

autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A13) : BOLOGNA-PADOVA

TRATTO: BOLOGNA - FERRARA

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA TRATTO: BOLOGNA ARCOVEGGIO - FERRARA SUD

PROGETTO DEFINITIVO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE-INTEGRAZIONI IV.I.A

IDROLOGIA E IDRAULICA

SVINCOLO DI CASTEL MAGGIORE

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N.1739
**RESPONSABILE IDROLOGIA
E IDRAULICA**

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE


Ing. Federica Ferrari
Ord. Ingg. Milano N. 21082

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496
PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

| RIFERIMENTO PROGETTO | | | | RIFERIMENTO DIRETTORIO | | | | | | RIFERIMENTO ELABORATO | | | | Ordinatore: | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|---|------|------------------------|-----------|-----------|--------------------|---------------|---|-----------------------|------------|-------------|------|-------------|---|---|----|---|---|---|---|-----|-----|-----------------|
| Codice | Commessa | Lotto, Sub- Cod. Prog. Cod. Appalto | Fase | Capitolo | Paragrafo | tipologia | WBS progressivo | PARTE D'OPERA | | Tip. | Disciplina | Progressivo | Rev. | --- | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DR | 1 | 0 | 0 | 1 | --- | --- | SCALA: Varie |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------------|-------------|-----------|---------------|--|---|---|
|  <small>gruppo Atlantia</small> | PROJECT MANAGER: | | SUPPORTO SPECIALISTICO: | | REVISIONE | | | | |
| | Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. 21082 | | | | n. | data | | | |
| | | | | | 0 | NOVEMBRE 2016 | | | |
| | | | | | 1 | - | | | |
| | | | | | 2 | - | | | |
| REDATTO: | | - | | VERIFICATO: | | - | | 3 | - |
| | | | | | | | | 4 | - |

| | | |
|--|--|--|
| | VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Antonio Tosi | VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI E IL PERSONALE STRUTTURADIVIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small> |
|--|--|--|

AUTOSTRADA A13 : BOLOGNA - PADOVA

TRATTO: BOLOGNA – PADOVA AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA DEL TRATTO BOLOGNA ARCOVEGGIO – FERRARA SUD SVINCOLO DI CASTEL MAGGIORE ALLA Prog. km 3+000

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 4 |
| 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO..... | 5 |
| 2.1 NORMATIVA NAZIONALE | 5 |
| 2.2 NORMATIVA REGIONALE..... | 7 |
| 2.3 DIRETTIVE AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME RENO | 9 |
| 2.4 DIRETTIVE CONSORZIO DI BONIFICA RENANA | 10 |
| 3. STUDIO IDROLOGICO..... | 11 |
| 4. INTERFERENZA CON IL RETICOLO CONSORTILE..... | 16 |
| 4.1 DIMENSIONAMENTO MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO | 16 |
| 5. SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE | 20 |
| 5.1 REQUISITI PRESTAZIONALI | 20 |
| 5.2 SCHEMA GENERALE DI DRENAGGIO | 20 |
| 6. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI | 23 |
| 6.1 CONTROLLO QUANTITATIVO E QUALITATIVO DELLE ACQUE METEORICHE | 23 |
| 6.2 DEFINIZIONE DEI RICETTORI | 24 |
| 7. METODOLOGIA PROGETTUALE PER IL DIMENSIONAMENTO | 25 |
| 7.1 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI RACCOLTA..... | 25 |
| 7.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO..... | 26 |
| 8. ELEMENTI DI RACCOLTA | 28 |
| 8.1 SISTEMA DI DRENAGGIO IN RILEVATO - EMBRICI..... | 28 |
| 8.2 CADITOIA GRIGLIATA..... | 28 |
| 8.3 DRENAGGIO DEI CAVALCAVIA..... | 29 |
| 9. ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO E LAMINAZIONE | 30 |
| 9.1 COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP..... | 30 |
| 9.2 ADEGUAMENTO TOMBINI DI ATTRAVERSAMENTO ESISTENTI | 31 |
| 9.3 FOSSI DI GUARDIA..... | 32 |
| 9.4 MANUFATTI DI CONTROLLO | 33 |
| 10. VERIFICHE DI PROGETTO | 35 |
| 10.1 VERIFICA A LAMINAZIONE PER IL RECUPERO DEI 500 MC/HA..... | 35 |
| 10.2 RISPETTO DEL LIMITE 8 LT/S DI SCARICO NELLA RETE IDROGRAFICA ESISTENTE | 36 |

| | | |
|------|---|----|
| 10.3 | PROLUNGAMENTO TOMBINI | 37 |
| 11. | PRESIDI IDRAULICI – PIAZZALE DI ESAZIONE..... | 38 |
| 12. | TRATTAMENTO ACQUE NERE | 40 |

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica ed idraulica è parte integrante del progetto definitivo di ammodernamento e ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A13 Bologna – Padova, nel tratto compreso tra gli svincoli di Bologna Arcoveggio (dal Km 1+070) e Ferrara Sud (al Km 33+547).

L'intervento prevede la realizzazione del nuovo Svincolo di Castel Maggiore alla progressiva 3+000 circa. Si prevede un sistema aperto per le rampe e un sistema chiuso per il piazzale dove è previsto un trattamento qualitativo delle acque di drenaggio a monte dell'immissione nei ricettori finali.

Oltre al trattamento qualitativo è previsto il recupero di volumi pari a 500 mc/ha di nuova superficie impermeabile e un ulteriore controllo delle portate immesse nei ricettori esterni che non deve superare gli 8l/sha di nuova superficie impermeabile.

Il territorio interessato dall'intervento è sottoposto alla competenza dell'Autorità di Bacino del fiume Reno e del Consorzio della Bonifica Renana.

Il sistema di acque superficiali è composto non solo da una fitta rete di corsi d'acqua artificiali, di storica memoria, ma anche da corpi idrici naturali appartenenti al bacino imbrifero del fiume Reno.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

In questo capitolo vengono descritti i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale e provinciale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico e ambientale, in modo da verificare la compatibilità degli interventi di ampliamento della sede autostradale previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

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 (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

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.

L'articolo 113 così cita:

Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia

- *Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, disciplinano e attuano:*

- *le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*
- *i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione;*
- *Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.*
- *Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.*
- *È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.*

2.2 NORMATIVA REGIONALE

Come visto, il tratto autostradale di interesse ricade interamente all'interno dei confini amministrativi della Regione Emilia-Romagna.

Di seguito vengono riportate le principali leggi regionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

LR 9/83

Redazione del piano territoriale regionale per la tutela ed il risanamento delle acque.

“La regione Emilia-Romagna, ai sensi dell' art. 8 della legge 10 maggio 1976, n. 319, si dota di un piano territoriale di risanamento e tutela delle acque articolato per bacini idrografici ed incentrato sugli obiettivi di qualità per ciascun corpo idrico.” (art. 1: Oggetto della legge).

LR 44/95

Riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenda Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA) della Regione Emilia-Romagna.

- La Regione, con la presente legge, in attuazione delle disposizioni dell' art. 7 del DLgs 30 dicembre 1992, n. 502 e successive modificazioni, del DL 4 dicembre 1993, n. 496 convertito con modificazioni in Legge 21 gennaio 1994, n. 61 e dell' art. 6 della LR 12 maggio 1994, n. 19, istituisce l'Agenda regionale per la prevenzione e l' ambiente, di seguito denominata ARPA, ne disciplina l'organizzazione ed il funzionamento e riorganizza le strutture preposte ai controlli ambientali e alla prevenzione collettiva.

- La presente legge disciplina altresì le modalità di coordinamento dell' ARPA con il sistema delle autonomie locali e con il Servizio sanitario dell' Emilia-Romagna, perseguendo l'obiettivo della massima integrazione programmatica e tecnico-operativa.” (art. 1: Oggetto e finalità)

LR 3/99

Riforma del sistema regionale e locale (gli Artt. 98 e seguenti contengono nuove norme in materia ambientale che riformano parte dell'ordinamento regionale precedente).

LR 25/99

Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli enti locali per l'organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani.

LR 1/03

Modifiche ed integrazioni alla L.R. 25/99 (Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli Enti Locali per l'organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani).

Delibera giunta regionale 14 febbraio 2005 n° 286

Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne (artc. 39, DLgs 11 maggio 1999 n°152).

- *Rientra in questo ambito il diffuso e complesso sistema di raccolta ed allontanamento tramite canalizzazioni e condotte dedicate delle acque meteoriche di dilavamento a servizio delle reti stradali ed autostradali, sia della normale sede stradale che delle opere connesse quali ponti gallerie, viadotti svincoli, ecc., ovvero delle pertinenze delle grandi infrastrutture di trasporto (piste aeroportuali, piazzali / banchine portuali, aree adibite ad interporti, reti ferroviarie in galleria, ecc.).*
- Al punto 7.1 si definisce la tipologia di progetto interessata: *“Nuove immissioni: l'esigenza richiamata all'art. 39, lett. b) del decreto di assoggettare tali immissioni a prescrizioni specifiche o ad autorizzazione, s'intende soddisfatta per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento soggetti a valutazione di impatto ambientale (VIA) dalla procedura di VIA stessa”*
- Al punto 7.2 I così prosegue: *“Per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento di cui al precedente punto 7.1 - lettera a), le prescrizioni per il contenimento dell'inquinamento prodotte ... possono trovare applicazione nei casi in cui tali acque siano immesse direttamente o in prossimità di corpi idrici superficiali "significativi" e di "interesse" inseriti nel PTA”.*
- Al punto 7.2 II così prosegue: *“Per i corpi idrici diversi da quelli richiamati al precedente punto I l'adozione di specifiche prescrizioni per la gestione delle acque di prima pioggia legate alle immissioni delle condotte di cui trattasi è determinata sulla base delle esigenze di tutela e protezione dei corpi idrici ricettori stabilite dagli strumenti di pianificazione provinciale (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - PTCP), secondo i criteri di valutazione richiamati al precedente punto I... A tal fine si avranno a riferimento seguenti criteri di valutazione: il livello di contaminazione delle portate meteoriche e dei relativi carichi inquinanti sversati, l'estensione del bacino sotteso dalle "altre condotte separate" che si immettono nel corpo recettore, la distribuzione delle ulteriori "altre condotte*

separate" o delle altre reti di scarico presenti lungo l'asta fluviale nonché le caratteristiche idrologiche e morfologiche del recettore medesimo".

- Al punto 7.2 III così prosegue: *"Le prescrizioni da adottarsi ai sensi dei precedenti punti I e II avranno a riferimento, di norma, soluzioni progettuali ... in grado di sedimentare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore. Trattamenti aggiuntivi (quali ad esempio la disoleatura) saranno prescritti in ragione della destinazione d'uso e di attività delle aree sottese. Dette soluzioni possono essere finalizzate anche al trattamento mediante la realizzazione di sistemi di tipo naturale i quali la "fito-depurazione" o le "fasce filtro / fasce tampone". (Le linee Guida di tale progettazione è la Delibera di Giunta N°1860 del 18/12/2006 capo IV)."*

Delibera giunta regionale 18 dicembre 2006 n° 1860

Tale delibera concerne *"Linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione alla deliberazione G.R. del 14 febbraio 2005 n° 286"*. Contiene specifiche Linee guida attuative in merito, tra gli altri aspetti, agli orientamenti tecnici di riferimento *"per la scelta e la progettazione dei sistemi di gestione delle acque di prima pioggia da altre condotte separate con particolare riferimento a quelle asservite alla rete viaria"*.

2.3 DIRETTIVE AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME RENO

Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Reno con delibera n 1/1 del 06.12.2002, approvato, per il territorio di competenza, dalla Giunta Regionale Emilia-Romagna con deliberazione n. 567 del 07.04.2003, pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia- Romagna n.70 (PII) del 14.05.2003.

Così cita:

"Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, per le aree ricadenti nel territorio di pianura e pedecollina indicate nelle tavole del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" i Comuni prevedono nelle zone di espansione, per le aree non già interessate da trasformazioni edilizie, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m³ per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto [...]. Le caratteristiche funzionali dei sistemi di raccolta sono stabilite dall'Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione [...]. L'Autorità idraulica competente è l'ente o gli enti a cui sono assegnate dalla legislazione vigente le funzioni amministrative relative alla realizzazione di opere, rilascio concessioni, manutenzione e sorveglianza del corso d'acqua considerato."

Per tutti corsi d'acqua si è adattato il criterio di recuperare tali volumi nei fossi e in vasche in terra; per i corsi d'acqua artificiali si è perseguito, oltre a questo criterio, il principio dell'invarianza. In linea a quanto indicato dall'Autorità di Bacino, si lamina l'ampliamento di pavimentato di progetto ed il nuovo in termini di **500 m³ di invaso per ogni ettaro di nuova pavimentazione**.

2.4 DIRETTIVE CONSORZIO DI BONIFICA RENANA

Un'ulteriore limite di rispetto riguarda lo scarico nei corsi d'acqua in pianura imposto dal consorzio di bonifica che pone il limite massimo di **8 lt/s per ettaro di nuova pavimentazione**.

3. STUDIO IDROLOGICO

Per la determinazione del regime pluviometrico dei corsi d'acqua di interesse si è fatto riferimento ai risultati ricavati nell'ambito dello studio *“La valutazione delle piogge intense su base regionale”* (A. Brath, M. Franchini, 1998) di seguito descritto.

Lo studio citato ha come oggetto la definizione del Metodo VAPI-piogge al territorio appartenente alle regioni amministrative Emilia-Romagna e Marche.

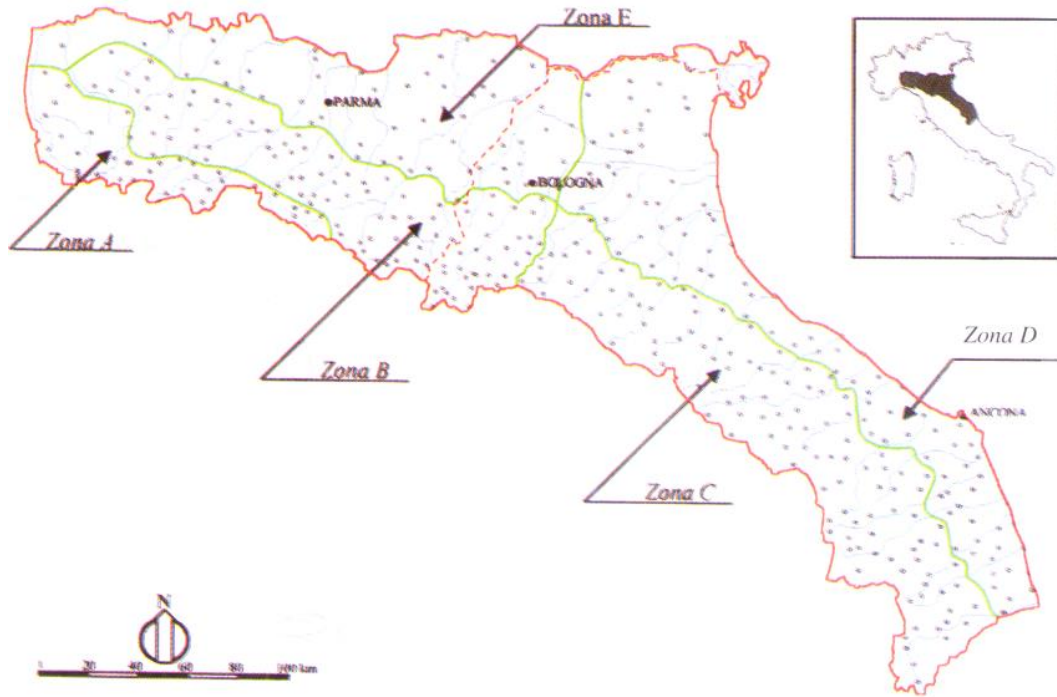
I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

In particolare l'area in esame è stata suddivisa in 5 zone omogenee, come mostrato in Figura , per le quali valgono i seguenti valori dei parametri della curva di crescita:

Tabella 1: Parametri delle curve di crescita relative al modello TCEV per le varie durate

| Zona | λ | θ | λ_1 | η | Note |
|--------|-----------|----------|-------------|--------|----------------------------|
| Zona A | 0.109 | 2.361 | 24.70 | 4.005 | Valida per tutte le durate |
| Zona B | 1.528 | 1.558 | 13.65 | 4.651 | Valida per d = 1 ora |
| | | | 19.35 | 5.000 | Valida per d = 3 ore |
| | | | 26.20 | 5.303 | Valida per d = 6 ore |
| | | | 39.20 | 5.706 | Valida per d ≥ 12 ore ed 1 |
| Zona C | 1.528 | 1.558 | 13.65 | 4.615 | Valida per d = 1 ora |
| | | | 14.70 | 4.725 | Valida per d = 3 ore |
| | | | 20.25 | 5.046 | Valida per d = 6 ore |
| | | | 25.70 | 5.284 | Valida per d ≥ 12 ore ed 1 |
| Zona D | 0.361 | 2.363 | 29.00 | 4.634 | Valida per tutte le durate |
| Zona E | 0.044 | 3.607 | 13.60 | 3.328 | Valida per d = 1 ora |
| | | | 19.80 | 3.704 | Valida per d = 3 ore |
| | | | 23.65 | 3.882 | Valida per d = 6 ore |
| | | | 30.45 | 4.135 | Valida per d ≥ 12 ore ed 1 |

Figura 1: Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense.



La curva di crescita si ricava invertendo l'espressione (3.1) scritta in funzione del tempo di ritorno, mentre la pioggia indice viene calcolata mediante la (3.2):

$$P(x) = \exp \left[- \lambda_1 \exp(-x \eta) - \lambda \lambda_1^{1/\theta} \exp(-x \eta / \theta) \right] \quad (3.1)$$

$$\mu = m_1 \cdot d \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.2)$$

$m(h24)$ = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione di durata d(24 ore);

m_G = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione giornaliera;

m_1 = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione in 1 ora;

$\gamma = m_G / m(h24) = 0.89$ nella regione esaminata.

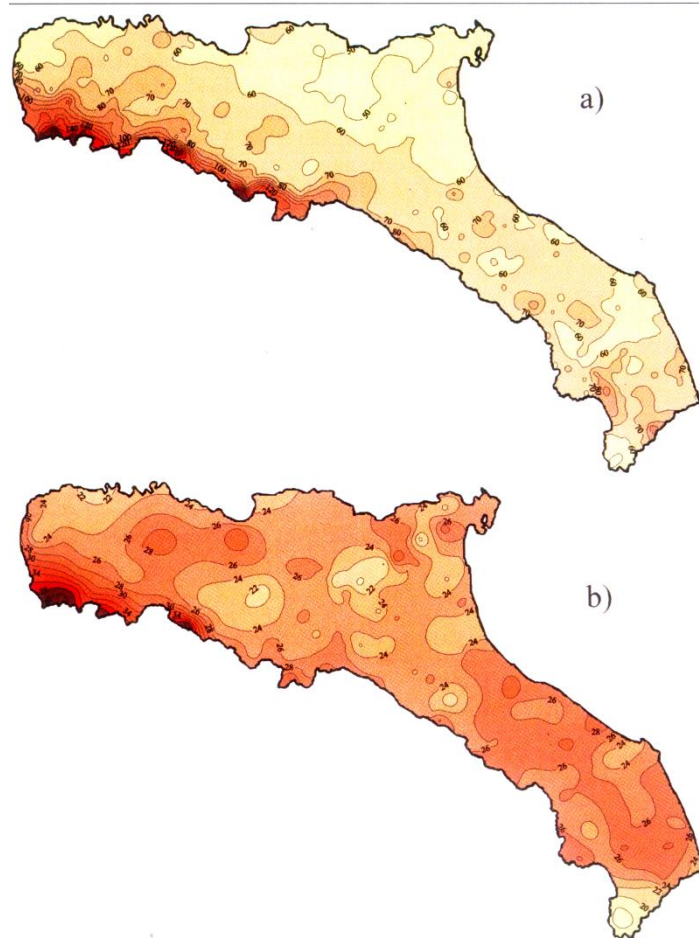
Per la determinazione dei parametri m_1 e m_G si fa riferimento alle isolinee riportate in

Figura .

In conclusione, si ricava che il parametro a delle LSPP è pari al prodotto del coefficiente m_1 per la curva di crescita, mentre il parametro n è pari a:

$$n = \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.3)$$

Figura 2: Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b).



Per l'area di intervento, ricadente nella "zona omogenea D", sono stati stimati valori dei parametri m_1 e m_G pari rispettivamente a 24 e 60, mentre il parametro γ , che, come dimostrato da numerosi studi, risulta poco variabile da sito a sito, assume il valore di 0.89.

Dalle formule sopra riportate, si ottiene un valore del parametro "n" uguale per tutte le durate considerate e per tutti i tempi di ritorno, mentre il parametro "a" varia sia in funzione del tempo di ritorno. Si riportano di seguito le tabelle riassuntive dei valori dei parametri a ed n e delle altezze h di precipitazione espresse in millimetri, per i TR di interesse e delle relative curve di possibilità pluviometrica.

Tabella 2: Valori dei parametri delle LSPP per diversi TR

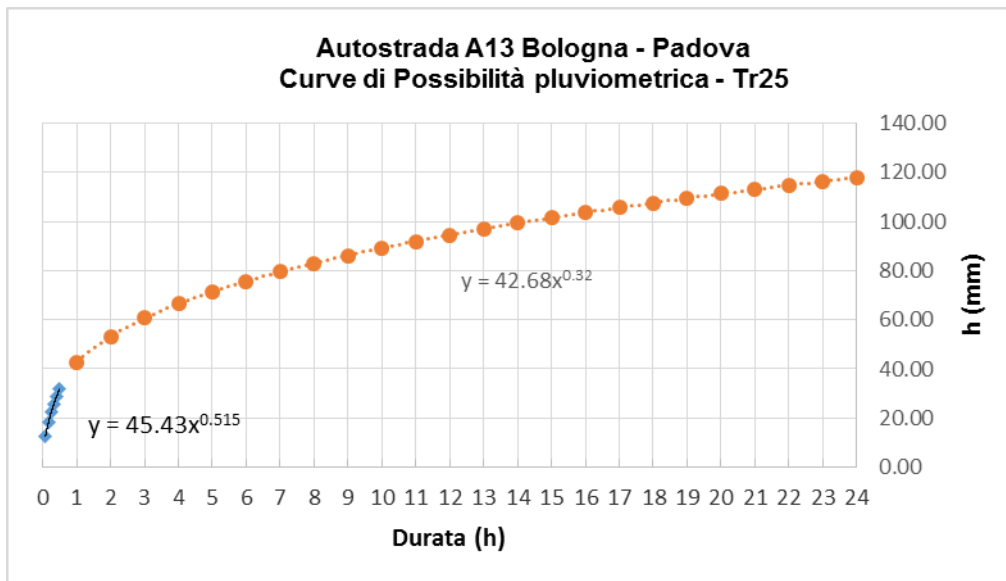
| a | T_R (anni) | | | | n |
|-------------|--------------|-------|-------|-------|------|
| | 25 | 50 | 100 | 200 | |
| 1 ora | 45.43 | 53.22 | 63.31 | 77.01 | 0.32 |
| 3 ore | 43.25 | 50.25 | 59.31 | 71.63 | |
| 6 ore | 42.36 | 49.05 | 57.69 | 69.44 | |
| 12 ore | 41.24 | 47.51 | 55.63 | 66.66 | |
| Interpolato | 42.68 | 49.40 | 58.10 | 69.91 | |
| | | | | | |

Le leggi di pioggia calcolate sono valide per tempi di corrivazione superiori all'ora. Per determinare le leggi di pioggia valide per eventi di breve durata, utilizzate per il dimensionamento del **sistema di drenaggio**, si è utilizzato lo studio di Calenda e altri (1993) basato su un campione di 8 anni di dati di pioggia registrati al pluviometro di Roma Macao. Questo studio evidenzia come il rapporto tra l'altezza di pioggia di 5 minuti e quella oraria sia pressoché costante in tutta Italia e pari a 0.278. Imponendo questa condizione ed il passaggio per l'altezza di pioggia oraria si ottiene il valore del parametro n per tempi di pioggia inferiori all'ora pari a **0.515**. In questo caso si utilizzeranno i valori del parametro a relativi alla durata di un'ora.

Tabella 3: Valori dei parametri delle LSPP per diversi TR e durate inferiori all'ora

| a | T_R (anni) | | | | n |
|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | 25 | 50 | 100 | 200 | |
| 1 ora | 45.43 | 53.22 | 63.31 | 77.01 | 0.515 |

Figura 3: Curve di possibilità pluviometrica TR 25



Si riporta la sintesi delle curve di possibilità pluviometrica desunte attraverso interpolazione in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento considerato.

Tabella 4: Parametri caratteristici delle CPP

| t < 1h | | | t ≥ 1h | | |
|--------|-------|-------|--------|-------|------|
| TR | a | n | TR | a | n |
| 25 | 45.43 | 0.515 | 25 | 42.68 | 0.32 |
| 50 | 53.22 | 0.515 | 50 | 49.40 | 0.32 |
| 100 | 63.31 | 0.515 | 100 | 58.10 | 0.32 |
| 200 | 77.01 | 0.515 | 200 | 69.91 | 0.32 |

Nel nostro caso quindi avendo adottato di utilizzare il tempo di ritorno di 25 anni per il dimensionamento della rete di drenaggio si ottiene:

Parametri a = 42.68 mm e n = 0.32 per piogge orarie

Parametri a = 45.43 mm e n = 0.515 per scrosci di durata inferiore all'ora.

4. INTERFERENZA CON IL RETICOLO CONSORTILE

Lo svincolo in progetto interseca il reticolo irriguo del “Consorzio della bonifica Renana” costituito nel caso in esame dallo Scolo Carsè.

Al fine di risolvere tale interferenza è stata prevista la deviazione del canale in modo da ridurre al minimo il tratta di attraversamento e garantire tutti vincoli indicati dal consorzio.

Nella figura di seguito si riporta lo stralcio planimetrico dell'intervento previsto.

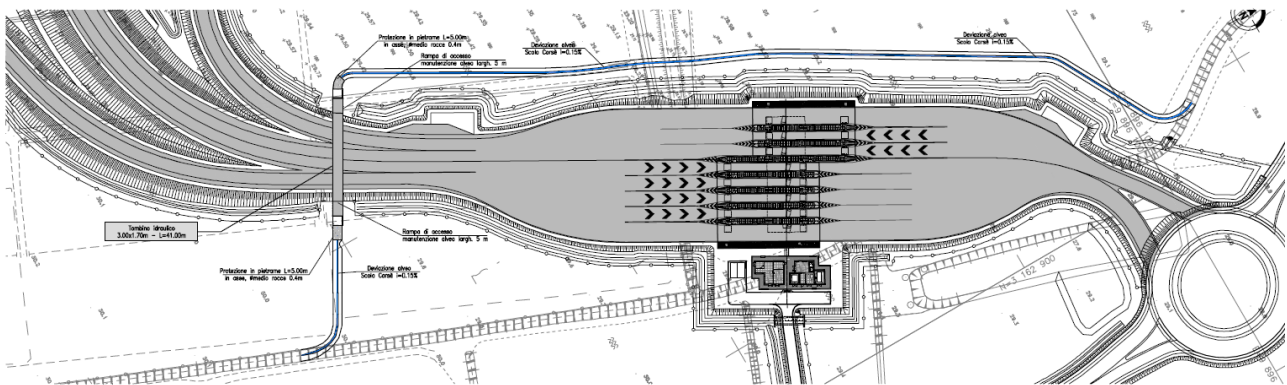


Figura 4: Deviazione canale Carsè.

Il progetto di deviazione prevede il prolungamento della nuova tombinatura di 5m a monte e valle per consentire la transitabilità dei mezzi di manutenzione del consorzio e la protezione in pietrame dell'imbocco e dello sbocco del manufatto per una lunghezza di 5m; infine nel tratto successivo, parallelo al piazzale di esazione, è stata garantita la possibilità di ricavare una pista di transito di larghezza pari a 5m.

4.1 DIMENSIONAMENTO MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO

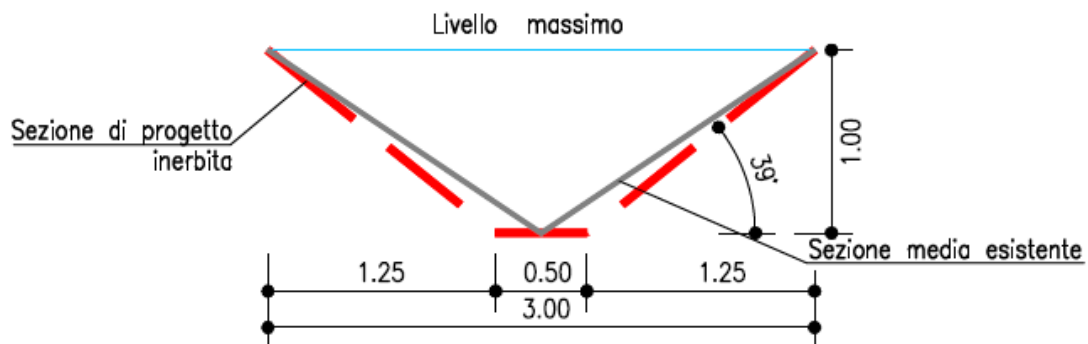
Il dimensionamento idraulico del manufatto di attraversamento è stato eseguito seguendo le direttive indicate dal Consorzio della bonifica Renana, direttive che vengono qui di seguito elencate.

- per ogni canale si calcola la portata di riferimento in moto uniforme, valutando la pendenza media del fondo di un tratto lungo 200 m centrato nella sezione dell'attraversamento in progetto, ipotizzando la sezione esistente piena (franco nullo);
- con tale portata si dimensiona il nuovo attraversamento avendo l'accortezza di verificare che questo abbia la capacità di far defluire la portata di riferimento a pelo libero;
- si prevede la protezione dell'alveo e delle sponde per una lunghezza pari a 5 m a monte dell'imbocco e 5 m a valle dello sbocco dei manufatti di attraversamento, con pietrame sciolto dal diametro minimo di 0.4 m.

La sezione del canale utilizzata per la definizione della portata indice, dedotti dalla geometria dell'alveo esistente dello scolo nell'intorno del tratto in progetto, risulta essere di tipo trapezoidale con le seguenti caratteristiche:

- Altezza 1.00 m
- Larghezza base superiore circa 3.00 m

Qui di seguito si riporta il confronto tra la sezione di progetto e la sezione esistente.



Confronto tra sezione esistente dell'alveo e sezione di progetto

La sezione di progetto è stata pensata trapezoidale con le seguenti misure:

- Base maggiore 3 m;
- Base minore 0.50 m;
- Altezza spondale 1 m;
- Pendenza sponde circa 40°;

La determinazione della portata massima per l'alveo dello scolo Carsè è stata eseguita in moto uniforme con i seguenti parametri:

- Il valore della pendenza media del corso dello scolo Carsè è risultato essere pari a 0.15%
- Il coefficiente di scabrezza n secondo Manning utilizzato per la verifica idraulica è $n = 0.033 \text{ m}^{-1/3}$.

Con tali parametri il calcolo della portata indice in moto uniforme ha fornito un valore al pieno della sezione ipotizzata pari a $0.98 \text{ m}^3/\text{s}$.

Channel Analysis

Type: Triangular Define...

Side slope 1 (Z1): 1.5 H : 1V

Side slope 2 (Z2): 1.5 H : 1V

Channel width (B): 0.0 (m)

Pipe diameter (D): 0.0 (m)

Longitudinal slope: 0.0015 (m/m)

Override default

Manning's roughness: 0.0330

Use lining

Lining type: Woven Paper Net

Permissible shear stress: 7.2 (N/m²)

Enter flow: 0.981 (cms)

Enter depth: 1.000 (m)

Calculate

Plot... Compute Curves... OK Cancel

| Parameter | Value | Unit |
|-----------------------|---------|------------------|
| Flow | 0.981 | cms |
| Depth | 1.000 | m |
| Area of Flow | 1.500 | sq m |
| Wetted Perimeter | 3.606 | m |
| Hydraulic Radius | 0.416 | m |
| Average Velocity | 0.654 | m/s |
| Top Width (T) | 3.000 | m |
| Froude Number | 0.295 | |
| Critical Depth | 104.583 | m |
| Critical Velocity | 22.654 | m/s |
| Critical Slope | 0.00000 | |
| Critical Top Width | 313.750 | m |
| Calculated Max Sh... | 14.703 | N/m ² |
| Calculated Avg She... | 6.117 | N/m ² |

Output del codice di calcolo in moto uniforme per la sezione esistente ipotizzata

La sezione di progetto trapezia è in grado di convogliare, a parità di scabrezza e pendenza e tirante pari a 1 metro, una portata massima di 1.25 m³/s.

Channel Analysis

Type: Trapezoidal Define...

Side slope 1 (Z1): 1.25 H : 1V

Side slope 2 (Z2): 1.25 H : 1V

Channel width (B): 0.5 (m)

Pipe diameter (D): 0.0 (m)

Longitudinal slope: 0.0015 (m/m)

Override default

Manning's roughness: 0.0330

Use lining

Lining type: Woven Paper Net

Permissible shear stress: 7.2 (N/m²)

Enter flow: 1.247 (cms)

Enter depth: 1.000 (m)

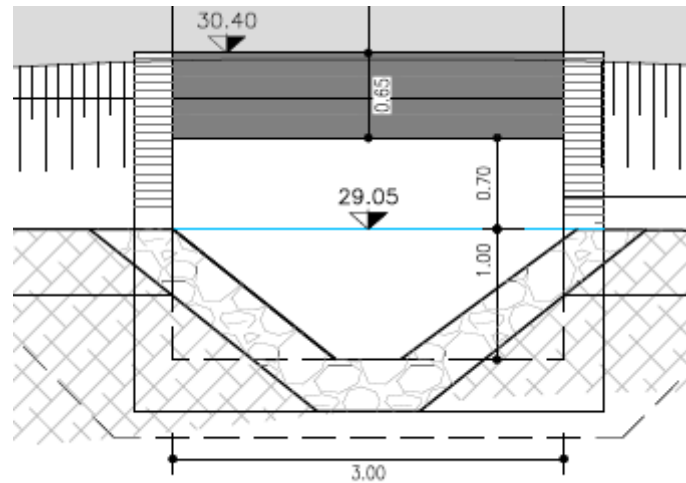
Calculate

Plot... Compute Curves... OK Cancel

| Parameter | Value | Unit |
|-----------------------|---------|------------------|
| Flow | 1.247 | cms |
| Depth | 1.000 | m |
| Area of Flow | 1.750 | sq m |
| Wetted Perimeter | 3.702 | m |
| Hydraulic Radius | 0.473 | m |
| Average Velocity | 0.712 | m/s |
| Top Width (T) | 3.000 | m |
| Froude Number | 0.298 | |
| Critical Depth | 0.559 | m |
| Critical Velocity | 1.861 | m/s |
| Critical Slope | 0.01942 | |
| Critical Top Width | 1.897 | m |
| Calculated Max Sh... | 14.703 | N/m ² |
| Calculated Avg She... | 6.951 | N/m ² |

Output del codice di calcolo in moto uniforme per la sezione di progetto

Qui di seguito è riportata la sezione del manufatto all'imbocco, dell'alveo e l'indicazione delle misure principali.



Sezione manufatto in progetto e dell'alveo all'imbocco sud, si noti l'alveo protetto in massi sciolti

La sezione del manufatto di attraversamento è stata quindi imposta come rettangolare di dimensioni nette interne (bxh) pari a 3.00x1.70 m per una lunghezza totale pari a 41.00 m. La sezione di progetto è in grado di far defluire, rispetto alla sezione esistente a parità di parametri di scabrezza, pendenza e tirante (pari a 1.00 m), una portata pari a 2.5 m³/s (circa 2.5 volte il valore della portata indice). Il franco minimo esistente rispetto alla sezione piena dell'alveo risulta essere non inferiore a 70 cm.

Channel Analysis

Type: Rectangular [Define...]

Side slope 1 (Z1): 0.0 H: 1V
Side slope 2 (Z2): 0.0 H: 1V
Channel width (B): 3.0 (m)
Pipe diameter (D): 0.0 (m)
Longitudinal slope: 0.0015 (m/m)

Override default
Manning's roughness: 0.0330
 Use lining
Lining type: Woven Paper Net
Permissible shear stress: 7.2 (N/m²)

Enter flow: 2.505 (cms)
 Enter depth: 1.000 (m)

Calculate

Plot... Compute Curves... OK Cancel

| Parameter | Value | Unit |
|-----------------------|---------|------------------|
| Flow | 2.505 | cms |
| Depth | 1.000 | m |
| Area of Flow | 3.000 | sq m |
| Wetted Perimeter | 5.000 | m |
| Hydraulic Radius | 0.600 | m |
| Average Velocity | 0.835 | m/s |
| Top Width (T) | 3.000 | m |
| Froude Number | 0.267 | |
| Critical Depth | 0.414 | m |
| Critical Velocity | 2.016 | m/s |
| Critical Slope | 0.01984 | |
| Critical Top Width | 3.000 | m |
| Calculated Max Sh... | 14.703 | N/m ² |
| Calculated Avg She... | 8.822 | N/m ² |

Output del codice di calcolo in moto uniforme per la sezione di progetto dell'attraversamento

5. SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE

Il sistema di drenaggio garantisce la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie pavimentata ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito dalle aste di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente.

5.1 REQUISITI PRESTAZIONALI

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante, e soddisfano i seguenti requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque evitando la formazione di ristagni sulla pavimentazione autostradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'idonea pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare, ove necessario, le acque raccolte dai piazzali ai punti di recapito presidiati, separandole dalle acque esterne che possono essere portate a recapito senza nessun tipo di trattamento;
- laminare le acque di piattaforma relative alle nuove superfici pavimentate in ottemperanza alle *Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico* che impongono il recupero di 500m³/(ha) di nuova superficie impermeabilizzata;
- garantire, ove richiesto dalla normativa vigente, il controllo qualitativo delle acque prima della loro immissione nel ricettore finale.

5.2 SCHEMA GENERALE DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio è suddiviso in tre parti fondamentali:

- Elementi di raccolta: costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui marginali alla carreggiata o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici in piattaforma garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta gli embrici, le canalette grigliate e le caditoie grigliate.
- Elementi di convogliamento: rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario; si garantisce così la funzionalità del sistema primario e si evitano rigurgiti in piattaforma ottimizzando la sicurezza dell'infrastruttura. Gli elementi di convogliamento sono costituiti da canalizzazioni a

cielo aperto (fossi di guardia) e da collettori in genere. Tali elementi provvedono al trasferimento delle acque verso i recapiti.

- Elementi di recapito: sono individuati in funzione della vulnerabilità, a seguito di studi specialistici per le acque sotterranee e superficiali, possono essere diretti o presidiati. Sono individuati nei corsi d'acqua naturali, nei canali irrigui e nei fossi di scolo della viabilità esistente.

Il tipo di elemento di raccolta da prevedere sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione che viene considerata. Le sezioni si possono suddividere in due macro categorie: sezione corrente dell'infrastruttura e sezioni singolari (aree di servizio, di esazione, ecc.). La sezione corrente dell'infrastruttura si divide a sua volta, per caratteri costruttivi, in:

- sezione in rilevato;
- sezione in trincea;
- sezione in viadotto;

Nel presente progetto esistono soltanto il primo e il terzo caso.

Inoltre, il sistema di drenaggio, a seconda della pendenza trasversale della piattaforma autostradale, si può schematizzare in:

- drenaggio marginale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene in corsia di emergenza (esterno della carreggiata);
- drenaggio centrale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene in corrispondenza della corsia di sorpasso (interno della carreggiata).

Gli elementi costitutivi del sistema di drenaggio sono stati quindi individuati in funzione del tipo di drenaggio (marginale o centrale) e della sezione corrente dell'infrastruttura, secondo lo schema riportato nella seguente tabella; tale schematizzazione resta, comunque, passibile di modifiche laddove esigenze locali del sistema di drenaggio, dell'infrastruttura o dei recapiti le dovessero richiedere.

Tabella 5: schema generale del sistema di drenaggio adottato

| Tipo di drenaggio | Sezione autostradale / tangenziale | Elemento di drenaggio |
|-----------------------------|---|---|
| marginale | rilevato | embrici con scarico ad intervalli regolari nel fosso al piede e recapito finale nel reticolo con o senza presidio |
| | rilevato con barriera fonoassorbente | canaletta grigliata con scarico ad intervalli regolari nel fosso al piede mediante pozzetto e recapito nel reticolo con o senza presidio |
| | rilevato con muro di sostegno | canaletta grigliata con scarico ad intervalli regolari nella tubazione sottostante e scarico finale nel reticolo con o senza presidio |
| centrale / marginale | viadotto | caditoie grigliate a passo calcolato con scarico nella tubazione sottostante |

Il tracciato autostradale può, infine, essere suddiviso in due categorie definite in base all'inserimento o meno di presidi idraulici prima del recapito nel ricettore finale. Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso", in quanto permette il trattamento dell'acqua dilavante la piattaforma. Nelle zone in cui non è prevista l'interposizione di presidi idraulici se non per la laminazione, il sistema drenante è denominato "aperto".

Gli elementi primari e secondari di raccolta e convogliamento sono ottimizzati sulla base dello studio delle sezioni stradali, delle planimetrie e dei profili di progetto.

6. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il sistema di drenaggio in progetto è appoggiato agli scarichi esistenti, che sono stati mantenuti e verificati, evitando di creare nuovi punti di recapito. La situazione esistente nel tratto in progetto è molto variegata e si appoggia in massima parte alla rete di drenaggio superficiale come fossi e scoline.

Gli elementi per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle nuove superfici sono di norma costituiti da embrici a bordo carreggiata o da canalette grigliate in calcestruzzo in caso di situazioni particolari (come ad esempio la presenza di muri).

In quest'ultimo caso, ad interassi che sono di norma di 40 m sotto la canaletta grigliata in cls, si prevede un pozzetto prefabbricato che scarica, tramite una tubazione DN400 in PP, all'elemento di raccolta esterno, di solito un fosso.

Per il drenaggio del piazzale di esazione il sistema di drenaggio è costituito da caditoie grigliate in PEAD e collettori sottostanti che convogliano le acque agli impianti di trattamento.

Tutti gli elementi sono dimensionati per tempo di ritorno pari a 25 anni.

6.1 CONTROLLO QUANTITATIVO E QUALITATIVO DELLE ACQUE METEORICHE

Per quanto concerne il controllo quantitativo degli scarichi, i fossi sono stati dimensionati in modo da consentire il recupero di **500 mc/ettaro di nuova superficie pavimentata**, come prescritto dalle Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'autorità di Bacino del fiume Reno, e scaricare una portata limite di **8 lt/s per ettaro di nuova superficie pavimentata**, come indicato dal Consorzio della Bonifica Renana.

La laminazione all'interno dei fossi sarà garantita da manufatti di controllo dotati di luce tarata per la regolazione delle portate in uscita.

Per mantenere una portata in uscita inferiore agli 8 lt/s invece, dove necessario, il volume eccedente sarà recapitato all'interno di apposite vasche in terra.

Per quanto riguarda invece il controllo qualitativo degli scarichi, esso è previsto solamente per il piazzale di esazione e avviene a mezzo due impianti di sedimentazione e disoleazione prefabbricati dimensionati per il trattamento in continuo delle acque di prima pioggia.

Di seguito si riporta le tratte in cui è previsto il sistema aperto e il sistema chiuso:

- per tutte le rampe dello svincolo è previsto il sistema aperto, con scarico diretto ai fossi attraverso manufatti per il controllo quantitativo delle portate scaricate;
- per il piazzale, che è soggetto a deposito d'inquinanti maggiori, è previsto un sistema chiuso con impianto di trattamento per le acque di prima pioggia, le acque

successivamente vengono laminate nei fossi al piede del rilevato attraverso manufatti per il controllo quantitativo delle portate scaricate.

Nella figura seguente è riportato il manufatto di controllo adottato per il controllo quantitativo (sistema aperto) dei recapiti.

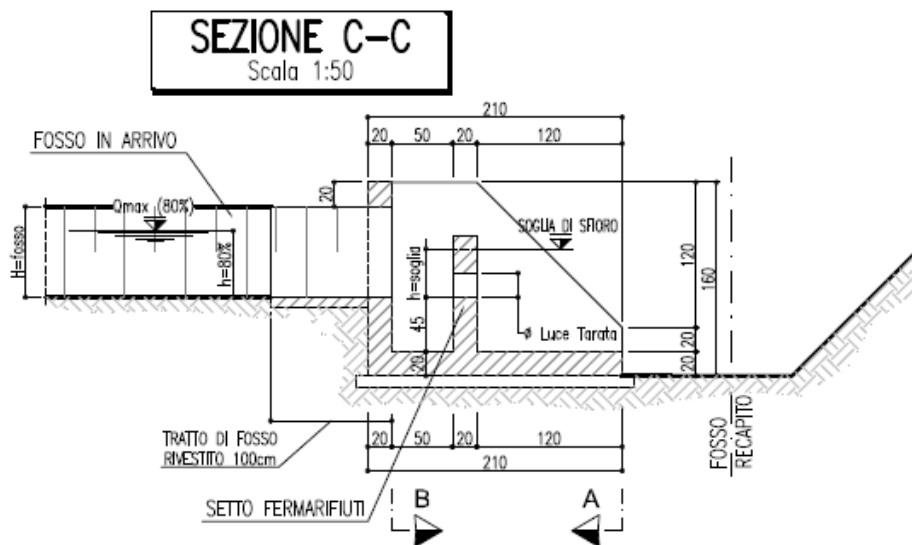


Figura 5: Manufatto per il controllo quantitativo – tipo 2.

6.2 DEFINIZIONE DEI RICETTORI

L'area entro cui si sviluppa il corridoio autostradale di progetto ricade interamente nel bacino idrografico del fiume Reno.

Esistono poi altri recettori che nella maggioranza dei casi sono costituiti dalla rete di smaltimento delle acque superficiali di bonifica e in misura minore da canali secondari comunali che drenano la viabilità interferente all'asse autostradale.

Nel caso in esame, l'acqua drenata dalle rampe dello svincolo e dal piazzale viene recapitata allo Scolo Carsè o ai canali affluenti dello stesso; sono previsti i necessari attraversamenti per garantire la continuità dello scorrimento delle acque.

7. METODOLOGIA PROGETTUALE PER IL DIMENSIONAMENTO

La metodologia di dimensionamento idraulico si differenzia se stiamo considerando gli elementi di raccolta o quelli di convogliamento.

7.1 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI RACCOLTA

Una volta valutata la situazione locale (rilevato, trincea, viadotto...) si definisce l'elemento di raccolta idoneo. Il dimensionamento consiste allora nello stabilire l'interasse delle caditoie (pozzetti di scarico, embrici, caditoie su viadotti, ecc.).

Il dimensionamento avviene in maniera diversa se si stanno considerando gli elementi di raccolta continui (longitudinali alla carreggiata) o quelli discontinui (elementi puntuali). Nel primo caso si dimensionano gli interassi dei pozzetti di scarico calcolando la portata massima smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie autostradale scolante) per unità di lunghezza.

Quest'ultima è data dalla formula:

$$q_0 = \varphi b i = \varphi b a t^{n-1}$$

con b larghezza della falda, φ coefficiente di deflusso ed i intensità di pioggia.

Il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1 per le superfici pavimentate, 0.6 per le trincee ed i rilevati e 0.3 per le zone inerbite.

In base alla teoria dell'onda cinematica si ha che la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Trascurando il tempo di percorrenza dell'elemento da dimensionare si ha che il tempo di corrivazione è pari al tempo di afflusso da una falda piana che è dato dalla seguente formula:

$$t_a = t_c = 3.26 (1.1 - \varphi) \frac{L_{eff}^{0.5}}{j^{1/3}}$$

dove:

$j = \sqrt{j_l^2 + j_t^2}$ pendenza della strada lungo la linea di corrente (j_l pendenza longitudinale; j_t pendenza trasversale);

$L_{eff} = b \left[1 + \left(\frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{1/2}$ lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata.

Si è comunque imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 3 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

Il rapporto tra la massima portata convogliabile nell'elemento e la massima portata defluente per unità di larghezza definisce l'interasse massimo tra i pozzetti di scarico.

Il dimensionamento dell'interasse degli elementi puntuali si ottiene facendo il rapporto tra la portata massima transitante in un'ipotetica canaletta triangolare delimitata dal manto stradale e dal cordolo, e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).

7.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è fatto facendo il confronto tra la portata transitante e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (dato dalla formula vista nel paragrafo precedente) e del tempo di traslazione (t_r) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

dove:

N = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;

l_i = lunghezza del tronco i -esimo;

v_i = velocità nel tronco i -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\Re} j = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

Q portata di dimensionamento della canalizzazione (m^3/s);

$k = 1/n$ coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$);

A area bagnata (m^2);

C contorno bagnato (m);

j pendenza media della condotta (m/m);

$$\Re = \frac{A}{C} \text{ raggio idraulico (m).}$$

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata Q per l'area bagnata A .

Per il dimensionamento dei fossi di guardia aventi lunghezze ridotte si è adottato un tempo di corrivazione fisso pari a 10 minuti.

8. ELEMENTI DI RACCOLTA

8.1 SISTEMA DI DRENAGGIO IN RILEVATO - EMBRICI

Nei tratti in rilevato si utilizza come sistema di raccolta gli embrici.

Il dimensionamento di questi elementi consiste nello stabilire l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto delimitato dal cordolo definito al massimo pari a 3.00 m.

Per il calcolo della portata massima transitante nella banchina si è utilizzata la formula di Chézy ponendo come parametro di Strickler il valore di 70 ($n = 0.0143$).

Si ha:

$$A = \frac{B^2 j_t}{2}$$

$$C = B \left[j_t + \frac{1}{\cos(\arctg j_t)} \right]$$

Come ampiezza massima di fascia allagata si è considerato $B=3.00$ m per i tratti in rettilo e curva e $B=2.50$ m per i tratti di corsia di accelerazione e decelerazione.

L'interasse massimo degli embrici è comunque stato posto pari a 30 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

| Carreggiata | PK in. | PK fine | ta (min) | q lin (m³/s*m) | A (m²) | C (m) | Ks | Qmax (m³/s) | Int.disc (m) |
|-------------|----------|----------|----------|----------------|--------|-------|----|-------------|--------------|
| CM3 des | 0+320.00 | 0+220.00 | 0,027 | 0,000411992 | 0,013 | 1,025 | 80 | 0,0067 | 15,00 |
| CM3 des | 0+220.00 | 0+070.00 | 0,027 | 0,000411992 | 0,013 | 1,025 | 80 | 0,0067 | 15,00 |
| CM4 des | 0+040.00 | 0+190.00 | 0,038 | 0,000405347 | 0,013 | 1,025 | 80 | 0,0067 | 15,00 |
| CM4 des | 0+190.00 | 0+300.00 | 0,038 | 0,000405347 | 0,013 | 1,025 | 80 | 0,0067 | 15,00 |
| CM3 sin | 0+670.00 | 0+820.00 | 0,027 | 0,000365477 | 0,013 | 1,025 | 80 | 0,0067 | 15,00 |
| CM1 sin | 0+140.00 | 0+040.00 | 0,038 | 0,000405347 | 0,013 | 1,025 | 80 | 0,0067 | 15,00 |

Tabella 6: verifica interasse embrici rampe svincolo.

8.2 CADITOIA GRIGLIATA

Le caditoie grigliate sono costituite da tratti di canaletta grigliata in PEAD di lunghezza pari ad un metro con un discendente DN160 che scarica nel collettore sottostante. Tale elemento marginale è stato adottato per il drenaggio del piazzale di esazione.

Per dimensionare il passo delle caditoie si effettua una doppia verifica. La prima è analoga a quella degli embrici, in pratica si determina il passo massimo delle caditoie in modo che l'ingombro del

pavimentato da parte dell'acqua sia contenuto all'interno della banchina tenendo conto anche dell'efficienza dell'elemento. La seconda verifica invece riguarda il discendente, cioè la portata captata dalla caditoia deve essere inferiore a quella che il discendente è in grado di smaltire. Come passo delle caditoie si pone il minore dei due, nel caso in esame è stato adottato un passo massimo pari a 15 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

| Asse | PK in. | PK fine | Area rid. (m ²) | ta (min) | Q (m ³ /s) | A (m ²) | C (m) | Ks | Qmax (m ³ /s) | Int.disc (m) |
|---------|----------|----------|-----------------------------|----------|-----------------------|---------------------|-------|----|--------------------------|--------------|
| CM2 sin | 0+190.00 | 0+290.00 | 300,00 | 0,109 | 0,011068 | 0,026 | 2,026 | 80 | 0,0130 | 15,00 |
| CM2 des | 0+180.00 | 0+290.00 | 210,00 | 0,092 | 0,008448 | 0,026 | 2,026 | 80 | 0,0130 | 15,00 |
| CM2 sin | 0+160.00 | 0+060.00 | 330,00 | 0,115 | 0,011897 | 0,026 | 2,026 | 80 | 0,0130 | 15,00 |
| CM2 des | 0+140.00 | 0+110.00 | 270,00 | 0,104 | 0,010219 | 0,026 | 2,026 | 80 | 0,0130 | 15,00 |

Tabella 7: verifica interasse caditoie piazzale.

8.3 DRENAGGIO DEI CAVALCAVIA

L'acqua drenata sul cavalcavia è intercettata sul ciglio pavimentato attraverso delle caditoie che scaricano nel collettore in PRFV appeso all'implacato. Il dimensionamento del passo delle caditoie è analogo a quanto già detto per il dimensionamento del passo degli embrici. Per quanto riguarda i collettori in PRFV si è posto come parametro di Strickler il valore di 90 (n = 0.0111).

| Carreggiata | PK in. | PK fine | Area rid. (m ²) | ta (min) | Q (m ³ /s) | A (m ²) | C (m) | Ks | Qmax (m ³ /s) | Int.disc (m) |
|-------------|----------|----------|-----------------------------|----------|-----------------------|---------------------|-------|----|--------------------------|--------------|
| CM2 des | 0+500.00 | 0+510,00 | 52,50 | 0,044 | 0,003489 | 0,028 | 1,538 | 90 | 0,0095 | 10,00 |
| CM2 sin | 0+500.00 | 0+510,00 | 52,50 | 0,044 | 0,003489 | 0,028 | 1,538 | 90 | 0,0095 | 10,00 |
| CM2 des | 0+550.00 | 0+540,00 | 52,50 | 0,044 | 0,003489 | 0,028 | 1,538 | 90 | 0,0095 | 10,00 |
| CM2 sin | 0+550.00 | 0+540,00 | 52,50 | 0,044 | 0,003489 | 0,028 | 1,538 | 90 | 0,0095 | 10,00 |

Tabella 8: verifica interasse caditoie cavalcavia.

9. ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO E LAMINAZIONE

9.1 COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP

Quando gli elementi di raccolta raggiungono il riempimento massimo, essi scaricano nei collettori sottostanti. Per quanto riguarda l'autostrada sono utilizzati dei collettori in PEAD (Polietilene ad alta densità) SN 8 kN/m^2 conformi alla norma UNI 10968 (Pr EN 13476-1) per i tubi che longitudinali alla viabilità, mentre collettori in PP (Polipropilene) SN 16 kN/m^2 secondo EN ISO 9969, conformi alla norma UNI 10968, per gli attraversamenti trasversali.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato nella tabella 5.1), identico per le due tipologie di tubi precedentemente citati, ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,0125.

| DN | Spessore | Raggio interno |
|------|----------|----------------|
| (mm) | (mm) | (mm) |
| 315 | 21.5 | 136.0 |
| 400 | 26.5 | 173.5 |
| 500 | 33.5 | 216.5 |

Tabella 9: Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m^2 e in PP SN 16 kN/m^2

Nel dimensionamento dei collettori si è utilizzata la pendenza stradale. Per i tratti molto pianeggianti e nel caso in cui il collettore è in contropendenza rispetto alla livelletta stradale si è posta una pendenza minima dello 0,10% e una velocità minima di 0,5 m/s .

Per evitare che i collettori vadano in pressione si è considerato un riempimento massimo dell'80% corrispondente ad una portata di progetto avente tempo di ritorno di 25 anni.

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore si è posto pari a 50 m l'interasse massimo tra due pozzetti.

| Asse | PK inizio | PK fine | quota in. (m s.l.m.) | quota fin. (m s.l.m.) | Lungh. (m) | DN | Area rid. (m ²) | i (%) | i (mm/h) | Q (m ³ /s) | Riemp. (%) | Vel. (m/s) |
|---------|-----------|----------|-------------------------|--------------------------|---------------|-----|--------------------------------|-------|----------|-----------------------|---------------|---------------|
| CM2 sin | 0+190.00 | 0+290.00 | 30,50 | 29,60 | 100,0 | 400 | 1950,00 | 0,90 | 173,89 | 0,094 | 46,8 | 2,17 |
| CM2 | 0+290.00 | 0+290.00 | 29,60 | 29,50 | 17,0 | 400 | 1950,00 | 0,59 | 189,70 | 0,103 | 56,3 | 1,89 |
| CM2 des | 0+180.00 | 0+290.00 | 30,50 | 29,60 | 110,0 | 400 | 1459,00 | 0,82 | 169,95 | 0,069 | 40,4 | 1,93 |
| CM2 sin | 0+160.00 | 0+060.00 | 30,50 | 28,90 | 100,0 | 400 | 2120,00 | 1,60 | 177,66 | 0,105 | 42,1 | 2,75 |
| CM2 | 0+060.00 | 0+060.00 | 28,90 | 28,75 | 16,0 | 400 | 2120,00 | 0,94 | 190,70 | 0,112 | 51,3 | 2,30 |
| CM2 des | 0+140.00 | 0+110.00 | 30,00 | 29,80 | 30,0 | 315 | 609,00 | 0,67 | 184,35 | 0,031 | 39,5 | 1,46 |
| CM2 des | 0+110.00 | 0+060.00 | 29,80 | 29,40 | 50,0 | 315 | 609,00 | 0,80 | 179,34 | 0,030 | 37,1 | 1,55 |

Tabella 10: dimensionamento collettori piazzale esazione.

9.2 ADEGUAMENTO TOMBINI DI ATTRAVERSAMENTO ESISTENTI

I tombini idraulici esistenti vengono tutti mantenuti e prolungati al fine del mantenimento della loro efficienza idraulica.

Tali elementi sono stati verificati nel caso svolgano una funzione di convogliamento delle acque di drenaggio, mentre nel caso siano solo elementi presenti per garantire la continuità idraulica si è sempre rispettata la dimensione originale.

| Asse | PK | Lungh. (m) | Collettore | i | Q (m ³ /s) | Riemp. (%) | Vel. (m/s) |
|------|----------|------------|------------|-------|-----------------------|---------------|---------------|
| CM3 | 0+070,00 | 14,00 | 1000 | 0,020 | 0,1880 | 18,1 | 1,95 |
| CM2 | 0+500,00 | 19,40 | 1000 | 0,020 | 0,1780 | 17,6 | 1,92 |
| CM2 | 0+170,00 | 11,00 | 1000 | 0,020 | 0,0030 | 2,8 | 0,59 |
| CM4 | 0+200,00 | 14,00 | 1000 | 0,020 | 0,2520 | 20,9 | 2,12 |
| CM2 | 0+550,00 | 28,50 | 1000 | 0,020 | 0,1740 | 17,4 | 1,90 |
| CM2 | 0+830,00 | 14,00 | 1000 | 0,020 | 0,2820 | 22,1 | 2,19 |
| CM1 | 0+140,00 | 14,00 | 1000 | 0,020 | 0,0210 | 6,4 | 1,01 |

Tabella 11: verifica nuovi tombini DN1000.

9.3 FOSSI DI GUARDIA

I fossi di guardia sono di norma di forma trapezia e sono utilizzati quando la sezione stradale è sia in rilevato sia quando è in trincea.

Nel primo caso il fosso è posto al piede del rilevato e serve a convogliare le acque di piattaforma al recapito finale più vicino. Tali fossi sono inerbiti (FI1A-B, FI2 FI3 e FI4) in corrispondenza del sistema aperto e in calcestruzzo in corrispondenza delle zone di protezione della falda (FR1, FR2, FR3 e FR4). L'acqua della piattaforma autostradale è convogliata direttamente al fosso attraverso embrici. Nel punto di scarico dell'embrice si deve quindi rivestire il fosso in CLS per evitare l'erosione. Il tempo di ritorno di progetto è di 25 anni.

Nel caso di sezione in trincea il fosso di guardia dovrà essere sempre rivestito (FR1 e FR2) e posto in sommità alla trincea stessa. La sua funzione è quindi quella di raccogliere l'acqua che drena dal versante sovrastante, onde evitare che questa scenda lungo la trincea erodendola o che possa arrivare alla piattaforma stradale.

Per quanto riguarda il dimensionamento i fossi assolvono alla funzione di invaso di laminazione e sedimentazione.

La sedimentazione si verifica all'interno dei fossi che, per le basse pendenze dell'ordine del 2 per mille, consentono all'acqua di depositare il materiale in sospensione. Infatti i fossi presentano velocità di progetto inferiori a 1 m/s garantendo la sedimentazione degli inquinanti.

In questo progetto non sono presenti tratti in trincea, perciò saranno utilizzati soltanto fossi inerbiti.

Criteri di dimensionamento

In conseguenza alla realizzazione delle rampe di svincolo e del piazzale autostradale si ha un aumento della portata afferente ai recapiti dovuto all'incremento dell'estensione dell'area impermeabile.

Al fine di limitare le portate scaricate ai ricettori a contributi compatibili con il reticolo si opera la laminazione secondo i criteri definiti dall'Autorità idraulica competente e dal consorzio della Bonifica Renana.

La determinazione delle dimensioni delle vasche e dei fossi di laminazione è stata effettuata tramite l'equazione di continuità o equazione dei serbatoi applicata alla situazione in esame:

$$Q_c(t) - Q_u(t) = \frac{d}{dt} W(t)$$

in cui la variazione del volume invasato al tempo t nel fosso è pari alla differenza tra la portata entrante dovuta all'evento meteorico riversatosi sulla piattaforma in esame e la portata uscente.

Il dimensionamento dei fossi è stato quindi effettuato imponendo l'equilibrio tra la portata drenata entrante nel fosso e la portata uscente (vincolata per vari motivi), verificando l'instaurarsi di un tirante idrico tale da garantire un franco di sicurezza; il tempo di ritorno adottato è di 25 anni.

Il volume che affluisce nel fosso in funzione del tempo è dato da:

$$V_{\text{affl}} = h A$$

con h altezza di pioggia ed A area ridotta drenata.

L'altezza di pioggia [m/h], è data da:

$$h = \frac{a}{1000} t^n$$

Considerando costante la portata in uscita (q), si ha che il volume defluito risulta essere:

$$V_{\text{defl}} = q t$$

Il volume all'interno del fosso in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il volume affluito e quello defluito:

$$V_{\text{affl}} - V_{\text{defl}} = h A - q t = A \frac{a}{1000} t^n - q t = V$$

Per determinare la durata dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare, si impone pari a 0 la derivata, in funzione del tempo, della funzione precedente. Si ottiene quindi:

$$A \frac{a n}{1000} t^{n-1} - q = 0$$

Esplicitando la precedente in funzione del tempo si ha:

$$t^* = \left(\frac{1000 q}{A a n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [\text{ore}]$$

Il massimo del volume da invasare è dato quindi da:

$$V_{\text{max}} = A \frac{a}{1000} (t^*)^n - q t^*$$

Si fa notare che l'evento meteorico che massimizza il volume del fosso non è quello che massimizza la portata al colmo (tempo di pioggia uguale al tempo di corrivazione del bacino).

9.4 MANUFATTI DI CONTROLLO

Il manufatto di controllo ha lo scopo di garantire la regolazione o meno delle portate scaricate nei ricettori e il controllo degli oli scaricati. Sono stati previste due tipologie di manufatti: manufatti di controllo in linea (MCL) e manufatti di controllo terminali (MC). I primi sono dei setti posti tra all'interno dei fossi o allo sbocco dei bacini di laminazione che permettono di aumentare la capacità di laminazione. I manufatti terminali invece sono posti prima del corpo recettore.

Per il **controllo quantitativo** si è opportunamente dotato i manufatti di una bocca tarata di opportune dimensioni e di una soglia sfiorante posta alla quota di riempimento all'80% del fosso.

La portata è scaricata nei ricettori entro i limiti attraverso il primo organo di controllo. Lo sfioratore è un organo di sicurezza, in caso di ostruzione della bocca tarata.

Fino a che il tirante all'interno dei fossi è inferiore all'altezza del petto della soglia il funzionamento dello scarico è sotto battente.

La portata massima della bocca tarata può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h}$$

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area della bocca e h il carico sulla sezione contratta (baricentro luce rettangolare).

Il manufatto di controllo adottato è sempre quello di **tipo 2** che prevede la regolazione della portata, poiché scarica nei canali artificiali o in fogna (controllo quantitativo).

Il manufatto presenta una larghezza interna in pianta variabile da 2.00 m a 3.00 m.

La regolazione della portata avviene attraverso una bocca tarata di sezione variabile a seconda della laminazione (e conseguente portata rilasciata) richiesta.

Il manufatto presenta una larghezza interna in pianta variabile da 1.50 m a 3.00 m.

In caso di ostruzione della bocca tarata, quando il tirante supera tale l'altezza, il funzionamento è a stramazzo.

La portata massima della soglia sfiorante può essere calcolata con la formula del funzionamento dello sfioratore:

$$Q = \mu \cdot L h \sqrt{2 g h}$$

Essendo $m = 0.385$ per la larga soglia e $m = 0.415$ per lo stramazzo trapezio, L la lunghezza della soglia sfiorante e h il carico sullo sfioratore corrispondente al riempimento del fosso all'80%.

10. VERIFICHE DI PROGETTO

10.1 VERIFICA A LAMINAZIONE PER IL RECUPERO DEI 500 MC/HA

Dal punto di vista della laminazione il volume da mettere a disposizione è tarato sulla nuova pavimentazione in progetto.

Tale recupero è pari a 500mc/ha di nuova pavimentazione.

| Tratta | Lughezza tratta | Tipo di fosso | Incremento pavimentato di progetto | Area totale | Volume minimo richiesto | Portata in uscita | Pendenza | Volume utile | Volume idrico | Volume utile > volume idrico | Volume idrico > volume minimo richiesto |
|---------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|----------|--------------|---------------|------------------------------|---|
| [-] | [m] | [-] | [mq] | [mq] | [mc] | [mc/s] | [%] | [mc] | [mc] | [-] | [-] |
| asse princ. 2+620 -> 2+770 (dx) | 150,00 | FI2 | 500,00 | 3140,00 | 25,00 | 0,0794 | 0,20 | 84,35 | 39,62 | OK | OK |
| asse princ. 2+770 -> 2+910 (dx) | 140,00 | FI2 | 1000,00 | 3504,00 | 50,00 | 0,1548 | 0,20 | 74,97 | 58,94 | OK | OK |
| CM3 320 -> 220 (dx) | 100,00 | FI1A | 200,00 | 680,00 | 10,00 | 0,0144 | 0,20 | 25,40 | 13,13 | OK | OK |
| CM3 220 -> 70 (dx) | 150,00 | FI2 | 400,00 | 1030,00 | 20,00 | 0,0334 | 0,20 | 87,21 | 26,13 | OK | OK |
| asse princ. 2+910 -> 2+990 (dx) | 80,00 | FI2 | 0,00 | 2300,00 | 0,00 | 0,1780 | 0,20 | 50,17 | 25,14 | OK | OK |
| asse princ. 2+990 -> 3+080 (dx) | 90,00 | FI3 | 900,00 | 3350,00 | 45,00 | 0,2517 | 0,20 | 57,37 | 46,39 | OK | OK |
| CM4 40 -> 190 (dx) | 150,00 | FI2 | 800,00 | 890,00 | 40,00 | 0,0027 | 0,20 | 87,08 | 49,03 | OK | OK |
| CM4 190 -> 300 (dx) | 110,00 | FI4 | 600,00 | 998,00 | 30,00 | 0,2544 | 0,20 | 136,41 | 48,51 | OK | OK |
| asse princ. 2+630 -> 3+780 (sx) | 150,00 | FI3 | 500,00 | 3140,00 | 25,00 | 0,0794 | 0,20 | 95,90 | 35,56 | OK | OK |
| asse princ. 2+780 -> 2+960 (sx) | 180,00 | FI3 | 600,00 | 3748,00 | 30,00 | 0,1742 | 0,20 | 94,13 | 60,24 | OK | OK |
| CM3 670 -> 550 (sx) | 120,00 | FI1A | 0,00 | 1584,00 | 0,00 | 0,0477 | 0,20 | 29,67 | 22,24 | OK | OK |
| CM3 670 -> 550 (dx) | 120,00 | FI2 | 1200,00 | 1344,00 | 60,00 | 0,0043 | 0,20 | 76,01 | 68,37 | OK | OK |
| CM2 920 -> 830 (dx) | 90,00 | FI2 | 700,00 | 1870,00 | 35,00 | 0,2305 | 0,20 | 51,66 | 45,01 | OK | OK |
| CM3 670 -> 820 (dx) | 150,00 | FI2 | 1000,00 | 1090,00 | 50,00 | 0,0027 | 0,20 | 87,03 | 71,43 | OK | OK |
| asse princ. 3+100 -> 3+190 (sx) | 90,00 | FI4 | 100,00 | 1724,00 | 5,00 | 0,2821 | 0,20 | 115,25 | 33,81 | OK | OK |
| CM3 670 -> 820 (sx) | 150,00 | FI1A | 150,00 | 600,00 | 7,50 | 0,0135 | 0,20 | 31,72 | 16,98 | OK | OK |
| CM1 40 -> 140 (sx) | 100,00 | FI1A | 200,00 | 900,00 | 10,00 | 0,0211 | 0,20 | 25,80 | 15,34 | OK | OK |
| CM2 20 -> 160 (sx) | 140,00 | FI1B | 600,00 | 684,00 | 30,00 | 0,0025 | 0,20 | 36,05 | 32,31 | OK | OK |
| CM2 160 -> 280 (sx) | 120,00 | FI2 | 600,00 | 672,00 | 30,00 | 0,0047 | 0,20 | 75,78 | 35,34 | OK | OK |
| CM2 280 -> 160 (sx) | 120,00 | FI4 | 700,00 | 772,00 | 35,00 | 0,0022 | 0,20 | 165,60 | 44,30 | OK | OK |
| CM2 160 -> 20 (sx) | 140,00 | FI4 | 500,00 | 584,00 | 25,00 | 0,0047 | 0,20 | 185,11 | 23,45 | OK | NO |

Tabella 12: verifica a laminazione dei fossi.

Tale dimensionamento tiene conto del volume minimo d'invaso pari a 500mc/ha, così da soddisfare i parametri richiesti dall'ADB.

10.2 RISPETTO DEL LIMITE 8 LT/S DI SCARICO NELLA RETE IDROGRAFICA ESISTENTE

Nel rispetto del limite imposto dal consorzio di bonifica per i territori pianeggianti di 8 lt/s per ettaro di nuova superficie pavimentata, si valuta la necessità di inserire vasche di accumulo a monte dei ricettori finali al fine di eliminare la portata in eccesso.

Il volume che affluisce nella vasca in funzione del tempo è dato da:

$$V_{affl} = h A$$

con h altezza di pioggia ed A area ridotta drenata.

L'altezza di pioggia [m/h], è data da:

$$h = \frac{a}{1000} t^n$$

Considerando costante la portata in uscita (q), che è pari, nel nostro caso, a 8 l/s ettaro, si ha che il volume defluito risulta essere:

$$V_{defl} = q t$$

Il volume all'interno della vasca in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il volume affluito e quello defluito:

$$V_{affl} - V_{defl} = h A - q t = A \frac{a}{1000} t^n - q t = V$$

Per determinare la durata dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare, basta porre a 0 la derivata, fatta in funzione del tempo, della funzione precedente. Si ottiene quindi:

$$A \frac{a n}{1000} t^{n-1} - q = 0$$

Esplicitando la precedente in funzione del tempo si ha:

$$t^* = \left(\frac{1000 q}{A a n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [\text{ore}]$$

Il massimo del volume da invasare è dato quindi da:

$$V_{\max} = A \frac{a}{1000} (t^*)^n - q t^*$$

Si fa notare che l'evento meteorico che massimizza il volume della vasca non è quello che massimizza la portata al colmo (tempo di pioggia uguale al tempo di corrivazione del bacino). Con

la metodologia descritta in precedenza si ricava prima il tempo t^* per cui si ha il massimo volume da invasare e poi con questa durata si ricava il volume minimo da garantire all'interno della vasca.

Si ha la necessità di inserire delle vasche di accumulo a monte del manufatto MC001/1-2, del manufatto MC001/2-2 e del manufatto MC002/2-2.

Per il recapito in MC001/1-2 si ha la necessità di recuperare 129 mc di volume in eccesso: la vasca di accumulo consiste nell'allargamento del fosso (F14) di 4 m negli ultimi 40,5.

Per il recapito in MC001/2-2 si ha la necessità di recuperare 132 mc di volume in eccesso: la vasca di accumulo consiste nell'allargamento del fosso (F14) di 5 m negli ultimi 33.

Per il recapito in MC002/2-2 si ha la necessità di recuperare 286 mc di volume in eccesso: la vasca di accumulo sarà sagomata nella parte terminale del fosso e avrà base di 320 mq, altezza 1m e sponde a 45°.

Tutte le vasche sono state dimensionate considerando un riempimento dell'80%.

10.3 PROLUNGAMENTO TOMBINI

Nel caso di prolungamento dei tombini esistenti o di nuovi tombini a monte o a valle di esistenti, è stato adottato lo stesso diametro.

11. PRESIDI IDRAULICI – Piazzale di esazione

Le superfici impermeabili dei piazzali di esazione possono essere fonte d'inquinamento dovuto al dilavamento meteorico. L'acqua piovana scorrendo e convogliandosi, raccoglie sostanze inquinanti quali oli, idrocarburi e sabbie di varia natura più o meno grossolane. Tale evento può interessare direttamente i corsi d'acqua superficiali o le falde acquifere recando danno alle risorse idriche sotterranee.

In Italia, la normativa relativa al disinquinamento è regolata dal Decreto Legislativo n° 152/2006 e successive modifiche con relative norme d'applicazione. Inoltre alcune regioni hanno emanato leggi in funzione delle diverse esigenze locali. Vengono considerate acque di Prima Pioggia "quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio".

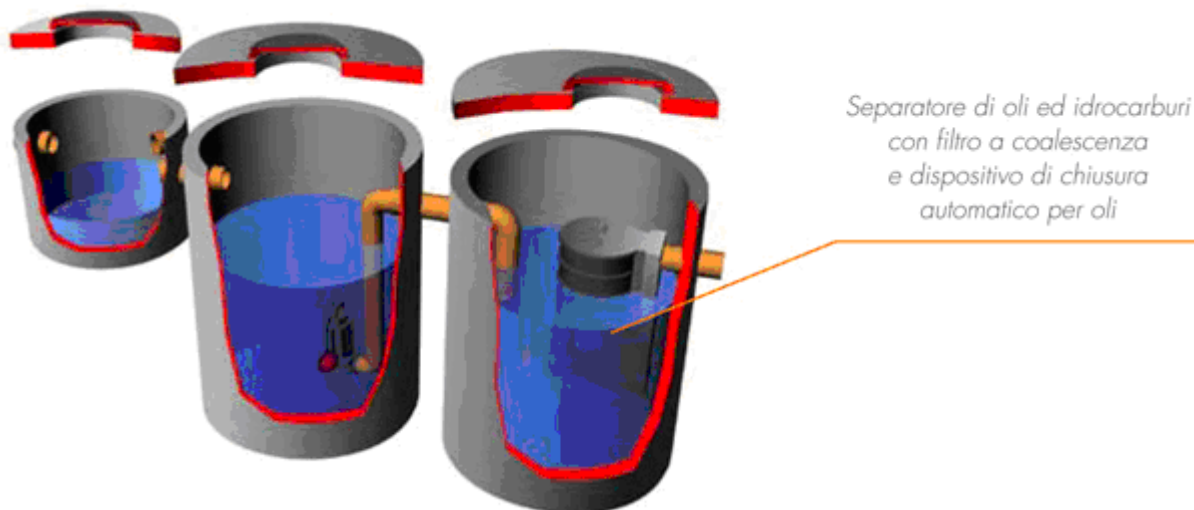


Figura 6: presidio idraulico: schema di funzionamento

Per i piazzali esposti a rischio inquinamento, quali sono i piazzali delle stazioni di servizio, è previsto un sistema di depurazione costituito da impianti prefabbricati con funzione di sedimentazione e disoleazione.

Di seguito si riporta il funzionamento di tali presidi.

L'acqua da trattare confluisce dapprima nel pozzetto deviatore. Da esso una parte è convogliata verso l'impianto di separazione, mentre la restante defluisce dal troppopieno.

Nel separatore fanghi avviene la rimozione del materiale sedimentabile che si deposita sul fondo della vasca. Una lastra posta in prossimità dell'ingresso, rallentando il flusso in arrivo, facilita il processo di sedimentazione.

Successivamente si ha il passaggio nel separatore oli, in cui la particolare conformazione del tubo in ingresso consente l'uniforme distribuzione del flusso ed il suo ulteriore rallentamento. Le gocce di liquido leggero di dimensioni maggiori, sottoposte alla spinta di gravità, risalgono in superficie e creano uno strato galleggiante di spessore crescente.

Le microparticelle oleose, invece, a causa delle loro piccole dimensioni, sono adsorbite dal filtro a coalescenza, si ingrossano aggregandosi e, raggiunto un dato spessore, salgono in superficie.

L'impianto è dotato di un dispositivo di sicurezza galleggiante (posto in apposito cilindro in PEAD), che, essendo tarato sulla densità dell'acqua, scende all'aumentare dello strato d'olio separato in superficie. Al raggiungimento della quantità massima possibile di olio separata, il galleggiante chiude lo scarico posto sul fondo del separatore, impedendo lo scarico di liquido leggero con l'effluente.

Il dimensionamento del separatore oli avviene in conformità con quanto previsto da norme DIN 1999 ed EN 858. In base a tali norme si ottiene una piovosità pari a 0.0055 l/s/m². Si considera, infatti, come prima pioggia i 5mm iniziali che ricadono nei primi 15 minuti.

La grandezza nominale dell'impianto (l/s) si determina moltiplicando il coefficiente di piovosità per la superficie dell'area scolante (assunto un fattore di densità unitario), come da formula seguente:

$$GN \text{ separatore olii} = S \text{ (m}^2\text{)} \times 0.0055 \text{ l/(s m}^2\text{)}$$

La classe GN, pertanto, rappresenta la massima portata che è in grado di trattare l'impianto di prima pioggia.

Nella tabella seguente vengono riportate, per ciascun piazzale, la portata delle acque meteoriche di prima pioggia e la grandezza nominale dell'impianto di trattamento previsto.

| Impianti | Area pavimentata | Portata Prima pioggia | Impianto trattamento |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| - | [mq] | [l/s] | [l/s] |
| DS1 | 4200 | 23.1 | GN30 |
| DS2 | 4800 | 26.4 | GN30 |

Tabella 13: portata di prima pioggia.

Sono stati previsti due impianti di trattamento GN30 capaci di servire aree pavimentate fino a circa 5.000 mq.

Per i dettagli dimensionali e costruttivi si rimanda agli elaborati tecnici.

12. TRATTAMENTO ACQUE NERE

Per quanto riguarda le acque nere relative agli scarichi civili delle strutture del piazzale di esazione, vista l'assenza di fognature esistenti in loco dove recapitare, si adotta un sistema di trattamento dei reflui attraverso un sistema costituito da "fossa Imhoff + vasca di dispersione/stoccaggio".

La fossa Imhoff, dimensionata per 1 abitante equivalente (200l/giorno), è costituita da una vasca principale (digestione anaerobica) che contiene al suo interno un vano secondario (di sedimentazione). L'affluente entra nel comparto di sedimentazione, che ha lo scopo di trattenere i corpi solidi e di destinare il materiale sedimentato, attraverso l'apertura sul fondo inclinato, al comparto inferiore di digestione che è proporzionato in modo tale da garantire il giusto tempo di ritenzione e da impedire che fenomeni di turbolenza, causati dal carico idrico, possano diminuire l'efficienza di sedimentazione.

Il comparto di digestione è dimensionato affinché avvenga la stabilizzazione biologica delle sostanze organiche sedimentate (fermentazione o digestione anaerobica).

Una volta trattate, le acque vengono raccolte in una vasca realizzata con un tratto di 10 m di collettore microfessurato DN1200 in Pead in grado di consentire la dispersione nel suolo degli apporti idrici. Nel caso in cui le caratteristiche dei terreni presenti in sito non consentissero la dispersione nel sottosuolo, la vasca ha comunque un volume disponibile di 8.33 mc sufficiente a contenere le acque nere per circa 42 giorni.

La vasca di stoccaggio dei reflui sarà inoltre dotata di sensore di livello per l'invio dell'allarme al raggiungimento del riempimento dell'80%, in modo da poter programmare le necessarie operazioni di spurgo.

A favore di sicurezza, la vasca sarà comunque svuotata una volta al mese.