raggruppamento della larghezza, pendenza e scabrezza in un unico parametro.

L'equazione dd/dt è risolta per ciascun intervallo temporale con un semplice schema alle differenze finite. A questo scopo, nel lato destro dell'equazione si deve considerare il flusso medio netto in ingresso ed in uscita nell'intervallo di tempo. L'intensità di precipitazione, i*, è considerata nel programma come media nell'intervallo di tempo. Il flusso medio è approssimato calcolandolo come media tra le vecchie e le nuove altezze. Quindi, denotando coi pedici 1 e 2 rispettivamente l'inizio e la fine dell'intervallo temporale, l'equazione si approssima:

$$\frac{d_2 - d_1}{\Delta t} = i^* + WCON \cdot \left[d_1 + \frac{1}{2}(d_2 - d_1) - d_p \right]^{5/3}$$

dove Δt = intervallo di tempo, (s).

Questa equazione è poi risolta in d₂ usando un'iterazione di Newton-Raphson.

Dato d₂, il flusso istantaneo alla fine dell'intervallo temporale, WFLOW è calcolato tramite l'equazione di

Manning. Il flusso in uscita istantaneo è anche il valore del flusso che viene trasferito ai successivi moduli di SWMM.

Nonostante la soluzione dell'equazione alle differenze finite sia immediata e semplice, delle peculiarità esistono nel modo in cui alcuni parametri per le singole sottoaree (A1, A2 e A3) vengono specificate. In particolare, solo due valori di WCON sono calcolati, uno per l'area permeabile ed uno per l'intera area impermeabile. Così, per il calcolo delle altezze nelle sottoaree impermeabili A1 e A3 si utilizza il medesimo WCON, ottenuto utilizzando l'area impermeabile totale. Tuttavia, il flusso istantaneo è calcolato usando l'area individuale di ciascuna sottoarea (ad esempio A1 o A3). L'influenza netta per le sottoaree A1 e A3 è ottenuta riducendo le larghezze in proporzione a $A1/(A1+A3)$ o $A3/(A1+A3)$. Test numerici di questo schema confrontati con uno che utilizza aree individuali (con larghezze proporzionali) nel parametro WCON, indicano che si ha un risultato che può essere ritenuto soddisfacente.

Prima di eseguire questi calcoli, il programma verifica se le perdite sono maggiori dell'altezza della precipitazione più le riserve di acqua. In tal caso, le perdite (evaporazione più infiltrazione) assorbono tutta l'acqua ed il flusso è nullo. Similmente, se le perdite da sole sono sufficienti ad abbassare il livello dell'acqua al di sotto delle depressioni superficiali, la nuova altezza è calcolata solo su questa base ed il deflusso è nullo.

Lo schema computazionale si è dimostrato abbastanza stabile. L'unico caso in cui si verificano problemi di non-convergenza (oppure un tentativo di calcolare un'altezza negativa) è quando le sottoaree sono molto piccole (pochi metri quadrati) unite a intervalli temporali molto grandi (ad esempio dieci minuti). Qualora il programma segnali un messaggio di non convergenza, normalmente si può eliminare il problema aumentando l'area in questione o riducendo l'intervallo temporale.

La propagazione dei flussi generati è stabilita separatamente per ciascuna delle tre sottoaree del sottobacino.

Il flusso superficiale è calcolato come il prodotto della velocità per altezza e larghezza, (dall'equazione di Manning (3.2) basata sulla differenza tra l'altezza totale e le depressioni superficiali).

Si noti che larghezza, pendenza e coefficiente di scabrezza di Manning sono combinati in unico parametro. Così, cambiamenti equivalenti possono essere apportati alterando uno qualsiasi dei tre parametri. Si noti anche che la larghezza e la pendenza sono uguali per le aree permeabili ed impermeabili. Il coefficiente di scabrezza di Manning e l'area relativa sono gli unici parametri disponibili per il modellatore per caratterizzare il contributo delle aree permeabili ed impermeabili nell'idrogramma di uscita.

I flussi calcolati nel modulo RUNOFF e trasferiti ai moduli successivi sono valori istantanei al tempo finale dell'intervallo.

7.2.4. I flussi sotterranei

La componente sotterranea simula due zone – una superiore (insatura) ed una inferiore (satura). Il flusso dalla zona insatura a quella satura è regolata da un'equazione di percolazione nella quale i parametri possono essere sia stimati che calibrati, in base alla disponibilità dei dati. L'unico flusso in entrata è l'infiltrazione calcolata dal modulo RUNOFF. L'evapotraspirazione nella zona superiore risulta l'unica causa di perdite nella zona insatura. Perdite e deflusso dalla zona inferiore possono avvenire tramite percolazione profonda, evapotraspirazione, e scorrimento sotterraneo. Il flusso sotterraneo è una funzione della tavola d'acqua ed eventualmente dell'altezza dell'acqua nel corso d'acqua di drenaggio.

Lo scorrimento sotterraneo rappresenta il flusso laterale dalla zona satura al corso d'acqua ricevente. L'equazione del flusso assume la seguente formula generale:

$$GWFLW = A1 \cdot (D1-BC)^{B1} - TW^{BC} + A3 \cdot D1 \cdot BC$$

e

$$TWFLW = A2 \cdot (TW-BC)^{B2}$$

dove GWFLW = velocità del flusso sotterraneo all'inizio dell'intervallo temporale (per area del sottobacino)

TWFLW = influenza della velocità del flusso dell'acqua del corso d'acqua all'inizio dell'intervallo temporale (per area del sottobacino),

A1, A2, A3 = coefficienti di influenza del flusso sotterraneo e del corso d'acqua,

B1, B2 = esponenti di influenza del flusso sotterraneo e dell'acqua nel corso d'acqua,

D1 = altezza della zona inferiore all'inizio dell'intervallo temporale,

BC = altezza del fondo del corso d'acqua,

TW = altezza dell'acqua nel corso d'acqua.

Se D1 è minore di BC o TW, GWFLW è posto uguale a zero. Inoltre se TW = BC e B2 = 0, allora la forma indeterminata zero elevato a zero è posta uguale a uno dal programma.

Poiché il flusso sotterraneo può avere notevoli dimensioni, un flusso medio è calcolato iterativamente ad ogni intervallo temporale. I flussi sotterranei possono essere indirizzati a qualsiasi nodo del reticolo drenante o a qualsiasi tratto fluviale, permettendo di isolare i vari componenti dell'idrogramma totale. Quindi il flusso sotterraneo non deve necessariamente essere indirizzato alla stessa destinazione del flusso superficiale di ogni sottobacino. L'influsso dell'acqua nel corso d'acqua sul flusso sotterraneo può essere trattato in due

modi distinti. La prima opzione prevede che l'altezza dell'acqua nel corso d'acqua, TW, risulti una costante maggiore od uguale al valore dell'altezza del fondo del corso d'acqua, BC, e che A2, B2 e/o A3 abbiano valori maggiori di zero. La scelta di questo metodo equivale a specificare una influenza media dell'acqua nel corso d'acqua per tutto lo scorrimento da usare per ciascun intervallo temporale. La seconda opzione fissa l'altezza dell'acqua nel canale o fiume, TW, uguale al reale valore del tirante nel tratto considerato. Per questa impostazione, il flusso sotterraneo deve essere indirizzato ad un corso d'acqua e non ad un nodo. L'altezza idrica nel corso d'acqua (TW-BC) è poi determinata per ogni intervallo temporale come l'altezza al precedente intervallo temporale. L'altezza all'inizio dell'intervallo temporale deve essere utilizzato per evitare iterazioni complesse e lunghe nella combinazione con l'equazione della portata del corso d'acqua. A causa di questo compromesso, l'acqua sotterranea può "pulsare" all'oscillare di D1 appena sopra e sotto di TW. Questa pulsazione può introdurre errori nella continuità ed, ovviamente, non è rappresentativa del sistema reale. Intervalli temporali più corti e canali più larghi o meno pendenti (riducendo così la risposta del corso d'acqua) possono essere utilizzati per ridurre le pulsazioni. Infine, la selezione di A1, B1, A2, B2, e A3 deve essere fatta con cautela affinché GWFLW non diventi negativo. Nonostante questo possa accadere nel sistema reale, indicando un ricaricamento dal corso d'acqua, non esiste attualmente modo per rappresentare questo flusso contrario e sottrarlo dal corso d'acqua. Un modo per eludere questo è rendere A1 più grande o uguale ad A2 e B1 più grande o uguale a B2, e B3 uguale a zero.

7.3. Il modulo "extran" di SWMM (propagazione nel reticolo idrografico)

Il deflusso superficiale raggiunge la rete drenante e la sua propagazione viene simulata risolvendo, per ogni tubazione, il seguente sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali rappresentanti l'equazione di bilancio di massa

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

e l'equazione del momento della quantità di moto

$$g \cdot A \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} + g \cdot A \cdot S_f = 0$$

con

$$S_f = \frac{Q \cdot |v|}{n^2 \cdot A \cdot R^{4/3}}$$

dove:

- Q è la portata nel condotto funzione del tempo e dello spazio,
x l'ascissa longitudinale del condotto, variabile indipendente spazio,
A è la sezione del condotto di fognatura,
t la variabile indipendente tempo,
g l'accelerazione di gravità,
H è il carico piezometrico z+y, con z quota di fondo alveo e y tirante idrico,
S_f la pendenza della linea dei carichi,
R è il raggio idraulico del condotto,
v la velocità media nel condotto,
n il suo coefficiente di scabrezza secondo Manning.

Oltre alle equazioni differenziali descritte, il modello impone contemporaneamente, attraverso ulteriori equazioni, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di tratti fluviali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei tratti riceventi.

Le condizioni iniziali nei tronchi vengono invece calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni tratto.

7.4. I parametri al contorno

Tutti i sottobacini relativi alla piattaforma stradale hanno le seguenti caratteristiche:

- Lama d'acqua di detenzione superficiale: 1.27mm;
- Coefficiente di scabrezza secondo Manning: $0.011 (m^{1/3}/s)^{-1}$;
- Pendenza: 7% dal momento che il tratto analizzato è situato in curva;
- CN: 97;
- Coefficiente di deflusso $\varphi=0.9$.

Tutti i sottobacini relativi alle scarpate hanno invece le seguenti caratteristiche:

- Lama d'acqua di detenzione superficiale: 2.54mm;

- Coefficiente di scabrezza secondo Manning: $0.05 (m^{1/3}/s)^{-1}$;
- Pendenza: 67% (equivale ad una scarpata 2 su 3);
- CN: 80;
- Coefficiente di deflusso $\varphi=0.5$.

8. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

8.1. Dimensionamento degli elementi di drenaggio

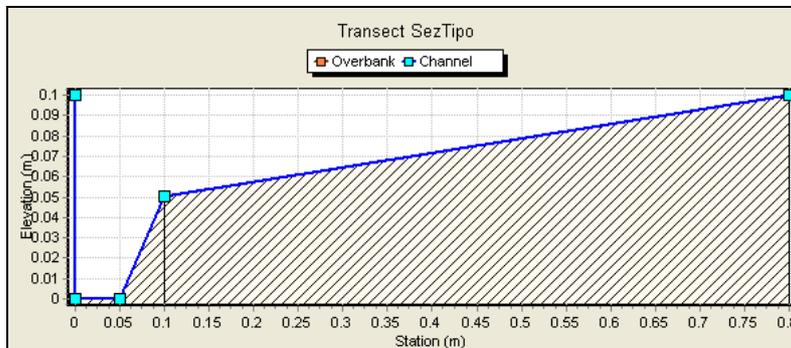
Nei paragrafi successivi si riportano i criteri generali di dimensionamento di tutti gli elementi che costituiscono il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma.

Il sistema è del tipo aperto, risulta perciò costituito da un sistema di canalette ad embrici che raccolgono le acque di piattaforma e che le immettono nei fossi.

8.1.1. Verifica degli elementi di margine

La conformazione della piattaforma stradale consente il deflusso delle acque meteoriche verso il margine della carreggiata stradale, presso il ciglio si origina quindi un'area di deflusso a forma trapezoidale che interessa la banchina stradale. Le condizioni di deflusso idrico lungo il margine stradale sono determinate dalle pendenze longitudinali e trasversali del corpo stradale, tali parametri individuano quindi la capacità di deflusso che può ottenersi lungo il ciglio. La capacità idraulica lungo il margine stradale è limitata dalla larghezza massima ammissibile per il velo idrico in piattaforma che evidentemente non deve interessare in alcun modo la parte carrabile della piattaforma stradale. La verifica degli elementi di margine consiste quindi nel rapportare la capacità idraulica del margine stradale del tratto di interesse alla stima della portata meteorica afferente; dagli esiti di tale raffronto si ricava l'interasse massimo al quale devono porsi gli elementi di raccolta delle acque meteoriche (embrici) per evitare il rischio che il deflusso idrico possa interessare anche il traffico veicolare.

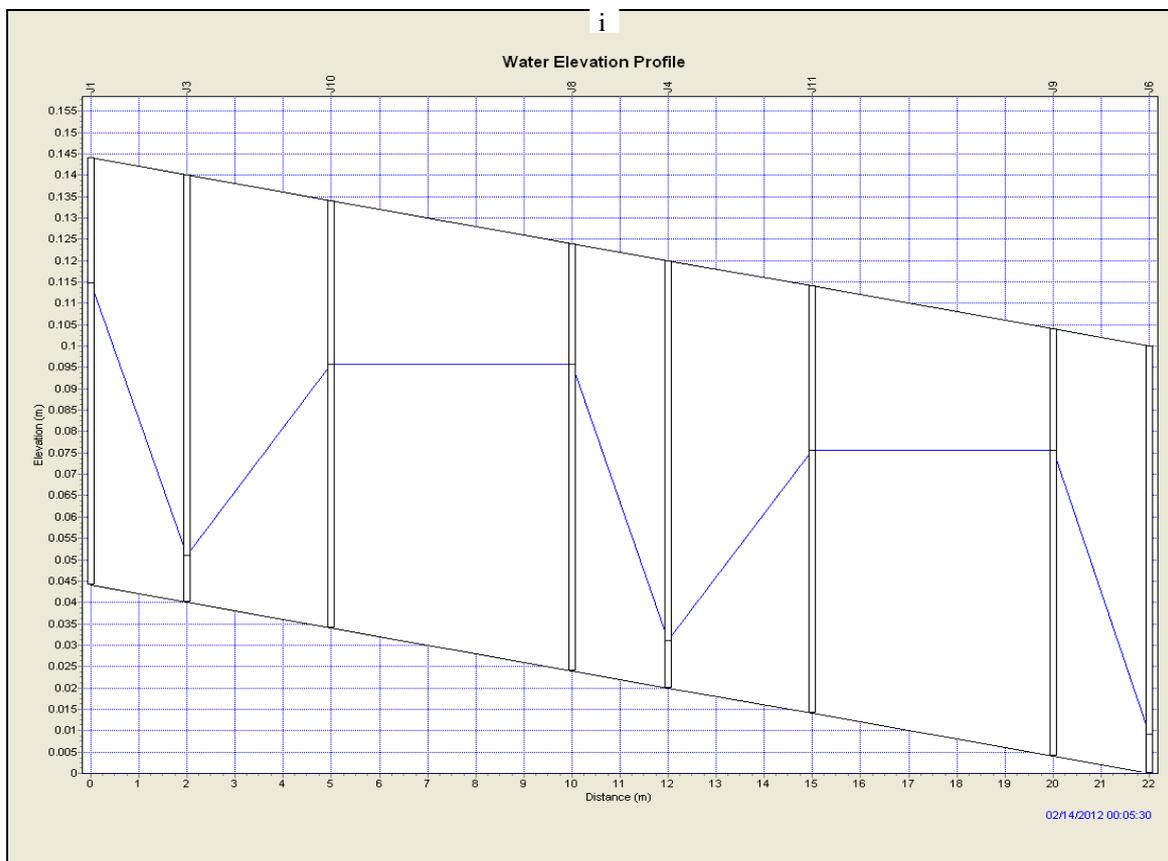
Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene eseguito considerando una sezione di deflusso trapezoidale di dimensioni 5+5 di base, delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato, e una dimensione degli embrici pari a 28x7cm. Nella modellazione è stato implementato lo ietogramma corrispondente ad una pioggia di 27mm in 15 minuti con un picco di 15mm in 5 minuti.



Dal momento che il tratto di piattaforma analizzato è in curva, la larghezza considerata nelle analisi è di 12 metri con le caratteristiche definite al paragrafo 7.4.

L'interasse tra gli embrici affinché essi siano in grado di smaltire la portata in arrivo è di 10 metri con un allargamento della piattaforma stradale di 50 cm. Si riportano nell'allegato 1 i risultati ottenuti dall'analisi di un tratto tipologico.

FIGURA 3 h **FILO DI RIGURITO DI UN TRATTO DI CANALETTA – PASSO EMBRICI 10 METRI**



9. DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE

I 2 fossi di guardia al piede del rilevato stradale sono impostati in modo da garantire la laminazione delle acque di piattaforma prima del collegamento al Cavo Burla. La necessità di contenere le portate scaricate nel reticolo idrico superficiale e nel contempo l'esigenza di limitare l'impatto sul territorio della nuova opera in termini di aumento delle superfici impermeabili determina il dimensionamento dei fossi di guardia, ovvero le dimensioni dei fossi sono ricavate in modo da garantire un franco di almeno 5-10cm e lo scarico controllato delle portate idrauliche assumendo come limite di scarico il valore di 8 l/s*ha. Oltre ai vincoli rappresentati dal limite allo scarico sopra menzionato, occorre dimensionare i fossi di scolo delle acque di piattaforma autostradale garantendo sempre un volume di laminazione almeno pari a 500 m³/ha di superficie impermeabilizzata.

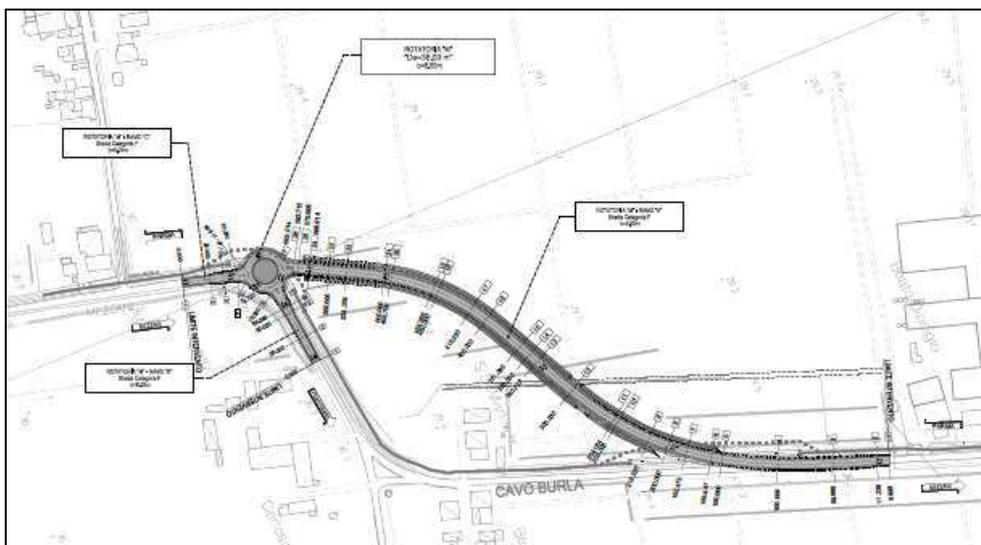
Per le analisi si sono considerati una piattaforma stradale di larghezza 12 metri e una larghezza permeabile pari a 20m in modo tale da tenere in considerazione anche il contributo proveniente dai campi circostanti. Le caratteristiche degli elementi di input sono quelle definite al paragrafo 7.4.

Nella modellazione sono stati implementati gli ietogrammi corrispondenti a piogge di durata 1,1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore al fine di valutare la capacità laminativa dei fossi. I fossi con forma geometrica definita ed a pendenza zero, garantiscono il corretto deflusso delle acque ed una corretta laminazione, per eventi di pioggia intensi e di breve durata per TR assegnato.

L'effettiva limitazione delle portate scaricate nel Cavo Burla si ottiene prevedendo in corrispondenza della sezione terminale del fosso un opportuno modulatore ove è realizzata presso il fondo una luce di scarico.

Il tratto esaminato, come già sopra ricordato, si sviluppa per circa 600m e presenta un flesso in corrispondenza della parte mediana. Si riportano di seguito sia la planimetria del tracciato.

FIGURA 4: PLANIMETRIA TRATTO OGGETTO DI ANALISI

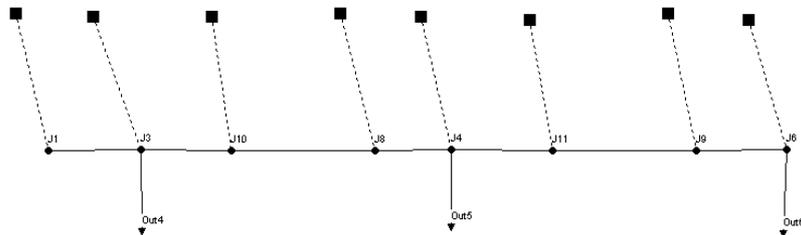


La superficie impermeabile risulta essere 7200m², che significa un volume minimo di invaso pari a 420m³. I due fossi, delle dimensioni indicate, garantiscono un volume di invaso pari a 1200m³.

Dalle analisi condotte risulta che a seguito della presenza del modulatore imposto a valle e fissato con una tubazione del $\phi 250$ (in realtà le verifiche imporrebbero un $\phi 100$ insostenibile per le inevitabili carenze manutentive dello stesso), il caso peggiore è quello di durata 12h proprio perché vince sul deflusso l'azione laminativa del fosso.

Si riportano nell'allegato 2 i risultati dell'elaborazione per il tratto maggiormente sollecitato di lunghezza 350m: tratto del flesso verso Est.

ALLEGATO 1: RISULTATI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO



EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units LPS
Process Models:
Rainfall/Runoff YES
Snowmelt NO
Groundwater NO
Flow Routing YES
Ponding Allowed YES
Water Quality NO
Infiltration Method CURVE_NUMBER
Flow Routing Method DYNWAVE
Starting Date FEB-14-2012 00:00:00
Ending Date FEB-14-2012 05:00:00
Antecedent Dry Days 0.0
Report Time Step 00:00:30



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D01 (ex1PR) Riqualficazione della SP n72 Parma-Mezzani

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Wet Time Step 00:00:05
Dry Time Step 00:00:30
Routing Time Step 1.00 sec

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	0.001	27.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.000	0.000
Surface Runoff	0.001	26.052
Final Surface Storage	0.000	0.953
Continuity Error (%)	0.000	

*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.001	0.008
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.001	0.008
Internal Outflow	0.000	0.000
Storage Losses	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.000	0.000
Continuity Error (%)	0.000	

Time-Step Critical Elements

None

Highest Flow Instability Indexes

- Link C7 (5)
- Link C4 (5)
- Link C1 (3)
- Link C15 (2)
- Link C17 (2)

Routing Time Step Summary

Minimum Time Step : 0.99 sec



Average Time Step : 1.00 sec
Maximum Time Step : 1.00 sec
Percent in Steady State : 0.00
Average Iterations per Step : 2.00

Subcatchment Runoff Summary

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff mm	Peak Runoff 10^6 ltr	Runoff Coeff LPS
S1	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	3.00	0.965
S2	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	1.80	0.965
S3	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	3.00	0.965
S4	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	1.80	0.965
S5	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	3.00	0.965
S7	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	1.20	0.965
S8	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	1.20	0.965
S9	27.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	1.20	0.965

Node Depth Summary

Node	Average Depth Type	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Maximum Time of Occurrence days hr:min
J1	JUNCTION	0.00	0.07	0.11 0 00:06
J3	JUNCTION	0.00	0.01	0.05 0 00:05
J4	JUNCTION	0.00	0.01	0.03 0 00:05
J6	JUNCTION	0.00	0.01	0.01 0 00:05
J8	JUNCTION	0.00	0.07	0.10 0 00:05
J9	JUNCTION	0.00	0.07	0.08 0 00:05
J10	JUNCTION	0.00	0.06	0.10 0 00:05
J11	JUNCTION	0.00	0.06	0.08 0 00:05
Out4	OUTFALL	0.00	0.01	-0.99 0 00:05
Out5	OUTFALL	0.00	0.01	-0.99 0 00:05
Out6	OUTFALL	0.00	0.01	-0.99 0 00:05

Node Inflow Summary



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D01 (ex1PR) Riqualficazione della SP n72 Parma-Mezzani

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Node	Type	Maximum		Time of Max Occurrence	Lateral Inflow Volume	Total Inflow Volume
		Lateral Inflow LPS	Total Inflow LPS			
J1	JUNCTION	3.00	3.00	0 00:06	0.002	0.002
J3	JUNCTION	1.20	6.59	0 00:05	0.001	0.003
J4	JUNCTION	1.20	6.76	0 00:05	0.001	0.003
J6	JUNCTION	1.20	5.11	0 00:05	0.001	0.002
J8	JUNCTION	3.00	3.14	0 00:04	0.002	0.002
J9	JUNCTION	3.00	3.15	0 00:04	0.002	0.002
J10	JUNCTION	1.80	1.83	0 00:03	0.001	0.001
J11	JUNCTION	1.80	1.84	0 00:03	0.001	0.001
Out4	OUTFALL	0.00	5.89	0 00:05	0.000	0.003
Out5	OUTFALL	0.00	6.02	0 00:05	0.000	0.003
Out6	OUTFALL	0.00	4.37	0 00:05	0.000	0.002

Node Surcharge Summary

No nodes were surcharged.

Node Flooding Summary

No nodes were flooded.

Outfall Loading Summary

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow LPS	Max. Flow LPS	Total Volume 10^6 ltr
Out5	8.70	1.99	6.02	0.003
Out6	8.76	1.53	4.37	0.002
System	8.32	5.65	16.24	0.008

Link Flow Summary

Maximum Time of Max Maximum Max/ Max/



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D01 (ex1PR) Riqualficazione della SP n72 Parma-Mezzani

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Link	Type	Flow LPS	Occurrence days	Veloc hr:min	Full Flow	Full Depth
C1	CHANNEL	3.73	0	00:05	1.29	0.43
C3	CHANNEL	0.32	0	00:16	0.17	0.04
C4	CHANNEL	3.90	0	00:05	1.33	0.45
C5	CHANNEL	0.32	0	00:16	0.17	0.04
C7	CHANNEL	3.91	0	00:05	1.38	0.45
C12	CHANNEL	1.66	0	00:05	0.67	0.19
C13	CHANNEL	1.66	0	00:05	0.67	0.19
C15	CONDUIT	5.89	0	00:05	2.02	0.05
C16	CONDUIT	6.02	0	00:05	2.02	0.05
C17	CONDUIT	4.37	0	00:05	1.78	0.04

Flow Classification Summary

Conduit	Adjusted /Actual Length	--- Fraction of Time in Flow Class ----								Avg. Froude Number	Avg. Flow Change
		Up Dry	Down Dry	Sub Dry	Sup Crit	Up Crit	Down Crit	Crit	Crit		
C1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.08	0.00	0.00	0.26	0.0028	
C3	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0000	
C4	1.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.10	0.00	0.00	0.32	0.0044	
C5	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.0000	
C7	1.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.10	0.00	0.00	0.32	0.0044	
C12	1.00	0.00	0.66	0.00	0.32	0.02	0.00	0.00	0.05	0.0000	
C13	1.00	0.00	0.56	0.00	0.41	0.02	0.00	0.00	0.06	0.0000	
C15	1.00	0.66	0.00	0.00	0.09	0.25	0.00	0.00	0.91	0.0000	
C16	1.00	0.57	0.00	0.00	0.11	0.32	0.00	0.00	1.14	0.0000	
C17	1.00	0.58	0.00	0.00	0.09	0.33	0.00	0.00	1.13	0.0000	

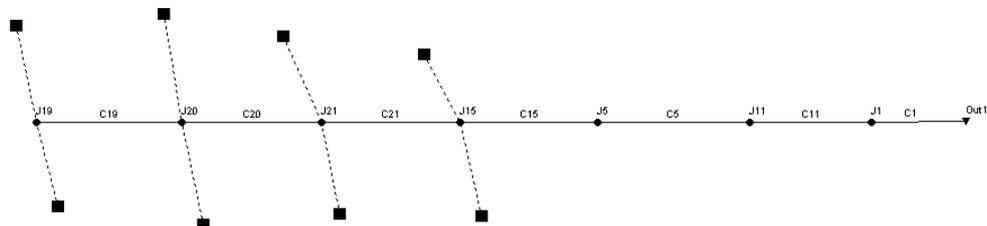
Conduit Surge Summary

No conduits were surcharged.

Analysis begun on: Sat Apr 14 13:01:13 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 13:01:14 2012

ALLEGATO 2: RISULTATI DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE



EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units LPS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method CURVE_NUMBER

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date FEB-02-2012 00:00:00

Ending Date FEB-03-2012 23:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:00:30

Wet Time Step 00:00:10

Dry Time Step 00:00:30

Routing Time Step 5.00 sec



*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	0.100	86.440
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.030	25.817
Surface Runoff	0.069	59.353
Final Surface Storage	0.001	1.270
Continuity Error (%)	0.000	

*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.069	0.686
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.068	0.676
Internal Outflow	0.000	0.000
Storage Losses	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.001	0.009
Continuity Error (%)	0.053	

Time-Step Critical Elements

Link C1 (92.48%)

Highest Flow Instability Indexes

All links are stable.

Routing Time Step Summary

Minimum Time Step : 0.72 sec
Average Time Step : 1.82 sec
Maximum Time Step : 5.00 sec
Percent in Steady State : 0.00
Average Iterations per Step : 2.00

Subcatchment Runoff Summary



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D01 (ex1PR) Riqualficazione della SP n72 Parma-Mezzani

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff mm	Peak Runoff 10^6 ltr	Runoff Coeff LPS
S23	86.44	0.00	0.00	7.21	77.96	0.09	4.32	0.902
S28	86.44	0.00	0.00	37.91	47.26	0.08	4.59	0.547
S29	86.44	0.00	0.00	7.21	77.96	0.09	4.32	0.902
S31	86.44	0.00	0.00	7.21	77.96	0.09	4.32	0.902
S33	86.44	0.00	0.00	7.21	77.96	0.09	4.32	0.902
S36	86.44	0.00	0.00	37.91	47.26	0.08	4.59	0.547
S38	86.44	0.00	0.00	37.91	47.26	0.08	4.59	0.547
S40	86.44	0.00	0.00	37.91	47.26	0.08	4.59	0.547

Node Depth Summary

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Time of Max Occurrence days hr:min
J5	JUNCTION	0.22	0.42	0.42	0 10:50
J11	JUNCTION	0.21	0.42	0.42	0 10:52
J15	JUNCTION	0.22	0.42	0.42	0 10:48
J19	JUNCTION	0.22	0.42	0.42	0 10:48
J20	JUNCTION	0.22	0.42	0.42	0 10:48
J21	JUNCTION	0.22	0.42	0.42	0 10:48
J1	JUNCTION	0.21	0.42	0.42	0 10:52
Out1	OUTFALL	0.07	0.10	0.10	0 09:20

Node Inflow Summary

Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS	Maximum Time of Max Occurrence days hr:min	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr
J5	JUNCTION	0.00	22.95	0 06:48	0.000	0.681
J11	JUNCTION	0.00	18.12	0 06:49	0.000	0.680
J15	JUNCTION	8.90	26.68	0 06:47	0.171	0.682
J19	JUNCTION	8.90	8.90	0 06:47	0.171	0.171
J20	JUNCTION	8.90	16.03	0 06:47	0.171	0.342
J21	JUNCTION	8.90	21.39	0 06:47	0.171	0.512



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D01 (ex1PR) Riqualficazione della SP n72 Parma-Mezzani

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

J1	JUNCTION	0.00	12.38	0	08:02	0.000	0.678
Out1	OUTFALL	0.00	11.03	0	09:37	0.000	0.676

Node Surcharge Summary

No nodes were surcharged.

Node Flooding Summary

No nodes were flooded.

Outfall Loading Summary

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow LPS	Max. Flow LPS	Total Volume 10^6 ltr
Out1	96.66	6.30	11.03	0.676
System	96.66	6.30	11.03	0.676

Link Flow Summary

Link	Type	Maximum Flow LPS	Time of Occurrence days hr:min	Max Veloc m/sec	Maximum Full Flow	Max/ Full Depth
C5	CONDUIT	18.12	0 06:49	0.07	1.38	0.85
C11	CONDUIT	12.38	0 08:02	0.06	0.94	0.85
C15	CONDUIT	22.95	0 06:48	0.07	1.46	0.85
C19	CONDUIT	7.13	0 06:48	0.02	0.45	0.85
C20	CONDUIT	12.49	0 06:48	0.03	0.79	0.85
C21	CONDUIT	17.78	0 06:48	0.05	1.13	0.85
C1	CONDUIT	11.03	0 09:37	1.41	32.60	1.00

Flow Classification Summary

Adjusted /Actual	--- Fraction of Time in Flow Class ---	Avg. Up	Avg. Down	Froude	Avg. Flow
	Up Down Sub Sup Up Down				



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D01 (ex1PR) Riqualficazione della SP n72 Parma-Mezzani

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Conduit	Length	Dry	Dry	Dry	Crit	Crit	Crit	Crit	Number	Change
C5	1.00	0.02	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.02	0.0000
C11	1.00	0.02	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.02	0.0000
C15	1.00	0.02	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.02	0.0000
C19	1.00	0.02	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
C20	1.00	0.02	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.01	0.0000
C21	1.00	0.02	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.01	0.0000
C1	1.00	0.03	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.66	0.0028

Conduit Surcharge Summary

Conduit	Hours Full		Hours Above Full		Capacity Limited
	Both Ends	Upstream	Dnstream	Normal Flow	
C5	0.01	0.01	0.01	4.38	0.01
C15	0.01	0.01	0.01	4.07	0.01
C21	0.01	0.01	0.01	1.82	0.01
C1	3.65	3.65	4.05	31.55	3.65

Analysis begun on: Sat Apr 14 13:10:57 2012

Analysis ended on: Sat Apr 14 13:10:59 2012