



Sede legale Via Borgonuovo 9, 20121 Milano
CF e P.IVA 09973810964
info@u-lab.it | www.u-lab.it

SOLAI E TRAVI S.P.A.

**PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO IN VARIANTE AL PGT
COMPARTO SOLAI E TRAVI DI VIA BIDINO-VIA CAMPAGNA**

COMUNE DI INDUNO OLONA (VA)

Legge Regionale n. 12/2005 e s.m.i.

**NUOVO INSEDIAMENTO COMMERCIALE
INTEGRATO ALLA RESIDENZA**

Elaborato

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELLE OPERE DI
INVARIANZA IDRAULICA**

A1

Aprile 2023

Revisione: 01

L'elaborato contiene la Relazione Illustrativa delle opere di invarianza idraulica relativa alla proposta di PII denominato Comparto Solai e Travi di via Bidino – via Campagna in Comune di Induno Olona.

I contenuti del testo, l'impostazione metodologica e grafica sono coperti dai diritti di proprietà intellettuale dell'autore a norma di legge.

Committente:

Solai e Travi S.p.a.

Via B. Jamoretti, 87 – 21056 Induno Olona (VA)

Numero di iscrizione al registro delle imprese di Varese n. 00199480120

Incarico conferito a:



U.lab S.r.l.

info@u-lab.it | www.u-lab.it

Gruppo di lavoro:

Ing. Stefano Franco

Responsabile di progetto

Arch. Silvia Ghiringhelli

Coordinamento generale

Ing. Giorgio Amolari

Invarianza idraulica e idrogeologica



Ing. Stefano Franco

INDICE

INDICE.....	2
1. PREMESSA.....	4
2. CRITERI PROGETTUALI	6
2.1 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	6
2.2 QUALITÀ PREVISTA PER LE ACQUE DI SCARICO.....	8
2.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA	8
3. DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE.....	10
3.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	10
3.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DESTINATE AL RISPETTO DEI PRINCIPI DI INVARIANZA.....	11
3.2.1 Caratteri generali ed articolazione in zone scolanti	11
3.2.2 Rete di raccolta.....	11
3.2.3 Opere di recapito e smaltimento finale.....	12
4. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO	13
4.1 DEFINIZIONE DEGLI EVENTI METEORICI DI RIFERIMENTO	13
4.1.1 Dati disponibili.....	13
4.1.2 Evento di riferimento per tempo di ritorno 2 anni.....	14
4.1.3 Evento di riferimento per tempo di ritorno 10 anni.....	14
4.1.4 Evento di riferimento per tempo di ritorno 50 anni.....	14
4.1.5 Evento di riferimento per tempo di ritorno 100 anni.....	14
4.2 CALCOLO DELLE PORTATE	15
5. CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE.....	16
5.1 COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.....	16
5.1.1 Generalità.....	16
5.1.2 Condotte di scolo.....	16
5.2 STRUTTURE DEDITE ALLA RITENZIONE ED ALLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIOGGIA....	16
5.2.1 Principi di calcolo.....	16
5.2.2 Strutture di dispersione: ipotesi e modalità di calcolo.....	17
5.2.2.1 Richiami sui moti di filtrazione.....	17
5.2.2.2 Stima del valore locale di permeabilità dei terreni	18
5.2.2.3 Calcolo della portata dispersa attraverso le pareti ed il fondo dei manufatti	18
5.2.3 Pozzi perdenti	19
5.2.4 Trincee disperdenti.....	20
5.2.4.1 Zona scolante "D" (marciapiede lato Nord di via Bidino)	20
5.2.4.2 Zona scolante "E" (tratto di percorso ciclopedonale sul lato Nord di via Bidino)	20

5.2.5	Stima della massima portata istantanea dispersa nel suolo	21
5.2.6	Transitori di svuotamento degli invasi	21
5.2.6.1	Introduzione.....	21
5.2.6.2	Pozzi di dispersione profonda	21
5.2.6.3	Trincee disperdenti	22
5.3	VERIFICA DELLE OPERE A FRONTE DI EVENTI CON TEMPO DI RITORNO 100 ANNI.....	22
5.3.1	Introduzione	22
5.3.2	Verifica della rete di scolo	22
5.3.3	Verifica dei gruppi di pozzi disperdenti	22
5.3.4	Verifica delle trincee di dispersione per subirrigazione.	23
5.3.5	Verifica del comportamento dell'invaso annesso alla stazione di sollevamento	23
5.4	VERIFICA DEL RISPETTO DEI REQUISITI MINIMI REGOLAMENTARI	24
BIBLIOGRAFIA		25
APPENDICE N. 1: DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ (ART. 47 D.P.R. 28.12. 2000, N. 445) PER ASSEVERAZIONE IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO		26
APPENDICE N. 2: MODALITÀ DI REDAZIONE DEI CALCOLI IDROLOGICI		29
1.	ANALISI DEI DATI DESCRITTIVI DELLE CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE LOCALI	29
2.	DETERMINAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO.....	30
3.	RAGGUAGLIO DELLE PIOGGE ALL'AREA.....	30
4.	MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI - DEFLUSSI	31
4.1	INTRODUZIONE.....	31
4.2	DETERMINAZIONE DELLA PIOGGIA NETTA	32
4.3	FORMULAZIONE DI UN MODELLO MATEMATICO PER LA DESCRIZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL BACINO IN ESAME	32
4.3.1	Formulazione generale	32
4.3.2	Formulazione semplificata, utilizzata in caso di adozione del modello con relazione tra altezze e durate di pioggia di tipo monomio	34

1. PREMESSA

Il presente documento è riferito alle opere necessarie ad assicurare il rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica sanciti dalla L.R. 15.03.2016, n. 4, nell'osservanza del Regolamento regionale 19.04.2019, n. 8 ("Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica – modifiche al regolamento regionale 23.11.2017, n. 7, recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della L.R. 11.03.2005, n. 12", di qui innanzi indicato semplicemente come Regolamento), nel quadro del Programma Integrato di Intervento in variante al P.G.T. destinato ad interessare il comparto "Solai e Travi", in Comune di Induno Olona, nelle aree grossolanamente comprese fra i tracciati stradali delle vie Bidino e Campagna.

Nel suo complesso, il progetto prevede la realizzazione di diversi interventi, identificati, da Est verso Ovest, lungo il tracciato di via Bidino, come segue:

- edificio "A", per una S.L.P. complessiva di 3.000 m²;
- edificio "B", con S.L.P. pari a 2.400 m²;
- edifici "C", articolati in tre distinti fabbricati a tre piani, per un totale di 30 unità immobiliari.

A corredo dei fabbricati di nuova costruzione, sono previste ampie aree a parcheggio, edifici accessori (autorimesse, volumi tecnici) ed aree verdi, secondo la disposizione planimetrica riportata nella planimetria generale di inquadramento di tavola n. 1.

Il Programma prevede poi la cessione di aree destinate ad essere acquisite al patrimonio comunale, per aree attrezzate, per parcheggi e per allargamenti stradali, ed interventi di riqualificazione di aree già afferenti al patrimonio pubblico, per realizzazione di percorsi ciclopeditoni protetti e per la sistemazione di marciapiedi già esistenti.

Le opere destinate ad assicurare il rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica descritte nel presente elaborato, nonché nei grafici ad esso annessi, sono riferite unicamente alle opere ed alle parti di opera destinate ad afferire al patrimonio pubblico, secondo la Convenzione Urbanistica destinata a regolare l'esecuzione delle parti di Programma inerente opere di pubblica utilità. Il completamento delle opere indicate nel Programma sarà infatti subordinato al rilascio di singoli titoli abilitativi, nel cui contesto si provvederà alla redazione di progetti di opere di invarianza idraulica ed idrologica specifica per ciascun singolo intervento.

Nel complesso, l'insieme delle opere comprese in aree destinate alla cessione all'Ente pubblico, ovvero in aree già rientranti nel patrimonio pubblico, copre una estensione di poco superiore a 4.500 m², con coefficiente di deflusso pari a circa 0,70.

Secondo le disposizioni regionali vigenti, l'area interessata dagli interventi è caratterizzata da una elevata criticità idraulica (Allegato C al Regolamento). Alla luce di questo dato, l'intervento, letto secondo i canoni della tabella 1 riportata all'art. 9 del Regolamento, comporta una impermeabilizzazione potenziale "media": è dunque richiesta la redazione del progetto delle opere di invarianza, nella sua forma più completa (art. 10, comma 1 del Regolamento), ed il calcolo può essere condotto seguendo la procedura approssimata (metodo delle "sole piogge"), ferma restando la facoltà di fare comunque ricorso alla procedura dettagliata descritta nel § 3.1. dell'Allegato G al Regolamento.

In conseguenza di quanto sopra, la relazione tecnica di accompagnamento al progetto delle opere deve nella fattispecie contenere gli elementi che seguono:

- descrizione della soluzione progettuale finalizzata al rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica indicati nella normativa regionale vigente;
- studio idrologico finalizzato alla determinazione delle precipitazioni di progetto;
- calcoli di dimensionamento delle strutture, con particolare riferimento
 - ai processi di infiltrazione e laminazione disposti ai fini del contenimento delle portate scaricate;
 - alla descrizione del transitorio di funzionamento delle opere in corrispondenza dell'evento

meteorico critico, con stima del tempo di svuotamento degli invasi e di rimessa in regime del sistema;

- alle diverse componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;
- all'eventuale scarico terminale, se esistente,

secondo l'ordine espositivo seguito nei paragrafi che seguono.

Al presente documento sono allegati i disegni esplicativi delle opere previste, ed alcune Appendici. In particolare, in Appendice n. 1 viene riportata l'asseverazione richiesta dalla norma (art. 10, comma 1, lettera d) del Regolamento), compilata secondo le modalità indicate all'allegato E al medesimo Regolamento, mentre la successiva Appendice n. 2 è destinata alla illustrazione di dettaglio delle modalità seguite per la redazione dei calcoli condotti ai fini della determinazione delle portate di progetto.

Si unisce, in allegato, il Piano di Manutenzione delle opere, compilato secondo i dettami dell'art. 13 del Regolamento.

2. CRITERI PROGETTUALI

2.1 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Come anticipato in Premessa, il presente elaborato è riferito alle opere volte ad assicurare il rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica sanciti dalle norme vigenti, dalle quali nella fattispecie scaturiscono i vincoli che seguono:

- facoltà di scarico delle acque meteoriche nei ricettori (rete pubblica di scolo, ovvero corpi idrici afferenti ai reticoli idrici principale, minore o privato) entro il limite istantaneo massimo di 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- obbligo di realizzazione di invasi di laminazione delle acque piovane di volume non inferiore a 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile (salvo eventuale riduzione per applicazione di un fattore P, secondo quanto riportato nell'elenco di cui in Allegato C al Regolamento), suscettibili di essere ulteriormente ridotti del 30%, qualora ricorrano le condizioni precisate all'articolo 11, secondo comma, lettera e), numero 3 del Regolamento, per il caso di smaltimento eseguito senza fare ricorso a scarichi verso recettori, in presenza di prove di permeabilità (da allegare al progetto) ed alla luce dei risultati di calcoli svolti secondo le indicazioni di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 4 (metodo delle sole piogge, ovvero procedura dettagliata).

La definizione dei criteri di assoggettabilità al Regolamento delle opere di Convenzione (che, si rammenta, includono realizzazione di standard urbanistici per aree verdi e parcheggi, allargamenti stradali e realizzazione di percorsi ciclopeditali) è abbastanza complessa. Stando alla lettera della norma, rimarrebbero a rigore infatti esclusi dall'applicazione del Regolamento (art. 3, comma 3, lettere b), c) e d)):

- gli interventi di ammodernamento e di potenziamento stradale, per strade dei tipi "E" (strada urbana di quartiere), "F" (strada locale) ed "F-bis" (itinerario ciclopeditale);
- gli interventi di costruzione di nuove strade di tipo "F-bis" (itinerario ciclopeditale).

In altra parte (art. 3, comma 6), il testo normativo sembra peraltro indicare come non ammissibile la parcellizzazione degli interventi che comportino, come conseguenza, l'elusione, parziale o totale, della applicazione della norma: *"Ai fini della definizione della classe di intervento di cui all'articolo 9, gli interventi che vengono realizzati per lotti funzionali devono essere considerati nella loro unitarietà, pertanto la superficie interessata dall'intervento è la superficie complessiva data dalla somma delle superfici degli interventi dei singoli lotti. Diversamente, più interventi indipendenti possono prevedere la realizzazione di un'unica opera di invarianza idraulica o idrologica; anche in questo caso, la classe di intervento di cui all'articolo 9 considera come superficie interessata dall'intervento la superficie complessiva data dalla somma delle superfici dei singoli interventi."*

In applicazione di quanto qui riportato, nel caso in esame si ritenne di agire come segue.

Per quanto riguarda le aree destinate a realizzazione di standard urbanistici, non vi è dubbio che si tratti di aree soggette alla applicazione del Regolamento.

Per quanto riguarda gli allargamenti stradali ed i nuovi percorsi ciclopeditali, il discrimine deve verosimilmente essere ricercato nel fatto che si tratti di interventi dotati di rete di raccolta propria, oppure di interventi destinati a gravare su reti di raccolta già esistenti. Nel caso dell'allargamento di via Bidino lungo il fronte Sud (allargamento che peraltro è da considerare solo formale, dal momento che si risolve nella acquisizione al patrimonio comunale di una banchina stradale che ad oggi è solo formalmente esclusa dalla pertinenza stradale, essendo già oggi pavimentata e realizzando già oggi una continuità strutturale con la pubblica via) non è pensabile realizzare una nuova rete di raccolta, che andrebbe ad interferire con la rete di scolo già esistente, generando l'esigenza di modificare localmente le pendenze trasversali della sede stradale, e si ritiene non applicabile il Regolamento, se non per quella porzione di allargamento che è destinata a costituire sedime della nuova rotatoria all'incrocio fra le vie Bidino e Campo dei Fiori. Un discorso analogo deve essere svolto per la parte del percorso pedonale che risale lungo via Campo dei Fiori: non vi è nuova impermeabilizzazione, e non vi è possibilità di realizzare una

rete di scolo che sia autonoma rispetto a quella che già oggi serve la superficie stradale. Diverso è invece il caso del tratto di pista destinato a fiancheggiare il fronte Nord di via Bidino: la presenza di un cordolo di separazione fra la pista e la sede viaria consentirà, qui, di realizzare una rete di scolo autonoma rispetto a quella già oggi asservita alla sede stradale, dotata di un proprio recapito (indirizzato verso Ovest, al di fuori della zona di tutela del pozzo, seguendo le pendenze naturali del terreno), rendendo con ciò il Regolamento pienamente applicabile. I tratti di allargamento stradale di via Campagna, con realizzazione di marciapiedi su ambo i lati, rispondono ai medesimi requisiti, e le relative aree, ai fini della applicazione del regolamento, saranno associate a quella destinata ad ospitare l'area a parcheggio fra le vie Jamoretti e Campagna. Analogo comportamento si ritenne di assumere per il marciapiede lungo il lato settentrionale di via Bidino.

Oltre al citato Regolamento, le opere dovranno rispettare le altre norme vigenti in materia, ed in particolare, ove applicabili:

- (per quanto pertinenti) le disposizioni contenute nella sezione 1.2 dell'allegato E al Regolamento Regionale 29.03.2019, n. 6 ("Disciplina e regimi amministrativi degli scarichi di acque reflue domestiche e di acque reflue urbane, disciplina dei controlli degli scarichi e delle modalità di approvazione dei progetti degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane, in attuazione dell'articolo 52, commi 1, lettere a) e f bis), e 3, nonché dell'articolo 55, comma 20, della L.R. 12.12.2003, n. 26"), che specificano gli obblighi di conferimento a depurazione di differenti aliquote dei volumi di pioggia, modulate in relazione all'estensione della rete di scolo, per reti asservite ad agglomerati urbani caratterizzati da un carico insediativo superiore a 2.000 abitanti equivalenti;
- le indicazioni di cui all'articolo 3 del Regolamento regionale 24.03.2006, n. 4, (disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a), della L.R. 12.12.2003, n. 26);
- i parametri di qualità delle acque di scarico indicate al D.Lgs. 03.04.2006, n. 152;
- le indicazioni contenute al punto 3.4.66 del Regolamento Locale di Igiene-tipo, originariamente approvato con D.G.r. 25.07.1989, n. IV/45266, in seguito più volte aggiornato e mai esplicitamente abrogato, sebbene superato in talune sue parti da successive e più mirate disposizioni legislative e regolamentari: si tratta, nel dettaglio, delle disposizioni che introducono l'obbligo "*... quando trattasi di edifici destinati ad uso produttivo o misto o comunque quando abbiano una superficie impermeabile maggiore di 500 m² ...*" a "*... provvedere mediante appositi separatori a convogliare le acque di prima pioggia nella fognatura comunale, nel rispetto dei limiti previsti, onde consentire il recapito sul suolo e sottosuolo e nelle acque superficiali esclusivamente delle acque di piena o di stramazzo*".

A scala locale, il quadro normativo delineato dalla pianificazione urbanistica comunale deve essere integrato con le indicazioni formulate a corollario dello studio geologico del territorio comunale condotto a supporto della pianificazione urbanistica (dott. geol. Efrem Ghezzi, dello Studio Idrogeotecnico Associato, di Milano, 2001), che inserì l'area di interesse in classe di fattibilità 2, in relazione alla assenza di particolari criticità.

Nel dettaglio, nei documenti redatti a cura del dott. Ghezzi il suolo nell'area in esame risulta composto da depositi in facies fluvioglaciale afferenti al cosiddetto *Allogruppo di Besnate*, e sono costituiti in prevalenza da ciottoli, ghiaie e sabbie, con cementazione variabile, comprendenti ciottoli cristallini e carbonatici, non alterati o con livello di alterazione generalmente modesto. La variabilità dei depositi dà luogo ad orizzonti caratterizzati da gradi di permeabilità localmente differenti, con possibile formazione di piccole falde sospese. La permeabilità viene comunque definita come elevata, con un piano statico di falda che nelle aree di interesse ai fini del presente elaborato si situa ad una profondità compresa fra 30 e 35 m sotto il piano campagna.

La situazione attuale, caratterizzata dalla sostanziale assenza di vincoli di natura geologica alle trasformazioni urbanistiche, è però nel breve periodo destinata a cambiare, in relazione all'iter intrapreso dal gestore dell'acquedotto comunale e finalizzato al subentro nella gestione, alla autorizzazione all'emungimento ed alla messa in rete di un pozzo oggi privato (identificato con il codice n. 36 Mec Mor) situato in corrispondenza della proprietà cui si accede dal civico n. 80 di via Campagna, appena a valle delle aree di nostro interesse. Il completamento dell'iter intrapreso, con la conseguente messa in esercizio del pozzo, comporterà nell'intorno di questo l'istituzione di una fascia di tutela assoluta, di estensione ad

oggi non nota (sebbene ipotizzabile, secondo l'indicazione sommaria che viene riportata nella planimetria di tavola n. 2, desunta dalle indicazioni informali rilasciate dal gestore della rete), entro la quale saranno rigorosamente disciplinate le attività consentite, e sarà verosimilmente vietato qualsiasi scarico al suolo.

2.2 QUALITÀ PREVISTA PER LE ACQUE DI SCARICO

Le ipotesi di utilizzo dell'area indicate negli elaborati di progetto ad oggi disponibili prevedono destinazioni d'uso a basso impatto sulla qualità delle acque di dilavamento di tetti e piazzali (attività residenziale), secondo le descrizioni più oltre riportate (§ 3.1).

In particolare, possono ritenersi sin d'ora escluse modalità di uso che prevedano la formazione di superfici con le caratteristiche indicate all'art. 3 del Regolamento regionale 24.03.2006, n. 4, ovvero:

- pertinenze di edifici ed installazioni riconducibili ad industrie petrolifera, chimica, dedite al trattamento e rivestimento dei metalli, alla concia e tintura delle pelli e del cuoio, alla produzione della pasta carta, della carta e del cartone, di pneumatici o di calcestruzzo, ad aziende tessili che eseguano stampa, tintura e finissaggio di fibre tessili, ad aree intermodali, ad autofficine e carrozzerie (se caratterizzate da superfici scolanti di estensione superiore a 2.000 m² – coperture e parti verdi escluse);
- pertinenze di edifici ed installazioni in cui siano svolte attività di deposito di rifiuti, raccolta e/o trasformazione degli stessi, ovvero deposito di rottami o di veicoli destinati alla demolizione;
- superfici destinate al carico e alla distribuzione dei carburanti ed alle operazioni a questa connesse (stazioni di servizio per autoveicoli);
- superfici scolanti anche solo saltuariamente destinate a deposito, carico, scarico, travaso e movimentazione in genere delle sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 dell'allegato 5 al D.Lgs. 03.04.2006, n. 152.

A prescindere dalle superfici cui possano ritenersi applicabili le disposizioni di cui all'art. 3 sopra citato, si osserva inoltre che, nella fattispecie, le sole possibili fonti di contaminazione delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate paiono costituite da eventuali residui prodotti durante lo stazionamento dei veicoli nelle aree di sosta esterne (previste, peraltro, in misura ridotta, per un totale di nove posti auto). In ragione di questo, per tali aree deve essere ritenuta non perseguibile qualsiasi modalità di smaltimento delle acque meteoriche drenate che preveda quale recapito finale il suolo o gli strati superficiali del sottosuolo, se non previo passaggio attraverso dispositivo di rimozione delle sostanze oleose.

Per il resto, si può concludere che il contesto descritto non appare suscettibile di produrre acque di dilavamento in grado di costituire potenziale veicolo di agenti inquinanti verso gli scarichi.

2.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA

Il rispetto dei principi di invarianza idraulica (volti a preservare il reticolo idrografico di superficie dai sovraccarichi di portata conseguenti, in tempo di pioggia, all'apporto di acque di drenaggio da ambiti urbanizzati) ed idrologica (volto invece ad impedire il depauperamento delle risorse idriche conseguente alla progressiva impermeabilizzazione dei suoli) a termini di Regolamento deve essere perseguito ricorrendo, in ordine di preferenza:

- al riuso dell'acqua di pioggia;
- alla sua infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
- allo scarico in corpo idrico di superficie (fermi restando i limiti di portata fissati in ottica di prevenzione del rischio idraulico);
- allo scarico in rete di drenaggio artificiale (con osservanza dei medesimi limiti di portata).

Il caso in esame appare caratterizzato da un contesto geologico che – sebbene non ancora soggetto ad indagini geologiche adeguatamente accurate – dall'esame dei dati di letteratura parrebbe favorevole allo

scarico al suolo. Su questa facoltà, alla data di redazione del presente elaborato pesa però, in maniera rilevante, l'elevato grado di incertezza del quadro di riferimento normativo, in relazione alla mancata conoscenza dei limiti che verranno in futuro attribuiti all'area di tutela assoluta connessa all'esercizio del pozzo n. 36 Mec Mor.

In virtù di tale incertezza, pare necessario, in questa versione iniziale del progetto delle opere di cui trattasi, assumere provvisoriamente come veritiero il limite della fascia di rispetto indicato in tavola n. 2, ed orientare sin d'ora la progettazione distinguendo le parti interne a tale limite, per le quali – ove necessario in virtù della distanza del limite esterno dell'area di rispetto – sarà d'obbligo lo smaltimento delle acque meteoriche nella pubblica rete di scolo, dalle parti esterne a questo, per le quali, in virtù di coefficienti di permeabilità assunti come favorevoli, viene invece ritenuto preferibile il recapito nel suolo, ipotizzando, in via preliminare, un valore medio del coefficiente di permeabilità k pari a $7,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Si assume sin d'ora che le previsioni progettuali qui proposte dovranno essere soggette ad una duplice revisione, sia a seguito della formalizzazione del vincolo di tutela assoluta nell'intorno del pozzo n. 36 Mec Mor, sia in relazione ai successivi approfondimenti di indagine geologica, che nella fattispecie dovranno, in maniera che si ritiene imprescindibile, prevedere l'esecuzione di prove di permeabilità in foro secondo le modalità previste dal Regolamento (allegato F).

3. DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE

3.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Come anticipato in Premessa, gli interventi ai quali il presente progetto delle opere destinate ad assicurare il rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica è connesso comprendono tutte le opere oggetto di Convenzione destinata a regolare l'attuazione del Programma Integrato di Intervento "Solai e Travi".

Il dettaglio di tali opere, da eseguire entro spazi pubblici ovvero in aree destinate alla cessione alla collettività, comprende:

- interventi per realizzazione di standard urbanistici (individuati nell'elenco che segue con il numero 1, seguito da lettere progressive), in aree destinate alla cessione all'Amministrazione;
- interventi di miglioramento viabilistico (numero 2), in aree in cessione;
- interventi in aree già appartenenti all'Amministrazione, per esecuzione o completamento di marciapiedi e di percorsi ciclopeditoni (numero 3).

L'elenco complessivo delle opere così ripartite comprende:

- l'area attrezzata di via Campagna, su un sedime di 1.363,87 m², ove si prevede la realizzazione di spazi pedonali con pavimentazione in autobloccanti e di un'area verde (intervento 1a di tavola n. 1);
- il parcheggio pubblico nella zona compresa fra le via Jamoretti e Campagna, su un'area di 835,54 m², ove saranno realizzati undici stalli per sosta auto (intervento 1b in tavola n. 1);
- il nuovo parcheggio pubblico di via Bidino, su un'area di 941,96 m², per la realizzazione di dodici stalli di sosta (intervento 1c);
- l'adeguamento della superficie viaria di via Campagna (intervento 2a), per una lunghezza di circa 90 m;
- la realizzazione di un nuovo marciapiede in via Campagna, in fregio all'area attrezzata di cui sopra (intervento 2b), per uno sviluppo di poco inferiore a 60 m;
- l'allargamento della superficie viaria in via Bidino (intervento 2c), per circa 200 m, sino al conseguimento di una maggiore larghezza di circa 3,00 m, in media, con allargamento massimo di circa 20 m in corrispondenza dell'incrocio con via Campo dei Fiori, ove l'allargamento è finalizzato a ricavare il sedime di una nuova rotatoria stradale ed a formare l'accesso stradale verso l'interno dell'area in trasformazione (intervento 2d);
- la realizzazione di nuovi marciapiedi lungo via Bidino (intervento 2e), per uno sviluppo complessivo di circa 210 m, suddiviso su quattro tratti;
- un breve tratto di marciapiede (20 m circa) in via Campagna, in collegamento con il previsto nuovo parcheggio (intervento 3a);
- un ulteriore breve tratto di marciapiede nel tratto iniziale di via Bidino (45 m circa, intervento 3b);
- un percorso ciclopeditone a raso, in sede protetta, della lunghezza di poco superiore a 300 m, lungo il fronte Nord di via Bidino ed in fregio a via Campo dei Fiori, per la realizzazione di un collegamento fra le vie Campagna e Campo dei Fiori (intervento 3c).

In applicazione dei criteri enunciati in precedenza, si evidenzia che, fra tutte le opere elencate, rimangono escluse dall'applicazione del Regolamento quelle contrassegnate dai codici 2c e 2e, nonché il tratto dell'intervento con codifica 3c situato in Campo dei Fiori.

3.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DESTINATE AL RISPETTO DEI PRINCIPI DI INVARIANZA

3.2.1 Caratteri generali ed articolazione in zone scolanti

Lo stato generale dell'area di intervento, nell'assetto previsto al termine della realizzazione delle opere previste nel Piano trova rappresentazione nella planimetria di tavola n. 1, redatta in scala 1:200.

In tavola n. 2, a questa vengono sovrapposti i limiti della fascia di tutela assoluta ipotizzata per il pozzo n. 36 Mac Mor, e l'ubicazione delle opere di invarianza idraulica ed idrologica, suddivise per tipologia. Le opere previste in Convenzione ed assoggettate al Regolamento vi risultano associate in lotti distinti, ciascuno asservito ad una distinta rete di scolo e di smaltimento delle acque meteoriche, come segue:

- zona scolante A (area attrezzata di via Campagna, intervento 1a), estesa su 1.363,87 m², verso il cui sistema di scolo gravita anche un percorso pedonale da realizzare su sedime privato, per una estensione supplementare di 53,82 m²;
- zona scolante B (parcheggio pubblico nella zona compresa fra le via Jamoretti e Campagna, intervento 1b), su un'area di 835,54 m²; a tale zona afferiscono le aree incluse nei diversi allargamenti stradali di via Campagna, per adeguamento del piano viario e per formazione di marciapiedi (interventi 2a, 2b e 3a), sino alla concorrenza di una maggiore area di 348,02 m²;
- zona scolante C (parcheggio pubblico di via Bidino, intervento 1c), su un'area di 941,96 m², alla quale afferisce anche la porzione di allargamento stradale destinata ad ospitare la nuova rotatoria, dotata di rete di scolo propria ed autonoma da quella della strada esistente, per una maggiore superficie di 341,99 m²;
- zona scolante D (breve tratto di marciapiede lungo il fronte Nord di via Bidino, intervento 3c) su una estensione di 73,48 m²;
- zona scolante E (tratto di pista ciclopeditone in sede protetta lungo via Bidino, parte dell'intervento 3c), su un'area di 560,39 m²,

per una estensione complessiva di 4.519,07 m².

3.2.2 Rete di raccolta

La rete di raccolta asservita alla strada sarà realizzata con impiego di condotti in materiale plastico (PVC serie SN8), secondo i tracciati planimetrici riportati nella planimetria di tavola n. 3, e secondo le pendenze di posa indicate negli stralci planimetrici di dettaglio (tavole nn. 4, 5 e 6).

La rete deve essere verificata sulla base delle massime portate meteoriche attese, come stimate a partire dai criteri di calcolo illustrati in Appendice n. 2, e calcolate attraverso le grandezze caratteristiche di seguito elencate:

- per le parti lastricate con pavimentazione bituminosa:
 - coefficiente di deflusso (ϕ): 1,00;
 - coefficiente di invaso superficiale (w_1): 5,00 l/m²;
- per le parti di pavimentazione eseguita con impiego di masselli drenanti:
 - coefficiente di deflusso (ϕ): 0,70;
 - coefficiente di invaso superficiale (w_1): 7,00 l/m²;
- per le parti verdi scolanti verso punti di captazione delle reti di drenaggio:
 - coefficiente di deflusso (ϕ): 0,30;
 - coefficiente di invaso superficiale (w_1): 25,00 l/m².

3.2.3 Opere di recapito e smaltimento finale

Ai fini della determinazione del recapito finale delle acque meteoriche drenate si deve ancora fare riferimento alla distinzione introdotta in § 2.3, individuando, ovunque sia possibile, aree di recapito al suolo esterne ai limiti che circoscrivono l'area di tutela assoluta asservita al pozzo n. 36 Mac Mor, di prossima istituzione, per mezzo di pozzi di dispersione profonda o grazie alla realizzazione di trincee di subirrigazione.

Ove ciò non sia possibile, e lo scarico debba avvenire invece all'interno di tali limiti, il recapito dovrà essere costituito dalla pubblica rete di scolo "mista" esistente in via Bidino, nel rispetto dei limiti fissati dal Regolamento. Ai fini di ogni eventuale recapito in fognatura, si evidenzia che al presente progetto non è ad oggi possibile allegare alcuna richiesta di allacciamento al gestore, in quanto questi, in assenza di vincolo ritualmente istituito, non ammette deroghe al divieto, fissato nel regolamento del servizio di fognatura, di introdurre in rete acque provenienti da drenaggio meteorico attraverso nuovi allacciamenti. La prescritta richiesta potrà essere inoltrata soltanto una volta completato l'iter di autorizzazione all'emungimento dal pozzo, con la definizione di dettaglio dei limiti della fascia di rispetto del pozzo, e con il recepimento di tali limiti nello strumento urbanistico comunale.

4. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

4.1 DEFINIZIONE DEGLI EVENTI METEORICI DI RIFERIMENTO

4.1.1 Dati disponibili

Il calcolo delle precipitazioni viene eseguito assumendo preventivamente, attraverso la cosiddetta "Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica" (L.S.P.P.) caratteristica del sito in esame, una relazione tra la durata e l'altezza di pioggia ragguagliata all'area del bacino considerato, per un assegnato tempo di ritorno, elaborata secondo le modalità dettagliatamente descritte in Appendice n. 2, sulla base dei dati disponibili. L'assunzione di base del modello è che la L.S.P.P. possa essere espressa con ragionevole approssimazione da una relazione monomia del tipo:

$$h_d(T) = a \cdot d^n$$

nella quale a (normalmente espresso in [mm]) rappresenta l'altezza di pioggia di durata oraria mediamente attesa, con prefissato tempo di ritorno T , ed n (fattore di scala) è un esponente che viene considerato indipendente da T , nell'ipotesi che per tutte le diverse durate di precipitazione la variabile casuale costituita dalla corrispondente massima altezza annua di precipitazione sia distribuita secondo un'unica legge e con un unico valore del Coefficiente di Variazione.

La caratterizzazione idrologica del sito viene operata ricorrendo alle analisi condotte sull'intero territorio regionale a cura di A.R.P.A. Lombardia, che individuano per le curve di possibilità climatica due differenti formati, rispettivamente per durate di pioggia comprese fra 1 h e 24 h, e per durate comprese fra un giorno e cinque giorni.

Per il caso di durate di pioggia superiori ad 1 h, la curva viene espressa nel formato che segue:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

nella quale il termine generico a della formulazione generale in precedenza illustrata è espresso come prodotto fra due fattori:

- a_1 (coefficiente pluviometrico orario) è un parametro di intensità, caratteristico del sito, che in maniera indipendente dal tempo di ritorno assunto dà indicazione della sua piovosità oraria;
- $w(T)$ è un fattore di moltiplicazione del coefficiente pluviometrico orario, dipendente dal tempo di ritorno assunto (T , espresso in anni) attraverso la relazione che segue:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

nella quale α , k ed ε sono i parametri della distribuzione probabilistica G.E.V. (*generalized extreme value*) che descrive la distribuzione statistica degli eventi di pioggia più intensi rilevabili nel sito.

Nel caso in esame le grandezze di riferimento assumono i valori che seguono:

- a_1 : 32,17 mm;
- n : 0,3535;
- α : 0,2782;
- k : -0,0138;
- ε : 0,8348.

In ossequio alle indicazioni del Regolamento (allegato G, punto 1), per la descrizione delle piogge caratterizzate da durate inferiori ad un'ora, in assenza di indicazioni di dettaglio si assumono i medesimi parametri relativi a piogge di durate superiori, variando il solo esponente n , cui viene attribuito il valore di 0,50.

4.1.2 Evento di riferimento per tempo di ritorno 2 anni

Facendo riferimento ai valori riportati nel paragrafo che precede, gli eventi di pioggia ricorrenti con tempo di ritorno 2 anni, utilizzati per la verifica delle condizioni di funzionamento corrente dei sistemi di drenaggio, vengono descritti dalle coppie di valori (durata, altezza di pioggia) allineati lungo le curve corrispondenti alle equazioni che seguono:

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_2 = 30,1634 \cdot D^{0,50};$$

- per durate D di pioggia superiori ad un'ora:

$$h_2 = 30,1634 \cdot D^{0,3535}.$$

4.1.3 Evento di riferimento per tempo di ritorno 10 anni

Il tempo di ritorno 10 anni costituisce l'orizzonte temporale di riferimento che in passato veniva comunemente adottato per la verifica ed il dimensionamento per la maggior parte delle reti di scolo oggi esistenti. In tale scenario, le relazioni che esprimono il legame fra durata ed altezza di pioggia assumono le forme che seguono:

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_{10} = 47,3355 \cdot D^{0,50};$$

- per durate D di pioggia superiori ad un'ora:

$$h_{10} = 47,3355 \cdot D^{0,3535}.$$

4.1.4 Evento di riferimento per tempo di ritorno 50 anni

Il tempo di ritorno di 50 anni è quello richiesto ai fini della definizione dello scenario di riferimento per il dimensionamento delle opere deputate alla applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Lo scenario viene costruito a partire dalle relazioni che seguono:

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_{50} = 62,7674 \cdot D^{0,50};$$

- per durate D di pioggia superiori ad un'ora:

$$h_{50} = 62,7674 \cdot D^{0,3535}.$$

4.1.5 Evento di riferimento per tempo di ritorno 100 anni

Lo scenario corrispondente ad eventi ricorrenti con cadenza secolare è quello da assumere a riferimento per la verifica del comportamento delle opere in condizioni estreme, e corrisponde ad altezze di pioggia risultanti dall'applicazione delle relazioni che seguono:

- per durate D di pioggia inferiori ad un'ora:

$$h_{100} = 69,3994 \cdot D^{0,50};$$

- per durate D di pioggia superiori ad un'ora:

$$h_{100} = 69,3994 \cdot D^{0,3535}.$$

4.2 CALCOLO DELLE PORTATE

Con riferimento al bacino in esame, l'applicazione degli algoritmi di calcolo descritti in Appendice n. 2, utilizzando le curve di pioggia descritte nel paragrafo che precede, si ricavano i valori di portata raccolti nella tabella che segue.

zona scolante n	portata Q [l/s]	durata critica di pioggia D [hh:mm:ss]
A (area attrezzata via Campagna)	9,189	0h:14m:22s
B (parcheggio via Jamoretti)	34,459	0h:4m:32s
C (parcheggio via Bidino)	22,655	0h:4m:35s
D (marciapiede via Bidino lato N)	2,583	0h:4m:31s
E (pista ciclopedonale via Bidino)	19,696	0h:4m:31s

Tabella n. 1: risultati dei calcoli di portata riferiti allo scenario di progetto ricorrente con tempo di ritorno 50 anni

5. CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE

5.1 COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

5.1.1 Generalità

Il sistema di drenaggio è composto da tubazioni disposte secondo gli schemi planimetrici e le pendenze di posa riportati nei dettagli di tavole nn. 4, 5 e 6.

5.1.2 Condotte di scolo

Per le condotte di scolo, i calcoli di verifica vengono condotti imponendo che la portata massima calcolata, in tempo di pioggia, scorra con velocità generalmente non superiore a 2,50 m/s, al fine di prevenire abrasioni localizzate nelle pareti interne dei condotti, e non inferiore a 0,40 m/s, allo scopo di prevenire la formazione di depositi nei condotti. Il calcolo viene condotto adottando la formula di formula di Bazin per il calcolo della velocità di deflusso in condizioni di moto uniforme, in funzione delle dimensioni (R), delle pendenze (i) e della scabrezza (γ) della condotta, secondo la relazione che segue:

$$V = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

nella quale i simboli R ed i corrispondono rispettivamente al raggio idraulico della condotta (rapporto fra sezione e perimetro bagnati) e pendenza di posa della stessa, mentre il parametro γ rappresenta il coefficiente di scabrezza, che per condotti in materiale plastico assume il valore 0,10.

I calcoli così condotti, introducendo le pendenza di posa (0,50%, per tutti i condotti) ed i diametri rispettivamente previsti, per eventi ricorrenti con tempo di ritorno T pari a 50 anni diede luogo ai risultati riportati nella tabella riportata a pagina seguente (tabella n. 2).

condotta	portata	diametro	pendenza	velocità di scorrimento	tirante	condizioni di moto uniforme
n	Q [l/s]	ϕ [mm]	i [%]	v [m/s]	h [cm]	
zona A	9,189	152,0	0,50	0,84	8,83	GRAVITÀ
zona B	34,459	235,4	1,00	1,52	12,18	GRAVITÀ
zona C	22,655	188,2	0,50	1,03	13,88	GRAVITÀ
zona D	2,583					
zona E	19,696	188,2	0,50	1,01	12,46	GRAVITÀ

Tabella n. 2: risultati del calcolo delle condizioni di moto nei condotti, riferiti allo scenario di progetto ricorrente con tempo di ritorno 50 anni (per la zona D, caratterizzata unicamente da presenza di condotti deputati alla immediata dispersione al suolo delle portate raccolte, le parti relative alla verifica del funzionamento dei condotti viene omessa)

5.2 STRUTTURE DEDITE ALLA RITENZIONE ED ALLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIOGGIA

5.2.1 Principi di calcolo

Ai fini dello smaltimento delle acque di pioggia drenate nella rete di raccolta asservita alle opere da realizzare in Convenzione sono previste opere di dispersione (pozzi e trincee disperdenti) ed opere di ritenzione e rilancio mediante sollevamento.

La disposizione di un'opera di dispersione al suolo ha, ai fini della gestione dei volumi generati da un evento di pioggia drenate, una duplice funzione:

- da una parte, deve assicurare il corretto smaltimento nel terreno della portata affluente, tramite delle superfici forate e permeabili, disposte sulle pareti e sul fondo del manufatto;
- dall'altra, deve garantire l'esistenza di un "volano" di capacità sufficiente per compensare le inevitabili differenze tra i volumi di pioggia affluenti (caratterizzati da un andamento temporale estremamente irregolare) e quelli smaltiti, per infiltrazione, nel terreno (caratterizzati, al contrario, da un andamento pressoché uniforme durante l'evento di pioggia).

Tenuto conto di quanto sopra, in ambo i casi i calcoli dimensionali del manufatto vengono pertanto impostati sul seguente bilancio di massa:

$$\text{volume entrante nell'unità di tempo} = \text{volume uscente nell'unità di tempo (attraverso fondo e pareti del manufatto)} + \text{volume accumulato nell'unità di tempo}$$

reiterato in modo da coprire l'intera durata dell'evento meteorico.

Il calcolo viene ripetuto per diverse durate di pioggia, mantenendo invece fisso il tempo di ritorno considerato, sino a trovare l'evento di pioggia di progetto cui corrisponde la massima necessità di accumulo. Nel caso più generale, il volume di pioggia affluente nell'unità di tempo viene stimato ipotizzando che il bacino di raccolta abbia prevalenti caratteristiche urbane, con un comportamento assimilabile a quello descritto dal modello dell'invaso lineare, secondo quanto indicato in Appendice. Qualora invece la stima venga condotta in maniera semplificata, ricorrendo al metodo delle "sole piogge" illustrato in allegato G al Regolamento, e facendo riferimento a due grandezze (durata critica di pioggia, D_w , e volume di laminazione corrispondente, W_o), rispettivamente espresse dalle relazioni che seguono

$$D_w = \left(\frac{0,36 \cdot Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e

$$W_o = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot (D_w)^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

nelle quali i simboli assumono i significati che seguono:

- $Q_{u,lim}$ (espresso in [l/s]) rappresenta la massima portata ammessa allo scarico (ovvero, nel caso di presenza di un'opera di dispersione, la massima portata istantanea avviata da questa al terreno);
- S (in [ha]) corrisponde alla superficie scolante;
- φ (adimensionale) è il coefficiente di deflusso;
- a ([mm/hⁿ]) ed n (adimensionale) corrispondono ai parametri della L.S.P.P. caratteristica del sito e del tempo di ritorno assunto,

mentre 0,36, 10 e 3,6 sono fattori di conversione, necessari per uniformare le unità di misura.

Nelle convenzioni indicate, la durata critica di pioggia (D_w) viene espressa in [h], ed il volume di laminazione (W_o) in [m³].

5.2.2 Strutture di dispersione: ipotesi e modalità di calcolo

5.2.2.1 Richiami sui moti di filtrazione

Il moto dell'acqua nel terreno è governato dalla ben nota legge di Darcy, secondo la quale la velocità di filtrazione dell'acqua (V) è legata a due fattori:

- la permeabilità del terreno (k), che dipende essenzialmente dalla struttura del terreno e dalla granulometria delle particelle che lo compongono, e che descrive la "facilità" con la quale, a parità di altre condizioni, il terreno viene attraversato da correnti liquide;
- il gradiente idraulico (i), che descrive invece le condizioni geometriche che danno luogo al moto della massa liquida all'interno del terreno: in termini matematici infatti, il gradiente corrisponde alla pendenza della superficie piezometrica responsabile del moto di filtrazione (e che dà luogo a portate tanto maggiori quanto più risulta inclinata),

attraverso l'espressione matematica che segue:

$$V = k \cdot i$$

5.2.2.2 Stima del valore locale di permeabilità dei terreni

La permeabilità viene normalmente misurata in m/s, ed il suo valore locale viene determinato in modo sperimentale, con ricorso a prove in sito dette "prove infiltrometriche", nel corso delle quali vengono misurati i tempi di abbassamento del livello dell'acqua all'interno di un cilindro metallico graduato, il cui fondo è aperto e comunicante con il terreno naturale. La prova standard prevede il riempimento del cilindro per un'altezza di 30 cm, e la misura dei tempi di abbassamento ad intervalli regolari di 1 cm.

Nel caso in esame, su disposizione del Committente il calcolo venne sviluppato in assenza di alcuna prova, assumendo, da letteratura, un valore di k pari a $7,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

5.2.2.3 Calcolo della portata dispersa attraverso le pareti ed il fondo dei manufatti

Il calcolo della portata dispersa nel terreno assume forme differenti a seconda del fatto che la dispersione avvenga a mezzo di elementi puntuali (pozzi) ovvero lineari (trincee).

Nel caso dei pozzi disperdenti, il riferimento di calcolo è costituito dalle indicazioni contenute nel "Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile", edito con la collaborazione di CAP Holding S.p.A. a cura del Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali dell'Università degli Studi di Milano (2018). La portata uscente da un pozzo perdente (Q_u) vi viene espressa come prodotto fra superficie di dispersione e velocità di filtrazione, a partire dalla relazione già illustrata in precedenza (§ 5.2.2.1), come segue:

$$Q_u = \frac{k}{2} \cdot \frac{L+z}{L+\frac{z}{2}} \cdot A_f$$

nella quale i simboli k , L e z assumono il medesimo significato già illustrato, mentre A_f rappresenta la superficie orizzontale effettiva ai fini del moto, corrispondente all'estensione areale dell'anello con larghezza pari a $z/2$ (non tenendo conto, di norma, della superficie del fondo del pozzo, sovente destinata a perdere la propria capacità di scarico a seguito dell'accumularsi di sedimenti all'interno del manufatto). Rispetto alla classica formulazione di Darcy, la permeabilità vi compare con un valore dimezzato, per tenere conto del fatto che il moto avviene in un mezzo insaturo.

Il calcolo viene condotto per diverse durate di pioggia, sino a trovare la durata da considerare critica per l'evento in esame, alla quale corrisponde il maggior divario fra volume affluente (W_{in}) e volume defluito attraverso la superficie A_f (W_{out}), come segue:

$$W_{in} = \varphi \cdot S \cdot a \cdot D^n$$

e

$$W_{out} = Q_u \cdot D$$

nelle quali i nuovi simboli introdotti assumono i significati che seguono:

- φ è un coefficiente di deflusso, che nella fattispecie assume i medesimi valori indicati in precedenza ai fini del calcolo della portata di massima piena meteorica (1,00 per le superfici impermeabilizzate afferenti all'opera di dispersione, 0,70 per le parti lastricate con impiego di elementi autobloccanti, e 0,30 per restanti le parti permeabili scolanti in direzione dell'opera di dispersione);
- S corrisponde alla superficie scolante verso l'opera di dispersione;
- D corrisponde alla durata dell'evento di pioggia, normalmente espressa in [h];
- a ed n corrispondono ai parametri della L.S.P.P. descrittiva del regime idrologico locale per il tempo di ritorno assunto ai fini della verifica delle opere.

Il divario fra i due volumi calcolato in corrispondenza della durata critica di pioggia corrisponde al volume di accumulo che deve essere reso disponibile dall'opera di dispersione, considerata nel suo complesso (pozzo e dreno circostante). Ai fini pratici, il calcolo viene condotto a ritroso, determinando, in corrispondenza di vari diametri interni e di varie altezze, le capacità di accumulo e di smaltimento proprie di manufatti di diversa foggia, e componendo poi l'opera di dispersione combinando fra loro più manufatti elementari, imponendo in ogni caso capacità di accumulo non inferiori alla differenza fra volumi in ingresso e volumi dispersi nel corso dell'evento di pioggia.

Il caso delle trincee disperdenti viene di preferenza trattato con riferimento alla norma di calcolo tedesca ATV-DVWK A-138, la quale suggerisce l'adozione delle seguenti ipotesi semplificative:

- moto di filtrazione attraverso le pareti verticali del pozzo con direzione prevalentemente orizzontale, governato da un gradiente idraulico pari a 0,50, costante durante l'intero evento di pioggia;
- moto di filtrazione attraverso il fondo del pozzo con direzione prevalentemente verticale, governato da un gradiente idraulico pari a 1,00, costante durante l'intero evento di pioggia.

In ambo i casi, anche nell'ambito di applicazione di questa norma vengono adottati coefficienti di permeabilità dimezzati rispetto al dato misurato ovvero assunto da letteratura, tenere così conto, al solito, del fatto che il moto non avviene in condizioni di saturazione.

5.2.3 Pozzi perdenti

I calcoli descritti nel paragrafo che precede trovarono applicazione in sede di verifica dei pozzi perdenti destinati allo smaltimento delle acque drenati dai piazzali, assumendo dreni con porosità n pari a 25% ed estesi per uno spessore di 1,20 m attorno agli anelli del pozzo, con i risultati sintetizzati nella tabella che segue.

zona scolante/ /configur.	estens. del bacino imperm.	durata critica di pioggia	altezza di pioggia	volume affluente	volume disperso	accumulo dispon.	margini di sicurezza
	S [m ²]	D [hh:mm:ss]	[mm]	W_{in} [m ³]	W_{out} [m ³]	W_u [m ³]	[m ³]
A / 1	576,06	0h:6':49"	21,16	13,16	6,58	62,97	56,39
B / 2	1040,01	0h:7':21"	21,98	22,86	11,43	88,16	76,73
C / 3	829,09	0h:7':20"	21,96	18,27	9,13	75,56	66,43
configurazione 1: 3 pozzi Ø 2,50 m H_u 2,50 m							
configurazione 2: 3 pozzi Ø 2,50 m H_u 3,50 m							
configurazione 3: 3 pozzi Ø 2,50 m H_u 3,00 m							

Tabella n. 3: calcolo dei pozzi di dispersione al suolo (i margini di sicurezza, che assumono valori molto elevati, derivano in questo caso dall'esigenza di garantire, attraverso i soli invasi sotterranei costituiti dai pozzi perdenti, il rispetto dei requisiti minimi di cui al § 2.1, secondo quanto dettagliatamente illustrato in § 5.4)

Nel dettaglio, il calcolo procede come segue. Assegnata a ciascuna zona scolante la rispettiva estensione e la rispettiva configurazione delle opere puntuali di dispersione, vengono determinati il volume di accumulo disponibile (comprendente anche i vuoti dello strato di drenaggio che cinge l'opera), e vengono calcolati, per ciascun possibile evento di pioggia, il volume idrico affluente al pozzo e quello smaltito nel terreno durante il corso dell'evento di pioggia. La differenza fra volume affluente e volume smaltito corrisponde alle esigenze di accumulo per l'evento considerato, ed il margine di sicurezza riportato in tabella corrisponde al franco residuo di sicurezza, espresso in termini di volume di accumulo disponibile e non utilizzato.

5.2.4 Trincee disperdenti

5.2.4.1 Zona scolante "D" (marciapiede lato Nord di via Bidino)

Ai fini della dispersione delle acque raccolte sulla superficie di nuova pavimentazione del marciapiede lungo il lato Nord di via Bidino, il progetto prevede l'impiego di condotti fessurati in PEAD, con diametro nominale esterno 315 mm (diametro interno 273 mm), annegati in un dreno in ghiaia di larghezza media pari a 0,80 m ed alto 0,72 m, a sua volta avvolto in un feltro geotessile da 150 g/m². In tale configurazione, il sistema è caratterizzato da una capacità di invaso, a saturazione del dreno, pari a 0,18 m³ per metro di sviluppo dell'opera (7,20 m³ in totale), mentre la capacità di dispersione risulta, in applicazione di quanto in precedenza illustrato, dal calcolo che segue:

$$Q = (0,80 \text{ m}^2/\text{m} \times 1,00 \text{ m/m} + 2 \times 0,72 \text{ m}^2/\text{m} \times 0,50 \text{ m/m}) \times \left(7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \times \frac{1}{2}\right) = 0,000532 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m} = 0,532 \text{ l/s} \cdot \text{m}$$

cui corrisponde, considerando lo sviluppo disponibile complessivo della trincea (40,00 m), una capacità di smaltimento istantaneo pari a circa 21,28 l/s.

A partire da tali dati, per l'area scolante corrispondente al sedime del marciapiede si calcola un evento critico caratterizzato dalle grandezze che seguono:

- durata critica di pioggia: inferiore ad un minuto;
- volume di accumulo necessario (valutato con impiego di formula mutuata dal metodo delle sole piogge: 0,35 m³ circa.

Il sistema risulta ampiamente verificato.

5.2.4.2 Zona scolante "E" (tratto di percorso ciclopedonale sul lato Nord di via Bidino)

La zona scolante interessata è caratterizzata da una superficie estesa su poco più di 560 m², parzialmente insistenti su area presumibilmente compresa nella fascia di rispetto del pozzo n. 36 Mec Mor, lungo la quale è però possibile raccogliere le acque meteoriche e scaricarle in direzione Est, verso l'esterno di tale fascia. A partire da tale limite, si prevede la realizzazione di una trincea drenante lunga circa 64 m, composta da condotto forato con diametro nominale 465 mm, immerso in un dreno largo 1,10 m ed alto circa 90 cm, e caratterizzata da una capacità di invaso complessiva di circa 20,50 m³.

La capacità di dispersione risulta dal calcolo che segue:

$$Q = (1,10 \text{ m}^2/\text{m} \times 1,00 \text{ m/m} + 2 \times 0,90 \text{ m}^2/\text{m} \times 0,50 \text{ m/m}) \times \left(7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \times \frac{1}{2}\right) = 0,0007 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m} = 0,70 \text{ l/s} \cdot \text{m}$$

a partire dalla quale si evince una dispersione istantanea complessiva di 44,80 l/s.

In tali condizioni, l'evento critico di pioggia, valutato secondo le modalità ormai consuete, risulta caratterizzato come segue:

- durata critica di pioggia: poco più di un minuto;
- volume di accumulo necessario: 5,60 m³ circa.

L'opera appare verificata, con ampio margine di sicurezza.

5.2.5 Stima della massima portata istantanea dispersa nel suolo

Alla luce dei calcoli illustrati nei paragrafi che precedono, la massima portata avviata a scarico nel sottosuolo attraverso pozzi disperdenti e trincee di subirrigazione nell'orizzonte temporale di progetto (50 anni), può essere stimata assumendo per ciascuna zona scolante il valore minimo fra massima portata meteorica (dalla tabella n. 1) e la capacità di smaltimento dei manufatti (§ 5.2.3 e § 5.2.4).

Con semplici passaggi matematici, il calcolo produce un valore di 74,86 l/s, il che, rapportato all'estensione delle aree asservite alle opere di dispersione (4.519,07 m², cui corrisponde, applicando il coefficiente di deflusso di 0,70, una superficie scolante impermeabile di 3.163,35 m²), produce un contributo di 236,65 l/s·ha.

Il valore appare pienamente compatibile con le caratteristiche idrogeologiche del sito.

5.2.6 Transitori di svuotamento degli invasi

5.2.6.1 Introduzione

Stando alla lettera della norma (art. 11, comma 2, lettera f), punto 2 del Regolamento), le opere deputate allo smaltimento delle acque meteoriche drenate debbono essere in grado di svuotarsi completamente entro il termine di 48 ore dalla fine della precipitazione. Il calcolo deve essere sviluppato per tutte le opere descritte nei paragrafi che precedono (pozzi di dispersione profonda, trincee disperdenti, invasi asserviti a stazioni di sollevamento), come distintamente riportato nei paragrafi che seguono.

5.2.6.2 Pozzi di dispersione profonda

Nel caso delle opere di dispersione, lo scarico mediante infiltrazione in direzione del suolo avviene tanto dal fondo del manufatto, quanto attraverso le sue pareti laterali. In ragione di questo, il transitorio di svuotamento avviene a portata variabile, in relazione alla progressiva diminuzione dell'estensione delle superfici laterali coinvolte nel processo. Tenuto conto di ciò, appare ragionevolmente cautelativo descrivere il processo di svuotamento assumendo come valore per lo scarico della portata solamente quello in transito attraverso il fondo del manufatto, secondo la relazione

$$Q_{sv} = S_{fondo} \cdot 1,00 \text{ m/m} \cdot \left(k \cdot \frac{1}{2}\right)$$

Applicando la convenzione indicata, i tempi di svuotamento dei gruppi di pozzi di dispersione previsti in progetto risultano dai calcoli elementari riprodotti nella tabella che segue.

zona scolante	volume accumulato al termine della precipitazione	superficie di fondo	portata di scarico	tempo di svuotamento
n	W [m ³]	S [m ²]	Q [l/s]	t [hh:mm:ss]
A	6,58	14,73	5,15	0h:21m:16s
B	11,43	14,73	5,15	0h:36m:58s
C	9,13	14,73	5,15	0h:29m:32s

Tabella n. 4: tempi di svuotamento dei pozzi disperdenti

5.2.6.3 Trincee disperdenti

Il caso delle trincee di dispersione orizzontale per subirrigazione viene affrontato secondo i medesimi criteri illustrati nel paragrafo che precede, con l'ulteriore ipotesi, cautelativa, che al termine della precipitazione il manufatto si trovi in condizioni di completa saturazione.

I tempi di svuotamento vengono quindi stimati come riportato nella tabella che segue.

zona scolante n	capacità di accumulo W [m³/m]	portata di scarico Q [l/s-m]	tempo di svuotamento t [hh:mm:ss]
D	0,18	0,280	10m:43s
E	0,32	0,385	13m:51s

Tabella n. 5: tempi di svuotamento delle trincee di dispersione

5.3 VERIFICA DELLE OPERE A FRONTE DI EVENTI CON TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

5.3.1 Introduzione

Lo scenario corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni viene assunto, a termini di Regolamento (art. 11, comma 2) ai fini della verifica delle possibili criticità prodotte dal cattivo funzionamento del sistema.

5.3.2 Verifica della rete di scolo

Il metodo di verifica dei condotti ripercorre il procedimento di calcolo descritto in § 5.1.2, con i risultati descritti nella tabella che segue.

condotta n	portata Q [l/s]	diametro φ [mm]	pendenza i [%]	velocità di scorrimento v [m/s]	tirante h [cm]	condizioni di moto uniforme
zona A	10,683	0h:12m:22s	152,0	0,50	0,87	9,76
zona B	40,062	0h:3m:54s	235,4	1,00	1,57	13,37
zona C	26,339	0h:3m:57s	188,2	0,50	1,03	16,19
zona D	3,003	0h:3m:53s				
zona E	22,899	0h:3m:53s	188,2	0,50	1,03	14,01

Tabella n. 6: condizioni di moto nei condotti, nello scenario corrispondente a tempo di ritorno 100 anni

5.3.3 Verifica dei gruppi di pozzi disperdenti

La verifica del funzionamento dei pozzi perdenti comporta l'esecuzione degli stessi calcoli già illustrati in precedenza, e riproposti, con riferimento al nuovo scenario, secondo le medesime modalità, nella tabella riportata a pagina seguente.

Come allora, il grado di sicurezza della struttura di dispersione è dato dal volume di invaso residuo restante libero al momento in cui si esaurisca l'evento meteorico. A differenza del caso precedente, sono però in questo caso ammessi valori negativi, corrispondenti allo stato in cui il livello di acqua trattenuta nel pozzo raggiunga la sommità della parte finestrata, e vada a saturare il volume residuo del primo anello sotto alla soletta (volume che di norma è abbastanza rilevante, compreso fra circa 0,90 m³ per il caso di un pozzo

con diametro interno 150 cm, e circa 2,50 m³ per un manufatto con diametro interno 250 cm). In ragione di ciò, possono essere considerate ammissibili, in questo scenario, criticità comprese entro il volume di circa 2,00 m³.

I risultati delle elaborazioni così condotte sono rappresentati nella tabella che segue.

zona scolante/ /configur.	estensione del bacino imperm.	durata critica di pioggia	altezza di pioggia	volume affluente	volume disperso	accumulo disponibile	margin di sicurezza
	S	D		W_{in}	W_{out}	W_u	
	[m ²]	[hh:mm:ss]	[mm]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
P.1 / A	1710,00	0h:8':20"	25,87	16,09	8,04	62,97	54,93
P.2 / B	1000,00	0h:8':59"	26,87	27,95	13,97	88,16	74,18
P.3 / C	910,00	0h:8':58"	26,84	22,33	11,17	75,56	64,40
configurazione 1: 3 pozzi Ø 2,50 m H _u 2,50 m							
configurazione 2: 3 pozzi Ø 2,50 m H _u 3,50 m							
configurazione 3: 3 pozzi Ø 2,50 m H _u 3,00 m							

Tabella n. 7: verifica del comportamento dei pozzi di dispersione al suolo all'occorrenza dell'evento caratterizzato da tempo di ritorno pari a 100 anni

5.3.4 Verifica delle trincee di dispersione per subirrigazione.

Anche in questo caso, il calcolo ripercorre i passaggi già descritti in precedenza (§ 5.2.4), mediante confronto fra la capacità di invaso dell'opera e le esigenze di invaso connesse alle caratteristiche dell'evento di pioggia, ed alla capacità di smaltimento istantaneo, valutata in condizione di saturazione dell'invaso disponibile.

I principali risultati del calcolo vengono riportati nella tabella che segue.

zona scolante	capacità di invaso	capacità di smaltimento istantaneo	esigenze di invaso	margin di sicurezza
n	W_o [m ³]	Q [l/s]	W_n [m ³]	W [m ³]
D	7,20	21,28	0,42	20,86
E	20,50	44,80	6,54	38,26

Tabella n. 8: valutazione della sicurezza delle trincee disperdenti a fronte di eventi meteorici ricorrenti con tempo di ritorno pari a 100 anni

5.3.5 Verifica del comportamento dell'invaso annesso alla stazione di sollevamento

L'applicazione allo scenario in esame delle relazioni illustrate in precedenza (§ 5.2.5) porta a definire una durata critica di pioggia D_w di circa 19h:50', ed esigenze di laminazione (W_o) per 150,15 m³, pari al totale disponibile.

5.4 VERIFICA DEL RISPETTO DEI REQUISITI MINIMI REGOLAMENTARI

Come già in precedenza indicato (§ 2.1), il regolamento fissa quale requisito minimo delle opere destinate alla concreta applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica la disponibilità di un volume minimo di invaso, commisurato all'estensione dell'intervento ed al coefficiente di deflusso che lo caratterizza. Per comuni caratterizzati da elevata criticità idraulica, il volume minimo cui fare riferimento è pari a 800 m³ di invaso per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile, ottenuta moltiplicando le porzioni di aree impermeabili, semipermeabili e permeabili servite dalle opere in progetto per i rispettivi coefficienti di deflusso elencati in § 3.2.2.

Nel caso in esame, ad una superficie scolante impermeabile di 0,313 ha corrisponde quindi una esigenza minima di invaso pari a circa 250 m³. Tale valore deve essere confrontato con

- la somma degli invasi disponibili per i pozzi disperdenti (tabella n. 3, 226,69 m³);
- la somma degli invasi disponibili per le trincee di dispersione al suolo (tabella n. 8, 27,70 m³),

per un totale di 254,39 m³.

Il progetto rispetta quindi i valori minimi fissati dal Regolamento.

Venegono Superiore, aprile 2023

il professionista incaricato
dott. ing. Giorgio Amolari



BIBLIOGRAFIA

Citrini, D.; Nosedà, G.: "Idraulica", Milano, Casa Editrice Ambrosiana, 1982

Ghezzi, E.; Breviglieri, P.: "Comune di Induno Olona – Indagini geologico tecniche di supporto alla revisione del piano regolatore generale", Milano, Studio Idrogeotecnico Associato, 2013

APPENDICE N. 1: DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ (ART. 47 D.P.R. 28.12. 2000, N. 445) PER ASSEVERAZIONE IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO

Il sottoscritto **GIORGIO AMOLARI** nato a **VARESE** il **20.09.1963**, residente a **CASTIGLIONE OLONA** in via **NOBILI MARTIGNONI n. 1** iscritto all'Ordine degli **INGEGNERI** della Provincia di **VARESE** al n **1731**, incaricato dal/i signor/i **STEFANO FRANCO**

in qualità di [] proprietario, [] utilizzatore [] legale rappresentante [] amministratore di
☒ **RESPONSABILE TECNICO DI U.LAB, INCARICATO DALLA PROPRIETÀ**

di redigere il Progetto di invarianza idraulica e idrologica per l'intervento di **REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN CONVENZIONE PREVISTE ALL'INTERNO DEL PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO "SOLAI & TRAVI"**

sito in Provincia di **VARESE**, Comune di **INDUNO OLONA**, in via/~~piazza~~ **BIDINO - CAMPAGNA**, foglio n. **9**, mappale n. **3126 – 3127 – 3213**

in qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 28.12. 2000, n. 445 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 28.12. 2000, n. 445)

dichiara

☒ che il comune di **Induno Olona**, in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:

- ☒ **A: ad alta criticità idraulica**
- ☐ **B: a media criticità idraulica**
- ☐ **C: a bassa criticità idraulica**

oppure

☐ che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità

☐ che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato, o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)

☐ che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerata la portata massima ammissibile per l'area (**A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo**) = =, pari a:

- ☐ **10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento**

- ☐ 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
- ☐ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore

☒ che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a **74,86 l/s**, che equivale ad una portata infiltrata pari a **236,65 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

☒ che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del Regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:

- ☐ classe "0"
- ☐ classe "1" (impermeabilizzazione potenziale bassa)
- ☒ classe "2" (impermeabilizzazione potenziale media)
- ☐ classe "3" (impermeabilizzazione potenziale alta)

☐ che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:

- ☐ all'articolo 12, comma 1 del Regolamento
- ☐ all'articolo 12, comma 2 del Regolamento

☒ di aver redatto il Progetto di invarianza idraulica e idrologica con i contenuti di cui:

- ☒ all'articolo 10, comma 1 del Regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
- ☐ all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del Regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)

☒ di aver redatto il progetto di invarianza idraulica e idrologica conformemente ai contenuti del Regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del Regolamento;

assevera

☒ che il Progetto di invarianza idraulica e idrologica previsto dal Regolamento (articoli 6 e 10 del Regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal Regolamento edilizio e dal Regolamento;

☐ che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento.

☒ che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;

☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento;

☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di €

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del D.Lgs 30.06.2003, n. 196, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

VENEGONO SUPERIORE, 23.03.2023

il dichiarante



Ai sensi dell'articolo 38 del D.P.R. 28.12.2000 n. 445, così come modificato dall'articolo 47 del D.Lgs. 30.12.2010 n. 235, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica.

La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma 1 D.P.R. 28.12.2000 n. 445).

Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 28.12.2000 n. 445.



APPENDICE N. 2: MODALITÀ DI REDAZIONE DEI CALCOLI IDROLOGICI

1. ANALISI DEI DATI DESCRITTIVI DELLE CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE LOCALI

Per lo studio del regime delle piogge intense caratteristiche dell'area in esame, dalle quali hanno poi origine le portate in grado di produrre onde di piena in rete, ci si avvale dei dati storici registrati presso le stazioni di misura da parte dell'Ufficio Idrografico e Mareografico per il Po, e dei dati più recenti raccolti a cura dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (A.R.P.A.). Il territorio nazionale è infatti coperto da una più o meno fitta rete di stazioni per la misura delle precipitazioni, provviste di diversi strumenti di misura (pluviografi, per la registrazione delle altezze di pioggia di durata inferiore alle 24 h, e pluviometri, con capacità di campionamento superiore alle 24 h), ciascuno dei quali fornisce serie di dati annuali di diversa durata, a seconda della data di installazione della stazione e dell'entità dei periodi di interruzione delle registrazioni. I dati registrati sono periodicamente pubblicati a cura del medesimo Ufficio Idrografico negli "Annali Idrologici" o delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale. In tali pubblicazioni vengono riportati i dati relativi alle massime altezze annue di precipitazione registrati in diversi punti del territorio nazionale, per durate comprese tra 5' e 5 gg.

Lo scopo principale delle analisi sui dati pluviometrici raccolti in ciascuna stazione consiste nella definizione del regime pluviometrico proprio dell'area che può ragionevolmente essere descritta ai dati raccolti presso la stazione pluviografica.

Normalmente, il regime pluviometrico è descritto da curve che legano tra loro la durata di pioggia con l'altezza di precipitazione (Curve di Possibilità Climatica).

In letteratura scientifica sono reperibili diverse analisi teoriche che portano a definire differenti formulazioni per l'espressione di tali curve. Nel presente studio si è fatto riferimento ad un modello particolarmente diffuso in Italia, secondo cui il legame tra altezze e durate di pioggia è espresso da una relazione di tipo monomio, normalmente adottato per la descrizione di bacini idrografici che abbiano prevalentemente caratteristiche urbane, cioè in cui la rete di drenaggio è quasi interamente costituita da canalizzazioni artificiali. Vi è infatti, a livello nazionale per il caso di fognature urbane, una assodata conoscenza sperimentale relativa alla taratura dei principali parametri del modello; ciò consente di sopperire alle carenze del modello stesso, originate da esigenze di semplicità di calcolo.

L'assunzione di base di questo modello è che la Curva di Possibilità Climatica possa essere espressa con ragionevole approssimazione da una relazione monomia del tipo:

$$h_d(T) = a \cdot d^n$$

nella quale a (normalmente espresso in [mm]) rappresenta l'altezza di pioggia di durata oraria mediamente attesa, con prefissato tempo di ritorno T , ed n è un esponente che viene considerato indipendente da T nell'ipotesi che per tutte le diverse durate di precipitazione la variabile casuale costituita dalla corrispondente altezza di precipitazione sia distribuita secondo un'unica legge.

Il legame del parametro a con il tempo di ritorno T viene ricavato dalla usuale relazione che lega la probabilità di non superamento dell'altezza h_d , $P[h_d]$ ed il medesimo tempo di ritorno:

$$P[h_d] = 1 - \frac{1}{T}$$

formulata ipotizzando che le altezze di pioggia siano distribuite secondo la legge di distribuzione generalizzata del valore estremo, o GEV (dall'acronimo inglese *Generalized Extreme Value*). Si tratta di una distribuzione formulata in modo tale da esprimere la variabile statistica corrispondente all'altezza di pioggia come prodotto di un termine fisso (il *coefficiente pluviometrico orario*, a_T) per un termine variabile con il tempo di ritorno, w .

Secondo questa formulazione, la variabile statistica da esaminare diviene quindi w , che risulta distribuita secondo una legge di probabilità così espressa:

$$F(w) = \exp \left\{ - \left[1 + \frac{k}{\alpha} - \frac{k w}{\alpha} - \Gamma(1+k) \right]^{\frac{1}{k}} \right\},$$

ove compare anche la cosiddetta *funzione gamma*:

$$\Gamma(1+k) = \int_0^{\infty} e^{-u} \cdot u^k du,$$

e nella quale, operata la trasformazione

$$\varepsilon = 1 - \frac{\alpha}{k} \cdot \Gamma(1+k)$$

si perviene alla più consueta relazione

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

che, noti che siano i parametri α , k ed ε (pubblicati per l'intero territorio lombardo sulle pagine web dell'Agenzia regionale per la Protezione Ambientale) consente agevolmente di esprimere il parametro cercato in funzione di qualsiasi valore del tempo di ritorno.

2. DETERMINAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO

Nota che sia l'altezza di pioggia attesa che, con un determinato tempo di ritorno (T) e con una determinata durata (d), può interessare un certo bacino, nulla si è ancora stabilito sulla forma che la funzione "intensità di pioggia", $i(t)$, assume nell'arco della durata d considerata.

L'assunzione più semplice e più frequentemente adottata consiste nel considerare costante tale intensità. In tal caso, la curva $h(t)$ che rappresenta la pioggia complessivamente caduta a partire dall'istante iniziale assume la forma di una retta. In caso di applicazione del modello con relazione di tipo monomio tra altezze e durate di pioggia, si fa di norma riferimento ad uno ietogramma di questo tipo, in quanto ciò consente la definizione di una relazione relativamente semplice per il calcolo della portata massima attesa, secondo quanto verrà più oltre descritto.

3. RAGGUAGLIO DELLE PIOGGE ALL'AREA

Sia che siano riferiti ai dati provenienti da un'unica stazione, sia che risultino dalla combinazione dei dati registrati in più stazioni limitrofe, i valori di altezza di pioggia calcolati come sopra indicato sono validi soltanto in un punto, che può essere definito come "centro di scroscio" e non possono essere tout-court riferiti ad un'area di vaste proporzioni.

Per giustificare l'affermazione di cui sopra, si deve prendere in esame la forma caratteristica di norma assunta dal "solido di pioggia", durante le precipitazioni di maggiore intensità. Gli eventi più intensi presentano un'area, di estensione abbastanza limitata, nella quale l'intensità di pioggia è massima ed un'area periferica, di proporzioni maggiori, interessata da altezze di pioggia decrescenti. Le curve di pioggia sopra descritte, essendo state ricavate sulla base dei valori massimi annui di intensità di pioggia,

sono basate su eventi nei quali il "centro di scroscio" coincideva con la posizione della stazione di misura. Per estendere il risultato ottenuto su base puntuale ad un'area di vaste proporzioni, il valore di intensità puntuale di pioggia riferito al "centro di scroscio" deve essere progressivamente ridotto ("ragguagliato"), per tenere conto di due aspetti:

- 1) al crescere dell'area del bacino vengono comprese aree periferiche di estensione via via crescente con intensità di pioggia progressivamente decrescente;
- 2) all'aumentare dell'area del bacino diviene sempre meno probabile che la forma del "centro di scroscio", caratterizzato da intensità maggiore e pressoché costante, venga a coincidere perfettamente con l'area del bacino stesso.

Il ragguaglio delle piogge all'area viene generalmente eseguito con l'ausilio della relazione di Columbo (1960), proposta per l'area urbana di Milano, ma ritenuta valida per buona parte dell'alta pianura lombarda, e con la formula di Puppini, ricavata invece in precedenza (1931) per l'area di competenza del Consorzio della Bonifica Renana (BO). Nelle comuni applicazioni, si tende ad utilizzare la formula di Columbo per bacini medio piccoli, di estensione fino a 10 km², per ricorrere invece alla relazione di Puppini per bacini di maggiore estensione (fino a 600 km²).

Le relazioni che legano fra loro il coefficiente di ragguaglio, r , la durata di pioggia (d , espressa in [h]) e l'area del bacino (A , in [ha]) sono rispettivamente le seguenti:

$$r = \left[1 - 0.06 \left(\frac{A}{100} \right)^{0.4} \right] \cdot d^{0.003 \left(\frac{A}{100} \right)^{0.6}}$$

(Columbo) e

$$r = \left[1 - 0.052 \cdot \left(\frac{A}{100} \right) + 0.002 \cdot \left(\frac{A}{100} \right)^2 \right] \cdot d^{0.0175 \left(\frac{A}{100} \right)}$$

(Puppini).

4. MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI - DEFLUSSI

4.1 INTRODUZIONE

Una volta definita la pioggia di progetto caratterizzata da: un'altezza di precipitazione, una durata ed un andamento temporale (ietogramma), è necessario provvedere al calcolo dell'effetto prodotto dalla pioggia di progetto sul bacino in esame.

Il calcolo procede attraverso due passaggi:

- 1) determinazione della pioggia netta (ovvero della frazione di pioggia che concorre alla formazione dell'onda di piena);
- 2) formulazione di un modello matematico per la descrizione del comportamento del bacino in esame, mediante ricorso a modelli afflussi - deflussi, diffusi in letteratura, e taratura dei relativi parametri.

Esso viene svolto nell'ipotesi che le portate meteoriche drenate dai fondi privati vengano per intero conferiti alla rete di fognatura comunale.

4.2 DETERMINAZIONE DELLA PIOGGIA NETTA

Secondo il modello adottato, il valore della pioggia netta viene determinato attraverso il parametro detto

$$\phi = c_F \cdot h_d^{1/3}$$

coefficiente di deflusso ϕ , dato dal rapporto tra l'altezza di pioggia trasformatasi in deflusso (pioggia netta) e l'altezza di pioggia complessiva caduta nel corso dell'evento meteorico (pioggia lorda). Il modello si basa sull'assunto che il valore del coefficiente di deflusso aumenti progressivamente durante l'evento piovoso, in proporzione alla quantità di pioggia caduta, in base alla relazione:

Esprimendo l'altezza di pioggia h_d per mezzo della "Curva di Possibilità Climatica", nella sua formulazione monomia, la relazione che fornisce il valore della pioggia netta p risulta la seguente:

$$p_{netta} = \phi \cdot h_d = c_F \cdot h_d^{1/3} \cdot h_d = c_F \cdot h_1^{4/3} \cdot d^{4n/3}$$

Introducendo il nuovo parametro ϕ_1 , che indica il valore del coefficiente di deflusso per piogge di durata oraria, affinché risulti:

$$p_1 = \phi_1 \cdot h_1 = c_F \cdot h_1^{4/3}$$

deve risultare:

$$c_F = \phi_1 \cdot h_1^{-1/3}$$

Per la stima dei valori ϕ_1 vi è una abbondante letteratura che documenta la loro determinazione per via sperimentale per diverse tipologie di copertura superficiale, cui normalmente si attinge nella pratica progettuale e di verifica delle reti di fognatura urbana. Nel caso in esame, sono stati assunti i valori di base suggeriti dal Regolamento, ovvero:

- 1,00, per superfici impermeabili;
- 0,70, per superfici permeabili;
- 0,30, per aree permeabili.

4.3 FORMULAZIONE DI UN MODELLO MATEMATICO PER LA DESCRIZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL BACINO IN ESAME

4.3.1 Formulazione generale

Il modello di trasformazione storicamente più diffuso è quello di Nash, che rappresenta il bacino idrografico con un insieme formato da n serbatoi in serie, nel quale la portata uscente da ciascun serbatoio è direttamente proporzionale al volume di acqua contenuto nel serbatoio medesimo. Il comportamento di un sistema di questo tipo a fronte di un afflusso meteorico viene rappresentato da una funzione $h(t)$ detta "idrogramma unitario istantaneo" (IUH), che rappresenta l'effetto nel tempo, in termini di portata, provocato da una pioggia impulsiva (ovvero, rappresentata da un idetogramma corrispondente alla caduta di un volume unitario per una durata nulla) occorsa nell'istante iniziale.

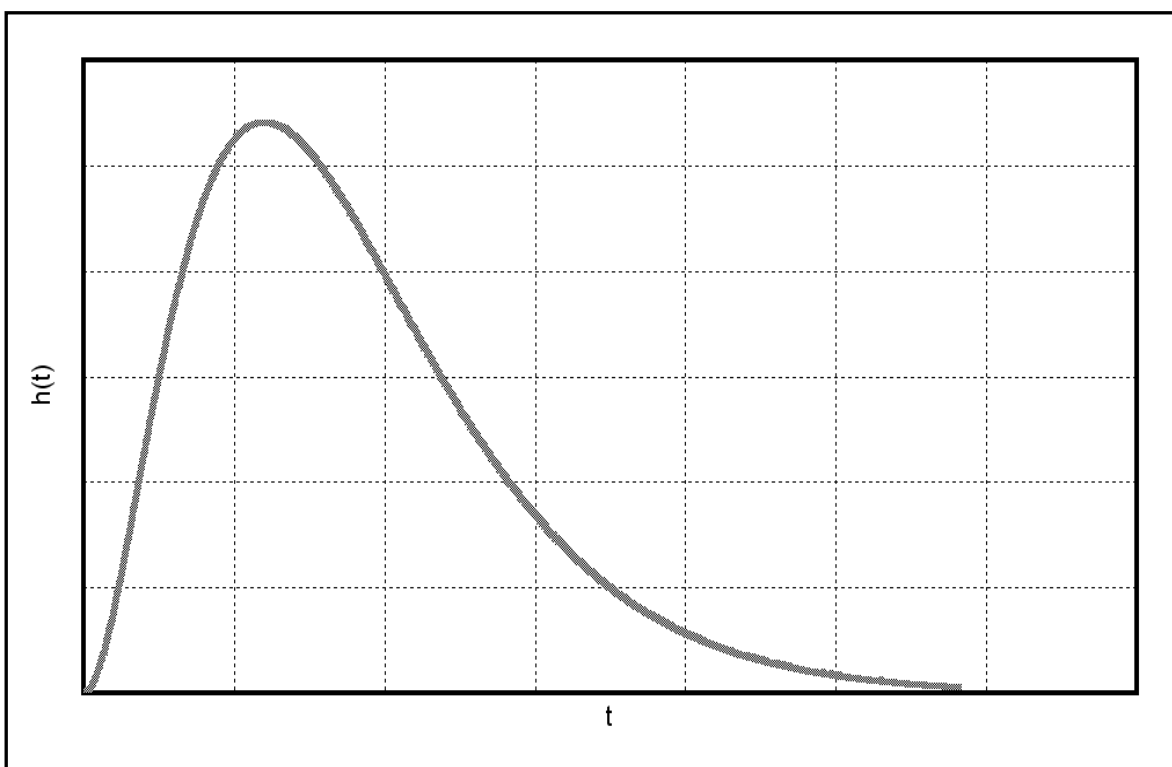


Figura 1: forma caratteristica dell'Idrogramma Unitario Istantaneo prodotto dall'applicazione del modello di Nash

La funzione, nell'incognita t (tempo), è la seguente:

$$h(t) = \frac{1}{(n-1)!} \cdot \frac{t^{n-1}}{k} \cdot e^{-t/k}$$

Il parametro k che in essa compare ha le dimensioni di un tempo e rappresenta la costante di proporzionalità tra volume invasato e portata in uscita. Il parametro n , invece, indica il numero di serbatoi in serie considerato.

Introducendo la relazione $\Gamma(n)$, e tenuto conto della proprietà di tale funzione indicata nell'espressione che segue:

$$\Gamma(n) = (n-1)! \quad \forall n \text{ intero}$$

il modello di Nash può essere esteso a sistemi caratterizzati da un numero qualsiasi di serbatoi in serie, non necessariamente intero, sino a trovare il valore che meglio si adatta alle caratteristiche del bacino in esame e ai dati sperimentali disponibili. La forma normalmente assunta dalla funzione $h(t)$ è rappresentata nel grafico di figura n. 1.

Una volta definito l'idrogramma unitario istantaneo $h(t)$, la portata per unità di area alla sezione di uscita del bacino considerato, $q(t)$, viene calcolata in funzione della pioggia netta, $p(t)$, attraverso la soluzione dell'integrale seguente:

$$q(t) = \int_0^t p(\tau) h(t - \tau) d\tau$$

La funzione $p(t)$ viene ricavata distribuendo la pioggia netta di progetto, calcolata come sopra indicato, sullo ietogramma di progetto prescelto. Il calcolo dell'integrale che determina il valore della portata q

deve essere ripetuto diverse volte, per diversi valori della durata di pioggia, sino ad ottenere la stima della pioggia da considerare "critica" per il bacino, con tempo di ritorno assegnato.

4.3.2 Formulazione semplificata, utilizzata in caso di adozione del modello con relazione tra altezze e durate di pioggia di tipo monomio

In caso di adozione del modello storicamente più diffuso in Italia e nell'ipotesi che il bacino possa essere descritto da un modello di Nash con un unico serbatoio, le relazioni sopra descritte possono essere notevolmente semplificate con l'introduzione di un solo ulteriore parametro, W (volume specifico di invaso massimo, espresso in [l/mq]), che indica il volume idrico temporaneamente immagazzinato nel bacino.

Esso risulta dalla somma di due contributi:

- w_1 , per aree urbane di norma compreso tra 6 e 10 l/m², che rappresenta il valore dei piccoli invasi superficiali, dipendente soprattutto dalla morfologia del bacino, maggiore è l'acclività del terreno, minore sarà il volume invasato;
- w_2 , pari a $\log(A)^{1,5}$, con A pari all'estensione del bacino (in [ha]), che indica il valore del volume d'acqua contenuto nei condotti di fognatura a monte della sezione considerata per il calcolo.

Il valore critico della portata per unità di estensione del bacino, che prende il nome di coefficiente udometrico (u , usualmente espresso in [l/s/ha]) viene dunque espresso dalla seguente relazione:

$$u = Kn_0' \frac{(\phi_1 \cdot a')^{\frac{1}{n_0'}}}{W^{\left(\frac{1}{n_0'} - 1\right)}}$$

$$K = 2168$$

$$a' = a \left[1 - 0.06 \left(\frac{A}{100} \right)^{0.4} \right]$$

$$n_0' = \frac{4}{3} n'$$

$$n' = n + 0.003 \left(\frac{A}{100} \right)^{0.6}$$

nella quale i nuovi parametri K , a' e n_0' assumono i valori che seguono:

dove a e n sono i valori stimati nella determinazione della Curva di Possibilità Climatica con la formula monomia riportata al precedente § 4.1.

Applicando le equazioni fondamentali del modello, come sopra descritte, si può giungere a simulare il comportamento della rete per qualsiasi evento meteorico, semplicemente individuando la coppia di valori (a , n) in grado di descrivere la relazione fra durate ed altezze di pioggia proprie di quell'evento.