

**LINEE GUIDA PER LA
REDAZIONE DEGLI
STUDI COMUNALI DI
GESTIONE DEL RISCHIO
IDRAULICO
CAP HOLDING**

Data
Luglio 2019

INDICE

1	INTRODUZIONE E SCOPO	1
2	REVISIONE DEL QUADRO NORMATIVO	2
2.1	Normativa Europea	2
2.1.1	Direttiva Quadro Alluvioni 2007/60	2
2.1.2	Standard Europeo EN 752-2:1997	3
2.2	Normativa Italiana	4
2.2.1	Normativa relativa alla valutazione del rischio idraulico in ambito urbano	4
2.2.2	Normative relative al dimensionamento del sistema fognario	5
2.3	Normativa della Regione Lombardia	6
2.3.1	Il Regolamento Regionale n. 7/2017	6
2.4	Normativa nazionale paesi UE - ExtraUE	8
2.4.1	Regno Unito (Inghilterra e Galles)	8
2.4.2	Danimarca	10
2.4.3	Stati Uniti	11
3	STUDIO COMUNALE: FLUSSO DI LAVORO	12
3.1	Fase decisionale	13
3.1.1	Definizione del contesto spaziale di studio e coinvolgimento di altri partners e stakeholders	14
3.1.2	Valutazione del livello di dettaglio degli apparati modellistici	16
3.2	Reperimento dati	23
3.3	Scelta del modello	24
3.4	Impostazione del modello	27
3.4.1	Condizioni al contorno	27
3.4.2	Testing del modello	27
3.5	Definizione e simulazione degli scenari	29
3.6	Criteri di non ammissibilità	30
4	REPERIMENTO DEI DATI	32
4.1	Processo di reperimento dati	32
4.2	Contenuto del <i>dataset</i> a supporto dello SC	33
4.2.1	Dati geometrici	33
4.2.2	Dati idrologici	37
4.2.3	Informazioni allagamenti storici	38
4.2.4	Dati territoriali	38
4.2.5	Sistema di riferimento geografico	42
4.3	Valutazione della qualità del <i>dataset</i>	42
4.4	Registro dati	43
5	MODELLI APPLICABILI	44
5.1	Rassegna dei modelli applicabili in contesti urbani ed extra-urbani (<i>rural</i>)	44
5.1.1	Rolling Ball models	44
5.1.2	Direct Rainfall models	45
5.1.3	Modelli di drenaggio urbano	47
5.1.4	Modelli per correnti a pelo libero in corsi d'acqua superficiali	49
5.1.5	Modelli integrati	51
5.2	Criteri di ammissibilità dei modelli applicati	52
6	CONDIZIONI AL CONTORNO	53
6.1	Condizioni al contorno geometriche	53
6.1.1	Geometrie del sistema di drenaggio urbano	53

6.1.2	Geometrie dei corpi idrici superficiali	56
6.1.3	Superfici interessate da ruscellamento superficiale	57
6.1.4	Aree (bacini) contribuenti	59
6.2	Condizioni al contorno idrologiche	61
6.2.1	Tempo di ritorno dell'evento pluviometrico	61
6.2.2	Durata dell'evento critico	61
6.2.3	Ietogramma di progetto	65
6.2.4	Modelli idrologici afflussi-deflussi	66
6.3	Condizioni al contorno idrauliche	69
6.3.1	Definizione delle condizioni al contorno	70
6.3.2	Scarico in collettori fognari intercomunali	73
6.3.3	Superfici di ruscellamento	74
6.3.4	Condizioni iniziali	74
7	CALIBRAZIONE, VALIDAZIONE E ANALISI DI SENSITIVITÀ	75
7.1	Calibrazione	75
7.1.1	Calibrazione con dati di monitoraggio	75
7.1.2	Calibrazione con dati di allagamento	78
7.2	Validazione	81
7.3	Analisi di sensitività	81
7.4	Problemi frequenti in fase di <i>testing</i>	82
8	POSSIBILI FORME DI INTERVENTO	84
8.1	Introduzione	84
8.2	Interventi strutturali	85
8.3	Interventi non strutturali	86
9	IMPLEMENTAZIONE DEGLI SCENARI	88
9.1	Scenario stato di fatto - SSF	89
9.2	Scenario stato di progetto -SSP	89
10	REPORTISTICA	91
10.1	Studio Comunale – Relazione Generale	91
10.2	Studio Comunale – Relazione idraulica	92
10.3	Strati informativi	93
10.4	Base dati delle simulazioni del reticolo urbano	94
10.5	Mappe della pericolosità idraulica	94
	BIBLIOGRAFIA	96

TABELLE

Tabella 1. Frequenza di allagamento di progetto consigliata dalla EN 752-2:1997	4
Tabella 2. Frequenza di allagamento di progetto consigliata per la realizzazione dei sistemi fognari in UK (Water UK 2018)	10
Tabella 3. Livello di dettaglio minimo.....	19
Tabella 4. Livello di dettaglio minimo (definito per classi 1-4) relativo al <i>dataset</i> reperito ed inserito nei modelli in funzione del livello di dettaglio dell'apparato modellistico (Tipo I, II, III).....	24
Tabella 5. Riepilogo delle caratteristiche delle principali categorie di modelli (Defra, 2010 – modificata)	26
Tabella 6. Procedure di <i>testing</i> suggerite in funzione del livello di dettaglio dell'apparato modellistico e della disponibilità di osservazioni utili	29
Tabella 7. Codifica degli Scenari oggetto degli SC	30
Tabella 8. Caratteristiche dei DTMs disponibili in Lombardia	36
Tabella 9. Principali fonti dati idrologici storici.....	39
Tabella 10. Principali tipologie di dati e fonti relative agli allagamenti storici.....	40
Tabella 11. Dati territoriali necessari per lo svolgimento dello SC.....	41
Tabella 12. Principali schematizzazioni dei fenomeni di allagamento (CIWEM 2017).....	58
Tabella 13. Principali caratteristiche e parametri richiesti per la discretizzazione delle zone 2D (CIWEM 2017).....	59
Tabella 14. Sintesi dei possibili modelli idrologici applicabili per la riproduzione dei processi di infiltrazione.....	68
Tabella 15. Casistiche di valutazione della probabilità congiunta	71
Tabella 16. Procedure per la definizione delle condizioni idrauliche al contorno associate agli scenari	72
Tabella 17. Tabella delle probabilità congiunte di accadimento (FHWA 2013).....	73
Tabella 18. Criteri di verifica della risposta modellistica per modelli di rete (da CIWEM 2017, modificata)	77
Tabella 19. Criteri di verifica della risposta modellistica per modelli applicati a corpi idrici superficiali (da SEPA 2017, modificata).....	78
Tabella 20. Criteri di verifica della risposta modellistica utilizzando dati storici di allagamento ..	80
Tabella 21. Riepilogo delle caratteristiche degli scenari attuali	89
Tabella 22. Riepilogo delle caratteristiche dello scenario futuro per la valutazione degli effetti di mitigazione del rischio	90
Tabella 23. Elenco degli strati informativi da restituire.....	93

FIGURE

Figura 1. Studi correlati e enti coinvolti nella redazione degli SWMP (Defra 2010)	9
Figura 2. (a) valutazione del rischio urbano per eventi con TR 5-100 anni; (b) modello concettuale adottato per la valutazione ottimizzata dei costi di investimento (Spildevandskomiteen 2017).....	11
Figura 3. Flusso di lavoro	13
Figura 4. <i>Flow-chart</i> di valutazione del contesto spaziale di applicazione dello SC.....	16
Figura 5. Apparati modellistici – classi a dettaglio crescente	17
Figura 6. <i>Flow-chart</i> decisionale di sintesi	21
Figura 7. Dati per lo svolgimento degli SC - classi a dettaglio crescente.....	23
Figura 8. Processo di pianificazione, raccolta e verifica dei dati	32
Figura 9. Applicazione di un modello del tipo "rolling ball" nella città di Leeds (City of Bradford, et al. 2008).....	45

Figura 10. Esempi di applicazione dei modelli JFLOW ^(a) e LISFLOOD-FP ^(b) (Hunter, et al. 2007)	46
Figura 11. Schema di funzionamento di un modello 1D-2D accoppiato in contesto urbano (Schmitt, Thomas and Ettrich 2004).....	48
Figura 12. Esempio di sezione in modello idraulica 1D per corpi idrici superficiali (SEPA 2017)..	49
Figura 13. Esempio di mesh numeriche per la discretizzazione di un dominio 2D (Defra, Environment Agency 2009)	50
Figura 14. Esempio di calibrazione in condizioni di tempo asciutto (CIWEM 2017)	76

APPENDICI

APPENDICE 1. SINTESI DEI DATI UTILI (E DELLE RISPETTIVE FONTI) PER LO SVOLGIMENTO DEGLI STUDI COMUNALI	
APPENDICE 2. INDICAZIONE DEI LIVELLI DI DETTAGLIO ASSOCIATI AI DATI RACCOLTI E UTILIZZATI NEGLI STUDI COMUNALI	
APPENDICE 3. ELENCO DELLE INFORMAZIONI RELATIVE AGLI <i>ASSET</i> IN CAPO AL GESTORE DELLA RETE FOGNARIA	
APPENDICE 4. MODELLI APPLICABILI NEGLI STUDI IDRAULICI COMUNALI: PREGI E DIFETTI	
APPENDICE 5. REGISTRO DATI (TEMPLATE)	
APPENDICE 6. VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DEI DATI DI MONITORAGGIO IN RETE	
APPENDICE 7. VALUTAZIONE DEL DANNO POTENZIALE ASSOCIATO AGLI ALLAGAMENTI	
APPENDICE 8. SPECIFICHE DI REDAZIONE DEI LAYER INFORMATICI (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO, DISAA)	
APPENDICE 9. ACRONIMI	

ALLEGATI

ALLEGATO 1 CHECK LIST (riferimenti alle Linea Guida)	
--	--

1 INTRODUZIONE E SCOPO

Le presenti "Linee Guida per la redazione degli Studi Comunali di Gestione del Rischio Idraulico", ovvero lo studio comunale previsto dal Regolamento Regionale sull'Invarianza Idraulica n.7 del 23 novembre 2017 ("Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 bis della L.R. 12/2005") adottato nel novembre 2017 da Regione Lombardia (di seguito "RR") sono state redatte da Ramboll Italy S.r.l. (nel seguito "Ramboll") su incarico di CAP Holding (nel seguito "Committente")

L'art. 14 del RR indica che i comuni lombardi "ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica [...] sono tenuti a redigere lo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico" (di seguito "Studio Comunale" o SC) ovvero lo studio che, a partire dalla determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica, fornisce indicazioni in merito all'esposizione al rischio idraulico di tutti i territori comunali, indicando le situazioni che necessitano di misure di protezione idraulica strutturali e non strutturali.

Tutti i Comuni serviti dalla Committente risultano classificati ad Alta (n. 75) o Media Criticità idraulica (n. 60), ovvero dovranno necessariamente predisporre il proprio Studio Comunale, eventualmente avvalendosi del Gestore del Servizio Idrico Integrato per la sua redazione.

In questo contesto si inserisce la manifestazione di interesse della Committente per la redazione delle presenti di Linee Guida (*Terms of Reference*) che hanno due principali finalità:

- per la Committente potranno fungere da riferimento per la verifica di conformità e l'archiviazione degli Studi Idraulici Comunali sottoposti alla sua approvazione;
- per i Comuni Soci potranno costituire un riferimento univoco per redigere studi comunali allineati e conformi per contenuti e metodi.

Nello specifico le Linee Guida sono così strutturate:

- **Capitolo 2:** è riportata una revisione delle principali normative nazionali e internazionali relative (i) alle modalità di valutazione del rischio idraulico in contesti urbani e (ii) al dimensionamento dei sistemi di drenaggio urbano;
- **Capitolo 3:** presenta i principali *step* che dovranno caratterizzare le attività dello SC, distinguendo quali sono in capo all'Amministrazione Comunale, al Gestore della fognatura e al professionista¹;
- **Capitoli 4- 9:** dettagliano le attività previste per ogni *step* di valutazione;
- **Capitolo 10:** descrive contenuto e formato della reportistica relativa allo SC.

Segue la **Bibliografia** e le **Appendici** citate nel testo.

Fa parte integrante delle presenti Linee Guida l'**ALLEGATO 1** che contiene la *check-list* applicabile ai suddetti Studi Comunali, utile alla Committente per verificarne in via preliminare i contenuti e l'allineamento degli stessi con le presenti Linee Guida.

¹ Con il termine "professionista" si intende il tecnico esterno incaricato dall'Amministrazione Comunale a svolgere le attività o il tecnico interno all'Amministrazione Comunale che si occuperà dell'esecuzione delle attività

2 REVISIONE DEL QUADRO NORMATIVO

Il presente Capitolo propone la revisione delle principali normative con tre obiettivi:

- delineare il quadro normativo italiano per quanto attiene alla valutazione del rischio idraulico in contesti urbani;
- individuare le norme tecniche in ambito italiano concernenti il dimensionamento dei sistemi fognari (i.e. tempi di ritorno adottati per gli eventi di progetto);
- confrontare le indicazioni normative italiane esistenti per entrambe le tematiche (valutazione del rischio idraulico urbano e dimensionamento dei sistemi di drenaggio urbano) con le realtà internazionali più avanzate.

L'analisi diparte dal contesto normativo europeo (**Par. 2.1**) per focalizzarsi sull'ambito italiano (**Par. 2.2**) e regionale (**Par. 2.3**). Segue una disamina del Regolamento Regionale che ha definito contenuti e finalità degli Studi Comunali (**Par. 2.3.1**) e si conclude con una rapida illustrazione della normativa in altre realtà internazionali (**Par. 2.4**).

2.1 Normativa Europea

La prima normativa a livello europeo che tratta il tema del rischio idraulico urbano (seppur marginalmente) è la cosiddetta "Direttiva Alluvioni" (n. 2007/60/CE) o "*Flood Directive*" (di seguito "FD"), emanata dalla Commissione Europea il 26 novembre 2007.

Il primo standard europeo EN che si occupa dei tempi di ritorno degli eventi meteorici di progetto per il dimensionamento delle reti fognarie è lo standard EN 752-1997 (attualmente aggiornato al 2017).

Di seguito si fornisce una breve disamina delle due norme di diretto interesse ai fini delle presenti Linee Guida.

2.1.1 Direttiva Quadro Alluvioni 2007/60

Nella seconda metà del secolo scorso l'Europa è stata interessata da eventi alluvionali particolarmente gravosi. Nonostante molti sforzi intrapresi a livello nazionale per proteggere cose e persone, i primi veri passi verso un coordinamento comune sono relativamente recenti (Mostert and Junier 2009).

Dopo le inondazioni del 2002 nel Danubio e nell'Elba, il Consiglio Europeo ha avanzato una proposta di legge a livello europeo sulle inondazioni (Commission of the European Communities 2004) che si è conclusa nel gennaio 2006 con la pubblicazione della proposta di direttiva sulla gestione del rischio di alluvioni. La proposta è stata adottata ufficialmente il 23 ottobre 2007 (Council of the European Union 2006) divenendo la prima direttiva europea che riguarda specificamente il rischio inondazioni, FD.

La FD richiede agli Stati membri dell'UE di effettuare una valutazione preliminare dei rischi alluvionali e di redigere mappe di pericolosità idraulica, del rischio idraulico e piani di gestione del rischio alluvionale. Inoltre, richiede agli Stati membri di organizzare la partecipazione pubblica alle attività di redazione dei piani e coordinare l'applicazione della FD con la Direttiva Quadro Acque (n. 2000/60/CE), centrata sulla qualità dell'acqua e sull'ecologia.

Le mappe di pericolosità richieste dalla FD devono contenere la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate dall'esonazione di un corso d'acqua secondo i seguenti scenari:

- scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi;
- media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno probabile ≥ 100 anni);
- elevata probabilità di alluvioni.

La traduzione italiana della FD definisce il termine "alluvione" come "*l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da fiumi, torrenti di montagna, corsi d'acqua temporanei mediterranei, e le inondazioni marine delle zone costiere e può escludere gli allagamenti causati dagli impianti fognari*" (articolo 2.1). Le inondazioni riconducibili alle reti fognarie sono quindi escluse da tale definizione.

Al contrario, le traduzioni della FD in altri Paesi europei hanno creato situazioni di ambiguità, in quanto la possibilità di esclusione è stata letta solo per le acque reflue civili o miste e non per quelle puramente meteoriche. A differenza dell'Italia, quindi, alcune nazioni europee hanno incluso tra le inondazioni oggetto di valutazione anche quelle in ambito urbano, dotandosi quindi di standard tecnici avanzati per la loro analisi.

2.1.2 Standard Europeo EN 752-2:1997

Lo standard europeo EN 752-2:1997 (sostituito da EN 752:2017) rappresenta il primo riferimento comune europeo per quanto attiene il dimensionamento e l'eventuale verifica dei sistemi fognari. La norma definisce:

- "allagamento" come una "*condizione in cui le acque reflue e / o le acque di superficie sfuggono o non possono entrare in un sistema di scarico o di fognatura e rimangono in superficie o entrano negli edifici*";
- "sovraccarico" come la "*condizione in cui le acque reflue e / o le acque superficiali sono mantenute sotto pressione all'interno di un sistema di scarico a gravità o fognario, ma non sfuggono alla superficie per causare allagamenti*". Condizioni estese di sovraccarico possono impedire all'acqua superficiale di entrare nel sistema fognario.

La norma indica fra l'altro che:

- i tempi di ritorno degli eventi meteorici di progetto che variano da un minimo di 1 a 10 anni a seconda del contesto urbano (es. aree rurali, residenziali, centri industriali, etc.) e delle infrastrutture servite (**Tabella 1**);
- la gestione del sistema sia finalizzata ad evitare il funzionamento in pressione della fognatura;
- i tempi di ritorno (probabilità di accadimento) per le piogge e per gli eventi di *flooding* sono diversi;
- l'uso di approcci modellistici in casi idraulicamente complicati è suggerito.

Tipo di contesto urbano	Probabilità di accadimento media annua dell'evento meteorico di progetto (1 in 'n' anni)	Probabilità di accadimento media annua dell'evento di allagamento (1 in 'n' anni)
Aree rurali	1 in 1	1 in 10
Aree residenziali	1 in 2	1 in 20
Centro urbano con aree commerciali/industriali con flooding check	1 in 2	1 in 30
Centro urbano con aree commerciali/industriali con flooding check	1 in 5	-
Metropolitane/sottopassi	1 in 10	1 in 50

Tabella 1. Frequenza di allagamento di progetto consigliata dalla EN 752-2:1997

2.2 Normativa Italiana

2.2.1 Normativa relativa alla valutazione del rischio idraulico in ambito urbano

A livello italiano la FD è entrata in vigore il 26 novembre 2007 ed è stata recepita dal decreto D.Lgs. 49/2010. Come anticipato, il dubbio interpretativo riguardo alla inclusione delle inondazioni dovute alla rete fognaria non si è posto vista la definizione di "alluvione" riportata nel decreto di recepimento della FD².

Non a caso, proprio all'interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvionale (PGRA) del bacino del Fiume Po (in cui ricade la pressoché totalità della Lombardia), i fenomeni di allagamento correlati alle fognature sono stati espressamente esclusi dalle valutazioni condotte dalle singole Regioni (si vedano in particolare le Relazioni prodotte dalle Regioni Lombardia ed Emilia-Romagna che formano l'Allegato 5 del PGRA).

Tale documento (il PGRA) rappresenta il principale strumento pianificatorio a scala distrettuale di cui l'Italia si è dotata in ottemperanza alla FD. I PGRA contemplano tutti gli aspetti della gestione del rischio e in particolare "la prevenzione, la protezione, e la preparazione, comprese la previsione di alluvioni e i sistemi di allertamento". I PGRA sono stati predisposti dalle Autorità di Bacino Distrettuali dei 5 distretti idrografici in cui è suddiviso il territorio nazionale (fiume Po, Alpi Orientali, Appennino settentrionale, Appennino centrale, Appennino Meridionale) nonché dalle regioni Sardegna e Sicilia.

Il recepimento della Direttiva è stato condotto tenendo conto della normativa nazionale vigente, in particolar modo del D.Lgs. 152/2006 (recepimento italiano della Direttiva 2000/60/CE) e del DPCM 29 settembre 1998. L'esistenza nel territorio italiano dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti ai sensi della Legge n. 183/89, ha fornito un'adeguata base di partenza. Quindi le mappe di pericolosità e rischio di alluvioni del PGRA sono state realizzate a partire dai PAI ed in accordo con gli "Indirizzi operativi" emanati dal MATTM, delle Autorità di Bacino Nazionali e del Tavolo tecnico Stato-Regioni.

Precorritrice a livello europeo l'Italia, fin dal 1989, ha approcciato il problema del rischio idraulico territoriale alla scala del bacino idrografico (oggi distretto). Rispetto a questa scala di valutazione

² "l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, ogni altro corpo idrico superficiale anche a regime temporaneo, naturale o artificiale, le inondazioni marine delle zone costiere ed esclude gli allagamenti non direttamente imputabili ad eventi meteorologici;"

piuttosto ampia (bacino), il rischio idraulico urbano costituisce un problema locale. Dal punto di vista normativo la sua valutazione puntuale si inserisce solo in studi condotti a scala comunale o al più a quella propria delle cosiddette Aree a Rischio Significativo (ARS).

Le ARS, introdotte nel PGRA seguendo le specifiche indicazioni della FD, corrispondono ad aree ad elevato rischio idraulico per le quali viene garantita una priorità di pianificazione e realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio. Esistono tre tipologie di ARS:

- distrettuali (nodi critici di rilevanza strategica in cui sono complessi interventi di mitigazione del rischio che comportano effetti alla scala di intero bacino idrografico, ove è necessario il coordinamento delle politiche di più regioni);
- regionali (situazioni di rischio molto elevato per le quali è necessario il coordinamento delle politiche regionali alla scala di sottobacino in relazione alla necessità di integrare gli interventi sul reticolo naturale e sulle reti artificiali di bonifica e di drenaggio urbano);
- locali (che rappresentano esigenze importanti per il ripristino a scala locale di adeguate condizioni di sicurezza).

È proprio nell'ambito delle azioni pianificate dal PGRA nelle ARS, soprattutto regionali e locali, che diventa preminente la valutazione del rischio idraulico urbano e di conseguenza il coinvolgimento dei Comuni e dei Gestori della rete fognaria.

Da questa breve disamina normativa emerge quindi che, nel contesto italiano, non è presente una normativa nazionale specifica che impone o definisce la valutazione del rischio idraulico in ambito urbano o a scala comunale.

2.2.2 Normative relative al dimensionamento del sistema fognario

A livello nazionale, le norme esistenti forniscono indicazioni in merito al dimensionamento delle fognature e sono utili a stabilire criteri generali o di massima (tranne che per i materiali, dove esistono indicazioni con maggiore dettaglio (Centro Studi Deflussi Urbani 2008)).

Tra le norme più recenti, appare rilevante la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633 (Presidenza del Consiglio Superiore, Servizio Tecnico Centrale, 7 gennaio 1974), dal titolo "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto".

La Circolare dà istruzioni dettagliate riguardo alle definizioni (rete fognaria, fogne, collettori, emissario, etc.) e al contenuto del progetto di massima e del progetto esecutivo per la realizzazione di nuovi sistemi fognari.

Per le fognature sia nere che pluviali è prescritta la presentazione dei calcoli e, per le fognature pluviali in particolare, l'esposizione del metodo di calcolo adoperato "eseguito sulla base dello studio idrologico delle durate degli eventi meteorici, dell'estensione delle aree dei bacini colanti e dei coefficienti di assorbimento dei terreni". La Circolare non fornisce indicazioni in merito ai tempi di ritorno di riferimento per gli eventi meteorici o alla frequenza massima ammissibile di allagamento dovuto alla fognatura ma indica genericamente che "dovrà tenersi conto anche della frequenza con cui potranno verificarsi gli eventi più gravosi".

Indicazioni più specifiche in proposito vengono riportate nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 4 marzo 1996 "Disposizioni in materia di risorse idriche" (GU Serie Generale n.62 del 14-03-1996 - Suppl. Ordinario n. 47). Al punto 8.5.3 dell'Allegato 1, in merito ai sistemi di drenaggio urbano, si indica espressamente che "ai fini del drenaggio delle acque meteoriche le reti

di fognatura bianca o mista debbono essere dimensionate e gestite in modo da garantire che fenomeni di rigurgito non interessino il piano stradale o le immissioni di scarichi neri con frequenza superiore ad una volta ogni cinque anni per ogni singola rete”.

2.3 Normativa della Regione Lombardia

La norma regionale lombarda che per prima riporta indicazioni (seppur con carattere di indirizzo) in merito al rischio idraulico in contesti urbani è la Legge Regionale n. 12 del 2005, che tra gli obiettivi perseguiti riporta la promozione di *“misure specifiche e interventi necessari al riequilibrio idraulico ed idrogeologico del territorio [...] per garantire la sicurezza delle popolazioni e degli insediamenti rispetto ai fenomeni di degrado delle acque e di dissesto idraulico ed idrogeologico che interessano i centri e nuclei abitati, le attività produttive, le infrastrutture al servizio del territorio [...]”*.

La pubblicazione del PGRA del Bacino del Fiume Po (Marzo 2016) rappresenta un punto di svolta a livello regionale. Nell’Allegato 5 al PGRA (dedicato in modo specifico alle ARS Regionali e Locali tra cui quelle in Lombardia) viene per la prima volta riportata una misura in capo a Regione Lombardia che prevede la promozione del *“principio di invarianza idraulica ed idrologica e la riduzione dell’impermeabilizzazione attraverso la predisposizione di apposita Direttiva Regionale”*. Si tratta di una misura di prevenzione e protezione con l’obiettivo generale distrettuale della *“Difesa delle città e delle aree metropolitane”*. Essa costituisce anche una forma di applicazione della misura individuale del tipo *win-win* codice KTM21-P1-b099, *“Disciplina e indirizzi per la gestione del drenaggio urbano”*, indicata nel PGRA (Relazione di Piano, AdBPo, Marzo 2016).

Con l’indicazione di questa misura si concretizza per la prima volta l’idea che presiede al RR, ovvero che gli allagamenti dovuti alla inadeguatezza delle reti fognarie urbane, pur non essendo ricompresi tra le tipologie di fenomeni di allagamento dalla Direttiva Alluvioni, costituiscono un importante elemento di conoscenza per la pianificazione, la prevenzione e la protezione a scala regionale e comunale.

Il RR rappresenta quindi la *“Direttiva Regionale”* che finalizza in modo indiretto le indicazioni della FD, proprio imponendo il rispetto dell’invarianza idrologica e idraulica. Il RR, per scelta politica regionale, è andato oltre all’imposizione del rispetto di questi principi, richiedendo la predisposizione degli Studi Idraulici Comunali, che allo stato attuale, per quanto di conoscenza degli scriventi, costituiscono un *unicum* Nazionale per contenuti e aspettative.

2.3.1 Il Regolamento Regionale n. 7/2017

La Legge Regionale 4/2016³ ha modificato la Legge Regionale 12/2005 (nota come *“Legge per il governo del territorio”*) includendo tre concetti fondamentali per la gestione del rischio idraulico in Lombardia: (i) invarianza idraulica, (ii) invarianza idrologica e (iii) drenaggio urbano sostenibile. La stessa legge ha demandato a specifico regolamento l’individuazione dei criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica, ovvero il Regolamento Regionale n.7/2017⁴.

³ L.R 15 marzo 2016, n. 4 *“Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”*

⁴ Regolamento Regionale n.7/2017 del 23.11.2017 *“Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell’art. 58 bis della L.R. 11 marzo 2005 n. 12”*

Nello specifico, l'art. 14 comma 1 del RR introduce così gli SC: "I comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica [...] sono tenuti a redigere lo studio comunale di gestione del rischio idraulico di cui al comma 7", definendo al comma 7 il loro contenuto minimo:

"Lo studio comunale di gestione del rischio idraulico contiene la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica che, associata a vulnerabilità ed esposizione al rischio, individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le misure strutturali e non strutturali. In particolare, lo SC contiene:

1. la definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni;
 2. l'individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, siano essi corpi idrici superficiali naturali o artificiali, quali laghi e corsi d'acqua naturali o artificiali, o reti fognarie, indicandone i rispettivi gestori;
 3. la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica) per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza della rete fognaria. [...]
 4. la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica) come indicate nella componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT e nelle mappe del piano di gestione del rischio di alluvioni;
 5. l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali, quali vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda, vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, e l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quali l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno, nonché delle altre misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali misure di protezione civile, difese passive attivabili in tempo reale;
 6. l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione, con l'indicazione delle caratteristiche tipologiche di tali misure. A tal fine, tiene conto anche delle previsioni del piano d'ambito del servizio idrico integrato;"
- 6 bis. l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo [...];

Al punto 3 del comma 7 dell'art. 14 il RR indica inoltre che il Comune redige uno studio idraulico relativo all'intero territorio comunale il quale:

- 3.1 effettua la modellazione idrodinamica del territorio comunale per il calcolo dei corrispondenti deflussi meteorici, in termini di volumi e portate, per gli eventi meteorici di riferimento di cui al numero 1 (TR10, 50 e 100 anni).
- 3.2 si basa sul Database Topografico Comunale (DBT) e, se disponibile all'interno del territorio comunale, sul rilievo Lidar; qualora gli stessi non siano di adeguato dettaglio, il comune può elaborare un adeguato modello digitale del terreno integrato con il DBT;
- 3.3 valuta la capacità di smaltimento dei reticoli fognari presenti sul territorio. A tal fine, il gestore del servizio idrico integrato fornisce il rilievo di dettaglio della rete stessa e, se disponibile, fornisce anche lo studio idraulico dettagliato della rete fognaria;

3.4 Valuta la capacità di smaltimento dei reticoli ricettori di cui al numero 2 diversi dalla rete fognaria, qualora siano disponibili studi o rilievi di dettaglio degli stessi;

3.5 Individua le aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti.”

Dal testo del RR si desume in definitiva che lo studio idraulico dovrà essere esteso a tutti i corpi idrici superficiali di competenza comunale e alla rete fognaria presenti nel territorio comunale. La valutazione relativa ai ricettori di competenza di altri enti territoriali dovrà essere svolta utilizzando gli studi esistenti, ovvero sarà necessaria la fattiva collaborazione di tutti gli enti competenti sui corpi idrici connessi al sistema urbano.

2.4 Normativa nazionale paesi UE - ExtraUE

2.4.1 Regno Unito (Inghilterra e Galles)

Il Regno Unito (Inghilterra e Galles) ha recepito la Direttiva Alluvioni nel Dicembre del 2009. Da ancor prima del recepimento della direttiva, il Paese dispone di un apparato normativo relativo al rischio idraulico molto strutturato che definisce le modalità di valutazione del rischio idraulico per i corpi idrici superficiali e assegna con chiarezza le competenze a svariati enti pubblici e privati.

Nello specifico la *Flood Risk Regulations* del 2009 (act. N. 3042) include nella definizione di “alluvione” anche le esondazioni “*wholly or partly caused by an increase in the volume of rainwater (including snow and other precipitation) entering or otherwise affecting the system*”, ovvero tutti gli allagamenti indotti da condizioni di sovraccarico e *overflowing* dalla rete fognaria. Tale definizione è confermata nel *National Planning Policy Framework* (NPPF, 2019) che espressamente indica come il rischio idraulico *come una “combination of the probability and the potential consequences of flooding from all sources – including from rivers and the sea, directly from rainfall on the ground surface and rising groundwater, overwhelmed sewers and drainage systems, and from reservoirs, canals and lakes and other artificial sources”*.

Le competenze in tema di rischio idraulico sono ripartite in modo simile al contesto italiano. Esistono diverse autorità competenti sui corpi idrici del reticolo idrografico nazionale suddiviso in modo gerarchico per importanza e copertura territoriale: *Environment Agency* (Agenzia per l’ambiente equivalente a ISPRA), *Lead Local flood Authorities* (equivalenti alle Autorità di Bacino italiane), *Internal drainage boards* (equivalenti ai Consorzi di Bonifica), *Regional flood and coastal committees* (equivalenti ai servizi tecnici regionali), fino ai gestori delle reti fognarie (12 in totale tra Galles e Inghilterra).

Tutti questi enti devono collaborare nella elaborazione dei piani territoriali per la valutazione locale del rischio idraulico, portando ciascuna i risultati di eventuali studi condotti nel proprio territorio di competenza (**Figura 1**).

Esistono differenti piani di valutazione del rischio idraulico: nei contesti locali più a rischio vengono redatti i cosiddetti “*Surface Water Management Plan*” (SWMP); negli altri contesti territoriali le autorità locali possono chiedere la collaborazione delle autorità più alte in rango per l’impostazione delle cosiddette “*Strategic Flood Risk Assessment*”.

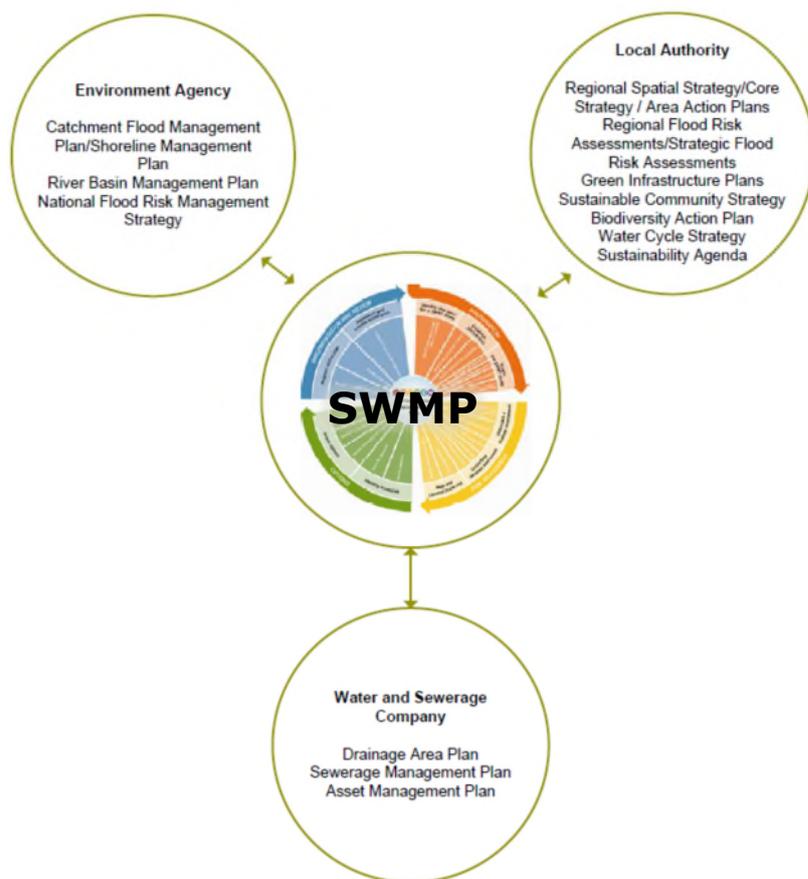


Figura 1. Studi correlati e enti coinvolti nella redazione degli SWMP (Defra 2010)

Il Ministero per l'Ambiente Inglese (Defra) ha pubblicato nel 2010 una linea guida per indirizzare le autorità nella predisposizione degli SWMP (Defra 2010). Di seguito si riportano le indicazioni più rilevanti ai fini delle presenti Linee Guida:

- gli SWMP possono essere sviluppati con 3 diversi livelli di dettaglio, adottando approcci con dettaglio e complessità crescenti (rispettivamente "*Strategic Assessment*", "*Intermediate Assessment*" e "*Detailed Assessment*");
- in funzione del livello di dettaglio dello SWMP, modelli più complessi devono essere applicati per la valutazione idraulica del rischio, finanche all'adozione di modelli numerici 1D-2D integrati ("*the level of modelling effort should be proportional to the surface water flood risk and the complexities of the system*" - (Defra 2010));
- le linee guida non forniscono indicazione di specifici valori di riferimento per i tempi di ritorno degli eventi meteorici da utilizzare per la valutazione del rischio. Defra suggerisce esclusivamente che le Autorità implementino il piano fissando obiettivi di sicurezza conseguibili o desiderabili e pianificando le azioni per raggiungerli.

Per quanto attiene invece la normativa di settore relativa al dimensionamento dei sistemi di drenaggio, indicazioni specifiche sono riportate nelle Linee Guida Tecniche redatte dall'associazione nazionale che unisce i gestori delle reti fognarie (Water UK 2018) riportate nella seguente **Tabella 2**.

Tipo di contesto urbano	Probabilità di accadimento media annua dell'evento meteorico di progetto (1 in 'n' anni)
Aree in cui la pendenza media piano campagna è superiore a 1%	1 in 1
Aree in cui la pendenza media piano campagna è inferiore a 1%	1 in 2
Aree in cui le conseguenze dell'allagamento possono essere severe (es. presenza di proprietà)	1 in 5

Tabella 2. Frequenza di allagamento di progetto consigliata per la realizzazione dei sistemi fognari in UK (Water UK 2018)

2.4.2 Danimarca

In Danimarca non esiste una normativa nazionale o regionale che definisce le modalità di valutazione del rischio idraulico in contesti urbani o che impone i riferimenti tecnici per la progettazione dei sistemi di drenaggio urbano.

Fin dagli anni 50 del secolo scorso è attiva una Commissione Tecnica (Spildevandskomitéen) che unisce le principali società danesi che si occupano delle reti fognarie, con la partecipazione di rappresentanti delle Autorità Pubbliche competenti. Questa Commissione nel tempo ha pubblicato svariate linee guida concernenti sia le pratiche di progettazione dei sistemi di drenaggio urbano, sia la valutazione del rischio idraulico in contesto urbano.

Pur non avendo valenza impositiva di legge, all'atto pratico le pubblicazioni della Spildevandskomitéen hanno una rilevanza nazionale e fungono da direttive tecniche di riferimento.

I seguenti rapporti sono di diretto interesse ai fini delle Linee Guida:

- **Skrift nr. 27⁵ (2005)**

Suggerisce che il sistema fognario misto deve essere dimensionato in modo da non produrre allagamenti per frequenze più alte di 1 in 10 anni. Le reti bianche invece hanno tempi di ritorno inferiori (5 anni);

- **Skrift nr. 30⁶ (2017)**

Fornisce indicazioni su come valutare gli effetti dei cambiamenti climatici nella definizione degli eventi meteorici di progetto;

- **Skrift nr. 31⁷ (2017)**

Ultimo report emesso. Riporta una serie di indicazioni guida per la valutazione del rischio a scala locale, valutando eventi di allagamento prodotti dalla rete fino a 100 anni di tempo di ritorno (**Figura 2 (a)**). Viene proposto anche un metodo di valutazione ottimale degli investimenti necessari per conseguire livelli di rischio accettabili (**Figura 2 (b)**).

⁵ <https://ida.dk/media/2957/skrift27funktionspraksisforaefloebssystemerunderregn.pdf>

⁶ https://ida.dk/media/2994/svk_skrift30_0.pdf

⁷ https://ida.dk/media/2967/svk_skrift31_22092017.pdf

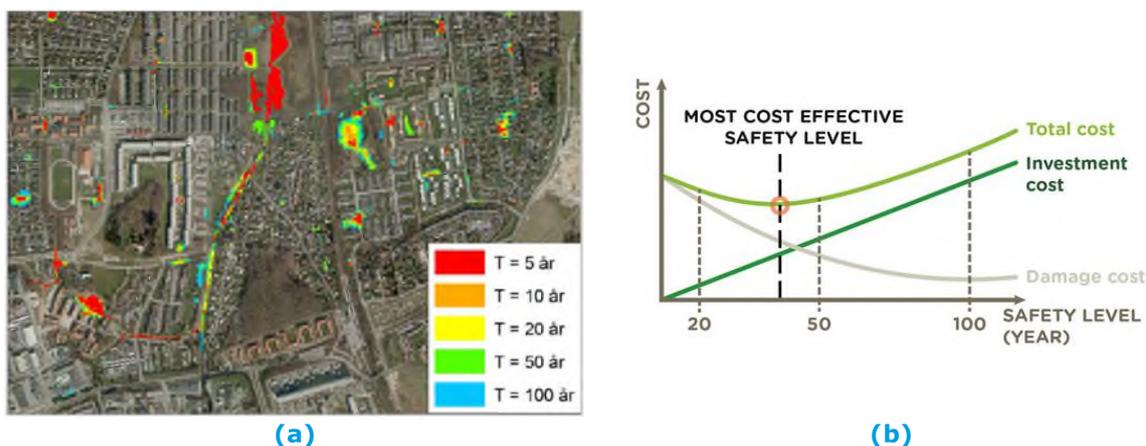


Figura 2. (a) valutazione del rischio urbano per eventi con TR 5-100 anni; (b) modello concettuale adottato per la valutazione ottimizzata dei costi di investimento (Spildevandskomiteen 2017)

2.4.3 Stati Uniti

La normativa relativa alla valutazione del rischio e al dimensionamento dei sistemi di drenaggio è fortemente indirizzata dalle linee guida emesse dai singoli stati e dai "Design Manuals" adottati dalle singole Contee, dalle grandi metropoli o dagli enti federali preposti per la progettazione e manutenzione delle opere di interesse federale o la gestione della sicurezza nazionale (es. Federal Emergency Management Agency – FEMA, Federal Highway Administration – FHWA).

Per quanto attiene ai tempi di ritorno adottati per il dimensionamento dei sistemi fognari si citano quelli riportati in (FHWA 2013) ovvero 10 anni (tempo di ritorno dell'evento meteorico) per i collettori cosiddetti minori ("minor systems") e 100 anni per i collettori principali ("major systems").

3 STUDIO COMUNALE: FLUSSO DI LAVORO

Il presente Capitolo fornisce un inquadramento dei principali *steps* da affrontare per la corretta redazione dello SC.

Alcuni *steps* restano in capo all'Amministrazione Comunale (es. la scelta del contesto spaziale o l'individuazione del livello di approfondimento) con il supporto del Gestore della rete fognaria, come illustrato nel **Par. 3.1 e 3.2**. Altri invece rappresentano specifiche attività che il professionista dovrà svolgere per espletare gli aspetti tecnici dello studio; **Par. 3.3, 3.4 e 3.5**.

In considerazione delle indicazioni del RR, alcune attività relative alla gestione del reticolo idrografico (minore, secondario e principale) nonché di collettori fognari sovracomunali necessitano di una fattiva collaborazione tra più Enti competenti nel contesto regionale lombardo (di seguito anche "*partners*" o "*stakeholders*"), in modo particolare Regione Lombardia e i Consorzi di Bonifica o similari, oltre ovviamente al Gestore della fognatura, come illustrato al **Par. 3.1.1**.

Il professionista, seguendo le indicazioni dell'Amministrazione Comunale, con il supporto del Gestore della rete fognaria, dovrà:

- reperire e sistematizzare la base dati di riferimento, eventualmente integrata con rilievi condotti dalla Committente, come illustrato al **Cap. 4**;
- impostare l'apparato modellistico (condizioni al contorno geometriche, idrologiche e idrauliche) e sottoporlo alle procedure di calibrazione, validazione e analisi di sensitività, come illustrato nei **Cap. 5, 6 e 7**;
- impostare gli scenari per la valutazione dei livelli di pericolosità indicati dal RR e gli effetti indotti dalle forme di intervento, come illustrato nei **Cap. 8 e 9**.

Il diagramma di flusso dei principali *steps* di ogni SC è riportato nella seguente **Figura 3**, in cui i blocchi sono colorati in modo differente a seconda di chi conduce o svolge le attività relative.

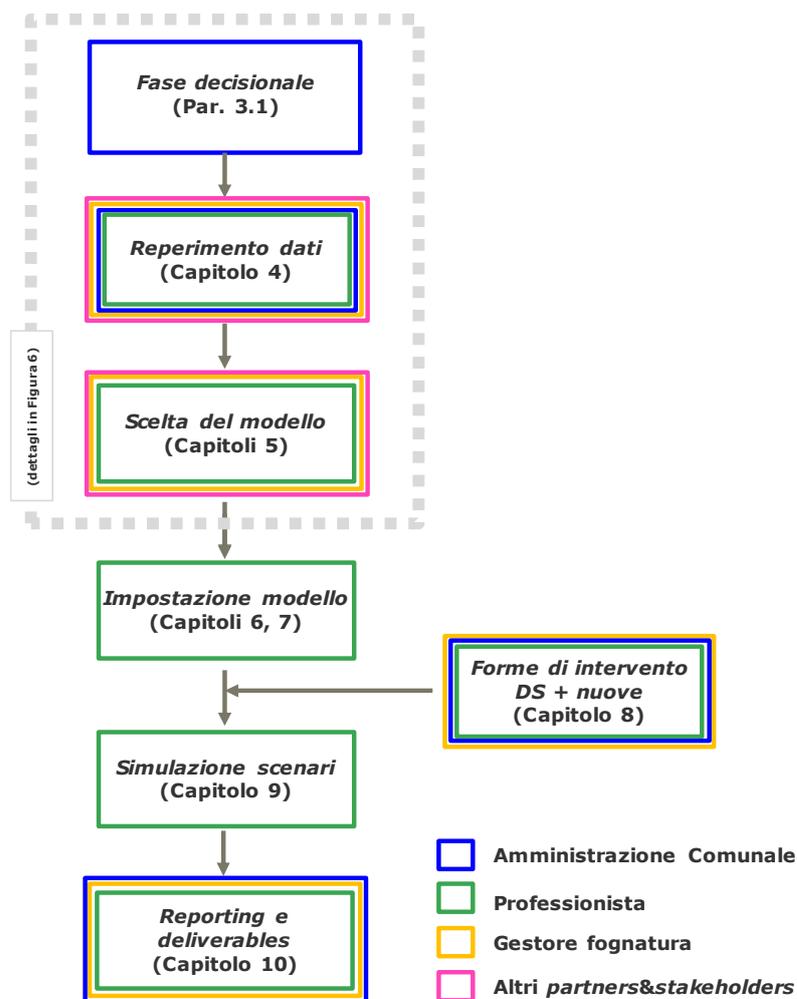


Figura 3. Flusso di lavoro

3.1 Fase decisionale

L'Amministrazione Comunale, di concerto con il Gestore della rete fognaria, provvede:

- ad indicare il contesto spaziale a cui dovrà essere applicato lo SC (es. solo territorio comunale servito dalla rete fognaria, aree extraurbane drenate dal reticolo superficiale minore di competenza comunale, etc.) e a condurre una eventuale fase interlocutoria con gli Enti territoriali competenti (*partners* e *stakeholders*) sui corpi idrici ricettori della rete fognaria comunale (Regione, Consorzi di Bonifica, Gestori delle reti pubbliche o private di drenaggio urbano) per condurre congiuntamente le attività e per valutare l'effettiva disponibilità di studi e dati sito specifici - **Par. 3.1.1**;
- ad individuare un livello di approfondimento degli apparati modellistici per lo svolgimento dello SC che permetta di valutare con adeguato dettaglio la pericolosità idraulica comunale - **Par. 3.1.2**.

3.1.1 Definizione del contesto spaziale di studio e coinvolgimento di altri *partners* e *stakeholders*

Il RR indica che la pericolosità idraulica nel "territorio comunale" deve essere valutata in relazione all'esondazione diretta dalla rete fognaria e alla capacità di smaltimento dei corpi idrici ricettori, diversi dalla fognatura "qualora siano disponibili studi o rilievi di dettaglio degli stessi".

Seguendo le indicazioni del RR, si aprono possibili scenari in cui lo SC dovrà essere condotto a partire da valutazioni idrologico-idrauliche estese ad aree del territorio comunale non direttamente servite dalla rete fognaria o ad aree esterne al territorio comunale drenate da reticoli idrografici intercomunali, come dettagliato nella seguente **Figura 4** e **Figura 6**.

Qualora il DS evidenzi una delle problematiche di seguito specificate che richiedono l'ampliamento del contesto di studio al di fuori del territorio comunale, l'Amministrazione Comunale dovrà coinvolgere i possibili *partners* e *stakeholders* territoriali preliminarmente all'avvio delle attività di studio, istituendo tavoli di confronto dedicati.

Tali incontri sono propedeutici alla valutazione delle opportunità e dei benefici che discendono da un approccio collaborativo ai problemi idraulici territoriali. La collaborazione tra tutti gli Enti può ridurre i costi di elaborazione del SC, migliorare la conoscenza del contesto territoriale oggetto di indagine ed ampliare la gamma delle fonti dati.

Esperienze condotte in contesti europei (Pitt 2008) indicano che in alcuni casi i dati non possono essere trasferiti tra i *partners* a causa della riservatezza delle fonti, di problemi di licenza, di competenze confinate o di incompatibilità dei software/modelli utilizzati. Una stretta collaborazione rende negoziabili gli accordi di condivisione di tali dati, anche sensibili, senza incorrere in rischi di divulgazione al di fuori del tavolo, superando i limiti dell'attuale quadro legislativo che non prevede meccanismi automatici di piena condivisione dei dati, ad oggi possibile su base volontaria.

Nello specifico, qualora il DS abbia evidenziato criticità idrauliche storicamente riconducibili alla rete fognaria (es. allagamenti, deflusso in pressione, insufficienza della rete, ect...), dovranno essere valutati i seguenti scenari di studio:

1. se i fenomeni di allagamento sono notoriamente attribuiti all'insufficienza della sola rete fognaria, lo SC dovrà essere focalizzato solo su quest'ultima e il territorio direttamente servito;
2. se si presumono situazioni di difficoltà allo scarico in corpi ricettori facenti parte del RIM (di competenza comunale⁸), lo SC dovrà essere esteso anche al bacino idrografico afferente al punto di scarico nel ricettore, anche se tale bacino ricade in area extra comunale. In questo ultimo caso di reticolo RIM intercomunale l'Amministrazione dovrà coinvolgere gli altri Comuni per le attività di studio e rilievo. Dovrà essere altresì condotto un rilievo topografico del ricettore, qualora non disponibile con un livello di dettaglio indicato nel **Par. 3.2**.
3. se si presumono situazioni di difficoltà allo scarico in collettori fognari intercomunali, lo SC dovrà avvalersi delle valutazioni idrologico-idrauliche congiunte degli altri Comuni afferenti (ad es. condivise contestualmente ad incontri tecnici dedicati aperti a tutti i comuni del comprensorio) e del Gestore della fognatura;

⁸ La classificazione dei corpi idrici ricettori è desumibile dal Reticolo Idrografico Regionale Unificato (RIRU) come indicato nel documento disponibile al questo link: <http://www.cartografia.regione.lombardia.it/metadata/geoportale/doc/RIRU.pdf>.

Il RIRU è direttamente scaricabile in formato shape file dal Geoportale della Regione Lombardia (<http://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-ricerca>)

4. se si presumono puntuali situazioni di difficoltà allo scarico in corpi ricettori che rientrano nel RIB o nel reticolo secondario regionale (RSCM, RSP), dovranno essere valutate in ordine le seguenti opzioni:
 - gli enti competenti sul corpo ricettore (la Regione per gli RSP e RSCM, i Consorzio di Bonifica per il RIB) dispongono di studi idrologico-idraulici che forniscono indicazioni delle condizioni di deflusso nel ricettore presso il punto di scarico. Il professionista dovrà utilizzare tale studio per poter definire le condizioni idrauliche al contorno secondo le indicazioni fornite al **Capitolo 5**;
 - gli enti competenti sul corpo ricettore (la Regione per RSP e RSCM, Consorzio di Bonifica per il RIB) dispongono esclusivamente di rilievi topografici del punto di scarico (nessuno studio idrologico-idraulico a disposizione). Le condizioni al contorno di valle dovranno essere imposte secondo le indicazioni metodologiche indicate al **Capitolo 5**. L'Amministrazione Comunale e gli altri Enti competenti sul ricettore, valutano l'opportunità di svolgere congiuntamente uno studio idrologico-idraulico del ricettore;
 - gli enti competenti sul corpo ricettore (la Regione per RSP e RSCM, Consorzio di Bonifica per il RIB) non dispongono di rilievi topografici del ricettore. Il Comune dovrà prevedere un rilievo topografico ad *hoc* del punto di scarico. Il Comune e gli altri Enti competenti sul ricettore, valutano l'opportunità di svolgere congiuntamente uno studio idrologico-idraulico del ricettore, corredato di idoneo rilievo topografico;
5. se si presumono puntuali situazioni di difficoltà allo scarico in corpi ricettori che rientrano nel Reticolo Principale (RP) il Comune dovrà predisporre idoneo rilievo topografico presso il punto di scarico (qualora non disponibile) ed utilizzerà i risultati delle modellazioni svolte dall'Ente Gestore per la definizione delle fasce del PGRA.

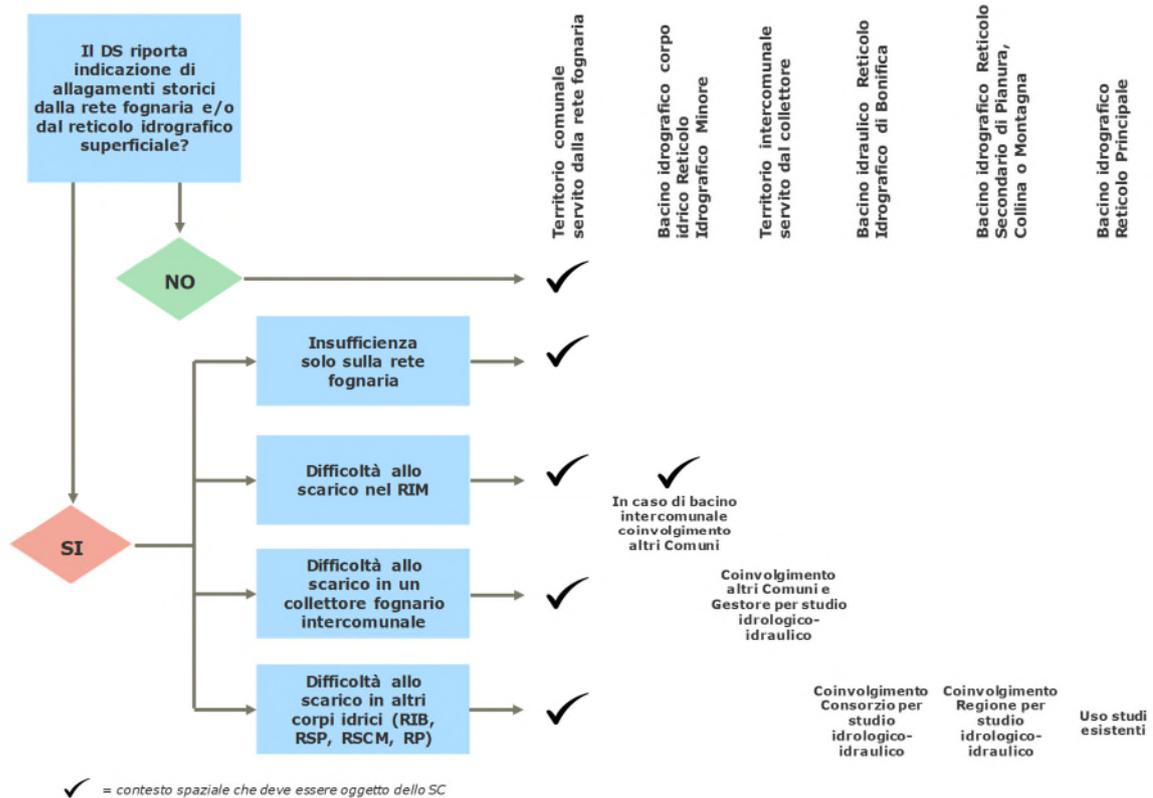


Figura 4. Flow-chart di valutazione del contesto spaziale di applicazione dello SC

3.1.2 Valutazione del livello di dettaglio degli apparati modellistici

L'Amministrazione Comunale, di concerto con il Gestore della rete fognaria, dopo aver indicato il contesto spaziale a cui dovrà essere applicato lo SC, dovrà individuare il livello di approfondimento degli apparati modellistici che permetta di valutare con adeguato dettaglio la pericolosità idraulica comunale.

Ai fini delle presenti Linee Guida è necessario distinguere gli apparati modellistici⁹ utilizzabili per la valutazione del rischio in ambito comunale in tre categorie principali (**Figura 5** e **Figura 6**), aventi un livello di dettaglio crescente (CIWEM 2017):

- **Apparato modellistico Tipo I** – apparato con dettaglio limitato, semplificato, tipicamente utilizzato in porzioni limitate del contesto spaziale di analisi (e.g. areali serviti da una rete scarsamente articolata, priva di problematiche di insufficienza) per ottenere un apprezzamento locale delle prestazioni della rete o per rappresentare il solo trasferimento dei deflussi verso una parte più dettagliata del modello;

⁹ Con il termine "apparato modellistico" si intende genericamente una suite di strumenti modellistici fisico-matematici che include una o più componenti (moduli) dedicate alla simulazione di uno o più processi. Un apparato, in funzione del suo livello di dettaglio, può contenere tutti o solo alcuni dei seguenti moduli: (i) modulo dedicato alla simulazione del deflusso nella rete, (ii) modulo idrologico dedicato alla trasformazione afflussi-deflussi, (iii) m. per il deflusso in corpi idrici superficiali, (iv) m. dedicato al solo ruscellamento superficiale. Gli apparati modellistici possono essere applicati utilizzando dati di input con diverso grado di dettaglio come dettagliato al Par. 3.2

- *Apparato modellistico Tipo II* – con finalità generali di pianificazione, generalmente utilizzato in contesti urbani per comprendere la pericolosità idraulica effettiva e valutare nel loro complesso le forme di intervento prioritarie;
- *Apparato modellistico Tipo III* – con elevato livello di dettaglio, tipicamente utilizzato in ambiti di limitata estensione, per indagini e progetti specifici o valutazioni in contesti complessi idraulicamente;
- *Apparato modellistico Tipo Ibrido* (CIWEM 2017), utilizzano congiuntamente modelli del Tipo I-III in aree diverse del contesto spaziale di studio, producendo risultati con livelli di dettaglio diversificati nello spazio.



Figura 5. Apparati modellistici – classi a dettaglio crescente

Apparato modellistico Tipo I

Apparati di questo tipo semplificano significativamente il funzionamento del sistema di drenaggio oggetto della simulazione. La loro applicazione tipicamente viene condotta con obiettivi specifici limitati alla valutazione semplificata e speditiva della risposta idrologica di modesti bacini (urbani o rurali), o loro porzioni. La loro applicazione può consentire di ottenere risultati quali:

- la simulazione dei deflussi e delle condizioni in uno o più specifici sottobacini (ad esempio, aree afferenti a corpi idrici i cui livelli non vengono influenzati dagli apporti simulati, bacini afferenti a stazione di sollevamento);
- la simulazione dei deflussi all'interno di aree del territorio che concorrono alla formazione delle condizioni al contorno di una rete fognaria quali ad esempio un corpo idrico superficiale o un collettore intercomunale (aree extraurbane, aree urbane collettate al medesimo collettore principale);
- la simulazione (più rapida) delle condizioni di deflusso nella dorsale di una rete fortemente gerarchizzata, per eliminare la necessità di dedurre le condizioni al contorno per le reti minori afferenti più dettagliate.

Questi modelli possono essere adottati in contesti geometricamente semplici, che non richiedono dettaglio funzionale, senza lo svolgimento di rilievi di raffittimento/completamento, modellando sottobacini relativamente ampi rispetto ai distretti tipici per la valutazione dei deflussi in rete (ordine di grandezza superiore a 10 km²).

Questa classe di modelli non è idonea alla pianificazione di interventi di mitigazione del rischio da realizzare all'interno contesto spaziale oggetto dello studio.

Apparato modellistico Tipo II

Questa tipologia di apparati è cosiddetta "*general multi-purpose*" (CIWEM 2017). In genere, si tratta di un approccio da preferire in assenza di requisiti specifici dovuti a contesti comunali che non presentano criticità idrauliche particolari.

Gli apparati che rientrano in questa classe forniscono una panoramica generale della risposta di drenaggio specifica di un territorio, che potrebbe essere un bacino separato a sé stante (es. contesto urbano servito da un sistema fognario combinato) o che potrebbe far parte di un bacino più grande (es. distretto urbano afferente ad un collettore intercomunale). Apparati modellistici con questo livello di dettaglio possono essere utilizzati quali strumenti di pianificazione e valutazione del rischio idraulico al fine di:

- riconoscere i problemi idraulici all'interno di un bacino idraulico, compresa l'identificazione dei rischi di allagamento, deflusso fognario in pressione e difficoltà allo scarico;
- simulare e identificare le prestazioni degli scolmatori di piena a servizio di reti miste e opere idrauliche di supporto (impianti di sollevamento, by-pass, etc.);
- individuare la necessità di interventi di riqualificazione idraulica urbana e condurre le prime valutazioni di impatto a scala territoriale in caso di realizzazione parziale o distribuita;
- valutare l'impatto degli sviluppi proposti, i cambiamenti climatici e lo sviluppo urbano.

I sistemi del Tipo II dovrebbero includere tutte le opere idrauliche significative e tutte le porzioni della rete o del reticolo con problematiche idrauliche note, ovvero non dovrebbero essere praticate semplificazioni drastiche del sistema.

Apparato modellistico Tipo III

Questa tipologia di apparati è appropriata per indagini di dettaglio elevato, per la verifica del funzionamento di uno schema idraulico locale ed eventuale progettazione di un nuovo schema di drenaggio. Generalmente questo livello di dettaglio è confinato ad aree specifiche che rientrano in contesti di applicazione più ampi già oggetto di modellazione di minore dettaglio (Tipo II).

L'applicazione di questi apparati richiede frequentemente la realizzazione di rilievi integrativi in specifiche aree di interesse per ottenere informazioni non acquisite dal Gestore, confermare l'accuratezza di dati acquisiti in passato ed evitare il ricorso ad interpolazioni/stime di dati geometrici mancanti.

La tipologia di risultati conseguiti sarà simile a quella prodotta dagli apparati di Tipo II, ma con maggiori confidenza e dettaglio.

Livelli minimi di dettaglio accettabili

Nelle seguenti **Tabella 3** e **Figura 6** è riportata indicazione sintetica dei livelli minimi di dettaglio che dovrà essere adottata in ogni Comune in funzione:

- del numero di abitanti;
- della classe di criticità idraulica di appartenenza (come definita dal RR);
- della sussistenza di indicazioni di situazioni di criticità idraulica nel Documento Semplificato redatto da ogni Comune.

Questa tabella potrà essere utilizzata dall'Amministrazione Comunale, con il supporto del Gestore della rete nella scelta della tipologia applicabile (Tipo I-II-III o Ibrido).

		Livello di dettaglio apparato modellistico		
		Tipo I	Tipo II	Tipo III
Abitanti	Ambito territoriale			
< 10.000	Criticità Idraulica A	<i>n.a.</i>	++	<i>n.a.</i>
	Criticità Idraulica B	+*	++	<i>n.a.</i>
10.000 ÷ 20.000	Criticità Idraulica A	<i>n.a.</i>	++	+**
	Criticità Idraulica B	<i>n.a.</i>	++	<i>n.a.</i>
20.000 ÷ 45.000	Criticità Idraulica A	<i>n.a.</i>	++	+**
	Criticità Idraulica B	<i>n.a.</i>	++	<i>n.a.</i>
> 45.000	Criticità Idraulica A	<i>n.a.</i>	++	+**
<p>+ / ++ = applicabile / stringente <i>n.a.</i> = non applicabile * per porzioni ridotte del territorio comunale prive di criticità idrauliche storicamente note (Cfr. DS) ** per porzioni ridotte del territorio comunale a maggiore criticità, storicamente nota (Cfr. DS) Non si esclude l'applicazione di apparati modellistici Ibridi</p>				

Tabella 3. Livello di dettaglio minimo

A partire dal numero di abitanti e dalla classificazione di criticità idraulica (A o B) del Comune e valutato il contesto spaziale e la situazione storica di allagamenti evidenziata nel DS, l'Amministrazione Comunale dovrà utilizzare il *flow-chart* riportato nella seguente **Figura 6** per individuare il Tipo di apparato modellistico da adottare.

Tale scelta verrà poi dettagliata e/o emendata, di concerto con l'Amministrazione Comunale, dal professionista che valuterà i dati da reperire/utilizzare e i modelli da applicare secondo le indicazioni dettagliate nei successivi paragrafi (**Par. 3.2 – 3.3**).

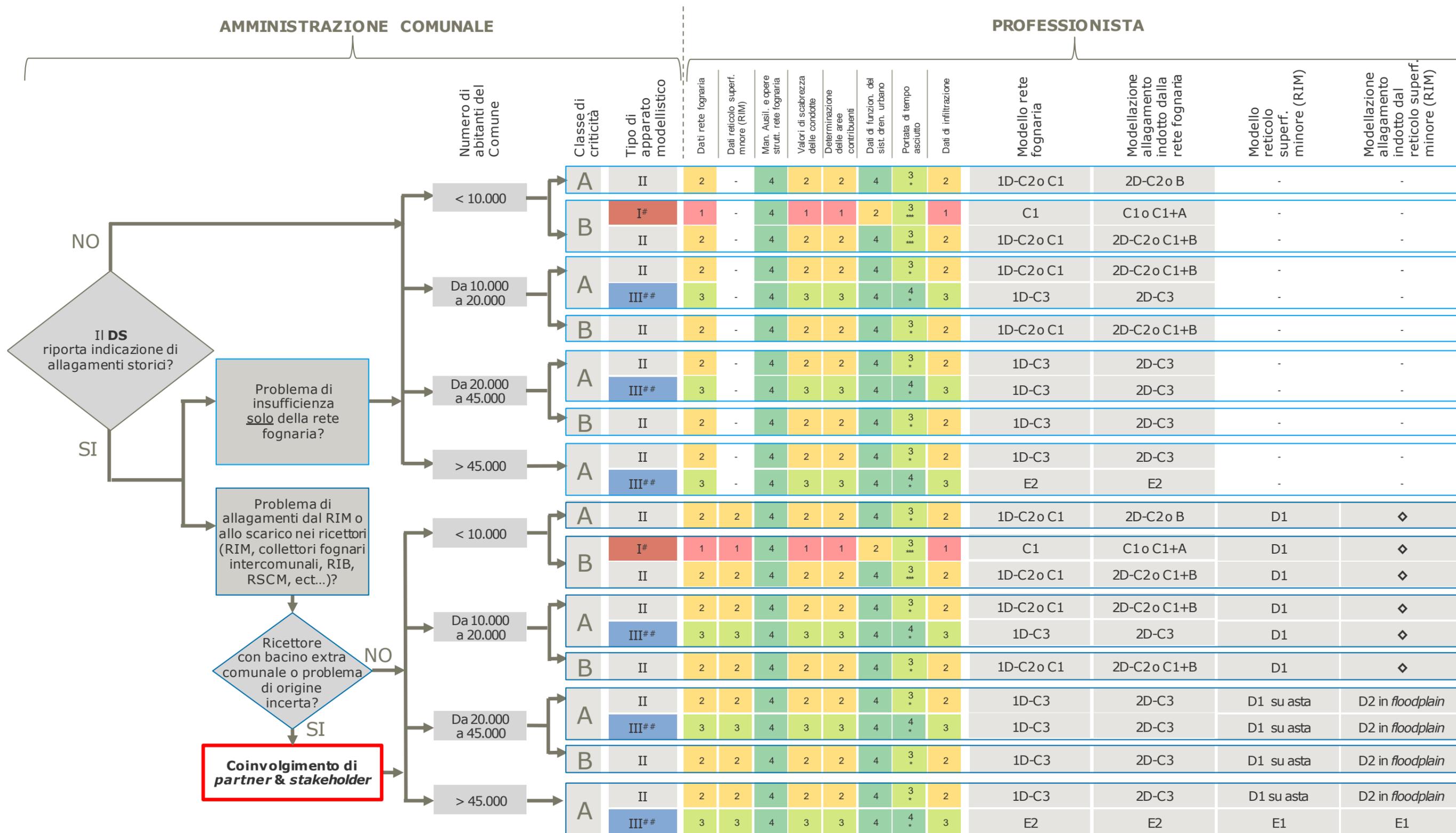


Figura 6. Flow-chart decisionale di sintesi

- # solo localmente, in aree semplici per geometrie e comportamento idraulico, storicamente non interessate da criticità idrauliche
- ## solo localmente, in aree storicamente interessate da criticità idrauliche
- * solo in caso di calibrazione in tempo asciutto
- ** qualora l'analisi di sensitività abbia evidenziato influenza dei ricettori sul comportamento della rete
- *** solo in caso di calibrazione in tempo asciutto (diversamente 1)
- ◇ identificazione aree allagate per interpolazione spaziale, combinando i livelli massimi sulla rete e il DSM

Legenda Tipologie di apparati modellistici

I	Dettaglio basso
II	
III	Dettaglio elevato

Legenda Dati

1	Dettaglio basso
2	
3	
4	Dettaglio elevato

Legenda Modelli

A	<i>Rolling ball</i>		
B	<i>Direct rainfall</i>		
C	Modelli reti drenaggio urbano	C1	Modello 1D store flood water
		C2	Modelli 1D-2D disaccoppiati
		C3	Modelli 1D-2D accoppiati
D	Modelli correnti pelo libero	D1	Modelli monodimensionali
		D2	Modelli bidimensionali
E	Modelli integrati	E1	Integrazione rete/ricettore
		E2	Integrazione deflusso superficiale / in rete

1D = modulo monodimensionale; 2D = modulo bidimensionale

Figura 6b. Flow-chart decisionale di sintesi - Legenda

3.2 Reperimento dati

La raccolta e la sistematizzazione dei dati, inclusi quelli ottenuti tramite eventuali nuovi rilievi, rappresentano generalmente una parte rilevante in termini di costo e programmazione per lo svolgimento di uno SC e, al tempo stesso, influenzano significativamente il livello di confidenza nei risultati finali conseguiti. Ritardi nell'acquisizione dei dati, o tempi di esecuzione di rilievi troppo lunghi, impattano sui tempi di restituzione degli SC, talora con ritorni importanti in termini di *testing* del modello.

La raccolta dei dati dovrà essere svolta prevalentemente dal professionista col supporto e del Gestore della fognatura, oltre che gli eventuali *stakeholders* se il contesto spaziale lo richiede. Tale raccolta dati deve essere volta a reperire quelli già esistenti che dovranno essere verificati dalla Committente. Questa fase è necessaria per confermare l'eventuale necessità di nuovi dati da acquisire e il relativo piano di indagine.

I dati esistenti devono essere utilizzati il più possibile nella costruzione dei modelli e nella pianificazione di eventuali nuovi rilievi a servizio di modelli esistenti. I *partners* e *stakeholders* che potrebbero detenere informazioni pertinenti al processo di modellizzazione devono quindi essere contattati tempestivamente dall'Amministrazione Comunale o dal professionista incaricato per valutare ciò che è effettivamente disponibile.

L'**APPENDICE 1** include una lista non esaustiva dei dati che possono essere utilizzati per uno SC di Tipo I-III con indicazione delle possibili fonti. L'elenco include:

- dati relativi alla rete fognaria e al reticolo idrografico superficiale;
- modelli esistenti;
- registri storici e dati operativi di tipo gestionale;
- dati di monitoraggio idrometrico / portate e altri dati variabili nel tempo;
- dati idrologici;
- dati territoriali (uso del suolo, modelli digitali del terreno, etc.).

Come per le tipologie di approcci modellistici, anche per i dati da reperire per gli SC possono essere definite classi crescenti di dettaglio, nel caso specifico quattro livelli, 1-4, come evidenziato graficamente nella seguente **Figura 7**.

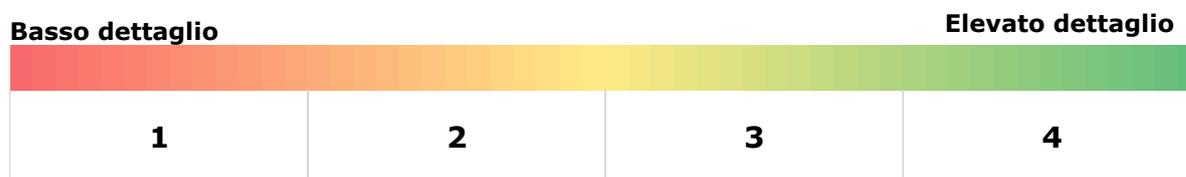


Figura 7. Dati per lo svolgimento degli SC - classi a dettaglio crescente

Incrociando le tipologie di apparati modellistici (Tipo I-III) con le classi di dettaglio dei dati (1-4) è stata impostata la seguente **Tabella 4** che riporta indicazione sintetica del minimo dettaglio da adottare all'interno dello SC per ogni classe modellistica, già anticipata nella **Figura 6**.

Indicazione puntuale del dettaglio e dei contenuti delle singole classi 1-4 per ogni categoria di dati è riportato in **APPENDICE 2**.

Livello di dettaglio apparato modellistico			
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Tipologia di dati			
Dati della rete (pozzetti e condotte)	1	2	3
Dati del reticolo superficiale modellato (RIM)	1	2	3
Manufatti ausiliari (sfioratori, organi di intercettazione) e opere strutturali (stazioni di sollevamento, vasche volano, scaricatori di piena, etc)	4	4	4
Valori di scabrezza delle condotte	1	2	3
Determinazione delle aree contribuenti (drenanti)	1	2	3
Dati di funzionamento del sistema di drenaggio urbano	2	4	4
Portata di tempo asciutto	1	3 (solo in caso di calibrazione in tempo asciutto)	4 (solo in caso di calibrazione in tempo asciutto)
Dati di infiltrazione	1	2	3
Dati relativi alle condizioni idrauliche al contorno	1	2 (qualora l'analisi di sensitività abbia evidenziato influenza dei ricettori sul comportamento della rete)	3 (qualora l'analisi di sensitività abbia evidenziato influenza dei ricettori sul comportamento della rete)

Tabella 4. Livello di dettaglio minimo (definito per classi 1-4) relativo al dataset reperito ed inserito nei modelli in funzione del livello di dettaglio dell'apparato modellistico (Tipo I, II, III)

3.3 Scelta del modello

Esiste una serie notevole di modelli concettuali, empirici e numerici che possono essere applicati per costituire apparati secondo le classi descritte al **Par. 3.1.2**. La scelta del modello rappresenta uno dei passaggi più delicati in capo al professionista da effettuare di concerto con l'Amministrazione Comunale. Essa deve essere condotta in base agli obiettivi posti dalla Committente, al livello di dettaglio dell'apparato modellistico indicato preliminarmente dall'Amministrazione Comunale, ai meccanismi di alluvione simulati e alla complessità del contesto spaziale oggetto di studio.

Nella scelta del modello (o dei modelli) più idoneo, per convenzione vengono valutati i seguenti quattro aspetti:

- Quale livello di dettaglio il modello richiede in fase di impostazione e quale dettaglio permette di conseguire nei risultati?
- Quali parametri sono modellati?

- Qual è il numero di dimensioni spaziali in cui viene eseguita la modellazione (0D-1D-2D)?
- Quale approccio idrologico è stato utilizzato nel modello per la valutazione dei deflussi e delle condizioni al contorno?

I modelli possono essere classificati secondo svariate categorie in funzione dei metodi adottati, dei processi considerati (idrologici e idrodinamici), delle tecniche di discretizzazione spaziale e temporale, etc. Ai fini delle presenti Linee Guida, si evidenziano le seguenti macro-categorie (Defra, Surface Water Management Plan Technical Guidance 2010, SEPA 2017):

- A. Modelli cosiddetti "*Rolling ball*" o "*0D*" – il deflusso superficiale delle acque è riprodotto attraverso semplici regole che tengono conto prevalentemente dei dislivelli altimetrici tra le singole unità spaziali con cui è discretizzato il dominio di calcolo, ovvero della topografia locale;
- B. Modelli di "*Direct rainfall*" – la pioggia viene applicata direttamente sulla superficie e viene simulato direttamente il deflusso superficiale per riprodurre i fenomeni di inondazione;
- C. Modelli idraulici per reti di drenaggio urbano – sviluppati primariamente per riprodurre il comportamento idraulico delle reti fognarie in cui gli apporti meteorici vengono direttamente fatti afferire alla rete puntualmente o in modo distribuito;
- D. Modelli idraulici per corsi d'acqua superficiali – sviluppati primariamente per riprodurre il deflusso a pelo libero in corpi idrici superficiali in cui gli apporti meteorici vengono fatti afferire puntualmente da scarichi o modelli idrologici "*lumped*" oppure in modo distribuito;
- E. Modelli integrati – che accoppiano i fenomeni di ruscellamento diretto della pioggia al suolo con quello in rete, integrando in una unica *suite* anche altri modelli specifici per le condizioni al contorno (es. modelli idraulici di inondazione da corsi d'acqua).

La seguente **Tabella 5** contiene un quadro sinottico (già anticipato in **Figura 6**) che indica quali modelli sono più idonei per ciascun Tipo (I-III, ibrido) di apparato modellistico come definito al **Capitolo 3**.

Dettagli in merito alle categorie di modelli sopra citati sono riportati al **Capitolo 5** e nell'**APPENDICE 4**.

	A	B	C			D		E	
	<i>Rolling ball</i>	<i>Direct rainfall</i>	Modelli reti drenaggio urbano			Modelli correnti pelo libero		Modelli integrati	
			C1 Modello 1D <i>store flood water</i>	C2 Modelli 1D-2D disaccoppiati	C3 Modelli 1D-2D accoppiati	D1 Modelli monodimensionali	D2 Modelli bidimensionali	E1 Integrazione rete/ricettore	E2 Integrazione deflusso superficiale / in rete
Tipo I	+	<i>n.a.</i>	++	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	++	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Tipo II	<i>n.a.</i>	++	+	++	+	+	++	+	+
Tipo III	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	++	<i>n.a.</i>	++	++	++
<p>+ / ++ = applicabile / ottimale <i>n.a.</i> = non applicabile</p>									

Tabella 5. Riepilogo delle caratteristiche delle principali categorie di modelli (Defra, 2010 – modificata)

3.4 Impostazione del modello

L'impostazione del modello/modelli individuati deve essere svolta dal professionista a regola d'arte. Esso dovrà scegliere le opportune condizioni al contorno ed effettuare il testing del modello.

3.4.1 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno di un modello idrologico-idraulico sono costituite da tutte quelle informazioni ed impostazioni che definiscono lo stato del dominio di calcolo (in termini di livelli, portate afferenti, manovre operative, etc.) durante gli scenari oggetto delle simulazioni.

Le condizioni al contorno possono essere grossolanamente divise in:

- geometriche;
- idrologiche;
- idrauliche.

Le condizioni di tipo geometrico comprendono tutte le caratteristiche dimensionali della rete (comprese le opere accessorie), dei corpi idrici superficiali (compresi i ricettori) o delle aree di allagamento. Il corrispondente livello di dettaglio discende dal contesto spaziale di studio (**Par. 3.1.1**) e dal livello di dettaglio dell'approccio modellistico (**Par. 3.1.2**) ovvero dalla disponibilità di dati esistenti o reperibili come definito al **Par. 3.2**.

Le condizioni al contorno di tipo idrologico includono sostanzialmente le grandezze regionalizzate caratterizzanti l'intensità delle piogge che sollecitano l'intero sistema di drenaggio, e in generale tutte le portate defluenti in esso (o alle sue estremità) desunte da metodi indiretti puramente idrologici (es. trasformazioni modelli afflussi-deflussi). L'intensità di progetto delle piogge è desumibile in modo piuttosto lineare utilizzando le LSPP messe a disposizione da ARPA Lombardia. La valutazione degli apporti in rete invece deve essere condotta adottando i metodi dettagliati al **Capitolo 6**.

Le condizioni idrauliche al contorno includono le condizioni di livello idrico (ed eventualmente carico statico e dinamico) in corrispondenza delle estremità della rete fognaria o superficiale. L'impostazione di queste condizioni dipende sostanzialmente dal contesto spaziale di indagine scelto (**Par. 3.1.1**) e dal dettaglio dei dati a disposizione o di nuova acquisizione (**Par. 3.2**).

Dettagli in merito alla definizione delle condizioni al contorno sono riportati nel **Capitolo 6**.

3.4.2 Testing del modello

Per *testing* del modello si intendono tutte le procedure che consentono di conseguire una valutazione quantitativa e soggettiva della capacità del modello stesso di riprodurre la realtà fisica all'interno del contesto spaziale oggetto di studio.

Nello specifico la calibrazione costituisce il processo di *tuning* (aggiustamento) dei principali parametri del modello (es. i coefficienti di scabrezza della rete o delle aree oggetto di allagamento) all'interno di un *range* di esistenza con senso fisico, che porta all'ottenimento della migliore corrispondenza (*fitting*) tra gli eventi simulati e quelli osservati.

Un modello già calibrato, può dirsi "validato" se è in grado di riprodurre in modo accurato eventi osservati diversi da quelli utilizzati in fase di calibrazione, variando solo i parametri strettamente contingenti all'evento di validazione stesso.

L'analisi di sensitività rappresenta una pratica ampiamente adottata in tutti i contesti di studio che adottano modelli più o meno complessi. Si tratta di una procedura che consente di quantificare la sensibilità della risposta del modello stesso al variare di specifiche variabili driver, variate *one-at-a-time* ("una alla volta") o più variabili driver. La sua applicazione diventa particolarmente importante qualora siano disponibili pochi dati di calibrazione o validazione o laddove sussista una significativa incertezza in alcuni parametri del modello (in modo particolare nelle condizioni al contorno).

Le fasi di calibrazione e validazione sono importanti per determinare la confidenza che può essere riposta nei risultati. L'analisi di sensitività è importante per comprendere il livello di incertezza insita nei risultati dei modelli ed eventualmente indirizzare lo svolgimento di ulteriori indagini di approfondimento per alcuni specifici aspetti dell'apparato modellistico impostato.

L'implementazione delle attività di *testing* può ritenersi più o meno stringente in funzione di svariati fattori. Nella seguente **Tabella 6** è fornita un'indicazione sintetica dei contesti di studio in cui è richiesta la loro applicazione in funzione fondamentalmente della tipologia di apparato scelto (Tipi I-III o ibrido) e dell'effettiva disponibilità di osservazioni utilizzabili a tal fine.

Dettagli in merito alle possibili forme di calibrazione/validazione e SA sono riportati nel **Capitolo 7**.

Livello di dettaglio apparato modellistico				
		Tipo I	Tipo II	Tipo III
Testing	Disponibilità osservazioni			
Calibrazione	No data	<i>n.n.</i>	+	<i>n.a.</i>
	Dati storici	+	++	<i>n.a.</i>
	Dati di monitoraggio (già a disposizione)	+	++	++
	Dati di monitoraggio (acquisiti <i>ad hoc</i>)	<i>n.a.</i>	++	++
Validazione	No data	<i>n.n.</i>	<i>n.n.</i>	<i>n.a.</i>
	Dati storici	<i>n.n.</i>	+	+
	Dati di monitoraggio (già a disposizione)	<i>n.n.</i>	++	++
	Dati di monitoraggio (acquisiti <i>ad hoc</i>)	<i>n.n.</i>	+	++
Analisi di sensitività		<i>n.n.</i>	+	+
			(++ in caso di indisponibilità di dati di monitoraggio)	(++ in caso di validazione con soli dati storici)
<p>+ / ++ = applicabile / stringente <i>n.n.</i> = non necessaria <i>n.a.</i> = non applicabile</p>				

Tabella 6. Procedure di testing suggerite in funzione del livello di dettaglio dell'apparato modellistico e della disponibilità di osservazioni utili

3.5 Definizione e simulazione degli scenari

Il comma 7 del RR indica espressamente che lo SC:

- debba valutare gli effetti correlati ad eventi meteorici di riferimento aventi tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni,
- fornisca indicazioni, comprensive delle dimensioni di massima, delle misure strutturali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali e l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale;
- individui le aree in cui realizzare le opere strutturali.

Alla luce di queste indicazioni, il professionista dovrà condurre le simulazioni correlate agli scenari indicati nella seguente **Tabella 7**.

Codice Scenario	Descrizione scenario	Tempo di ritorno evento meteorico di riferimento [anni]		
		10	50	100
SC0	Attuale configurazione della rete e del reticolo superficiale	SC0_TR10	SC0_TR50	SC0_TR100
SC1	Configurazione con le opere strutturali indicate nel DS (più altre eventuali opere concordate con l'Amministrazione e il Gestore della fognatura)	SC1_TR10_xx*	SC1_TR50_xx*	SC1_TR100_xx*
* xx = sub-indice relativo ad eventuali sub-scenari che simulano configurazioni di sviluppo parziale nel tempo dell'intero sistema di SuDS				

Tabella 7. Codifica degli Scenari oggetto degli SC

Gli scenari dovranno concentrarsi sulla valutazione numerica degli effetti di mitigazione della pericolosità idraulica correlata alle reti fognarie o superficiali indotti esclusivamente dalla realizzazione di opere strutturali, in linea o fuori linea, superficiali o sotterranee. Le opere strutturali valutate saranno quelle indicate nella Parte Seconda del Documento Semplificato, oltre ad eventuali ulteriori opere la cui necessità è emersa contestualmente alle attività dello SC o su indicazione specifica dell'Amministrazione Comunale e/o del Gestore della rete fognaria.

Non sono obbligatori scenari dedicati alla quantificazione degli effetti indotti dalla realizzazione delle opere non strutturali in quanto:

- le forme di intervento non strutturali rappresentano buone pratiche realizzative aventi una distribuzione potenzialmente capillare, ma con un funzionamento fortemente sito specifico e puntuale;
- il loro funzionamento risulta difficilmente riproducibile dai modelli numerici implementabili nell'ambito degli SC a meno di non ricorrere all'uso estensivo di modelli del III tipo o per contro a forme di semplificazione del comportamento non verificabili;
- le forme di intervento non strutturali legate alla protezione civile o alla comunicazione del rischio di per sé hanno effetto principalmente su fattori di esposizione delle persone piuttosto che sugli edifici, ovvero hanno scarsa influenza sui risultati delle simulazioni oggetto degli SC.

È lasciata libertà al professionista, in accordo con l'Amministrazione Comunale, di elaborare ulteriori scenari di dettaglio che considerino gli effetti indotti dalle misure non strutturali (scenario opzionale).

3.6 Criteri di non ammissibilità

A prescindere dalle scelte condotte dall'Amministrazione Comunale di cui al paragrafo precedente, lo SC condotto dal professionista potrà essere considerato non conforme alle presenti Linee Guida e al RR qualora non siano rispettati i seguenti criteri generali:

1. siano applicati metodi e/o approcci idrologici-idraulici non indicati nelle presenti linee guida, e tale applicazione non sia adeguatamente supportata da riferimenti tecnico-scientifici a sostegno della scelta condotta;
2. tutte le fonti dati dovranno essere chiaramente e compiutamente indicate compilando il registro dati (**APPENDICE 5**);
3. tutti i documenti citati nello SC dovranno essere compiutamente citati nella Lista dei documenti di riferimento inclusa nello SC;
4. il mancato rispetto delle specifiche relative alla reportistica (**Capitolo 10**) poiché i formati e i contenuti sono stati pensati per poter consentire la riproduzione delle medesime elaborazioni modellistiche da parte di eventuali soggetti terzi.

4 REPERIMENTO DEI DATI

Il presente Capitolo definisce nel dettaglio la base dati necessaria per la corretta redazione dello SC. Nello specifico vengono fornite indicazioni in merito agli aspetti di:

- processo di reperimento dati (**Par. 4.1**);
- contenuto e tipologia del *dataset* (**Par. 4.2**);
- valutazione della qualità dei dati (**Par. 4.3**).

4.1 Processo di reperimento dati

Un possibile processo di raccolta e revisione dei dati è mostrato nella seguente **Figura 8**, dove vengono proposte attività di reperimento eseguite dal professionista in quattro fasi successive:

- Fase 0: pianificazione iniziale delle attività di raccolta dati (ricognizione esplorativa presso i *partners*);
- Fase 1: raccolta-sistematizzazione-valutazione qualità dei dati (a partire dal *dataset* associato al Documento Semplificato);
- Fase 2: *gap analysis*;
- Fase 3: raccolta dati integrativi, esecuzione nuovi rilievi o nuovi monitoraggi ad hoc.

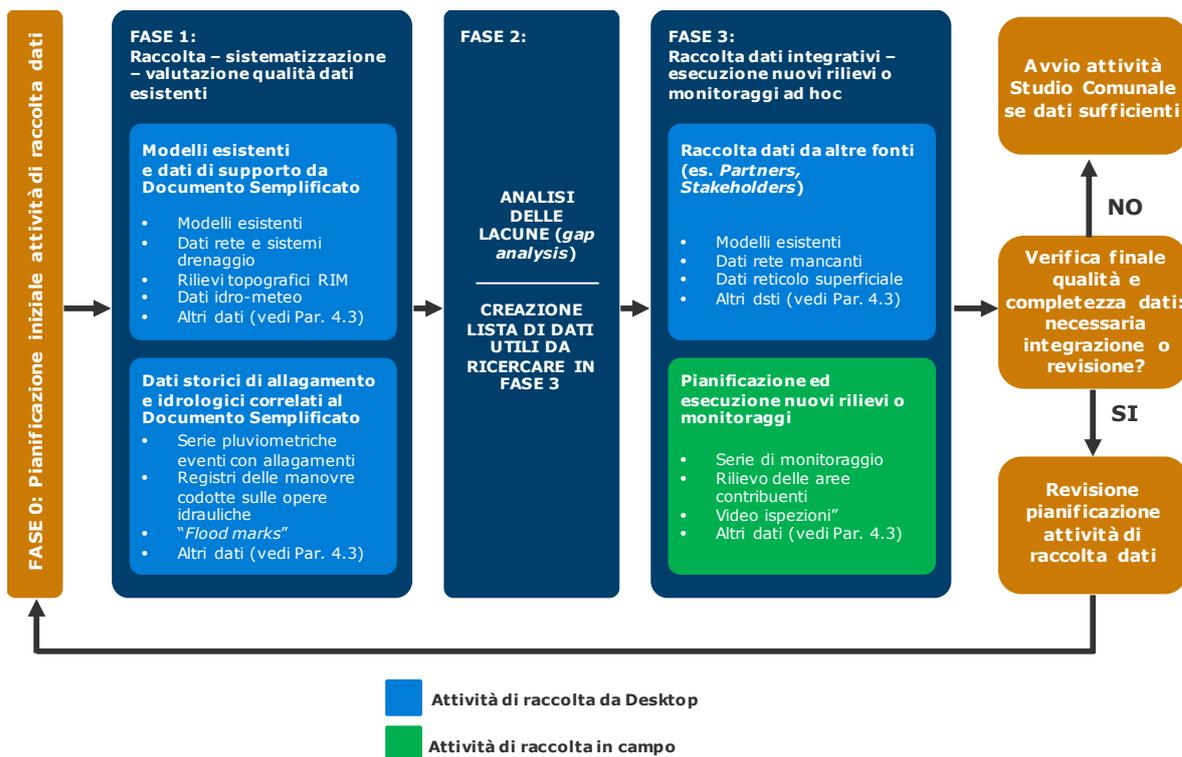


Figura 8. Processo di pianificazione, raccolta e verifica dei dati

4.2 Contenuto del *dataset* a supporto dello SC

La costruzione del *dataset* per lo sviluppo dello SC dovrà partire innanzitutto dal reperimento e dalla sistematizzazione del contenuto informativo utilizzato per la redazione dei Documenti Semplificati.

In particolare, dovranno essere verificati ed utilizzati in modo estensivo i seguenti dati, eventualmente già contenuti nel DS:

- la delimitazione delle aree a rischio idraulico all'interno del territorio comunale, di cui al comma 7, lettera a), numeri 3 e 4 del RR, definiti sulla base (i) degli atti pianificatori esistenti, (ii) della documentazione storica, (iii) delle conoscenze locali anche del Gestore della fognatura;
- la delimitazione delle aree o delle situazioni puntuali/lineari di criticità idraulica ("Carta delle criticità");
- l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio che per gli ambiti di nuova trasformazione, e l'individuazione delle aree da riservare per le stesse ("Carte degli interventi");
- l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale ("Carta degli interventi").

Eventuali ulteriori informazioni potranno essere desunte dagli atti pianificatori esistenti:

- componente geologica del PGT, tavola PAI – PGRA;
- quadro conoscitivo del PTCP;
- eventuale studio a livello comunale del reticolo minore normalmente allegato alla componente geologica.

Nel suo complesso la base dati costituita dovrà essere organizzata nelle seguenti macro-categorie:

- dati geometrici (Par. 4.2.1);
- dati idrologici (Par.4.2.2);
- informazioni storiche di allagamento (Par. 4.2.3);
- dati territoriali (Par.4.2.4).

4.2.1 *Dati geometrici*

Sistema di drenaggio urbano

I Gestori della rete fognaria in provincia di Milano dispongono attualmente di una copertura informativa significativa dei propri *asset* (intesi come insieme delle opere che costituiscono il sistema pubblico di drenaggio urbano dei comuni serviti - condotte, pozzetti, scaricatori, etc.).

I professionisti ed il Comune, riceveranno dal Gestore la base dati esistente in formato shape file¹⁰ al fine di agevolare la definizione delle condizioni geometriche al contorno.

¹⁰ Formato file ESRI comprensivo di informazioni geografiche e alfanumeriche

Le informazioni a disposizione potranno non essere del tutto allineate in termini di completezza, esse sono elencate in generale per le varie componenti della rete nella seguente nell'**APPENDICE 3**.

Reticolo minore

Le informazioni relative il reticolo idrografico minore di competenza Comunale potranno essere reperite direttamente presso gli Uffici Tecnici Comunali (eventualmente contenute nello studio comunale del reticolo minore normalmente allegato alla componente geologica del PGT).

Qualora il contesto spaziale di studio includa anche il bacino idraulico afferente ad un corpo idrico superficiale compreso nel RIM di competenza comunale (**Par. 3.1.1**), sarà necessario reperire le informazioni topografiche per sezioni trasversali del corso d'acqua, se non presenti nello studio comunale del RIM.

Il rilievo topografico dovrà essere applicato anche ai principali attraversamenti che insistono sul corso d'acqua. In proposito sarà opportuno consultare altri *partners* e *stakeholders* territoriali potenzialmente detentori di informazioni dettagliate in merito agli attraversamenti delle principali infrastrutture tra cui (elenco non esaustivo):

- gli uffici tecnici provinciali (area lavori pubblici e trasporti);
- le società detentrici delle concessioni autostradali;
- Refe Ferroviaria Italiana;
- ANAS.

Al fine di conseguire una più fondata definizione delle condizioni di scabrezza del corpo idrico, è opportuno integrare il rilievo topografico con idoneo rilievo fotografico e mappatura delle condizioni del fondo, delle sponde e delle principali immissioni.

Le informazioni geometriche e la caratterizzazione delle condizioni di manutenzione desunte dai rilievi saranno utilizzate per l'impostazione del modello idrologico-idraulico associato al corpo idrico superficiale (**Capitolo 5**).

Modelli Digitali del Terreno

I DTM (*Digital Terrain Model*) sono rappresentazioni 3D della superficie del suolo creati a partire da dati puntuali di elevazione del terreno. Il contenuto informativo viene incluso in un *dataset* in formato *raster* avente un valore di quota per ogni singola cella. I file possono essere di diversi tipi: tiff, geotiff, txt, xyz (ASCII), img ecc. e si gestiscono generalmente in ambiente GIS.

I DTM sono generalmente alternativi ai DSM (*Digital Surface Model*), un'altra forma di rappresentazione 3D spesso confusa con i DTM ma sostanzialmente diversa.¹¹

Un DSM è un modello digitale che riproduce la superficie topografica di convoluzione di tutti gli elementi, naturali o antropici, che si elevano dal terreno (es. edifici, alberi, ponti, ecc.). Può derivare da acquisizioni tridimensionali attive (es. LiDAR - *Light Detection And Ranging*) o passive con opportune modellazioni (fotogrammetria).

Un DTM è invece un modello digitale che riproduce esclusivamente l'elevazione del terreno. Può derivare da:

¹¹ Talora viene utilizzato anche il termine DEM (*Digital Elevation Model*) per indicare genericamente un DTM o un DSM

- filtraggio del DSM attraverso appositi algoritmi semi-automatici o automatici che lavorano principalmente secondo valori di soglia di altezza, in base al riconoscimento geometrico o attraverso discretizzazioni cromatiche;
- eliminazione manuale dal DSM degli elementi estranei alla superficie topografica;
- processi di interpolazione di punti quotati derivanti da vettorializzazione tridimensionale stereoscopica di un modello fotogrammetrico (es. dati vettoriali contenuti nel Database Topografico Regionale);
- processi di interpolazione di dati derivanti da un rilievo topografico a terra.

L'uso dei DTM è necessario per la definizione delle condizioni geometriche di ogni modello bidimensionale (2D), sia in contesto urbano per la riproduzione delle dinamiche di propagazione delle acque di ruscellamento o di troppo pieno della rete, sia in ambito fluviale per la valutazione delle dinamiche di allagamento delle aree perifluviali. Anche i modelli di rete monodimensionali (1D) possono richiedere l'uso di DTM per l'identificazione della quota del piano campagna e quindi l'identificazione delle condizioni di *outflowing*.

I DSM invece possono essere utilizzati generalmente solo a supporto dei modelli 2D.

A copertura del territorio della Lombardia sono disponibili i DTM descritti brevemente nella seguente **Tabella 8**.

La letteratura scientifica di settore (Mason, Schumann and Bates 2011) consiglia di utilizzare DTM con le caratteristiche minime di risoluzione verticale ed orizzontale riportate di seguito:

In ambito extra-urbano (<i>rural</i>)	Verticale: 50 cm	Orizzontale: 10 m
In ambito urbano	Verticale: 5 cm	Orizzontale: 0,5 m

In considerazione delle caratteristiche dei DTM disponibili in Lombardia (**Tabella 8**), viste le indicazioni nel RR (Art. 14, comma 7 - punto 3.2), per lo svolgimento delle elaborazioni a supporto dello SC, sarà necessario procedere come segue:

- nelle aree ove disponibile dovrà essere utilizzato il DSM (in aree urbane) e il DTM (in quelle extra-urbane) desunto da rilievo LiDAR distribuito da ISPRA su richiesta;
- nelle altre extra-urbane non coperte dal DTM/DSM-LiDAR, dovrà essere utilizzato il DTM a 5 m distribuito da Regione Lombardia. Nelle aree urbane non coperte da DTM/DSM-LiDAR, il DSM dovrà essere ottenuto applicando al DTM correzioni di elevazione nelle aree occupate dagli edifici (dato desumibile dal Database Topografico Regionale).

Fonte	Link	Risoluzione orizzontale	Risoluzione verticale	Copertura	Formati	Descrizione
ISPRA	Dato scaricabile al link: http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/dem20/viewc	20	<i>n.a.</i>	Tutta Italia	File di tipo "grid"	-
Regione Lombardia	Dato scaricabile al link: http://www.geoportale.regione.lombardia.it/ Metadato ¹²	5	Spazialmente variabile in funzione della fonte primaria utilizzata	Tutta la regione	File raster estensione .img	DTM ottenuto dall'uso congiunto di più fonti: <ul style="list-style-type: none"> • Database Topografico Regionale • DTM LiDAR 2008-2013 • Vecchio DTM regionale a 20 m costruito a partire dalla CTR edizione 1982-1994
ISPRA	Dato ottenibile su richiesta tramite la procedura indicata al link seguente http://www.pcn.minambiente.it/mattm/procedura-richiesta-dati-lidar-e-interferometrici-ps/	1 m	0,3 m ¹³	30,1% della Regione ¹⁴	DTM-DSM First, DSM Last in formato raster punti in formato xyz ASCII	Modelli digitali ottenuti da elaborazioni di rilievi LiDAR realizzati dal MATTM negli anni 2008-2009, 2010-2011 e 2013-2015
<i>n.a.</i> – informazione non contenuta nel metadato						

Tabella 8. Caratteristiche dei DTMs disponibili in Lombardia

¹²

[http://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p_p_id=PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_v](http://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p_p_id=PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_view=editPublishedMetadata&_PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_uuid={FC06681A-2403-481F-B6FE-5F952DD48BAF}&_PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_editType=view&_PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_fromAsset=true&rid=local)

¹³ <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/progetto-pst-dati-lidar/>

¹⁴ La copertura per ogni singolo Comune può essere consultata nel Geoportale della Regione Lombardia

4.2.2 Dati idrologici

Linee Segnatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP)

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto sono distribuiti da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale (<http://idro.arpalombardia.it¹⁵>). I parametri distribuiti sono relativi ad una curva climatica del tipo

$$h_T(d) = a_1 w_T d^n \quad \text{Eq. 1}$$

dove:

d	[h] durata in evento dell'evento di pioggia di riferimento
T	[anni] tempo di ritorno dell'evento di pioggia di riferimento
$h_T(d)$	[mm] altezza di pioggia dell'evento di riferimento avente durata d e tempo di ritorno T
a_1	[mm] coefficiente pluviometrico orario, rappresenta il coefficiente di scala della linea segnalatrice, pari al valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento ¹⁶
n	[] esponente di scala con cui la variabilità del fenomeno si trasmette dalla scala temporale di riferimento alle altre scale temporali
w_T	[] fattore di crescita in frequenza corrispondente al quantile T -ennale della funzione W che descrive la distribuzione dei valori di precipitazione estremi normalizzati sul valore atteso (in questo caso la distribuzione probabilistica GEV – <i>Generalized Extreme Value</i>). Il fattore w_T viene calcolato attraverso la formula:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\} \quad \text{Eq. 2}$$

in cui k, α, ε sono rispettivamente i parametri di scala, locazione e forma della funzione GEV.

I parametri delle LSPP per i tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni dovranno essere estratti in corrispondenza del baricentro del contesto spaziale oggetto di studio.

Le LSPP ARPA possono essere utilizzate per eventi pluviometrici con durata non inferiore ad un'ora. Per eventi pluviometrici brevi, inferiori all'ora, in assenza di dati sito specifici di intensità di piogge con durate inferiori ad un'ora, si suggerisce l'uso della seguente formula di Bell^{17,18}

$$h_{d,T} = h_{60,T} (0,54 \cdot d^{0,25} - 0,5) \quad \text{Eq. 3}$$

dove:

d	[min] durata dell'evento di pioggia
-----	-------------------------------------

¹⁵ File excel di calcolo disponibile al link http://idro.arpalombardia.it/manual/Calcolo_LSPP.xls

¹⁶ De Michele C., Rosso R., Rulli M. C., Il regime delle precipitazioni intense sul territorio della Lombardia. Technical report. 2005. ARPA Lombardia, Milano

¹⁷ Bell F.C. (1969) – Generalized rainfall-duration-frequency relationships – Journal of the Hydraulics Division, ASCE, VI. 95, n. HY1, pp. 311-327

¹⁸ Per eventuali approfondimenti in proposito si rimanda alla consultazione del "Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile" disponibile al seguente link:

<https://www.gruppocap.it/Other.aspx/ModuleAction/Index?newsId=e7c332ad7f5e4303b5c812271b8a39e5§ionId=1164fb79-3003-07c5-e054-00144fecba8c&customModuleId=11f41d09-0965-48b1-9dfa-ce9f752eb270&actionName=Detail>

$h_{d,T}$ [mm] altezza di pioggia associata all'evento di durata d

$h_{60,T}$ [mm] altezza di pioggia associata alla pioggia di durata 1 ora e tempo di ritorno T

Stazioni idrometriche e pluviometriche

Al fine di ricostruire le condizioni di pioggia e di livello nei principali corpi idrici ricettori in concomitanza degli eventi meteorici storici utilizzati per la calibrazione e/o la validazione del modello può essere risultare utile reperire i dati idrometrici e pluviometrici messi a disposizione dai vari enti territoriali che dispongono di stazioni di monitoraggio.

Le migliori banche dati disponibili sono elencate nella seguente **Tabella 9**.

4.2.3 Informazioni allagamenti storici

Ogni studio idraulico per la valutazione della pericolosità idraulica dovrebbe fondarsi sul reperimento del maggior numero possibile di informazioni relative agli allagamenti del passato poiché esse costituiscono la base dati necessaria per conseguire una affidabile impostazione del modello prescelto.

La raccolta di dati storici di allagamento deve essere intrapresa da tutte le Amministrazioni comunali che adottano modelli del Tipo II o III (o ibridi, localmente di Tipo II o III).

Il principale riferimento dei dati storici, o quanto meno di informazioni relative alle principali criticità idrauliche a scala comunale è il Documento Semplificato.

In aggiunta alle informazioni qui contenute è opportuno consultare le fonti e le tipologie di dati indicati nella seguente **Tabella 10**.

4.2.4 Dati territoriali

Diversi dati territoriali dovranno essere raccolti per poter affrontare le attività di (i) modellazione idrologica, (ii) valutazione del danno e (iii) valutazione delle possibili forme di intervento.

Nella seguente **Tabella 11** è fornito un elenco non esaustivo dei dati necessari con indicazione

- delle rispettive fonti;
- delle modalità di utilizzo di ogni dataset.

Ulteriori dati potenzialmente utili sono indicati in **APPENDICE 3**.

I dati territoriali di primaria importanza sono quelli relativi all'uso del suolo indispensabili per condurre elaborazioni nell'ambito dello studio, nel dettaglio:

- modellazione idrologica afflussi-deflussi nelle aree di contribuzione (siano essere urbane o extra-urbane). Si rimanda al **Par. 6.2** per ulteriori approfondimenti;
- stima del danno potenziale indotto dagli allagamenti. Si rimanda al **Par. 9.2** e all'**APPENDICE 7** per ulteriori approfondimenti.

Fonte	Descrizione	Link
ARPA Lombardia	Inventario archivio cartaceo dati Sezione di Milano dell'Ufficio Idrografico di Parma	http://idro.arpalombardia.it/manual/ARPAinventario.pdf
	Dati acquisiti negli ultimi 10-15 anni dall'attuale rete di monitoraggio idro-nivo-meteorologico. Grandezze monitorate: <ul style="list-style-type: none"> • Livello Idrometrico (cm) • Altezza neve (cm) • Precipitazione (mm) • Temperatura (°C) • Umidità Relativa (%) • Radiazione Globale (W/m2) • Velocità e Direzione Vento (m/s e gradi). • Velocità e direzione del vento (m/s e gradi N) raffica 	https://www.arpalombardia.it/siti/arpalombardia/meteo/richesta-dati-misurati/Pagine/RichiestaDatiMisurati.aspx
	Inventario delle precipitazioni e dei livelli misurati dalla rete idro-meteo storica	http://idro.arpalombardia.it/manual/dati_storici.html
ISPRA	Progetto Annali Idrologici	http://www.acq.isprambiente.it/annalipdf/
Centro Meteo Lombardo	Banche dati serie pluviometriche	http://www.centrometeolombardo.com/ http://www.centrometeolombardo.com/content.asp?contenttype=Archivio

Tabella 9. Principali fonti dati idrologici storici

Tipo di dato	Descrizione	Fonte	Link
Immagini satellitari	Ricerca di eventuali immagini satellitari di tipo radar SAR (es. COSMO-SkyMed), Landsat, Sentinell acquisite nei giorni immediatamente successivi all'evento di allagamento	European Spatial Agency (ESA) – PANDA (Planetary Data Access)	https://panda.copernicus.eu
		Copernicus Emergency Management System	https://www.efas.eu/efas_frontend/#/home
		European Spatial Agency (ESA)	https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/data-access
		USGS	https://earthexplorer.usgs.gov/
Mappe di allagamento storico	Aree interessate storicamente da allagamento (digitalizzazione da parte degli Enti territoriali)	Regione Lombardia (search eventi)	http://www.geoportale.regione.lombardia.it
Marche di allagamento	Dati puntuali di livello raggiunto dalle acque in ambito urbano. "Tacche" di allagamento ("flood marks") lasciate dalla popolazione locale	Abitazioni o edifici soggetti ad allagamenti	-
Registrazione dati e manovre opere idrauliche	Registri storici delle manovre condotte sulle opere a servizio della rete fognaria o altre reti	Gestore della rete fognaria, Consorzi di Bonifica	-
Foto di campo post-evento	Materiale fotografico raccolto dagli operatori presenti sul posto durante e post evento	Consorzi di Bonifica, Gestore rete fognaria, Uffici tecnici Provinciali, Uffici tecnici concessionari infrastrutture	-
Giornali e altri mezzi di comunicazione	Foto o documenti pubblicati da media locali e nazionali	Varie (web search, archivi, etc)	-

Tabella 10. Principali tipologie di dati e fonti relative agli allagamenti storici

Fonte	Descrizione	Link
Regione Lombardia	Dato uso del suolo ERSAF	https://www.ersaf.lombardia.it/it/servizi-al-territorio/dati-e-applicazioni-del-territorio/banca-dati-dell%E2%80%99uso-e-copertura-del-suolo http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Database Topografico Regionale	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Pedologia regionale	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Ortofoto e foto aeree ad alta risoluzione	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
Copernicus European Project – Land Monitoring Service	Banca dati <i>Corine Land Cover</i>	https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover
Comune	Tavole con indicazione degli ambiti di nuova trasformazione in territorio comunale	Tavole del PGT, Documento Semplificato
Gestore della rete	Informazioni relative alla densità di popolazione e utenze	Fornite direttamente dal Gestore ove disponibili

Tabella 11. Dati territoriali necessari per lo svolgimento dello SC

4.2.5 Sistema di riferimento geografico

Tutti i dati geografici prodotti dal professionista nell'ambito dello SC dovranno essere espressi in un sistema di riferimento compatibile con le presenti indicazioni.

Il Sistema Geodetico Nazionale attualmente indicato per legge è l'ETRF2000 (epoca 2008.0), realizzazione del sistema europeo ETRS 1989, individuato come standard di riferimento nazionale con il DPCM del 10/11/2011 "Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale" (GU n. 48 del 27/02/2012 - S.O. n. 37). Nello specifico, le proiezioni appartenenti a questa realizzazione idonee per il territorio lombardo sono le EPSG 6707 e 7791.

Pur contravvenendo alle indicazioni del DPCM, nell'ambito regionale¹⁹ è attualmente in uso il sistema EPSG 32632, un sistema di coordinate piane (fuso UTM32N) riferito al sistema geodetico di riferimento WGS84 (spesso erroneamente confuso con il sistema ETRF89).

In considerazione del margine di errore trascurabile considerato per le normali scale di rappresentazione in uso per i dati territoriali degli SC, il sistema EPSG 32632 può essere considerato assimilabile agli EPSG ufficiali.

Nel caso in cui i dati reperiti siano in un diverso sistema di riferimento, sarà possibile effettuare la conversione agli anzidetti sistemi utilizzando i seguenti servizi gratuiti disponibili online:

- Verto online (IGM) – <https://www.igmi.org/it/verto-on-line>
- Geoportale nazionale (ISPRA) – <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/conversione-coordinate/>

Qualora vi sia la disponibilità ad acquistare i grigliati IGM, è possibile utilizzare anche il servizio messo a disposizione di Regione Lombardia (<http://www.geoportale.regione.lombardia.it/trasformazioni-di-coordinate>).

4.3 Valutazione della qualità del dataset

Tutti i dati raccolti ed utilizzati devono essere valutati sia in termini di qualità che di completezza, nonché registrati in un apposito registro dati che costituirà uno degli allegati dello studio (si veda **Par. 4.4**).

Le metriche qualitative tipicamente utilizzate per la valutazione della qualità dei dati includono:

- Accuratezza: quali sono i livelli di accuratezza e precisione dei dati a disposizione?
- Completezza: mancano alcuni dati? I dati mancati sono stati integrati?
- Aggiornamento: i dati sono aggiornati o quanto meno sono i più recenti disponibili?
- Consistenza: ci sono contraddizioni internamente ai dati raccolti?
- Compatibilità: i dati sono stati prodotti a partire dalla stessa base di riferimento (e.g. quote espresse rispetto allo stesso datum altimetrico)?
- Affidabilità: i dati sono intuitivamente corretti se messi a confronto con le conoscenze locali o tipici range noti in letteratura?

Quando si applicano bassi livelli di dettaglio nella collezione dei dati (classi 1-2, **Figura 7** al **Par. 3.1.2**), dovranno essere condotti maggiori controlli sulla qualità al momento della calibrazione / validazione del modello.

¹⁹ <http://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-dati>

Il riassunto che segue indica quando sarebbe più opportuno raccogliere dati con diverso livello di dettaglio in base alla maggiore necessità e/o incertezza.

I dati di livello 4, laddove mancanti, dovrebbero essere ottenuti:

- nelle posizioni in cui si collocano i *driver* del sistema sotto studio (es. nodi critici);
- nelle aree cruciali per quanto concerne l'interazione del sistema con le condizioni al contorno più influenti;
- per studi di elevato dettaglio relativi alla modellazione del ruscellamento superficiale urbano, per garantire elevate risoluzioni topografiche e rappresentare al meglio le aree modellate;
- per tutte le opere accessorie che potrebbero influire sulle prestazioni idrauliche del sistema.

I livelli di dati 2-3 possono essere considerati appropriati nelle aree chiave interessate da criticità idrauliche, ma il professionista deve comprendere l'incertezza e i rischi associati a questo livello di dettaglio.

I dati di livello 1 dovrebbero essere evitati per i *driver* del sistema o le aree di interazione, ma possono essere considerati accettabili in aree prive di criticità idrauliche.

È buona norma attribuire un giudizio anche solo qualitativo all'affidabilità dei dati raccolti. In combinazione con l'identificazione dei dati mancanti, il giudizio di affidabilità dei dati (si veda il Registro dati in **APPENDICE 5**) potrebbe facilitare la compilazione di un elenco di priorità dei dati da reperire per aiutare il processo di integrazione (fase 2 in **Figura 8**), in particolare laddove vi siano vincoli di bilancio. L'elenco prioritario definirà i dati richiesti e la relativa importanza, insieme alle fonti potenziali, ai costi stimati e ai tempi.

Generalmente si presume che un maggior numero di informazioni fornisca una maggiore fiducia e confidenza nei risultati finali.

4.4 Registro dati

Il registro dati riportato in **APPENDICE 5** è stato pensato come strumento per l'Amministrazione Comunale e gli altri *partner* coinvolti nella valutazione e archiviazione dello studio idraulico comunale.

Si tratta semplicemente di una tabella preimpostata (per tipologia di campi e possibile contenuto informativo) che dovrà essere utilizzata dal professionista per elencare in un unico documento tutti i dati raccolti, utilizzati (e non) contestualmente allo studio. Questo registro può agevolare attività condotta da terzi per controllare/riprodurre le elaborazioni svolte durante lo SC.

5 MODELLI APPLICABILI

Il presente Capitolo fornisce dettagli tecnici relativamente alle principali tipologie di modelli idrologico-idraulici che possono essere applicati nell'ambito degli SC, caratterizzati per tre aspetti principali:

- Generazione e propagazione dei deflussi: comprende le componenti che (i) definiscono i sottobacini di formazione dei deflussi, (ii) i parametri di formazione del *run-off* diretto delle acque meteoriche al suolo, (iii) le routine di propagazione del flusso (superficiale di trasferimento in rete o all'interno di corpi idrici superficiali, direttamente in rete o all'interno degli alvei, superficiale per allagamento, ecc.).
- Dettagli fisici: includono la definizione del sistema di drenaggio vero e proprio composto da rete, corpi idrici superficiali e opere (pozzetti, tratte, sezioni dei corsi d'acqua superficiali, strutture ausiliarie, sistemi di controllo attivi, ecc.).
- Il numero delle dimensioni considerate:
 - 1D – modelli monodimensionali (es. modelli applicati alle reti fognarie o a singoli corpi idrici superficiali)
 - 1D(+) - modelli monodimensionali che dispongono di moduli specifici per la valutazione semplificata delle dinamiche di allagamento nelle fasce inondabili (es. approccio a cella di accumulo delle acque di troppo pieno);
 - 2D – modelli bidimensionali (es. modelli di ruscellamento superficiale delle acque meteoriche o modelli di allagamento delle fasce fluviali);
 - 2D(-) - modelli bidimensionali semplificati (es. modelli che semplificano l'equazione di conservazione della quantità di moto);
 - 1D/2D – modelli accoppiati mono e bidimensionali (es. un modello 1D della rete o di un corso d'acqua superficiale, accoppiato con un modello 2D a mesh applicato ai terreni interessati dagli allagamenti).

5.1 Rassegna dei modelli applicabili in contesti urbani ed extra-urbani (*rural*)

Come anticipato al **Par. 3.3**, i modelli possono essere classificati secondo innumerevoli categorie funzionali a seconda del criterio scelto (es. numero di dimensioni, schematizzazioni dei processi di formazione e propagazione dei deflussi, metodi idrologici e idrodinamici adottati).

Seguendo la suddivisione in macro-categorie introdotta al **Par. 3.3** (revisione di quella proposta in Defra, 2010), vengono forniti di seguito dettagli tecnici per ciascuna classe di modelli, inclusa l'indicazione dei riferimenti a specifici applicativi disponibili in commercio o distribuiti gratuitamente da enti di ricerca o pubblici.

5.1.1 *Rolling Ball models*

I cosiddetti "*rolling ball models*" (conosciuti anche come "*dry techniques*" o "*sliding ball algorithm*" - categoria A in **Tabella 5**) sono ampiamente utilizzati in contesti anglosassoni nell'ambito delle valutazioni di rischio idraulico cosiddette "strategiche", la forma preliminare di valutazione speditiva prevista dall'Agenzia Ambientale Inglese (Defra, Surface Water Management Plan Technical Guidance 2010), che precede le successive valutazioni intermedie e di dettaglio.

Si tratta di algoritmi di “*flow-routing*” applicati direttamente e completamente in ambiente GIS²⁰ che consentono di identificare i percorsi preferenziali che possono essere percorsi dai deflussi superficiali generati da punti sorgente (es. pozzetti in pressione) verso le aree più depresse presenti all’interno del dominio di calcolo.

L’applicazione di questi modelli semplificati è praticabile a costi assai ridotti, avendo a disposizione un dato altimetrico (DTM) sufficientemente accurato. Sono applicabili velocemente e possono identificare chiaramente le aree urbane più depresse più propense all’allagamento.

Il caso della città di Leeds²¹ (**Figura 9**) rappresenta un esempio pratico delle potenzialità dell’uso di questi modelli per l’identificazione delle porzioni della città meritevoli di successivi approfondimenti modellistici.

La loro applicabilità è tuttavia consigliabile solo in contesti morfologici con pendenze apprezzabili (ad. Es. > 0,1%), in valutazioni a carattere prevalentemente esplorativo e non predittivo.

Una sintesi dei pregi e difetti di questa classe di modelli è riportata nell’**APPENDICE 4**.

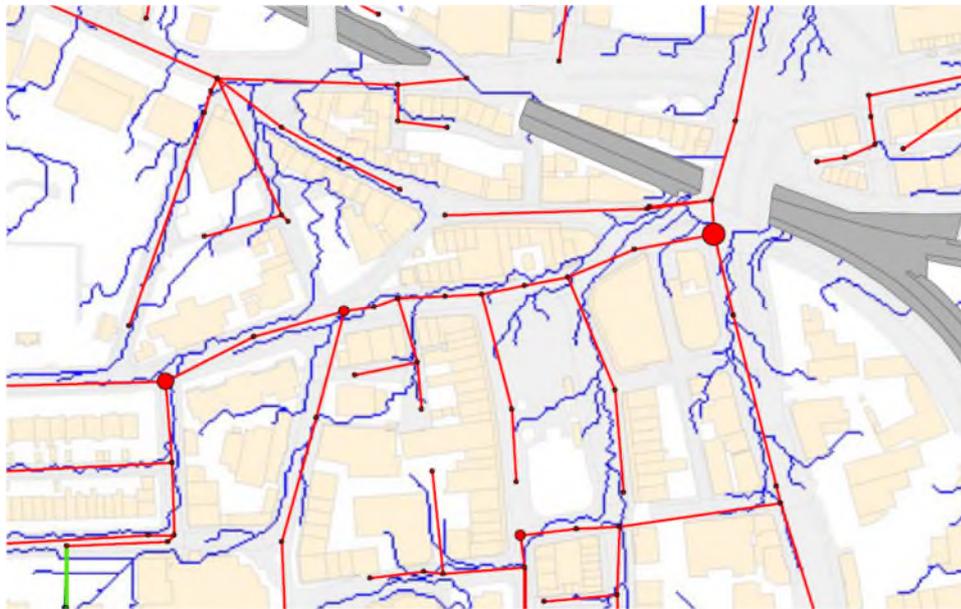


Figura 9. Applicazione di un modello del tipo “rolling ball” nella città di Leeds (City of Bradford, et al. 2008)

5.1.2 Direct Rainfall models

I cosiddetti “*direct rainfall models*” (conosciuti anche come “*wet techniques*” o modelli diretti di pioggia - categoria B in **Tabella 5**) sono consigliati dall’Environment Agency inglese per la modellazione del ruscellamento superficiale e l’accumulo in aree depresse in risposta a sollecitazioni meteoriche anche di elevata intensità.

Essi applicano gli eventi piovosi (di probabilità nota) direttamente al suolo descritto spazialmente utilizzando modelli digitali del terreno. I volumi di deflusso sono calcolati e instradati superficialmente per identificare i percorsi e le aree in cui si verificano ristagni e allagamenti in punti bassi. Questo *routing* può essere condotto attraverso schemi numerici che semplificano in modo più o meno preminente le equazioni di De Saint Venant (es. solo componente cinematica -

²⁰ Si vedano ad esempio gli algoritmi di flow-path adottati dal tool “*TauDEM*” sviluppato da David Tarboton

(<http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/index.html>) o la funzione “flow direction” adottata da ESRI - Spatial Analyst Toolbox (<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/flow-direction.htm>)

²¹ <http://www.defra.gov.uk/environment/flooding/documents/manage/surfacewater/airereport.pdf>

LISFLOOD-FP, anche quella diffusiva – JFLOW, forme ibride di semplificazione che includono fattori inerziali – CAESAR-LISFLOOD), applicando schemi quasi 2D (**Figura 10**).

Nella forma di applicazione più semplice, questi modelli non tengono conto delle perdite idrologiche e del contributo dovuto alla rete. Approcci più sofisticati variano le perdite idrologiche per tipo di uso del suolo o tengono conto del contributo della fognatura decurtando un contributo ritenuto sostenibile dal sistema di drenaggio in rete.

Un approccio alternativo consiste nell'assumere uno standard di progetto per il sistema di drenaggio (es. funzionalità garantita per eventi con TR 5-10 anni in base a valutazioni pregresse) e sottrarre il profilo di precipitazione equivalente prima di simulare gli eventi più gravosi. L'adozione di questi accorgimenti rende questi modelli particolarmente utili per condurre valutazioni del rischio di inondazione su larga scala ed eventi estremi.

Le risultanze di questi modelli forniscono stime ragionevoli in termini di superfici allagate e massima profondità.

Un esempio rilevante di applicazione su ampia scala di questo approccio è la predisposizione delle mappe delle aree cosiddette suscettibili all'allagamento (*Areas Susceptible to Surface Water Flooding Maps, AStSWF maps*) realizzata nel 2008 dall'Environment Agency inglese come prima forma di valutazione preliminare delle porzioni del territorio nazionale (Inghilterra e Galles) del rischio idraulico (mappe aggiornate nel 2009 in seguito all'aggiornamento del DTM nazionale - (Environment Agency 2019)).

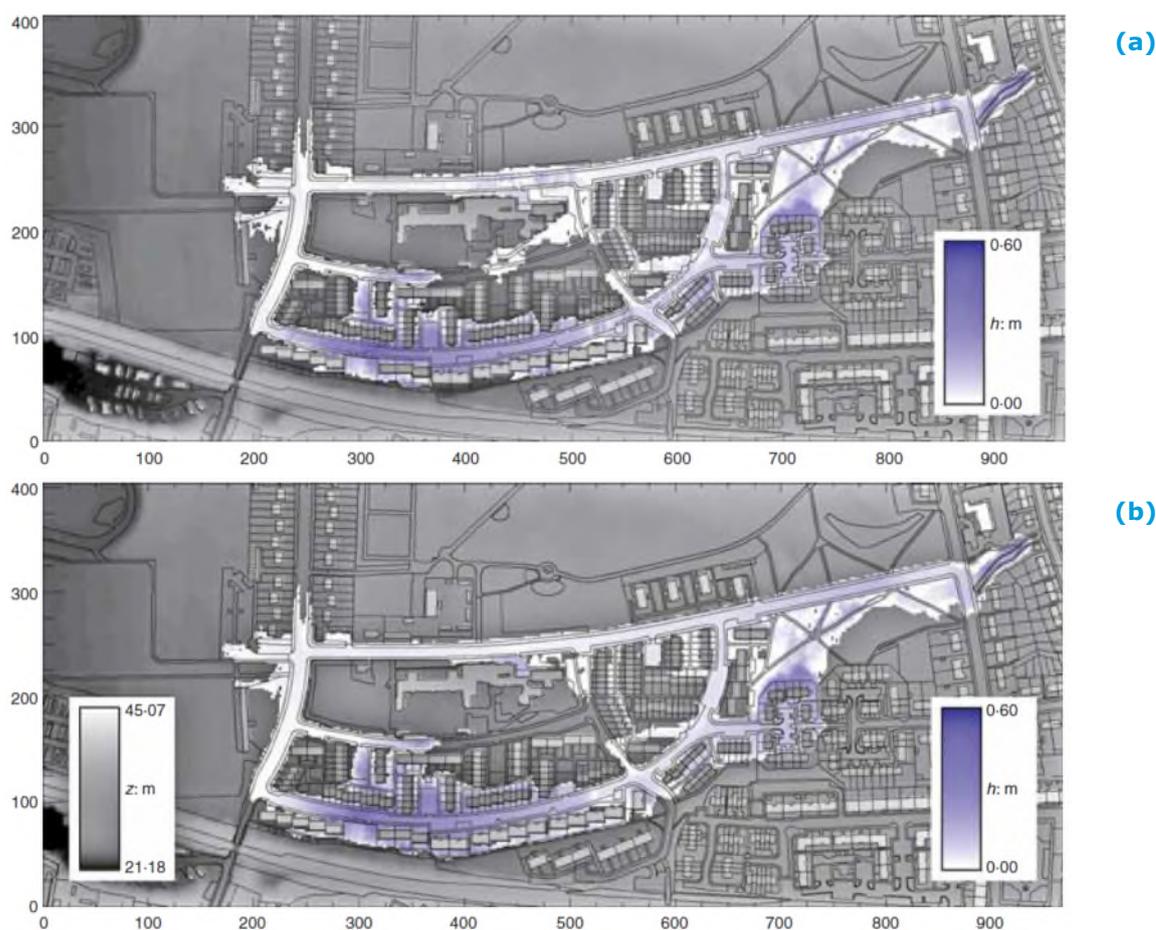


Figura 10. Esempi di applicazione dei modelli JFLOW ^(a) e LISFLOOD-FP ^(b) (Hunter, et al. 2007)

In questa categoria di modelli rientrano gli applicativi elencati di seguito:

- LISFLOOD-FP, sviluppato dal Prof. P. Bates dell'Università di Bristol²² (non commerciale);
- JFLOW, sviluppato dalla società JBA²³ (commerciale);
- CAESAR-LISFLOOD, sviluppato dal Prof. T. Coulthard dell'Università di Hull²⁴ (non commerciale).

Una sintesi dei pregi e difetti di questa classe di modelli è riportata nell'**APPENDICE 4**.

5.1.3 Modelli di drenaggio urbano

Si tratta di modelli (categoria C in **Tabella 5**) sviluppati principalmente per riprodurre le condizioni di funzionamento delle reti fognarie. Le acque meteoriche sono applicate alle aree contribuenti (*i.e.* sottobacini urbani con diverso gradi infiltrazione – in funzione dell'approccio idrologico scelto) e il ruscellamento superficiale è generalmente fatto afferire direttamente nella rete attraverso i pozzetti. Quando la capacità della rete viene superata, l'esondazione e la propagazione viene generata in superficie. Le acque fuoriuscite possono essere fatte rientrare in rete quando le condizioni di carico tornano compatibili e la rete torna ad essere recettiva; diversamente le portate vengono "perse" dal sistema. Le condizioni al contorno che influenzano il sistema (*i.e.* i livelli dei corpi idrici ricettori in corrispondenza dei punti di scarico) possono essere incluse come valori costanti o variabili nel tempo in funzione dei risultati delle valutazioni idrologico-idrauliche condotte sui ricettori.

La complessità dei modelli di rete può variare significativamente. In questa classe rientrano diverse tipologie di modelli ibridi (puramente monodimensionali, combinati 1D in rete e 2D in superficie, etc.) la cui applicabilità dipende dal livello di dettaglio atteso nei risultati. Le principali categorie sono le seguenti:

C1. modelli 1D di rete del tipo store flood water

Questi modelli utilizzano artifici numerici per stoccare le acque esondate dalla rete in strutture virtuali di superficie che possono essere dimensionate per fornire una stima approssimativa della profondità di allagamento e dell'estensione dell'area inondata, a partire dal volume esondato prodotto dalla simulazione.

C2. modelli 1D di rete - 2D di allagamento disaccoppiati

Al termine della simulazione 1D del deflusso in rete, gli idrogrammi di inondazione possono essere aggiunti a modelli di flusso superficiale semplificati del tipo *Direct Rainfall* (metodo B) oppure modelli 2D più complessi che risolvono in modo completo le *shallow water equation* (equazioni di De Saint Venant bidimensionali, desunte dalle *RANS equations* - ulteriori dettagli relativi a questi modelli 2D al **Par. 5.1.4**) riproducendo il deflusso al suolo, altimetricamente ricostruito utilizzando i DSM, e instradano le portate effluenti dal sistema sotterraneo attraverso le strade e intorno agli edifici.

In queste categorie rientrano innumerevoli applicativi, commerciali e non; di seguito si riporta un elenco non esaustivo dei più adottati in ambito professionale e accademico:

- SWMM 5.1²⁵, sviluppato e distribuito dall'Agenzia per l'Ambiente americana (US-Environmental Protection Agency) – non commerciale;

²² <http://www.bristol.ac.uk/geography/research/hydrology/models/lisflood/>

²³ <http://www.jflow.co.uk/>

²⁴ <http://www.coulthard.org.uk/>

²⁵ <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm#downloads>

- MOBIDIC-U²⁶, sviluppato dall'Università degli Studi di Firenze (DICEA) e dall'Università degli Studi di Milano (Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali) – non commerciale;
- MIKE URBAN²⁷, suite modellistica sviluppata dalla società DHI (Danish Hydraulic Institute) - commerciale;
- INFOWORKS ICM²⁸, suite modellistica sviluppata dal centro di ricerca HR Wallingford e distribuito dalla società Innovyze – commerciale;
- SOBEK²⁹ suite sviluppata e distribuita da Deltares - non commerciale.

C3. modelli 1D di rete - 2D di allagamento accoppiati

Questi modelli consistono in un avanzamento del metodo disaccoppiato (C2) in cui il modello 1D (sotterraneo) e 2D (superficiale) sono completamente "accoppiati" ovvero, in caso di esondazione della rete, il flusso di acqua superficiale può rientrare nella rete laddove questa presenti capacità di allentamento. Il ritorno in rete riguarda sempre e solo la componente di deflusso esondata in precedenza non la quota parte delle acque di ruscellamento che non sono mai state riuscite a confluire nella rete.

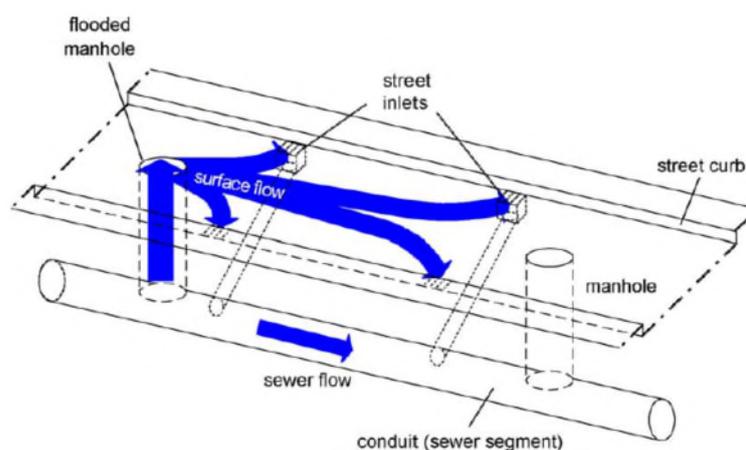


Figura 11. Schema di funzionamento di un modello 1D-2D accoppiato in contesto urbano (Schmitt, Thomas and Ettrich 2004)

In questa categoria di modelli rientrano gli applicativi elencati di seguito:

- MIKE URBAN plus³⁰, suite modellistica sviluppata dalla società DHI (Danish Hydraulic Institute) - commerciale;
- INFOWORKS ICM³¹, suite modellistica sviluppata dal centro di ricerca HR Wallingford e distribuito dalla società Innovyze – commerciale;
- SOBEK³² suite sviluppata e distribuita da Deltares - non commerciale.

Una sintesi dei pregi e difetti di questa classe di modelli è riportata nell'**APPENDICE 4**.

²⁶ <https://sites.unimi.it/smartgreen/2018/06/06/smart-green-plugin/>

²⁷ <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-urban>

²⁸ <http://www.hrwallingford.it/software/infoworks-icm>, <https://www.innovyze.com/en-us/products/infoworks-icm>

²⁹ <https://download.deltares.nl/en/download/sobek/>

³⁰ <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-urban-plus>

³¹ <http://www.hrwallingford.it/software/infoworks-icm>, <https://www.innovyze.com/en-us/products/infoworks-icm>

³² <https://download.deltares.nl/en/download/sobek/>

5.1.4 Modelli per correnti a pelo libero in corsi d'acqua superficiali

Questa classe include i modelli (categoria D in **Tabella 5**) sviluppati per riprodurre l'idraulica delle correnti a pelo libero in corsi d'acqua superficiali (es. fiumi, canali). Si tratta della classica categoria di modelli ampiamente utilizzati nell'idraulica fluviale.

Nell'ambito degli Studi Comunali questi modelli possono essere utilizzati per simulare la dinamica di propagazione dei deflussi (desunti da modelli idrologici di bacino – si veda **Par. 6.2.4**) all'interno del reticolo idrografico minore (RIM) o al più consortile (RIB) e regionale secondario (RSP, RSCM), in funzione della scelta del contesto spaziale di studio (**Par. 3.1.1**).

D1 – Modelli monodimensionali

I modelli monodimensionali rappresentano i corsi d'acqua come una successione di sezioni distribuite lungo l'asse del corpo idrico, per ciascuna delle quali il modello calcola un valore unico di portata e livello, nonché un valore di velocità uniforme per tutta l'area bagnata. Tutti i punti della sezione stessa aventi un'elevazione inferiore vengono considerati simultaneamente occupati dall'acqua anche in assenza di una reale connessione³³ (**Figura 12**). Questo implica che un modello 1D non può essere utilizzato direttamente per calcolare i deflussi all'esterno del canale principale ovvero nelle aree laterali allagabili, né è in grado di stimare le differenze di livello internamente ad una sezione che possono verificarsi in alvei a canali intrecciati o che si determinano in corrispondenza di tratti con elevata curvatura.

Modelli 1D non devono essere applicati laddove il moto non sia prevalentemente unidirezionale o laddove sono presenti strutture o ostacoli che ne alterano anche solo localmente l'uniformità trasversale del campo di moto.

In queste situazioni è possibile ricorrere ad artefatti e semplificazioni che garantiscano margini di incertezza accettabili oppure è necessario optare per modelli bidimensionali (**Par. 5.1.4**).

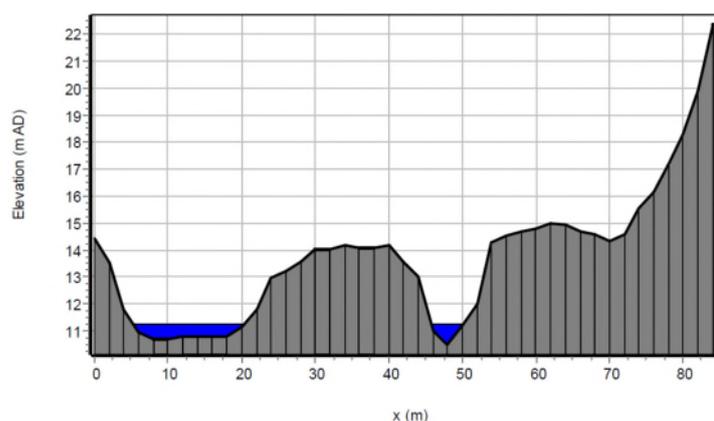


Figura 12. Esempio di sezione in modello idraulica 1D per corpi idrici superficiali (SEPA 2017)

In questa categoria di modelli rientrano innumerevoli applicativi, commerciali e non; di seguito si riporta un elenco non esaustivo dei più adottati in ambito professionale e accademico:

- MIKE 11³⁴ ora MIKE Hydro River, *suite* modellistica sviluppata dalla società DHI (Danish Hydraulic Institute) - commerciale;

³³ A meno che non vengano inseriti artefatti come argini o assimilabili che vincolano il settore da considerare allagabile

³⁴ <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-11>, <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-river>

- INFOWORKS ICM³⁵, *suite* sviluppata modellistica dal centro di ricerca HR Wallingford e distribuito dalla società Innovyze – commerciale;
- TUFLOW³⁶, sviluppato e distribuito dalla società BMT - commerciale;
- HEC-RAS 5.0³⁷, sviluppato e distribuito gratuitamente da US Army Corps of Engineers – non commerciale.

D2 – Modelli bidimensionali

Laddove la dinamica di allagamento avviene a pelo libero in contesti prettamente bidimensionali (es. ruscellamento in aree pianeggianti urbane, deflusso in aree interessate da allagamento o in fiumi con una morfologia complessa) diventa dirimente l'adozione di modelli 2D che risolvono le cosiddette *2D shallow water equations* (note anche come equazioni di De Saint Venant nelle due dimensioni - (Hervouet 2007)) derivabili dall'integrazione sulla verticale delle *RANS equations* (*Reynolds-averaged Navier-Stokes equations*) fatta l'assunzione di una distribuzione idrostatica della pressione. Una soluzione a queste equazioni può essere ottenuta da una varietà di metodi numerici (es. metodi alle differenze finite, agli elementi finiti o ai volumi finiti) utilizzando diverse griglie numeriche (es. cartesiane regolare, strutturate o non strutturate - **Figura 13**), ciascuna con i propri vantaggi e svantaggi nel contesto della modellazione di allagamento urbano o extra-urbano soggetto ad inondazione.

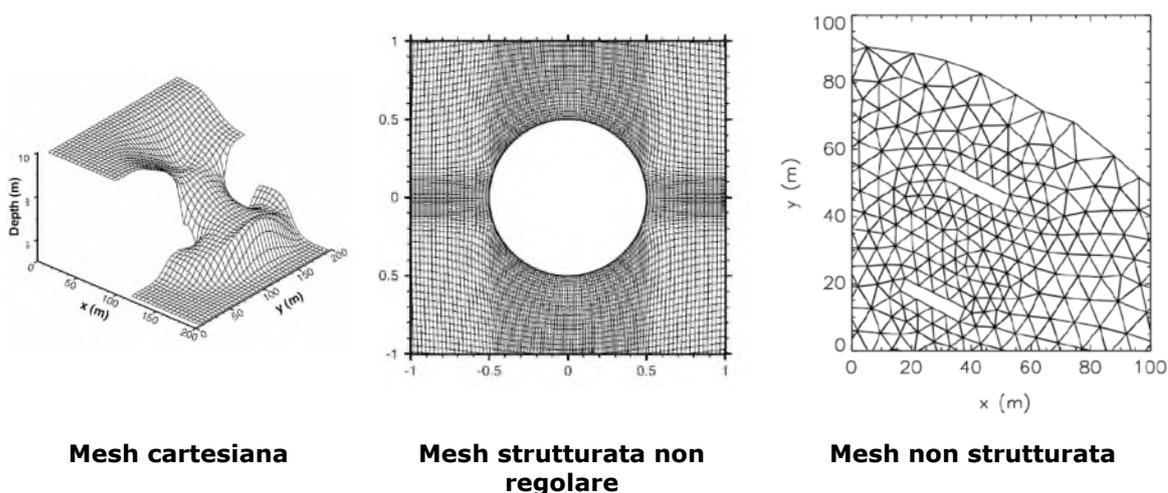


Figura 13. Esempio di mesh numeriche per la discretizzazione di un dominio 2D (Defra, Environment Agency 2009)

In questa categoria di modelli rientrano innumerevoli applicativi, commerciali e non; di seguito si riporta un elenco non esaustivo dei più adottati in ambito professionale e accademico:

- TELEMAC³⁸, *suite* modellistica sviluppata da una serie di centri di ricerca e società (Electricite de France, Sogreah, HR Wallingford, Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales, Bundesanstalt fur Wasserbau, Daresbury laboratory) – non commerciale
- MIKE FLOOD³⁹, *suite* modellistica sviluppata dalla società DHI (Danish Hydraulic Institute) - commerciale;

³⁵ <http://www.hrwallingford.it/software/infoworks-icm> , <https://www.innovyze.com/en-us/products/infoworks-icm>

³⁶ <https://www.tuflow.com/>

³⁷ <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/downloads.aspx>

³⁸ <http://www.opentelemac.org/index.php/download>

³⁹ <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-flood>

- INFOWORKS ICM⁴⁰, *suite* sviluppata modellistica dal centro di ricerca HR Wallingford e distribuito dalla società Innovyze – commerciale;
- TUFLOW⁴¹, sviluppato e distribuito dalla società BMT - commerciale;
- BASEMENT⁴², sviluppato e distribuito dal ETH (Dept. of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, Lab of Hydraulics, Hydrology & Glaciology) di Zurigo – non commerciale;
- HEC-RAS 5.0⁴³, sviluppato e distribuito gratuitamente da US Army Corps of Engineers – non commerciale.

Una sintesi dei pregi e dei difetti di questa classe di modelli è riportata nell'**APPENDICE 4**.

5.1.5 Modelli integrati

Questi modelli (categoria E in **Tabella 5**) riproducono in modo integrato e completamente accoppiato sia i processi di ruscellamento delle piogge cadute al suolo e non sono confluite in rete, sia i processi di generazione dei deflussi all'interno delle aree contribuenti / trasferimento in rete o nei corpi idrici superficiali / propagazione all'interno della rete o dei corpi idrici superficiali.

Lo sviluppo di questi modelli avanzati è meno consolidato di quelli più semplificati descritti nei paragrafi precedenti (Schmitt, Thomas and Ettrich 2004). Solo da pochi anni solo disponibili alcuni modelli (solo commerciali per quanto di conoscenza degli scriventi) particolarmente avanzati che riescono ad implementare tutti questi processi in una unica *suite*, gestendo dinamicamente le connessioni tra tutte le componenti dell'apparato modellistico.

La classe dei "modelli integrati" può essere suddivisa nelle seguenti due categorie, a seconda di quali aspetti modellistici vengono effettivamente integrati.

E1 - integrazione modelli rete / fluviale

Laddove i sistemi di superficie e fognari interagiscono con corpi idrici superficiali rilevanti (es. fiumi, bacini) l'uso di modelli integrati di rete (e superficiali) / fluviali (o lacustri) può essere utilizzato per prevedere al tempo stesso gli effetti indotti sulle condizioni di deflusso associate al corpo idrico superficiale e viceversa. L'uso di questi modelli appare giustificato qualora sia necessario valutare nel dettaglio i processi di mutua influenza ovvero qualora gli impatti attesi in entrambi i sistemi (rete vs fluviale) siano potenzialmente rilevanti e comparabili. Qualora l'influenza e gli effetti di incremento del pericolosità idraulica siano trascurabili in uno dei due sistemi rispetto all'altro, è sufficiente una modellazione disaccoppiata in cui le dinamiche idrauliche di un sistema (quello influenzato in modo minore) rappresentino le condizioni al contorno per l'altro.

E2 - integrazione ruscellamento superficiale / deflusso in rete

Gli approcci tradizionali di drenaggio (modelli classe C – **Par. 5.1.3**) normalmente indirizzano il deflusso prodotto da un'area contribuente direttamente a un tombino. Miglioramenti recenti nella funzionalità di alcuni modelli complessi ha consentito di applicare le *flow routines* superficiali non solo alle portate esondate dalla rete, ma anche direttamente alle piogge cadute durante l'evento meteorico riproducendo in modo diretto il processo di generazione degli afflussi e il loro (anche parziale) trasferimento all'interno della rete, fognaria ma anche superficiale, direttamente la pioggia su una superficie 2D.

Ciò genera un deflusso dalla superficie urbana che viene poi intercettato dai calanchi e dai tombini, consentendo così a una certa proporzione di deflusso di entrare nella rete di drenaggio. Allo stesso

⁴⁰ <http://www.hrwallingford.it/software/infoworks-icm> , <https://www.innovyze.com/en-us/products/infoworks-icm>

⁴¹ <https://www.tuflow.com/>

⁴² <http://www.basement.ethz.ch/>

⁴³ <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>

modo, quando il sistema di drenaggio è al superamento della capacità, i flussi possono essere modellati sulla superficie 2D. In questo approccio di modellizzazione, è possibile modellare sia l'inondazione pluviale che quella di superamento. Questi modelli rappresentano un miglioramento di quelli del tipo C i quali presuppongono che tutto il volume di *flooding* entri direttamente nella rete di drenaggio.

In questa categoria di modelli rientrano gli applicativi elencati di seguito:

- MIKE URBAN plus⁴⁴, suite modellistica sviluppata dalla società DHI (Danish Hydraulic Institute) - commerciale;
- INFOWORKS ICM⁴⁵, suite modellistica sviluppata dal centro di ricerca HR Wallingford e distribuita dalla società Innovyze - commerciale;
- SOBEK⁴⁶ suite sviluppata e distribuita da Deltares - non commerciale.

Una sintesi dei pregi e dei difetti di questa classe di modelli è riportata nell'**APPENDICE 4**.

5.2 Criteri di ammissibilità dei modelli applicati

Nell'ambito degli Studi Comunali, i professionisti dovranno utilizzare uno o più modelli che rientrano nelle categorie descritte nei paragrafi precedenti.

Al fine di tutelare l'affidabilità e la riproducibilità dei risultati prodotti, i modelli applicati dovranno rispettare almeno uno dei seguenti criteri:

- siano stati sottoposti a procedure di *benchmarking* da parte di agenzie o enti di ricerca indipendenti di comprovata esperienza (si vedano ad esempio (Hunter, et al. 2007), (Defra and Environment Agency 2010));
- siano stati sottoposti agli standard di valutazione suggeriti dalla *International Association for Hydraulic Research* (IAHR) e la documentazione di validazione è resa disponibile;
- sono stati sviluppati o approvati dalle principali agenzie ambientali responsabili della valutazione del (es. UK-EA, US-EPA);
- non rientrino nella lista dei modelli considerati non accettabili dalla US-FEMA⁴⁷ (<https://www.fema.gov/numerical-models-no-longer-accepted-fema-national-flood-insurance-program-usage>);
- presentino un codice sorgente aperto, la rispettiva documentazione di supporto sia liberamente consultabile ed esista almeno una pubblicazione su riviste ISI con *impact factor* non inferiore a 3 durante l'anno della loro pubblicazione.

⁴⁴ <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-urban-plus>

⁴⁵ <http://www.hrwallingford.it/software/infoworks-icm>, <https://www.innovyze.com/en-us/products/infoworks-icm>

⁴⁶ <https://download.deltares.nl/en/download/sobek/>

⁴⁷ <https://www.fema.gov/numerical-models-no-longer-accepted-fema-national-flood-insurance-program-usage>

6 CONDIZIONI AL CONTERNO

Tutti i modelli, indipendentemente dalla loro complessità, gestiscono un "dominio spaziale", che costituisce l'intera area di interesse dello studio o parte di essa. Le condizioni al contorno definiscono che cosa accade al confine di tale dominio e, in caso di connessione con un secondo modello, contengono l'informazione che deve essere scambiata (*linking*).

6.1 Condizioni al contorno geometriche

Nelle presenti Linee Guida le grandezze che definiscono la geometria del dominio sono considerate condizioni al contorno in quanto di fatto definiscono il "limite" inferiore o laterale (si pensi ad esempio alla sezione di un corpo idrico superficiale delimitato da arginature) in cui defluiscono i deflussi.

Nei paragrafi seguenti viene fornito un riepilogo delle modalità di definizione delle geometrie di un modello distinguendo le casistiche per semplicità in:

- Geometrie del sistema di drenaggio urbano (rete, manufatti ausiliari, comprese le opere cosiddette di SuDS) – **Par. 6.1.1**;
- Geometrie dei corpi idrici superficiali (incluse le opere di attraversamento) – **Par. 6.1.2**;
- Superfici interessate da ruscellamento superficiale (deflusso esclusivo di acque meteoriche cadute al suolo e deflusso di acque di esondazione da rete fognaria o corpi idrici superficiali) – **Par. 6.1.3**;
- Aree (bacini) contribuenti – **Par. 6.2.4**.

6.1.1 Geometrie del sistema di drenaggio urbano

Geometria della rete fognaria

La geometria della rete dovrà essere costruita a partire dal *dataset* in formato GIS messo a disposizione del Gestore della fognatura (si veda **Par. 4.2.1**) utilizzando, in corrispondenza dei nodi della rete modellata, le informazioni disponibili relativamente a pozzetti e opere. I nodi inseriti nel modello dovranno riportare indicazione del codice del singolo pozzetto o opera (si veda **APPENDICE 3**). I nodi fittizi creati per ragioni di verifica/stabilità dovranno essere codificati in modo da essere facilmente identificabili. Tutti i punti di scarico nei ricettori dovranno essere modellati esplicitamente e la loro collocazione dovrà essere imposta fedelmente utilizzando le informazioni geografiche fornite.

Nelle aree notoriamente interessate da criticità idrauliche (desumibili in via preliminare dal DS) dovranno essere inserite tutte le tratte, i pozzetti e le opere accessorie. In generale non è richiesto l'inserimento di tutte le connessioni laterali delle singole proprietà, a meno di accordi specifici con l'Amministrazione Comunale o nel caso di applicazioni di modelli del Tipo III.

Le geometrie della rete non potranno in nessun caso essere semplificate rispetto alla configurazione originale desumibile dai dati forniti, fatta eccezione per applicazioni localizzate di approcci modellistici del Tipo I o dove la semplificazione è richiesta per motivi di instabilità numerica. In ogni caso le semplificazioni applicate dovranno essere dovutamente documentate nella Relazione idraulica.

Tutte le aree contribuenti dovranno essere connesse ad un nodo e quindi ad almeno un punto di scarico.

Al termine dell'inserimento della rete dovrà essere condotta una verifica degli *asset* mancanti o degli errori (macroscopici). I dati mancanti o incorretti dovranno essere replicati secondo le

indicazioni riportate in **APPENDICE 2**. A seconda del tipo di approccio modellistico adottato (Tipo I-III) potrà essere richiesta un'integrazione dei dati mancanti tramite rilievo ad hoc.

I profili principali della rete dovranno essere rivisti per verificare dove le lunghezze tra i nodi sono incorrette o mancanti. In questo caso gli errori possono indicare che (i) la lunghezza di una tratta è stata omessa (ii) la connettività dei nodi è stata definita in modo errato oppure (iii) la geolocalizzazione del nodo non è corretta.

In caso di dimensioni mancanti (i.e. diametro, larghezza, altezza) o di una loro diminuzione verso valle osservata lungo i profili principali, le dimensioni stesse devono essere riviste e corrette dove necessario. Le dimensioni mancanti in singole tratte devono essere desunte dalle tratte di monte e di valle se note. Se tra le tratte di monte e di valle non si rileva una variazione di dimensione è possibile assumere che nella tratta mancante la dimensione sia la stessa.

Laddove è presente un cambio di dimensione la rete deve essere verificata per individuare la confluenza più prossima lungo il profilo; quella confluenza potrà essere assunta come il punto in cui inizia il cambio di dimensione.

In caso di mancanza puntuale di informazioni relativamente alla quota del chiusino o del torrino è possibile utilizzare la quota dal pozzetto più prossimo.

L'uso dei DTM è un metodo rapido e generalmente accurato per sopperire ai dati di livello mancanti solo nel caso in cui il DTM è stato desunto da rilievo LiDAR (si veda **Par. 4.2.1**). È necessario prestare attenzione alla sostituzione automatica nelle aree in cui sono presenti brusche variazioni spaziali della quota come ad esempio nei pressi di un argine o terrazzamenti.

Come ultima possibilità, le quote delle coperture possono essere interpolate linearmente in base ai livelli noti a monte e a valle, ciò è da evitarsi nelle aree in cui che il sistema va in crisi e si verificano allagamenti.

I profili delle principali assi della rete devono essere controllati anche per identificare tratte in contropendenza che debbono essere verificate ed eventualmente corrette per interpolazione ove necessario. L'interpolazione non deve essere applicata in corrispondenza di opere accessorie, in aree notoriamente soggette ad allagamento o in aree dove tratte in contropendenza siano reali. I dati mancanti devono essere completati tramite rilievi realizzati ad hoc oppure utilizzando fonti affidabili (es. documenti progettuali), ove disponibili.

Tutte le interpolazioni o correzioni devono essere rese rintracciabili tramite annotazioni specifiche all'interno del modello.

Le perdite di carico in corrispondenza di tombini e pozzetti sono perdite di energia dovute alla successione di fenomeni di espansione/contrazione all'ingresso e all'uscita dall'opera oltre all'eventuale cambio di direzione. Le perdite sono più elevate laddove vi sono cambiamenti di direzione bruschi, dove le velocità sono elevate o dove la presenza del nodo porta a condizioni di elevata turbolenza.

La maggior parte dei modelli include moduli che eseguono il calcolo automatico delle perdite in entrata e in uscita nei pozzetti in base all'angolo di approccio dei tubi. Tuttavia, questi calcoli sono basati su una serie di ipotesi standard che potrebbero non tenere conto delle condizioni locali e dell'idraulica di strutture specifiche, in particolare di opere in linea complesse.

Il modello deve essere controllato per garantire che i coefficienti di perdita puntuali siano applicati realisticamente. Potrebbe essere necessaria una regolazione manuale, ad esempio in caso di immissioni di tubazioni laterali in collettori principali con angoli acuti o laddove ci siano valori particolarmente elevati.

Le perdite di carico in corrispondenza di opere in linea complesse (compresi gli interventi strutturali di SuDS) devono essere calcolate "a mano", utilizzando moduli di calcolo dedicati o a seguito della calibrazione nel modello. Anche in questo caso è necessario includere una nota specifica che indichi l'approccio adottato.

Devono essere effettuati controlli per identificare le tratte con pendenza elevata all'interno della rete ove le perdite puntuali possono avere un forte impatto sui livelli nella rete a monte.

Il calcolo e l'inclusione del volume utile stoccato all'interno dei tombini è una parte importante del processo di costruzione della geometria del modello. Ai volumi stoccati nei pozzetti si aggiunge teoricamente quello accumulato nelle caditoie stradali e nelle connessioni con le proprietà. Laddove considerato, la stima di questo volume si fonda sull'assunzione di una singola connessione per ogni proprietà.

La maggior parte delle applicazioni modellistiche include la possibilità di applicare automaticamente questa stima. Questi metodi normalmente usano informazioni relative alla popolazione e/o alla densità degli edifici che devono essere inseriti nel modello.

L'adozione di questi metodi dovrà essere indicata nelle note interne al modello e nella relazione tecnica.

Geometria dei manufatti ausiliari

I manufatti ordinari e di controllo delle reti fognarie tipicamente includono gli sfioratori di troppo pieno, le derivazioni, gli impianti di sollevamento, le vasche volano, i sistemi di controllo o regolazione dei deflussi e le immissioni negli impianti di depurazione. Lungo i corsi d'acqua superficiali, i manufatti includono i ponti, i ponti-canale, gli sfioratori laterali e i sottopassi alle opere/infrastrutture interferenti.

Tali opere dovranno essere rappresentate correttamente per garantire risposte modellistiche accettabili, e dovranno essere modellate esplicitamente, laddove possibile usando le quote reali degli scorrimenti e le dimensioni effettive, evitando l'uso di moduli equivalenti (a meno che non sia strettamente necessario riprodurre un comportamento idraulico che va oltre le capacità del software applicato).

Per strutture altamente complesse, può essere utilizzata la modellazione fluidodinamica computazionale (modelli cosiddetti CFD - *Computational Fluid Dynamic model*) per analizzare le prestazioni idrauliche di dettaglio e generare curve di carico/scarico utili all'inclusione nei modelli di drenaggio urbano.

Per l'analisi dettagliata di strutture o gruppi di strutture (ad esempio impianti di depurazione) possono anche essere utilizzati modelli idraulici in moto uniforme utili a generare curve di comportamento specifiche da utilizzarsi nei modelli di drenaggio urbano.

Tutti i dettagli relativi alla modellazione delle strutture ausiliarie, insieme con i calcoli rilevanti relativi alle perdite di carico, coefficienti adottati ecc., dovranno essere chiaramente documentati e registrati nelle parti della relazione dedicate al processo di modellizzazione.

Geometria dei SuDS

I sistemi di SuDS tentano di replicare la risposta idrologica naturale dei bacini trasformati ad uso urbano e possono essere applicati ad un'ampia gamma di scale, dalla singola proprietà fino a parti consistenti di aree urbane.

Taluni possono essere rappresentati modificando i parametri della modellazione idrologica del processo di formazione del run-off oppure tramite la rappresentazione esplicita delle componenti riepilogate di seguito:

- SuDS del tipo superficiale, come coperture permeabili o tetti verdi, possono essere riprodotte modificando la componente idrologica accoppiata a quella idraulica, ma possono richiedere dettagli costruttivi nel caso in cui l'applicazione modellistica ha finalità progettuali o verifica di dettaglio;
- (*detention storage*) sistemi di stoccaggio temporaneo o di infiltrazione di piccola scala possono essere modellati modificando la componente idrologica accoppiata a quella idraulica o possono essere rappresentati esplicitamente ma in questo caso richiedono dettagli costruttivi nel caso in cui l'applicazione modellistica ha finalità progettuali o verifica di dettaglio;
- (*detention storage*) sistemi di stoccaggio temporaneo o di infiltrazione di grande scala dovranno essere modellati esplicitamente.

L'approccio modellistico applicato ai SuDS dovrà considerare il comportamento del sistema in occasione delle condizioni estreme di massimo riempimento o quando la massima infiltrazione possibile è stata superata inducendo un cambio nella risposta e nella performance del sistema. Un approccio modellistico dettagliato garantirà una migliore rappresentazione della risposta degli SuDS agli eventi estremi.

La rappresentazione accurata di SuDS che include fattori di facilitazione dell'infiltrazione possono richiedere test per determinare localmente i valori reali di conducibilità idraulica, come alternativa alla misurazione delle portate scaricate dal sistema e la deduzione dei tassi di infiltrazione per differenza.

Le motivazioni che hanno indirizzato la scelta degli approcci modellistici dovranno essere documentate chiaramente all'interno della relazione tecnica, inclusi i metodi di simulazione del comportamento per le condizioni estreme di pioggia, falda alta oppure altre condizioni estreme.

6.1.2 Geometrie dei corpi idrici superficiali

I corsi d'acqua superficiali inclusi nel contesto di studio potranno essere modellati tramite uno schema 1D per rappresentare il deflusso interno a top spondali del canale o utilizzando una mesh 2D per rappresentare i deflussi nelle superfici pianeggianti o sub-pianeggianti laterali allagabili. Situazioni più complesse possono richiedere un modello 2D come descritto nel **Par. 5.1**.

Come anticipato al **Par. 3.1.1**, gli enti competenti sui corpi idrici superficiali presenti all'interno del territorio comunale potrebbero già disporre di un modello numerico dei corsi d'acqua che interferiscono con la rete fognaria e/o i corpi idrici minori di competenza comunale. Pertanto, tali modelli possono essere richiesti e utilizzati o incorporati nel nuovo modello in fase di implementazione per il singolo SC. Qualora questi dati vengano messi a disposizione, dovrà essere rivista la tabella riassuntiva dei dati di supporto per determinare se sono adatti all'uso.

Il requisito di spaziatura delle sezioni trasversali inserite nel modello idraulico del reticolo minore dipende dalla precisione richiesta dalla modellazione del singolo corpo idrico. Laddove il corpo idrico superficiale venga semplicemente utilizzato per il trasporto dei deflussi, una rappresentazione grossolana può essere soddisfacente con sezioni trasversali fino a 200 m di reciproca distanza.

Tuttavia, le sezioni trasversali per i tratti chiave in cui vi è interazione con altri sistemi di drenaggio, criticità idrauliche note o dove elementi come ponti e altre strutture possono influenzare l'efficienza idraulica del corso d'acqua. devono trovarsi a non più di 50 m di distanza.

Per la modellizzazione dei corpi idrici principali si consigliano le seguenti regole di massima:

- non più di 20W di distanza, dove W è la larghezza massima del corso d'acqua;
- non più di $1/(2S)$ di distanza, dove S è la pendenza media del corso d'acqua;

- non più di $0,2 H / S$ a parte, dove H è la profondità media tra i top spondali e S è la pendenza media.

Comunque, in piccoli corsi d'acqua in cui la profondità del flusso è modesta, l'ultima regola può risultare troppo onerosa ed essere ignorata.

Le sezioni inserite nel modello dovranno avere una forma di codifica dei nomi esplicitata e chiarita all'interno della relazione. I nomi delle sezioni dovranno essere costruiti utilizzando i valori progressivi lungo l'asta del corso d'acqua.

Geometria dei manufatti di attraversamento

I modelli dedicati ai corsi d'acqua superficiali dovranno includere tutte le strutture significative, inclusi i sottopassi, i ponti, gli sfioratori e altri controlli. Alcune strutture possono essere omesse per migliorare la stabilità del modello e la velocità di simulazione laddove tali opere non abbiano un impatto significativo sulle condizioni generali di deflusso.

Attraversamenti con configurazioni semplici potranno essere modellati come brevi tratti tombinati per migliorare la stabilità del modello, laddove appropriato. Gli impalcati e le opere accessorie di ponti complessi o attraversamenti che potranno essere sormontati dovranno essere modellati esplicitamente.

6.1.3 Superfici interessate da ruscellamento superficiale

La rappresentazione standard delle superfici allagate in caso di modellazione 1D della rete e del *flooding* superficiale prevede lo stoccaggio virtuale temporaneo dei deflussi di troppo pieno in volumi fittizi associati ai singoli pozzetti. Il volume di esondazione ritorna in rete durante la simulazione quando questa torna ad essere recettiva.

La rappresentazione più complessa e corretta di questi fenomeni deve considerare la dinamica bidimensionale di ruscellamento dove:

- si verificano fenomeni di esondazioni significativi al punto che i deflussi possono trasferirsi ed interessare porzioni della rete fognaria o superficiale diverse da quella da cui si è originato l'allagamento;
- i fenomeni di allagamento interessano proprietà o terreni in altri sottobacini idraulici anche distanti dai punti di origine dell'esondazione;
- le inondazioni possono interessare proprietà o terreni in più rispetto a quelli che hanno già sperimentato storicamente problemi di questo tipo;
- vi è allagamento dai sistemi di drenaggio superficiale (corpi idrici superficiali RIM o altri secondari).

La modellazione 2D può richiedere tempo di preparazione e deve essere utilizzata solo dove richiesto. Tuttavia, l'applicazione di approcci completi idraulici 2D a bassa risoluzione o usando modelli semplificati (e.g. *direct rainfall*) può essere estesa all'intero bacino per avere una panoramica delle inondazioni in cui non è richiesta una modellazione dettagliata e viceversa applicare maggiore dettaglio con approcci di tipo ibrido.

È fondamentale garantire che l'area modellata in 2D sia sufficientemente ampia da catturare tutti i flussi superficiali in modo che le acque di allagamento escano dal dominio solo in corrispondenza delle *mesh* limitrofe ai ricettori.

Nella seguente **Tabella 12** è riportata una sintesi delle possibili modalità di simulazione dei deflussi di troppo pieno dalla rete o dai corpi idrici superficiali.

Tipo	Num. Dimensioni	Descrizione ed uso
Volumi stoccati temporaneo	1D	I volumi esondati vengono stoccati in un cono definito dal professionista e rientrano in rete quando questa torna ad essere recettiva. Questo approccio è spesso applicato di default dei modelli più utilizzati. Dimensioni standard dei volumi di stoccaggio: <ul style="list-style-type: none"> • profondità 0,1 m e estensione pari al 10% del bacino in cui ricade il pozzetto • profondità 1 m e estensione pari al 100% del bacino in cui ricade il pozzetto
Volumi persi dal sistema	1D	Tutti i volumi di piena vengono persi dal sistema Questo approccio può essere utilizzato laddove è risaputo che i volumi di troppo pieno vengono scaricati in corpi idrici non modellati il cui livello non viene influenzato dallo scarico (Es. laghi)
Sigillatura dei pozzetti	1D 2D	Il livello dell'acqua all'interno dei pozzetti (assunti "sigillati") può salire indefinitamente senza che accada allagamento. Questo approccio può essere utilizzato per nodi della rete che sono stati effettivamente sigillati o per nodi fittizi introdotti per questioni di stabilità
Ruscigliamento superficiale	2D	La portata di troppo pieno dal pozzetto allaga una <i>mesh</i> del dominio 2D. La portata è calcolata utilizzando formule di stramazzone adeguatamente parametrizzate per tenere conto della non esatta corrispondenza tra il fenomeno reale e quello standard corrispondente alla formula da letteratura. Questo è il metodo applicato di default nella modellistica 2D accoppiata e non.

Tabella 12. Principali schematizzazioni dei fenomeni di allagamento (CIWEM 2017)

Laddove la tipologia di modello selezionata richieda la rappresentazione bidimensionale degli output deve essere preventivamente valutato il livello di risoluzione spaziale di tale rappresentazione. Data l'assenza di riferimenti normativi in contesto italiano, nelle presenti Linee Guida si suggerisce di adottare le indicazioni fornite in (CIWEM 2017).

Le aree soggette a modellazione 2D potranno avere diversi livelli di dettaglio. Di seguito sono definiti quattro livelli a risoluzione crescente:

- aree rurali (es. fasce allagamento corpi idrici superficiali oggetto della modellazione del RIM): scabrezza varia in funzione dell'uso del suolo, unica superficie con funzione lineare di allagamento o poche *mesh* di grandi dimensioni, pareti di difesa contro le inondazioni
- aree urbane a bassa risoluzione- uso di poligoni di *meshing* per le sole strade, valore unico di scabrezza;
- aree urbane a media risoluzione – poligoni di *meshing* costruiti considerando edifici, strade e strutture significative come muri, arginature, ecc.
- aree urbane a dettagliate – come quelle a media risoluzione con l'integrazione delle geometrie delle caditoie.

I tombini all'interno delle zone 2D possono essere collegati alla maglia 2D o "virtualmente sigillati", ove appropriato. Laddove connessi, è necessario applicare un coefficiente di perdita di carico per governare il trasferimento delle portate dal modello 1D di rete a quello 2D di superficie.

Le zone 2D dovrebbero essere nominate in modo appropriato, ad esempio utilizzando nomi di quartieri o settori cittadini o i corpi superficiali afferenti.

In caso di discretizzazione a medio-bassa risoluzione è possibile applicare un ribassamento alle superfici stradali nell'ordine di 10-15 cm per rappresentare l'effetto di canalizzazione non percepibile dal dato DSM.

Gli edifici, nelle schematizzazioni 2D, sono comunemente trattati come aree vuote causando situazioni irrealistiche di accumulo nelle zone omesse. Una migliore alternativa è quella di rappresentare gli edifici come oggetti tozzi fittizi (di altezza normalmente pari 30 cm) oppure oggetti porosi.

Muri e altre strutture (con altezza e configurazione che possono avere effetto sul ruscellamento) devono essere aggiunti nelle zone critiche del dominio di calcolo.

Nella seguente **Tabella 13** è riportato un riepilogo dei principali parametri caratterizzanti la rappresentazione delle zone 2D.

Tipo di zona		Area urbana a bassa risoluzione	Area urbana a media risoluzione	Area urbana ad elevato dettaglio	Area rurale
Minima risoluzione del DSM utilizzato		2	1	1	5
Dimensione singoli elementi [m²]	Max	250	100	25	250
	Min	75	25	25	75
Dimensione singoli elementi strada [m²]	Max	n.n.	25	n.n.	n.n.
	Min		10	2,5	
Abbassamento manuale del livello delle superfici stradali [mm]		n.n.	150	150	n.n.
Edifici		Solo quelli con area > 100 m ²	tutti	tutti	n.n.
Muri		n.n.	Solo quelli significativi	tutti	n.n.
Altre strutture		n.n.	Solo quelle significative	tutte	Solo quelle significative
Caditoie		n.n.	Solo quelle nei pressi di nodi strategici	tutte	n.n.
Numero minimo di classi di scabrezza		1	1	1	Il necessario in funzione dell'uso del suolo
n.n. = non necessario o non applicabile					

Tabella 13. Principali caratteristiche e parametri richiesti per la discretizzazione delle zone 2D (CIWEM 2017)

La scabrezza delle aree 2D influenza la velocità del flusso di ruscellamento e l'attenuazione dei picchi di piena in transito sulla superficie ed essa stessa influenzata dal materiale di cui è formata la superficie, la presenza di irregolarità, la velocità di flusso e la presenza di vegetazione.

I valori di scabrezza potranno essere stimati usando valori disponibili in letteratura (es. (Chow V.T. 1959).

6.1.4 Aree (bacini) contribuenti

Aree contribuenti in contesto urbano

La perimetrazione delle aree contribuenti urbane (o bacini scolanti) rappresenta un dato che, nella maggior parte dei casi, viene fornito direttamente dal Gestore della fognatura in quanto richiede una profonda conoscenza del sistema di drenaggio esistente.

Per ogni bacino scolante si dispone in genere delle seguenti informazioni:

- estensione totale;
- estensione delle superfici aventi copertura impermeabile (tetti, coperture, pavimentazioni continue tipo strade, parcheggi);
- estensione delle superfici aventi copertura drenante o semi-drenante (vialetti, strade o parcheggi drenanti, etc.);
- estensione delle rimanenti superfici permeabili;
- codice del/i pozzetto/i o dell'opera di chiusura dell'areale urbano (potenzialmente utilizzabile per la schematizzazione modellistica accoppiata / disaccoppiata);

- informazioni relative alla popolazione e alla dotazione idrica (e.g. densità abitativa, dotazione, etc.).

Qualora tali informazioni non rientrino nel *dataset* costruito durante le fasi di reperimento dati, il professionista dovrà ricavarle utilizzando i dati territoriali reperiti (privilegiando quelli più recenti e risolti spazialmente) descritti al **Par. 4.2.4**. Il risultato della distrettualizzazione dovrà essere condiviso con il Gestore della fognatura prima dello sviluppo delle condizioni geometriche del modello. Le dimensioni massime consigliate per bacini urbani con rete separata è di 4 ettari; la dimensione massima per sistemi misti invece è pari a 2 ettari.

Il professionista, di concerto con l'Amministrazione Comunale, dovrà valutare la corretta caratterizzazione dei sistemi di drenaggio delle acque meteoriche delle principali aree industriali e commerciali presenti nel territorio comunale. In assenza di dati dovranno essere condotte attività di ricognizione presso i principali stabilimenti e/o aree commerciali. I dati reperiti dovranno essere esplicitati nel Registro Dati (**APPENDICE 5**); i documenti di riferimento dovranno essere elencati nella relazione idraulica.

Aree drenanti in contesto rurale (extra-urbano)

La digitalizzazione dei bacini rurali extra-urbani dovrà essere condotta in ambiente GIS utilizzando i seguenti dati:

- DTM a 5 m (o da rilievo LiDAR);
- utilizzando *tool* automatici di estrazione⁴⁸;
- dati distribuiti dagli Enti territoriali⁴⁹.

La definizione dei limiti dei bacini o sottobacini può essere un processo che richiede tempo e che influenza l'accuratezza e l'attendibilità dei modelli applicati al reticolo superficiale. I bacini devono essere impostati adottando ove possibile le seguenti accortezze e criteri:

- accorpate zone omogenee per uso del suolo o caratteristica pedologica, per agevolare la stima dei deflussi di base e infiltrazione, nonché l'applicazione dei modelli idrologici lumped che fondano le stime degli afflussi su coefficienti di deflusso superficiale ponderati sull'area;
- eventuali grandi aree impermeabili, esistenti o programmate, sviluppatesi al di fuori dei centri urbani principali, ovvero circondate da territori prevalentemente rurali, dovranno essere modellate individualmente per semplificare la rappresentazione di eventuali misure mitigazione;
- bacini idrici di grandi dimensioni dovrebbero essere ridotti in sottobacini di modeste dimensioni per applicare in modo più appropriato modelli afflussi-afflussi.

Qualora il bacino idrografico:

- (i) ricada in un ambito di bassa pianura,
- (ii) presenti pendenze interne ridotte (<0,1%)
- (iii) presenti una rete di drenaggio meccanizzata, il cui funzionamento è regolato dalla movimentazione di organi di manovra (e.g. paratoie, chiaviche, etc.)

⁴⁸ Es. Watersheds Tool in ambiente ArcGIS – ESRI, Hydrological analysis in ambiente QGIS

⁴⁹ ISPRA – dati wms relativi ai bacini idrografici principali e secondari

http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/Bacini_idrografici.map ; dati Regione Lombardia – Geoportale Regionale - <http://www.geoportale.regione.lombardia.it> ;

il professionista dovrà supportare l'attività di digitalizzazione con rilievi di campo ad hoc in cui siano coinvolti anche gli operatori locali (es. persone Consorzi di Bonifica) che possono artificialmente regolare i deflussi.

6.2 Condizioni al contorno idrologiche

Le procedure per la valutazione delle condizioni al contorno di tipo idrologico includono le elaborazioni necessarie per quantificare gli afflussi meteorici afferenti al dominio di calcolo sotto forma di *loadings* e i metodi per determinare la quota parte degli afflussi che effettivamente contribuisce a formare i deflussi superficiali e nella rete.

Tali procedure possono essere applicate indipendentemente dalla geometria del sistema, sia essa una rete fognaria, un corpo idrico superficiale o una superficie interessata direttamente dalla precipitazione al suolo e dal ruscellamento.

Nei paragrafi a seguire è riportato un riepilogo:

- delle principali variabili idrologiche necessaria per la predisposizione dello SC (tempo di ritorno dell'evento meteorico – **Par. 6.2.1**; durata dell'evento meteorico di riferimento – **Par. 6.2.2**; ietogrammi sintetici – **Par. 6.2.3**);
- dei principali metodi applicabili per la definizione delle condizioni al contorno di tipo idrologico (**Par. 6.2.4**).

6.2.1 Tempo di ritorno dell'evento pluviometrico

Il RR indica espressamente i tempi di ritorno che devono essere utilizzati per la costruzione dell'evento meteorico di progetto. L'art. 14 comma 7 indica che *"lo SC contiene la definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni"*.

Il valore di 10 anni riprende il valore soglia adottato normalmente in Lombardia per il dimensionamento delle reti fognarie.

I TR più elevati (50 e 100 anni) sono invece i medesimi imposti dall'Art. 11 del RR per il dimensionamento delle opere di invarianza (50 anni per il dimensionamento, 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza).

6.2.2 Durata dell'evento critico

Le curve di probabilità pluviometrica (**Par.4.2.2**) permettono di determinare l'altezza totale di pioggia $h_T(d)$ di durata d con un assegnato periodo di ritorno TR . Una volta definito il tempo di ritorno, è necessario riconoscere, in base alle caratteristiche morfologiche del bacino scolante e della rete, quale sia la durata dell'evento pluviometrico che determini l'insorgere del massimo valore della portata all'interno del sistema di drenaggio comunale (evento critico).

Come per i bacini idrografici naturali anche per i bacini di drenaggio urbano si deve definire un tempo di corrvazione che in questo caso viene chiamato tempo di concentrazione t_c . Esso è il tempo impiegato dalla particella idraulicamente più sfavorita, cioè quella che cade nel punto più lontano del bacino, ad arrivare nella sezione di chiusura o punto di scarico del sistema nel ricettore finale (nel caso di più punti di scarico si deve valutare il punto avente il percorso associato con il maggiore tempo di percorrenza). Il concetto che sta alla base tempo di concentrazione è piuttosto intuitivo: fino a quando l'acqua caduta sul punto più lontano non avrà raggiunto la sezione di chiusura la portata di piena non sarà raggiunta poiché non tutte le superfici scolanti del bacino avranno contribuito con la loro aliquota di deflusso superficiale a generare la portata al colmo.

Da molti studi condotti (Centro Studi Deflussi Urbani 2008) il tempo di concentrazione viene scelto quale durata dell'evento critico o di progetto poiché è quel tempo che manderà in crisi il sistema di

drenaggio. Infatti, se si considerasse un tempo di durata dell'evento di progetto inferiore questo non determinerebbe lo sviluppo completo della piena e quest'ultima si esaurirebbe prima della messa in crisi del sistema. Al contrario, se l'evento di progetto avrà un tempo superiore a quello di concentrazione la piena nella sezione di chiusura, e certamente anche nel sistema a monte, sarà pienamente sviluppata e manderà in pressione le condotte se non atte a ricevere quella determinata pioggia.

La verifica degli specchi di una rete fognaria richiede la valutazione delle massime portate al colmo o portate critiche che si possono verificare nelle varie sezioni della rete con assegnato periodo di ritorno. Per perseguire questo obiettivo normalmente si utilizzano semplici modelli concettuali basati su ipotesi semplificative del complesso fenomeno di formazione delle piene. I metodi per il dimensionamento degli specchi usati nella progettazione impongono che la sezione del collettore finale sia dimensionata sulla base delle piogge di progetto. I metodi tornano utili e sono uguali nel caso in cui si voglia calcolare il tempo di concentrazione di un sistema di drenaggio urbano poiché di facile applicazione. Il tempo di concentrazione viene stimato utilizzando delle formule che esprimono un legame fra alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione e i parametri della curva pluviometrica determinata a ed n .

Nelle presenti Linee Guida, al fine di:

- favorire quanto più possibile la redazione di SC coerenti dal punto di vista metodologico con le procedure di calcolo suggerite nel RR (relativamente al dimensionamento delle opere di invarianza),
- favorire lo svolgimento di studi che, dal punto di vista metodologico, siano di facile impostazione e verifica, privi di complicazioni accessorie,

si elencano due metodi ampiamente utilizzati nella pratica:

- il metodo della corrivazione o cinematico lineare classico (suggerito a titolo indicativo nell'Allegato G del RR);
- il metodo dell'invaso lineare italiano.

Resta a discrezione del professionista l'uso di metodi alternativi assimilabili a quelli suggeriti. Di seguito si riporta una breve disamina dei suddetti metodi.

Metodo della corrivazione o cinematico lineare

Il metodo della corrivazione cerca di ricostruire il cammino della particella d'acqua senza considerare eventuali invasi. Si basa sulle considerazioni che:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in punti diversi del bacino impiegano tempi diversi per arrivare alla sezione di chiusura;
- il contributo di ogni singolo punto del bacino alla portata di piena è direttamente proporzionale alla intensità della pioggia caduta nel punto in un istante precedente quello del passaggio della piena del tempo necessario perché detto contributo raggiunga la sezione di chiusura;
- questo tempo è caratteristico di ogni singolo punto e invariante nel tempo.

Ne consegue che esiste un tempo di concentrazione t_c caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura.

Il professionista, dopo aver inserito tutta la rete fognaria sottesa alla sezione di chiusura e aver delimitato i sottobacini afferenti ad ogni ramo della rete, per determinare al t_c deve far ricorso alla somma di due tempi:

$$t_c = t_a + t_r \quad \text{Eq. 4}$$

dove:

t_a "tempo di accesso alla rete", ovvero tempo massimo che impiegano le particelle di pioggia a raggiungere la rete fognaria a partire dal tempo di caduta;

t_r "tempo di rete", ovvero il tempo necessario per lo scorrimento all'interno della rete di drenaggio del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di chiusura del bacino.

Il tempo di rete (t_r) dovrà può essere calcolato utilizzando la formula di (Becciu, Mambretti and Paoletti 1997):

$$t_r = \sum_i^n \frac{L_i}{1,5 V_{ui}} \quad \text{Eq. 5}$$

dove:

L_i [m] è la lunghezza dell' i -esimo tronco degli n tronchi che costituiscono il percorso idraulicamente più lungo;

V_{ui} [m/s] è la velocità di moto uniforme che assume la portata di piena nelle singole tratte.

Il tempo di accesso alla rete (t_a) è sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa e il livello di realizzazione dei drenaggi minori che determinano quindi una veloce o lenta entrata in rete. Il valore normalmente assunto nella progettazione è sempre stato compreso tra 5 e 15 minuti; i valori più bassi vengono usati per aree di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza, e i valori più alti nei casi opposti.

In queste Linee Guida si suggerisce quanto segue:

- per bacini scolanti aventi area superiore a 10 Ha: $t_a = 15$ minuti
- per bacini scolanti aventi area inferiore a 10 Ha si consiglia l'uso della seguente **Eq. 6** (Mambretti S. and Paoletti A. 1997)

$$t_{ai} = \frac{0,5 l_i}{S_i^{0,375} (\varphi_i S_i)^{0,25}} \quad \text{Eq. 6}$$

dove:

t_{ai} = tempo di accesso dell' i -esimo sottobacino [s];

l_i = massima lunghezza del deflusso superficiale dell' i -esimo sottobacino [m];

s_i = pendenza media dell' i -esimo sottobacino [];

S_i = area dell' i -esimo sottobacino [Ha];

φ_i = coefficiente di deflusso medio ponderato dell' i -esimo sottobacino [];

Le ipotesi alla base del metodo cinematico sono:

- che il funzionamento dei collettori sia autonomo, trascurando quindi eventuali rigurgiti indotti sui singoli rami da parte dei collettori a valle;
- che il deflusso dei singoli rami avvenga in condizioni di moto uniforme,
- che il comportamento della rete nel suo complesso sia sincrono, cioè che i diversi collettori raggiungono contemporaneamente il massimo valore della portata.

Metodo dell'invaso lineare

Il metodo dell'invaso lineare esalta il fenomeno della laminazione degli afflussi meteorici svolto dal volume d'acqua $W(t)$ che si deve immagazzinare sulla superficie S del bacino scolante sotteso e nella rete a monte, perché attraverso una sezione di un collettore si abbia il deflusso della portata $Q(t)$. Il metodo si basa sull'equazione di continuità, considerando lineare il legame tra il volume $W(t)$ complessivamente invasato sul bacino e nella rete e la contemporanea portata $Q(t)$ defluente attraverso la sezione finale del collettore:

$$P - Q = \frac{dW}{dt} \quad \text{Eq. 7}$$

dove P è l'afflusso sul bacino (m^3/s).

La relazione fondamentale dell'invaso, con cui si calcola il tempo di riempimento massimo della rete T_r , da assumere pari a t_c , è la seguente:

$$T_r = \frac{W}{Q} \ln \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right) \quad \text{Eq. 8}$$

dove ε , secondo la versione del metodo proposta da Supino, è un parametro calcolabile come

$$\varepsilon = \frac{P}{Q} = 6,26n^2 - 8,21n + 3,93 \quad \text{Eq. 9}$$

con n = esponente della LSPP.

Passando alla portata per unità di superficie e all'invaso specifico, si ha la seguente relazione:

$$u = 2168 \frac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{w^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}} \quad \text{Eq. 10}$$

dove:

u = coefficiente udometrico (l/sHa), rapporto tra la portata Q e la superficie S

W = volume dell'invaso specifico dato dal rapporto tra W_M e S

a, n = parametri LSPP

Il volume totale invasato a monte della sezione di calcolo (W_M) viene determinato in base alla relazione

$$W_M = w_0 S + W_I + \sum_{i=1}^{I-1} W_i \quad \text{Eq. 11}$$

dove:

w_0 è il volume per unità di superficie dei piccoli invasi costituito dal velo idrico presente sulle superfici scolanti, nonché dai volumi invasati nelle capacità secondarie (pozzetti, caditoie, drenaggio stradale), che comunque contribuiscono al deflusso – valore desumibile dalla letteratura tecnica (da indicare espressamente nella relazione tecnica dello SC);

W_I è l'invaso proprio, cioè il volume invasato all'interno del collettore I considerato;

W_i è il volume degli invasi di monte, cioè il volume invasato all'interno del collettore i -esimo, a monte del tratto I considerato.

Le ipotesi alla base del metodo sono uguali a quelle del metodo della corrivazione indicate in precedenza.

Identificazione del valore finale della durata dell'evento critico

I valori di t_c desunti dall'applicazione dei metodi della corrivazione e dell'invaso rappresenteranno le stime preliminari della durata effettiva dell'evento critico.

Il professionista, utilizzando il modello calibrato e validato, dovrà:

- produrre una gamma completa di eventi di progetto (ietogramma del tipo Chicago -si veda dettagli al **Par. 6.2.3**) con tempo di ritorno pari a 5 anni, della durata compresa tra 15 minuti e 24 ore, inclusi i valori di durata ottenuti con i metodi classici (qualora significativamente differenti);
- dovrà simulare tutti gli eventi sintetici e identificare quello più gravoso in termini di estensione delle aree allagate e/o percentuale della rete con riempimento superiore al 80%.

La durata critica di riferimento così determinata sarà utilizzata per l'implementazione degli scenari descritti nel **Capitolo 9**.

6.2.3 Ietogramma di progetto

Una volta calcolata la durata critica è necessario ricostruire i corrispondenti ietogrammi sintetici della medesima durata che saranno utilizzati come *input* di pioggia per riprodurre gli eventi di scenario.

Uno ietogramma di progetto "artificiale" o "sintetico" è caratterizzato:

- dalla durata totale t_p dell'evento, generalmente uguale al tempo di concentrazione t_c ;
- dall'altezza di pioggia totale h_p ricavata dalla LSPP associata al TR di riferimento;
- dalla distribuzione nel tempo dell'altezza di pioggia totale h_p .

Sarebbe desiderabile che un singolo ietogramma sintetico avesse lo stesso tempo di ritorno sia per tutte le intensità critiche, sia per l'altezza complessiva dell'evento simulato. Purtroppo, ciò non è possibile, e i vari ietogrammi sintetici rispettano solo parzialmente tali condizioni.

In genere, uno ietogramma di progetto riesce a riprodurre, con il tempo di ritorno assegnato, solo alcune o solo una delle caratteristiche degli ietogrammi osservati (intensità media, intensità del picco, altezza di pioggia totale, ecc.).

Gli ietogrammi sintetici più utilizzati in ambito tecnico/professionale sono i seguenti:

- **ietogramma rettangolare**

Sicuramente lo ietogramma più utilizzato; presenta una intensità costante pari al rapporto tra la pioggia cumulata desunta dalla LSPP (h_p) e la durata dell'evento (t_p) assunta pari a quella critica (t_c).

- **Ietogramma triangolare**

Concepito da (Yen B. and Chow V. 1980) per introdurre l'effetto di picco, trascurato dallo ietogramma rettangolare; le caratteristiche principali sono quelle di avere un picco con intensità doppia rispetto all'intensità media i_m ed entrambi i rami di tipo lineare (ascendente e discendente) ciascuno con durata pari a $t_p/2$.

- **Ietogramma di Chicago (adozione suggerita per gli SC)**

A differenza dei due precedentemente descritti e costruiti, uno ietogramma coerente con la curva di possibilità pluviometrica è quello cosiddetto "Chicago" (Keifer J. and Chu H. 1957). Questa tipologia è la più utilizzata per il dimensionamento delle reti scolanti in quanto permette di simulare

eventi meteorici intensi e concentrati, con portate al colmo relativamente maggiori rispetto agli altri ietogrammi.

La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Lo ietogramma Chicago presenta un picco di intensità in una posizione che può essere fissata a priori (all'inizio, alla fine o in una posizione intermedia) – nel caso in esame si suggerisce di fissare il picco a $0,4 t_p$.

Lo ietogramma Chicago presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base. Inoltre, esso, pur essendo dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica, risente solo in minima parte, se la durata complessiva è sufficientemente lunga, della sottostima dei volumi insita nel procedimento di definizione delle curve stesse.

È lasciata a discrezione al professionista l'adozione di ietogrammi differenti da quelli suggeriti a condizione che la scelta sia giustificata e supportata tecnicamente.

6.2.4 Modelli idrologici afflussi-deflussi

La costruzione di un modello idrologico di qualsivoglia bacino, che sia esso urbano o rurale, deve portare alla simulazione di un qualunque evento meteorico osservandone la conseguente risposta in base a come esso è stato geometricamente costruito ed in base al modello di afflussi/deflussi che si è deciso di adottare per riprodurre i fenomeni di infiltrazione, ovvero delle perdite idrologiche.

Di base si possono distinguere due macro-categorie di approcci al problema:

- approccio semplificato che tiene conto dell'infiltrazione calcolando uno ietogramma di pioggia netta decurtata della componente di infiltrazione;
- approccio modellistico più articolato che riproduce in modo più o meno completo il processo di infiltrazione al suolo.

A seguire si riporta una breve disamina dei principali metodi che rientrano in queste categorie.

Calcolo idrogramma pioggia netta

Questi metodi si basano sulla classica "formula razionale" applicata a scala di bacino per riprodurre in modo speditivo e semplificato i deflussi superficiali al netto della quota parte infiltrata (o comunque persa dal sistema), costante e invariabile.

Il deflusso netto viene calcolato in base ad un coefficiente di deflusso medio ponderato alla scala di ogni singolo bacino.

Noto il tempo di corrivazione per ogni singolo bacino idraulico (si veda **Par. 6.2**), il "Metodo Razionale" (coincidente con il metodo cinematico lineare di cui al **Par. 6.2**) consente di determinare la massima portata al colmo in uscita a partire da una formula del tipo:

$$Q_p = \psi \frac{i(T_R, t_c)A}{360} \quad \text{Eq. 12}$$

dove:

- Q_p , portata critica (netta) = portata di progetto (netta) (m^3/s);
- ψ , coefficiente di afflusso, che tiene conto della riduzione di afflusso meteorico per effetto dell'infiltrazione nei terreni, valutato nell'ipotesi conservativa di intensità di pioggia inferiore alla capacità di infiltrazione dei terreni;
- $i(T_R, t_c)$, intensità media della precipitazione espressa in (mm/h) corrispondente ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (t_c) ed avente un tempo di ritorno T_R (in anni);

- A , superficie del bacino scolante espressa in (Ha).

La riduzione dei deflussi avviene per effetto dell'infiltrazione considerata di fatto solo attraverso il coefficiente di afflusso Ψ che può essere espresso mediante il rapporto tra l'acqua infiltrata (F) e la relativa precipitazione (P) su un dato bacino scolante:

$$\Psi = 1 - \frac{F}{P} \quad \text{Eq. 13}$$

I coefficienti di afflusso per ogni area contribuente (bacino scolante) dovranno essere assegnati facendo riferimento alle indicazioni reperibili nella letteratura scientifica di settore (ad esempio CSDU, 2008). Il coefficiente di afflusso costituisce uno dei principali parametri oggetto delle procedure di calibrazione la cui scelta quindi deve essere attentamente ponderata dal professionista.

Modellazione del processo di infiltrazione

Nella modellistica numerica dei deflussi in contesti urbani e rurali, per la valutazione della pioggia netta si adottano spesso metodologie più complesse della semplice adozione di un coefficiente di deflusso, come nel caso dell'applicazione del metodo razionale. Le principali perdite che determinano su un bacino urbano sono:

- l'intercettazione, l'evaporazione e l'evapotraspirazione determinate dalla vegetazione;
- la ritenzione nelle superfici depresse;
- l'infiltrazione nel sottosuolo.

Quest'ultimo fenomeno è senza dubbio quello quantitativamente più rilevante ai fini della valutazione della pericolosità idraulica in caso di eventi meteorici estremi, mentre meno significativo, seppur non sempre trascurabile, è la perdita temporanea che avviene per stoccaggio di parte dei deflussi superficiali nelle zone depresse del terreno, dalle quali l'acqua viene successivamente sottratta per evaporazione e infiltrazione.

Nell'ambito in idrologia tecnica si definiscono:

- infiltrazione = velocità con cui l'acqua viene sottratta dalla superficie al suolo [mm/h];
- capacità di infiltrazione = massima velocità con cui un suolo, in qualsiasi condizione, è in grado di assorbire acqua [mm/h].

Il fenomeno dell'infiltrazione può essere considerato come una successione di tre fasi:

- entrata dell'acqua nel suolo;
- propagazione verso l'acquifero più superficiale attraverso la tessitura del suolo,
- conseguente saturazione del suolo stesso all'interno della cosiddetta zona vadosa.

Ognuna di queste fasi influenza la capacità di infiltrazione che varia nel tempo in funzione dell'avanzamento del fronte di umidità nel terreno, nonché della porosità della matrice.

Esistono svariati modelli in letteratura che possono essere applicati nell'ambito della modellazione idrologica a scala di bacino urbano o rurale. Nella seguente **Tabella 14** è riportato un elenco non esaustivo dei principali metodi con alcune indicazioni specifiche utili all'eventuale applicazione negli SC.

Modello	Contesto di applicazione	Note
Modello di infiltrazione di Horton	Superfici permeabili	Capacità di infiltrazione in ogni istante proporzionale alla differenza tra la capacità nell'istante generico t e la capacità asintotica. Capacità di infiltrazione correlata empiricamente ai tipi di suolo (classi SCS) Per dettagli si veda anche l'Allegato F del RR
Modello di infiltrazione di Green-Ampt	Superfici permeabili	Modello fisicamente basato. Sviluppato per la modellazione del run-off in superfici permeabili. Selezione dei valori dei parametri condotta sulla base della conoscenza delle proprietà fisiche dei suoli. La percentuale di deflusso varia nel tempo durante l'evento meteorico. Applicabile per simulazioni in continuo. Non considera i fenomeni evapotraspirativi.
Modello CN del Natural Resources Conservation Service (ex US - Soil Conservation Service)	Superfici permeabili Normalmente applicabile a bacini rurali	Sviluppato per la modellazione del run-off per superfici permeabili e bacini idrografici rurali (extra-urbani). Ampiamente applicato in US. Selezione dei valori dei parametri condotta sulla dell'uso del suolo. La percentuale di deflusso varia nel tempo durante l'evento meteorico.
Procedura Wallingford	Superfici permeabili ed impermeabili in aree urbane	Equazione di correlazione basata sul tipo di terreno, livello di umidità e proporzione della superficie pavimentata. Valori dei parametri facilmente misurabili e ampiamente utilizzati in UK. Il deflusso percentuale non varia durante ogni evento, quindi non è adatto alle simulazioni di eventi di lunga durata. Teoricamente può essere utilizzato per simulazione in continuo dato che il livello di umidità può essere aggiornato all'inizio di ogni evento.

Tabella 14. Sintesi dei possibili modelli idrologici applicabili per la riproduzione dei processi di infiltrazione

Il professionista, in funzione della base dati reperita (**Par.4.2**) e del livello di dettaglio modellistico definito dall'Amministrazione Comunale (**Par. 3.1.2**) potrà applicare uno dei modelli sopra indicati tenendo in considerazione i seguenti aspetti:

- la scelta di ogni modello deve essere esplicitata e motivata nella relazione a supporto dello SC (a maggior ragione se il modello non è incluso nella **Tabella 14**);
- la scelta del metodo idrologico deve essere condotta tenendo conto della possibilità di sottoporre il modello al processo di calibrazione variando pochi parametri chiave. In caso di calibrazione è preferibile l'applicazione di metodi che siano:
 - semplici,
 - sensibili alla variazione di pochi parametri anche non rigorosamente basati sulla fisica del processo di infiltrazione ma concettualmente correlati alle caratteristiche di uso del suolo,
 - non strettamente dipendenti dalle condizioni iniziali del suolo.

- il RR, nell'Allegato F, esplicita esclusivamente il metodo di Horton come possibile metodo di maggiore dettaglio alternativo all'uso di metodi semplificati basati sui coefficienti di deflusso.

Modellazione del processo di infiltrazione nei modelli 2D

Un approccio alternativo alla rappresentazione del deflusso a scala di bacino scolante (approccio del tipo "lumped") è quello che si adotta per i modelli cosiddetti "direct rainfall" (si veda **Par. 5.1.2** per ulteriori dettagli) nei quali il fenomeno del *run-off* superficiale è riprodotto alla scala della singola *mesh* di discretizzazione del dominio applicando le precipitazioni direttamente alla superficie 2D. Questo approccio è spesso indicato anche come "approccio modellistico pluviale". Questo tipo di approccio è in continuo sviluppo; è importante quindi che il professionista applichi un metodo che corrisponda il più possibile alla più recente *best practice* o linee guida disponibili.

Il principale vantaggio di questo approccio *direct rainfall* è che può riprodurre l'eventuale propagazione dei deflussi superficiali tra diversi sistemi di drenaggio. Lo svantaggio principale è che richiede un dettaglio elevato nella definizione del modello digitale del terreno.

Come dettagliato al **Par. 5.1.2**, un approccio di questo tipo, semplificato, permette di condurre valutazioni idrauliche su larga scala: si assume che l'afflusso al sistema di drenaggio sia alimentato da una percentuale fissa netta della pioggia; il modello superficiale viene utilizzato per rappresentare esclusivamente i deflussi di *overflowing*.

I modelli 2D di solito sono idonei all'applicazione di metodi semplificati del tipo pioggia netta (ottenuta decurtando quella totale tramite un coefficiente di deflusso assimilabile a quello usato per il metodo razionale) applicata uniformemente all'intera superficie di deflusso; in caso di valori del coefficiente di deflusso spazialmente variabile la pioggia dovrà essere pre-processata spazializzarne l'intensità. Questi modelli generalmente non includono un modulo che simula l'evapotraspirazione; non sono adatti a simulazione in continuo.

6.3 Condizioni al contorno idrauliche

Per condizioni al contorno di tipo idraulico si intende in generale l'insieme dei vincoli imposti al sistema in termini di livello e/o portata in corrispondenza dei suoi estremi di monte e di valle.

Per motivi di chiarezza espositiva, nelle presenti Linee Guida, si è assunto che tutte le condizioni idrauliche del sistema cosiddette "di monte" siano costituite da serie idrologiche di valori di portata desunte tramite i modelli afflussi-deflussi descritti al **Par. 6.2.4**.

Questo paragrafo si concentra esclusivamente sulle procedure per la valutazione delle condizioni al contorno idrauliche "di valle" necessarie per definire l'andamento nel tempo dei livelli e/o delle portate in corrispondenza dei punti di recapito del sistema verso l'esterno.

Nello specifico nei paragrafi a seguire vengono dettagliati i seguenti argomenti:

- definizione delle condizioni al contorno in funzione della disponibilità di dati idrologici e delle caratteristiche dei bacini idraulici del sistema di drenaggio e del corpo idrico ricettore (**Par. 6.3.1**);
- definizione delle condizioni al contorno nel caso in cui il ricettore sia un collettore fognario intercomunale (**Par. 6.3.2**);
- definizione delle condizioni al contorno per superfici 2D (**Par. 6.3.3**);
- definizione delle condizioni idrauliche iniziali (**Par. 6.3.4**).

6.3.1 Definizione delle condizioni al contorno

Ogni sistema di drenaggio oggetto di uno SC, urbano e extra-urbano che sia, può avere uno o più punti di scarico in uno o più ricettori.

Laddove uno dei ricettori del sistema sia un corpo idrico superficiale facente parte del RIRU, può essere necessario considerare la probabilità congiunta di accadimento sincrono dell'evento estremo di scenario nel sistema di drenaggio con un evento straordinario anche nel ricettore. Questa eventualità non può essere tralasciata.

Per questo motivo il professionista dovrà intraprendere i seguenti passaggi metodologici.

1. Analisi di dettaglio di ciascun punto di scarico (e.g. a quale reticolo idrografico appartiene il ricettore? esistono dati idrologici associati al ricettore? qual è l'ente competente sul ricettore?);
2. Attribuzione di ciascun punto di scarico ad una delle casistiche descritte nella seguente **Tabella 15**;
3. Ricostruzione delle condizioni idrauliche al contorno per ciascun scenario (**Capitolo 9**) secondo quanto indicato nella **Tabella 16**.

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
<p>Sono disponibili dati idrologici storici acquisiti contemporaneamente nel ricettore (livelli o portate) e nel sistema di drenaggio (piogge nel bacino, livelli o portate a monte a monte dello scarico nel ricettore) per un periodo di almeno 20 anni o per un numero non inferiore a 30 eventi.</p> <p>I dati consentono di desumere una funzione univoca di probabilità condizionata (statisticamente significativa) tra la magnitudo dell'evento nel sistema drenante e quella del contemporaneo evento nel ricettore</p>	<p>Non sono disponibili dati idrologici utili all'applicazione del teorema della probabilità congiunta.</p> <p>Il corpo idrico ricettore e il sistema di drenaggio presentano tutte le seguenti caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ dimensioni comparabili; ▪ adiacenza territoriale; ▪ disponibile modelli idrologico-idraulici per il bacino del ricettore 	<p>Non sono disponibili dati idrologici utili all'applicazione del teorema della probabilità congiunta</p> <p>Il corpo idrico ricettore e il sistema di drenaggio NON presentano le caratteristiche del caso 2.</p>	<p>Non sono disponibili dati idrologici utili all'applicazione del teorema della probabilità congiunta</p> <p>Il rapporto tra l'area del bacino del corpo ricettore (calcolata in corrispondenza della sezione di immissione) e l'area del sistema di drenaggio è maggiore 1000</p>

Tabella 15. Casistiche di valutazione della probabilità congiunta

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
<ol style="list-style-type: none"> 1. utilizzo della funzione di probabilità condizionata per ricostruire la probabilità di accadimento nel ricettore data quella nel sistema drenante; 2. ricostruzione dell'evento nel ricettore con tale probabilità di accadimento; 3. simulazione degli scenari nel sistema di drenaggio e il concomitante evento nel ricettore. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. applicazione dello stesso evento meteorico di scenario applicato al sistema di drenaggio anche al bacino del ricettore; 2. utilizzo dei risultati (livelli) ottenuti dal modello, per ciascun scenario, nel ricettore come condizione al contorno di valle del modello 	<ol style="list-style-type: none"> 1. analisi delle sezioni trasversali disponibili sul corpo idrico ricettore nei pressi del punto di scarico 2. stima della portata soglia che defluisce nel ricettore senza produrre allagamenti (Q_{max}) 3. calcolo del livello nel ricettore associato ad una portata pari a $0,5 Q_{max}$ (ipotesi moto uniforme) 4. utilizzo del livello ottenuto come condizione al contorno di valle per tutti gli scenari condotti sul sistema di drenaggio 	<ol style="list-style-type: none"> 1. si assume perfetto asincronismo (equivalente alla indipendenza idrologica) tra l'accadimento dell'evento di piena nel ricettore e nel sistema di drenaggio 2. stima della portata soglia che defluisce nel ricettore senza produrre allagamenti (Q_{max}) 3. calcolo del livello nel ricettore associato ad una portata pari a $0,1 Q_{max}$ (ipotesi moto uniforme) 4. utilizzo del livello ottenuto come condizione al contorno di valle per tutti gli scenari condotti sul sistema di drenaggio

Tabella 16. Procedure per la definizione delle condizioni idrauliche al contorno associate agli scenari

Le indicazioni riportate in **Tabella 15** e **Tabella 16** discendono dalla necessità di individuare una procedura per la valutazione, anche semplificata, della potenziale eventualità di accadimento congiunto di eventi di piena nei distretti urbani e nei rispettivi ricettori.

Per quanto a conoscenza degli scriventi, allo stato attuale in Italia, non sussistono indicazioni metodologiche riconosciute che consentono di affrontare il problema della probabilità congiunta di accadimento in bacini idrografici con un regime potenzialmente sincrono. In altre realtà (UK), il problema è stato affrontato (principalmente in relazione alla probabilità di accadimento congiunto di eventi da terra e mareggiate) facendo riferimento ad estensive base dati e analisi statistiche svolte dalle agenzie territoriali nazionali (Defra 2006).

Nelle Linee Guida in oggetto sono state utilizzate esclusivamente le indicazioni riportate nel manuale tecnico sviluppato dalla *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO 2000) e adottato dalla *US Federal Highway Administration* (FHWA 2013).

Nello specifico, le indicazioni riportate nella seguente **Tabella 17** sono state utilizzate come criterio di definizione del Caso 4 (**Tabella 16**) caratterizzato dalla sostanziale indipendenza idrologica degli eventi.

Area Ratio	Frequencies for Coincident Flow			
	10-year Design		100-year Design	
	Main Stream	Tributary	Main Stream	Tributary
10,000 to 1	1	10	2	100
	10	1	100	2
1,000 to 1	2	10	10	100
	10	2	100	10
100 to 1	5	10	25	100
	10	5	100	25
10 to 1	10	10	50	100
	10	10	100	50
1 to 1	10	10	100	100
	10	10	100	100

Tabella 17. Tabella delle probabilità congiunte di accadimento (FHWA 2013)

I valori riportati in **Tabella 17** discendono dall'assunzione semplificativa che l'indipendenza idrologica del comportamento di due bacini idraulici può essere valutata qualitativamente mediante il confronto tra l'area del sistema di drenaggio e l'area del bacino del corpo idrico ricettore.

Ad esempio, se il sistema di drenaggio ("tributary" in **Tabella 17**) ha un'area molto più piccola di quella del bacino del ricettore (rapporto compreso maggiore di 1000), ad un evento di progetto con tempo di ritorno pari a 10 anni nel bacino tributario corrisponde un evento nel corpo idrico ricettore ("main stream" in **Tabella 17**) con ricorrenza media annuale (TR = 1 anno). Similmente, ad un evento di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni nel bacino tributario corrisponde un evento nel corpo idrico ricettore con tempo di ritorno pari a 2 anni.

È lasciata a discrezione del professionista l'adozione di metodi differenti da quelli suggeriti a condizione che la scelta sia giustificata e supportata tecnicamente.

6.3.2 Scarico in collettori fognari intercomunali

Nel caso in cui i punti di recapito del sistema di drenaggio si collochino su un collettore fognario intercomunale, il professionista dovrà consultare direttamente il Gestore della rete fognaria per concordare le modalità di stima delle condizioni idrauliche di valle del sistema urbano.

6.3.3 Superfici di ruscellamento

Ai margini delle zone 2D dovrà essere utilizzata una condizione al contorno di deflusso del tipo moto uniforme.

6.3.4 Condizioni iniziali

Le condizioni iniziali che descrivono lo stato del sistema prima dell'inizio dell'evento di pioggia critico e dei rispettivi deflussi sono necessarie per tutti i tipi di modelli. Le condizioni iniziali consistono in informazioni sul deflusso e sul livello in ogni punto del modello (sezioni trasversali 1D per la rete e i corpi idrici superficiali, ogni singola mesh in caso di modelli 2D).

Per i modelli di rete la condizione iniziale può essere desunta analizzando di dati relativi alle condizioni di deflusso in tempo asciutto, ovvero i dati relativi alla dotazione idrica media e alla densità della popolazione (**Par. 4.2.2**).

Per quanto riguarda invece i modelli 2D, essendo utilizzati prevalentemente per simulare fenomeni di allagamento di aree in precedenza non occupate dall'acqua, la portata è assunta pari a zero in tutto il dominio all'inizio della simulazione e fa in modo che il modello simuli la propagazione completa dell'evento a partire da un contesto asciutto.

7 CALIBRAZIONE, VALIDAZIONE E ANALISI DI SENSITIVITÀ

La modellizzazione idrologico-idraulica in ambito urbano ed extraurbano presenta notevoli aree di incertezza a causa della mole di dati in *input* e della complessità degli apparati modellistici adottati.

La crescente consapevolezza delle intrinseche limitazioni dei modelli ha reso sempre più consolidata l'applicazione di procedure di *testing* ovvero di calibrazione, validazione e analisi di sensitività.

Nello specifico lo svolgimento della calibrazione e della validazione è cruciale per determinare il grado di confidenza che può essere riposta nei risultati di ogni modello. L'analisi di sensitività invece risulta importante per la quantificazione del livello di incertezza associata alle principali variabili *driver* del sistema modellato per le quali permane incertezza.

Questo capitolo indica le procedure che devono essere intraprese per sottoporre a *testing* gli apparati modellistici adottati negli SC, distinguendo tra calibrazione (**Par. 7.2**), validazione (**Par. 7.3**) e analisi di sensitività (**Par. 7.4**). Indicazioni aggiuntive vengono fornite al **Par. 7.5** in merito ai problemi che possono occorrere al professionista in fase di *testing*.

7.1 Calibrazione

Con il termine calibrazione si intende il processo di *tuning* (aggiustamento) dei principali parametri di un modello (es. i coefficienti di scabrezza della rete o delle aree oggetto di allagamento) all'interno di un range di esistenza con senso fisico, che porta all'ottenimento della migliore corrispondenza (*fitting*) tra gli eventi simulati e quelli osservati

Le procedure di calibrazione possono essere distinte in base

- ai modelli a cui vengono applicate (modelli di rete fognarie – **Par. 7.2.1**, modelli applicati a corpi idrici superficiali - **Par. 7.2.2** - o superfici soggette a ruscellamento - **Par. 7.2.3**);
- ai dati utilizzati per la calibrazione (dati di tempo asciutto, di monitoraggio ordinario o dati storici di allagamento).

7.1.1 Calibrazione con dati di monitoraggio

Considerazioni generali

Come indicato al **Par. 3.5**, l'effettiva necessità di dati di monitoraggio per lo svolgimento delle procedure di *testing* dipende dal livello di dettaglio associato all'approccio modellistico (stringente per modelli del Tipo III, preferibile per modelli del Tipo II).

Osservando la corrispondenza tra il modello e i dati osservati (forma degli idrogrammi, numero di picchi e rispettiva intensità assoluta, forma e durata della coda evento), il professionista dovrà avere una visione quanto più possibile globale della risposta del modello valutando se:

- la corrispondenza tra modellato/osservato si ripete per più eventi;
- la corrispondenza tra modellato/osservato si osserva in più punti (laddove siano disponibili più siti di monitoraggio).

Durante le fasi di calibrazione in generale è consigliabile:

- limitare il numero delle variabili oggetto del *tuning*;
- preferire procedure di *tuning* che interessano i parametri notoriamente più influenti sui modelli (es. scabrezza della rete/corpo idrico superficiale, grado di impermeabilizzazione, condizioni iniziali di umidità nel suolo);

- evitare artifici numerici (es. adozione di parametri al di fuori di range con senso fisico).

Controllo dei dati di monitoraggio della rete fognaria

Prima di utilizzare i dati di monitoraggio il professionista dovrà verificarne la qualità producendo gli *scatter plot* di verifica e attribuendo un giudizio di qualità secondo le indicazioni riportate nell'**APPENDICE 6**.

Le attività di calibrazione/validazione dovranno essere svolte utilizzando solo *dataset* di monitoraggio classificati come "molto buono", "buono" o "sufficiente" (questi ultimi dati solo in termini di livello).

I dati mancanti all'interno dei *dataset* di monitoraggio della rete sono comunemente correlati a situazioni di basse portate, rotture o condizioni di deflusso in pressione. Previa consultazione dell'Amministrazione Comunale e il Gestore della fognatura, il professionista dovrà valutare se è utile e possibile colmare i dati mancanti per affinare il *testing*.

Oltre ai dati di monitoraggio in rete dovranno essere reperiti i dati pluviometrici concomitanti. Dovranno essere utilizzate serie pluviometriche con frequenza non inferiore a 15 minuti acquisite nella stazione più prossima al centro urbano.

Calibrazione in condizioni di tempo asciutto (solo modelli di rete)

È noto come l'andamento giornaliero dei deflussi in tempo asciutto non sia stazionario nel tempo. La verifica dei modelli in queste condizioni dovrà quindi essere eseguita utilizzando un *dataset* che copra un periodo di tempo non inferiore a un mese (trascurando la stagionalità degli andamenti). Il professionista dovrà confrontare l'andamento modellato giornaliero (dati orari) con l'involuppo di tutte le serie giornaliere acquisite durante il periodo di monitoraggio (si veda **Figura 14**).

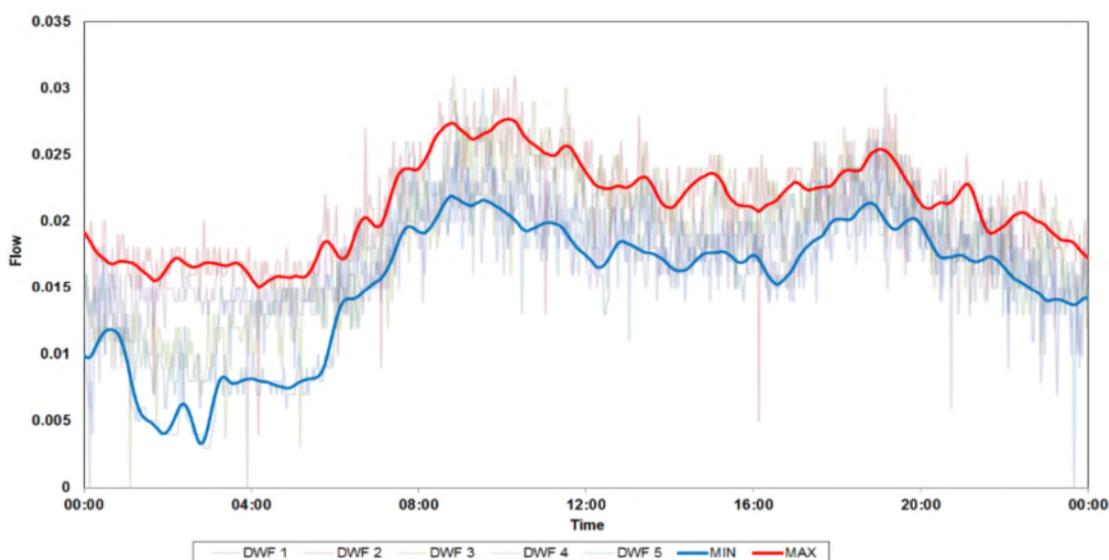


Figura 14. Esempio di calibrazione in condizioni di tempo asciutto (CIWEM 2017)

I modelli basati sulla rete fognaria devono essere verificati in condizioni di tempo asciutto prima ancora che in caso di evento meteorico.

Questa calibrazione deve essere condotta qualora siano disponibili (i) dati territoriali di densità della popolazione, (ii) dotazione idrica locale e (iii) dati di monitoraggio in rete in condizioni di tempo asciutto.

In assenza dei dati di monitoraggio in condizioni di tempo asciutto la calibrazione del modello di rete dovrà essere condotta osservando esclusivamente la sua stabilità numerica e l'andamento giornaliero bimodale con picco principale mattutino e secondario serale.

Calibrazione durante eventi meteorici per modelli della rete

In aggiunta alla calibrazione in tempo asciutto il modello della rete deve essere sottoposto a calibrazione in caso di eventi meteorici osservati contestualmente ad attività di monitoraggio ordinario o attività svolte ad hoc (**Par. 7.2.4**).

Gli idrogrammi di portata o livello modellati e osservati devono essere confrontati per almeno n. 3 eventi di piena (o comunque per il maggior numero disponibile di eventi monitorati).

Gli idrogrammi dovranno essere affini sia nella forma che nei valori assoluti medi e di picco, fino a quando il flusso non sarà sostanzialmente tornato ai valori di tempo asciutto. Le simulazioni dovranno preferibilmente coprire periodi che vanno al di là dei singoli eventi per assicurare la rappresentazione appropriata delle condizioni (idrauliche e idrologiche) antecedenti l'evento.

In aggiunta al confronto visivo qualitativo, la corrispondenza tra gli eventi modellati e osservati dovrà essere valutata adottando i criteri riportati nella seguente **Tabella 18**. Tra i criteri indicati rientra anche l'uso dell'indice di efficienza di Nash-Sutcliffe (valori > 0,5 indicano buona corrispondenza tra gli idrogrammi oggetto di confronto).

Parametro o fattore di controllo	Criterio di accettabilità della verifica	Note
Forma dell'idrogramma	Valore coefficiente di Nash-Sutcliffe > 0,5	Da utilizzare congiuntamente ad un confronto visivo tra gli idrogrammi
Sincronia tra i picchi e i momenti di minimo relativo	± 30 min	
Massima profondità (in condizioni di deflusso a cielo libero)	± 0,1 m o ± 10% del tirante	
Valore del picco di portata	+20% ÷ -10%	

Tabella 18. Criteri di verifica della risposta modellistica per modelli di rete (da CIWEM 2017, modificata)

Il modello potrà considerarsi calibrato quando per almeno due dei tre eventi utilizzati rispetta i criteri in **Tabella 18**. Nel caso in cui il numero di eventi osservati utilizzabili per la calibrazione sia inferiore a tre, il rispetto dei criteri dovrà essere raggiunto per tutti gli eventi utilizzati.

In assenza di dati di monitoraggio la procedura di calibrazione per eventi meteorici dovrà essere condotta usando solo dati di allagamento storico.

Calibrazione durante eventi meteorici per modelli di corpi idrici superficiali

In funzione del livello di dettaglio dell'apparato modellistico (**Par. 3.1.2**), i modelli applicati a corpi idrici superficiali potranno essere sottoposti a calibrazione in caso di eventi meteorici con dati di monitoraggio (**Par. 7.2.4**).

I corpi idrici superficiali che saranno oggetto di modellazione nell'ambito degli SC possono far parte del reticolo RIM, o al più del reticolo RIB e RSP/RSMC. L'eventualità che sussistano dati di monitoraggio sulla rete e contestuali valori pluviometrici in stazioni prossime al tratto oggetto di verifica è assai modesta. I dati, laddove esistenti, dovranno rispettare i seguenti criteri:

- serie idrometriche sull'asta con frequenza compatibile con la durata degli eventi di interesse (es. non inferiore a 30 minuti) acquisita in stazioni nelle vicinanze del tratto oggetto di modellazione all'interno del territorio comunale;

- serie pluviometriche con frequenza non inferiore a 15 minuti acquisite in stazioni collocate in zone prossime al bacino a monte.

Qualora i dati di monitoraggio fossero disponibili e rispettino i suddetti criteri, la calibrazione dovrà essere condotta adottando i criteri riportati nella seguente **Tabella 19**.

Parametro o fattore di controllo	Criterio di accettabilità della verifica	Note
Forma dell'idrogramma	Valore coefficiente di Nash-Sutcliffe > 0,5	Da utilizzare congiuntamente ad un confronto visivo tra gli idrogrammi
Sincronia tra i picchi e i momenti di minimo relativo	± 30 min	
Massimo livello	± 0,3 m	

Tabella 19. Criteri di verifica della risposta modellistica per modelli applicati a corpi idrici superficiali (da SEPA 2017, modificata)

In assenza di dati di monitoraggio la procedura di calibrazione dovrà essere condotta usando solo dati di allagamento storico.

7.1.2 Calibrazione con dati di allagamento

La riproduzione degli eventi di allagamento in contesto urbano o extra-urbano utilizzando dati storici è particolarmente impegnativa. I fattori che possono influenzare la qualità della calibrazione sono molteplici:

- accuratezza del dato pluviometrico riferito all'evento che ha generato l'allagamento
gli eventi meteorici estremi che inducono allagamenti in ambito urbano sono generalmente eventi brevi e di forte intensità, presentano un *pattern* spaziale talora molto irregolare e/o a carattere puntuale, e per questo spesso non vengono nemmeno registrati dalle stazioni pluviometriche. Un netto miglioramento relativamente alla caratterizzazione spaziale degli eventi può essere conseguito reperendo dati radar, se disponibili⁵⁰
- accuratezza delle stime puntuali di tirante indotto da allagamento
spesso si tratta di stime desunte da fonti non ufficiali (es. foto a terra, testimonianze, immagini satellitari o foto aeree)
- numerosità e distribuzione spaziale delle misure disponibili
spesso sono disponibili misure di profondità hot-spot distribuite in modo disuniforme.

Le fonti di che possono essere utilizzate per ricostruire un evento sono molteplici:

- foto aeree e/o satellitari;
- mappe di allagamento post-evento ricostruite dagli enti territoriali;
- marche di allagamento;
- foto a terra;
- registrazioni acquisite dai sistemi di telecontrollo della rete fognaria.

Qualora disponibili, i dati storici di allagamento potranno essere utilizzati per la calibrazione di tutte le tipologie di modelli ovvero:

⁵⁰ <http://www.centrometeolombardo.com/>

- modelli della rete fognaria (uso esclusivo delle informazioni di overflowing puntuale da pozzetti - **Tabella 20**);
- modelli applicati a corpi idrici superficiali (RIM o altri corpi idrici secondari se compresi nel contesto spaziale dello studio);
- modelli bidimensionali di allagamento.

La calibrazione dovrà essere condotta rispettando i criteri proposti nella seguente **Tabella 20**. Il professionista dovrà valutare:

- i criteri applicabili in funzione dei dati disponibili;
- l'incertezza associata ai dati.

La scelta dovrà essere esplicitata e giustificata nella relazione idraulica.

Tipo di fonte	Tipo di informazione	Detentore del dato	Incertezza associata	Criterio	Nota
Marca di allagamento	Tirante acqua allagamento	Marca di allagamento (es. tacca o segno grafico indicato su edificio)	$\sigma_h = \pm 15 \text{ cm}$	Differenza tra livello modellato e stimato inferiore o uguale in modulo a σ_h	Il professionista può indicare valori differenti di σ_h (riportare indicazione nella relazione idraulica)
Foto a terra	Tirante acqua allagamento	Giornali, cittadini, tecnici comunali, tecnici Gestore della rete	$\sigma_h = \pm 20 \text{ cm}$		
	Indicazione puntuale di presenza/assenza di acque da allagamento		Incertezza nella collocazione geografica del punto: $\sigma_{xy} = 1 \text{ m}$	Corrispondenza modello/osservazione	
Mappa storica	Area interessata da allagamento	Ente pubblico (es. Comune, PGT, ARPA, Protezione civile)	Incertezza nella collocazione geografica margine dell'area: $\sigma_{xy} = \pm 10 \text{ m}$	Indice di performance assimilabile a quelli utilizzati in (Aronica G., Bates P. and Horrit M. 2002) e (Ziliani L., et al. 2013) > del 50 %	
Immagine satellitare o foto aerea	Area interessata da allagamento	Varie – si veda Tabella 10	Incertezza nella collocazione geografica margine dell'area: $\sigma_{xy} = \pm$ risoluzione a terra dell'immagine		
Evidenza <i>overflowing</i> da tombini	Indicazione puntuale di presenza/assenza di acque da allagamento	Gestore rete fognaria	Incertezza nella collocazione geografica tombino: $\sigma_{xy} = \pm 2 \text{ m}$	Corrispondenza modello/osservazione	

Tabella 20. Criteri di verifica della risposta modellistica utilizzando dati storici di allagamento

La totale assenza di dati storici di allagamento dovrà essere interpretata come una evidenza indiretta di una costante officiosità idraulica della rete fognaria e di quella superficiale minore, anche per eventi estremi. In questo caso il professionista dovrà svolgere le seguenti valutazioni:

- analisi dei dati pluviometrici storici registrati dalla stazione più prossima al territorio comunale;
- ricostruzione dei tre eventi più intensi storicamente registrati (con durate prossime a quella critica di progetto);
- ricostruzione delle condizioni al contorno associate a tali eventi;
- simulazione degli eventi e verifica modellistica dell'assenza di fenomeni di allagamento.

7.2 Validazione

La validazione di un modello consiste in quella procedura che verifica la corrispondenza tra le osservazioni di un evento idrologico, diverso da quelli utilizzati per la calibrazione, e i corrispondenti valori simulati dal modello, in precedenza già calibrato.

La validazione deve essere condotta riproducendo un evento osservato diverso da quello utilizzato in fase di calibrazione, variando solo i parametri strettamente contingenti all'evento di validazione stesso (es. variazioni dello stato degli organi di manovra, condizioni al contorno di valle etc.). Tutte le modifiche dovranno essere registrate nel modello e / o nella relazione idraulica.

Il modello potrà dirsi validato qualora:

- rispetti tutti i criteri indicati in **Tabella 18** se è un modello basato sulla rete fognaria;
- rispetti tutti i criteri indicati in **Tabella 19** se è un modello applicato ad un corpo idrico superficiale;
- rispetti i criteri considerati applicabili dal professionista indicati in **Tabella 20** se è un modello 2D (di ruscellamento urbano o di allagamento indotto dall'esondazione di corpi idrici superficiali).

In assenza di dati di monitoraggio e di allagamento storici la validazione non dovrà essere intrapresa, ma dovrà essere condotta una analisi di sensitività secondo quanto indicato nel seguente **Par. 7.3**.

7.3 Analisi di sensitività

Con il termine "Analisi di Sensitività" (*Sensitivity Analysis - SA*) si intendono quelle procedure applicabili ad un modello che:

- consentono di comprendere quali parametri ne influenzano maggiormente la risposta e in quale modo;
- consentono di valutare come l'incertezza associata ai parametri di *input* del modello si ripercuota negli *output* del modello stesso.

L'applicazione di una SA è particolarmente importante qualora siano disponibili pochi dati, o di scarsa qualità, per lo svolgimento delle procedure di calibrazione e validazione, oppure dove sussiste ampia incertezza in alcuni parametri del modello.

Di seguito si riporta l'elenco di alcuni possibili test di SA che possono essere applicati per conseguire gli obiettivi prefissati:

- variazione delle condizioni idrauliche al contorno tramite ad esempio l'incremento del 20% del livello nel ricettore finale;
- variazione della scabrezza nelle aree 2D, nella rete o nei corsi d'acqua superficiali ad esempio incrementandone o diminuendone il valore;
- variazione del coefficiente di deflusso associato alle aree permeabili per verificarne gli effetti sulle portate in uscita dal sistema;
- cambio del modello idrologico afflussi-deflussi tra quelli disponibili in letteratura.

Test di SA aggiuntivi possono essere condotti in funzione del tipo di modello:

- variazione della risoluzione spaziale del dominio ad esempio diminuendo la dimensione delle celle o delle mesh;
- testing delle durate dell'evento di progetto;
- testing dei coefficienti di perdita in corrispondenza dei principali attraversamenti.

Prima di condurre ogni SA test, il professionista dovrà scegliere la variabile di *output* (ad esempio l'estensione dell'area oggetto di allagamento) la cui variazione dovrà essere calcolata per ogni simulazione condotta variando singolarmente i parametri oggetto di SA.

I risultati della SA dovrebbero essere riportati nella relazione idraulica. I risultati della SA possono essere presentati in diversi modi. Il modo più intuitivo è quello di rappresentare, per ogni parametro variato, la corrispondente variazione dell'output del modello.

L'applicazione di test di SA possono aiutare il professionista ad escludere problemi di equifinalità in fase di calibrazione.

7.4 Problemi frequenti in fase di *testing*

È importante sottolineare che nessun modello potrà mai adattarsi perfettamente ai dati osservati. Le differenze tra il modello calibrato/validato e i dati registrati dovranno essere esplicitate nella relazione idraulica e dovrà essere riportata una spiegazione alle incongruenze tra le serie modellate e quelle osservate. I modelli non devono essere forzati ad adattare i dati né apportando modifiche non fisiche basate ai parametri del modello né modificando i parametri del modello su una scala spaziale che non può essere supportata dai dati. Tale forzatura, nella migliore delle ipotesi, porterà a risultati con bassi livelli di attendibilità. Nel peggiore dei casi, invece, nasconderà errori interni al modello e porterà ad un'errata progettazione degli interventi di mitigazione del rischio.

Di seguito viene evidenziata una lista di problemi comuni alle procedure di *testing*.

1. I parametri di calibrazione del modello devono essere adattati solo entro intervalli pubblicati e accettati. Ad esempio, i coefficienti di rugosità del Manning per aree coltivate sono compresi tra 0,020 e 0,050 a seconda delle condizioni del raccolto (Chow, 1959); pertanto, modificare il coefficiente di rugosità a 0,1 per le aree coperte da terreni coltivati non può essere appropriato.
2. La presenza di errori sistematici o cronici nei dati osservati deve essere considerata come una possibilità di spiegazione alla scarsa performance del modello in fase di calibrazione. Ad esempio, una serie idrometrica registrata da una stazione non correttamente installata porterebbe a una mancata corrispondenza tra modello e dati. Sebbene fosse possibile regolare i parametri del modello per migliorare l'adattamento ai dati, ciò comporterebbe un errore nel modello.
3. Il *tuning* dei parametri selezionati per lo svolgimento della calibrazione deve essere coerente con la tipologia e il dettaglio dei dati a disposizione. Ad esempio, se l'attribuzione dei valori della scabrezza nelle aree allagabili si è fondata su mappe di uso del suolo, non può essere

corretto variare la scabrezza tra i singoli campi coltivati adiacenti che appartengono alla stessa originaria classe di uso del suolo. Questo sarebbe possibile e corretto nel caso in cui fossero disponibili informazioni integrative di maggiore dettaglio desunte da foto aeree o da evidenze di campo. Sarebbe per contro opportuno variare il valore di scabrezza per l'intera classe di uso del suolo all'interno dei range di esistenza scientificamente accettati.

4. Durante la calibrazione il professionista dovrà essere consapevole dei limiti intrinseci al modello applicato, ovvero non dovrà attendersi una perfetta riproduzione dei processi idrodinamici che il modello non è in grado di riprodurre. Ad esempio, un modello 1D applicato ad un corpo idrico superficiale non può riprodurre in modo adeguato aree laterali inondate evidenziate dai dati storici di allagamento usati per la calibrazione. In questo caso non sarebbe scorretto regolare i parametri del modello per riprodurre l'allagamento osservato.
5. Devono essere valutate le possibili discrepanze temporali tra i dati al contorno (territoriali e geometrici) e gli eventi simulati. Ad esempio, se il DTM risale ad un'epoca precedente alla realizzazione di alcune nuove arginature e l'evento utilizzato per la calibrazione si è verificato successivamente alla loro realizzazione non ci si può aspettare che il modello riproduca correttamente le aree allagate.

Il professionista deve avere presente il problema della cosiddetta equifinalità (Beven K. 1996), ovvero deve essere consapevole del fatto che la stessa risposta idrologico-idraulica può talora essere prodotta dallo stesso modello applicando però diverse configurazioni di calibrazione dei parametri. Si pensi ad esempio ad un modello 1D calibrato variando la scabrezza del fondo e i coefficienti di perdita in corrispondenza del ponte in cui è installato l'idrometro: possono esistere diverse combinazioni di questi due parametri che producono la stessa risposta idraulica. Questo problema può essere ridotto in base alle risultanze dell'analisi di sensitività che può consentire di capire quale dei due parametri è effettivamente più influente sull'output del modello.

8 POSSIBILI FORME DI INTERVENTO

8.1 Introduzione

Questo capitolo presenta una breve rassegna delle possibili forme di intervento realizzabili a livello comunale per la mitigazione del rischio idraulico.

La necessità di questa sorta di *vademecum* delle forme di mitigazione discende dalle indicazioni riportate proprio nel RR, il richiede che lo SC riporti proprio *“indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali [...] e l’indicazione delle misure non strutturali ai fini dell’attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale [...] sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazioni”*.

Le forme di intervento devono essere scelte seguendo le indicazioni della Legge Regionale 4/2016 che tra le proprie finalità (Art. 2) indica la promozione di progetti pilota di drenaggio urbano sostenibile (SuDS – *Sustainable Drainage Systems*) definito come il *“sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque”*.

Le forme di intervento valutate nell’ambito dello SC devono discendere dalle indicazioni preliminari riportate nel Documento Semplificato che in base al RR deve già contenere indicazioni di indirizzo e dimensionamento di massima.

Eventuali nuove forme di intervento dovranno essere concordate e indicate dall’Amministrazione Comunale e dal Gestore della rete fognaria. Il dimensionamento di massima delle nuove forme di intervento strutturale dovrà essere condotto dal professionista secondo le indicazioni riportate nel RR.

Esiste una ricchissima letteratura tecnica riguardo alle forme di SuDS. Le principali fonti documentali consultate per la predisposizione della presente rassegna sono:

- (Masseroni D., et al. 2018) – Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio (CAP Holding, Università degli Studi di Milano);
- Regolamento Regionale 7/2017 (Allegato L);
- (Defra, Surface Water Management Plan Technical Guidance 2010) – Surface Water Management Plan Technical Guidance (Annex F);
- (CIRIA 2015) – The SuDS Manual;
- (CIWEM 2017) – Code of Practice for Hydraulic Modelling of Urban Drainage Systems (Appendice L).

Si rimanda alla consultazione di questi documenti per ulteriori approfondimenti.

Nei paragrafi a seguire si riporta una breve disamina delle possibili forme di mitigazione strutturali (**Par. 8.2**) e non strutturali (**Par. 8.3**).

8.2 Interventi strutturali

Le forme di intervento strutturali già citate nel RR (art. 14 comma 7, punto a.5) sono:

- *“le vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda”;*
- *“le vie d’acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali”.*

Di seguito si riporta una breve descrizione delle principali forme di intervento strutturali (l’elenco non deve considerarsi esaustivo).

Le opere sono da dimensionarsi in base alle prescrizioni delle norme e regolamenti vigenti per il corso d’acqua considerato.

Per prassi, le opere a carico della rete di drenaggio urbano sono da dimensionare per tempi di ritorno di 10 anni.

Nelle situazioni in cui non vi siano regolamenti di riferimento o prassi progettuali, occorre valutare caso per caso la condizione di riferimento ovvero occorre definire gli obiettivi di difesa che si vuole raggiungere.

Tipologia	Descrizione
Bacini di detenzione	Bacini di grosse dimensioni (volumi invasabili compresi tra i 20.000 e 970.000 m ³) poco permeabili che hanno la sola funzione di invasare temporaneamente parte delle portate in eccesso di un grosso corso d’acqua
Bacini d’infiltrazione e di bioritenzione	I bacini di infiltrazione sono aree modellate in modo tale da creare dei piccoli invasi profondi tra 0.3 e 0.6 m che hanno la funzione di accumulare momentaneamente e smaltire tramite infiltrazione i deflussi prodotti da una superficie impermeabile
Vasche di laminazione o volano	Serbatoi superficiali o sotterranei realizzati in cemento armato o altro materiale, prefabbricate o realizzate in opera, di dimensioni e forme differenti in funzione del volume, del materiale utilizzato, dell’allocazione, del riutilizzo o meno delle acque
Cisterne (superficiali e sotterranee)	Sistemi di raccolta puntuale delle acque piovane proveniente da tetti o dalle superfici impermeabili per lo stoccaggio temporaneamente, a servizio di singole o multiproprietà
Sistemi modulari geocellulari	Moduli plastici con struttura modulare a nido d’ape a forma di parallelepipedo che possono costituire utilizzabili per la creazione di strutture interraste come ad esempio: vasche di infiltrazione o vasche di laminazione
Pozzi perdenti o d’infiltrazione	Strutture sotterranee localizzate, utilizzate principalmente per raccogliere ed infiltrare le acque di pioggia provenienti dai tetti di edifici residenziali e commerciali e/o dai piazzali
Caditoie e cunette filtranti	Manufatti di raccolta delle acque provenienti da tetti o superfici realizzate per agevolare l’infiltrazione
Superfici permeabili	Tipologie di coperture che consentono l’infiltrazione al suolo diretta o ritardano il drenaggio in rete
Verde pensile (o tetti verdi)	Coperture di edifici realizzate con finalità di filtrazione, assorbimento, detenzione e evapotraspirazione delle acque piovane
Pareti verdi	Coperture vegetate verticali applicate agli edifici
Trincee drenanti o di infiltrazione	Strutture lineari realizzate come uno scavo lungo e profondo riempito con materiale ad alta conduttività idraulica, che agevolano lo stoccaggio, la detenzione e l’infiltrazione in falda delle acque afferenti

Tipologia	Descrizione
Interventi di disconnessione della rete meteorica da quella mista	Interventi sulla rete fognaria condotti al fine di ridurre le portate delle acque meteoriche che afferiscono alla rete mista
Interventi di adeguamento / potenziamento della rete fognaria	Interventi vari sulla rete che includono: <ul style="list-style-type: none"> • Rifacimento di tubazioni • Posa nuove tubazioni • Posa di supertubi • Realizzazione di nuovi sfioratori o potenziamento di quelli esistenti • Realizzazione di nuovi impianti di sollevamento o potenziamento di quelli esistenti • Realizzazione di nuovi sifoni o potenziamento di quelli esistenti

8.3 Interventi non strutturali

Le forme di intervento non strutturali già citate nel RR (art. 14 comma 7, punto a.5) sono:

- *"l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente,"*
- *"la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno,"*
- *"misure di protezione civile";*
- *"difese passive attivabili in tempo reale".*

Di seguito si riporta una breve descrizione delle principali forme di intervento non strutturali (l'elenco non deve considerarsi esaustivo) oltre a quelle indicate dal RR.

Tipologia	Descrizione
Dotazione di barriere/difese temporanee	Dotare la protezione civile di strutture amovibili da installare in caso di allagamenti da rete fognaria del tipo: <ul style="list-style-type: none"> • barriera temporanea antiesondazione in sacchi di sabbia; • barriera temporanea in sacchi riempiti con materiale sintetico assorbente; • barriera temporanea antiesondazione riempita ad aria • barriera temporanea antiesondazione riempita ad acqua • barriera temporanea antiesondazione autostabile modulare • barriera temporanea modulare con pilastri e panconi manuali in alluminio • paratoia di chiusura a scorrimento orizzontale per un cancello a tenuta idraulica • paratoie manuali a protezione di porte di ingresso
Incentivare l'installazione di sistemi anti-riflusso	Dispositivi da installare all'interno delle proprietà in corrispondenza degli allacci alla rete fognaria con note criticità al fine di evitare fenomeni di rigurgito
Pratiche edilizie di <i>flood proofing</i>	Incentivare l'adozione di pratiche realizzative edili del tipo <i>"flood proofing"</i> quali: <ul style="list-style-type: none"> • sopra-elevazione • cinturazione • impermeabilizzazione esterna • posa di tubi gonfiabili

Tipologia	Descrizione
Progettazione di sistemi di monitoraggio della rete	Sistemi di controllo da remoto che consentono di avere indicazione in tempo reale delle situazioni di criticità. Particolarmente utili in corrispondenza di sottopassi soggetti ad allagamento
Installazione di sistemi di segnaletica	Sistemi che avvertono la popolazione del rischio puntuale di allagamenti (es. avvisi semaforici in corrispondenza di sottopassi, avvisi luminosi in corrispondenza di attraversamenti o nodi critici della rete fognaria e di quella minore superficiale)
Campagne di comunicazione ed educazione alla gestione del rischio	Attività formativa e divulgativa rivolta alla popolazione al fine di: informare la cittadinanza in merito ai possibili rischi, fornire indicazione delle aree con elevata criticità educare alle buone pratiche di autoprotezione educare all'adozione di comportamenti idonei durante situazioni di emergenza o allagamento
Coinvolgimento delle comunità locali	Svolgimento di iniziative di "Citizen Science" per la promozione di una cultura del rischio
Svolgimento di studi di approfondimento	Finanziamento di studi dedicati all'approfondimento delle problematiche idrauliche locali
Studi idraulici	Predisposizione di studi dettagliati di verifica della funzionalità idraulica
Revisione piani comunali e regolamenti	Aggiunta di nuove indicazioni e prescrizioni nel PGT e nel regolamento edilizio comunale (indicazioni sulle prescrizioni amministrative)
Incentivazione attività di monitoraggio/ispezione/manutenzione dei sistemi di drenaggio urbano	Incentivazione all'esecuzione delle attività ordinarie svolte sulla rete fognaria e sul reticolo minore
Incentivazione delle attività di monitoraggio e manutenzione programmate dei manufatti critici	Incentivazione alla programmazione delle attività ordinarie svolte sulla rete fognaria e sul reticolo minore
Incentivazione delle attività di manutenzione straordinaria dei manufatti critici	Incentivazione degli interventi manutentivi straordinari in caso di eventi meteorici eccezionali
Implementazione procedure di gestione delle situazioni di emergenza	Implementazione di procedure di emergenza per bloccare il traffico in concomitanza del superamento di livelli soglia di allerta meteo o rischio allagamento
Piano di emergenza comunale	Predisposizione o aggiornamento del piano di emergenza comunale

9 IMPLEMENTAZIONE DEGLI SCENARI

L'RR ha richiesto che:

- gli SC *“valutino gli effetti correlati ad eventi meteorici di riferimento aventi tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni”*;
- gli SC contengano *“la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica)”*;
- lo SC *“fornisca indicazioni, comprensive delle dimensioni di massima, delle misure strutturali [...] e non strutturali”*.

La scelta di questi TR viene letta come la volontà del Legislatore di mantenere coerenza con le mappe di pericolosità idraulica prodotte dal PGRA riferite al reticolo idrografico principale e viene considerata consistente con le indicazioni di dimensionamento delle opere di invarianza idraulica (progettazione per eventi TR 50 anni e verifica dei franchi per TR 100 anni).

Tuttavia, si segnalano alcune discontinuità operative:

- i tempi di ritorno delle piogge storicamente utilizzati per il dimensionamento dei sistemi fognari in Lombardia sono di 5-10 anni, ovvero ogni allagamento in ambito urbano provocati da eventi con TR maggiori non discende da errate progettazione/gestione dei sistemi di drenaggio urbano ma dallo stato di fatto;
- i tempi di ritorno imposti per le valutazioni negli SC sono riferiti agli eventi pluviometrici mentre le fasce di pericolosità idraulica del PGRA fanno riferimento ai TR associati agli eventi di piena nei corpi idrici superficiali principali;
- il dimensionamento con i TR indicati è attuabile per le opere di invarianza idraulica a diretto servizio delle singole proprietà in quanto è ragionevole ipotizzare che, alla scala puntuale, i deflussi caduti possano essere convogliati alle singole opere di raccolta. Appare tuttavia più arduo che lo stesso possa accadere per opere strutturali realizzate a servizio di una rete fognaria che non riesce a convogliare tutta la portata prodotta da eventi con TR superiore a 10 anni, a meno che l'opera strutturale non sia progettata per raccogliere le portate di troppo pieno e quelle di allagamento superficiale.

Tutto ciò considerato, le Linee Guida raccomandano la simulazione dei seguenti scenari:

- **scenario “stato di fatto” (SSF):** simulazione di eventi pluviometrici con TR 10-50-100 anni impostando l'attuale configurazione geometrica della rete e del reticolo superficiale;
- **scenario “stato di progetto” (SSP):** simulazione dell'evento pluviometrico con TR 10, 50 e 100 anni ipotizzando la realizzazione delle opere strutturali individuate dal professionista;

Nei paragrafi a seguire vengono fornite indicazioni di dettaglio per scenari richiesti.

9.1 Scenario stato di fatto - SSF

Il professionista dovrà impostare gli scenari descritti nella seguente **Tabella 21** con lo scopo:

- di individuare le criticità idrauliche attuali in caso di piogge con TR 10 anni, che devono essere necessariamente risolte nello scenario "stato di progetto";
- di individuare le aree allagate attuali in caso di eventi pluviometrici eccezionali TR 50 e TR 100.

Si ritiene necessario comprendere la portata dello scenario attuale in condizioni eccezionali, evidenziando le aree potenzialmente soggette ad allagamento, in modo da:

- definire il contesto di pericolosità entro il quale si inseriscono gli interventi strutturali e non strutturali (di cui al **Capitolo 8**) che, se eseguiti, ricondurranno allo scenario futuro;
- fornire indicazioni utili per idonee integrazioni nei Piani e Programmi del Comune.

Codice scenario	SSF_TR10	SSF_TR50	SSF_TR100
Tempo di ritorno evento pluviometrico [anni]	10	50	100
Durata evento pluviometrico	Pari alla durata critica desunta secondo le indicazioni riportate al Par. 6.2.2		
Contesto spaziale di applicazione	Tutto il contesto spaziale scelto in base alle considerazioni descritte al Par. 3.1.1		
Condizioni al contorno corpi idrici ricettori	Imposte secondo le valutazioni e le casistiche descritte al Par. 6.3		
Configurazione della rete fognaria, delle opere accessorie e del reticolo idrografico minore	In funzione del livello modellistico scelto (Par. 3.1.2) e dei dati reperiti (Par. 4.2.1)		
SuDS	Solo le opere strutturali già realizzate / progettate / finanziate		
Aree di nuova trasformazione	Non considerate		

Tabella 21. Riepilogo delle caratteristiche degli scenari attuali

9.2 Scenario stato di progetto -SSP

Il professionista dovrà impostare gli scenari di progetto descritti nella seguente **Tabella 22**. In particolare dovrà condurre una simulazione con TR di 10 anni e impostando la completa realizzazione delle opere strutturali pianificate alla verifica della effettiva riduzione della pericolosità e alla capacità di smaltimento della rete di eventi con TR 10 anni.

Qualora di interesse per l'Amministrazione Comunale e per il Gestore della rete, il professionista potrà definire un numero di n scenari concordati preventivamente, ciascuno dei quali è caratterizzato da diverse soluzioni realizzative (es. **Ipotesi 1**: realizzazione delle opere solo nelle aree storicamente ad elevata criticità idraulica, **Ipotesi 2**: realizzazione delle opere già programmate, etc.) e stimare il danno potenziale associato ad ogni singolo scenario utilizzando le indicazioni riportate al **APPENDICE 7**. Queste informazioni debbono essere utilizzate per definire gli interventi prioritari tra quelli previsti.

Per gli scenari con tempo di ritorno di 50 e 100 anni, il professionista dovrà valutare la condizione di progetto e individuare, sulla base delle risultanze del modello, le più opportune azioni non strutturali al fine di contenere il rischio idraulico.

Codice scenario principale	SSP			
Codice sub-scenario	SSP_TRXX_1	SSP_TRXX_2 ...	SSP_TRXX_n	SSP_TRXX_00
Tempo di ritorno evento pluviometrico [anni]	10, 50, 100	10, 50, 100	10, 50, 100	10, 50, 100
Durata evento pluviometrico	Pari alla durata critica desunta secondo le indicazioni riportate al Par. 6.2.2			
Contesto spaziale di applicazione	Tutto il contesto spaziale scelto in base alle considerazioni descritte al Par. 3.1.1 , oppure la sola porzione che può beneficiare degli effetti di mitigazione			
Condizioni al contorno corpi idrici ricettori	Imposte secondo le valutazioni e le casistiche descritte al Par. 6.3			
Configurazione della rete fognaria, delle opere accessorie e del reticolo idrografico minore	In funzione del livello modellistico scelto (Par. 3.1.2) e dei dati reperiti (Par. 4.2.1)			
SuDS	Solo le opere strutturali la cui realizzazione costituisce l'Ipotesi 1	Solo le opere strutturali la cui realizzazione costituisce l'Ipotesi 2	Solo le opere strutturali la cui realizzazione costituisce l'Ipotesi n	Tutte le opere strutturali indicate nel DS (Parte Seconda) ed altre nuove concordate (a discrezione del professionista anche le opere non strutturali)
Aree di nuova trasformazione	Incluse			

Tabella 22. Riepilogo delle caratteristiche dello scenario futuro per la valutazione degli effetti di mitigazione del rischio

10 REPORTISTICA

Il presente capitolo riporta specifiche indicazioni riguardo ai prodotti che dovranno essere forniti dal professionista all'Amministrazione Comunale e al Gestore delle rete fognaria.

I documenti indicati rispondono alle richieste del RR. Tutta la documentazione dovrà essere trasferita all'Amministrazione Comunale e al Gestore delle rete fognaria.

Le indicazioni sono pensate per guidare il professionista nella redazione dello SC e consentire al Gestore della rete fognaria di disporre di documenti quanto più possibile coerenti per contenuti e formato.

10.1 Studio Comunale – Relazione Generale

La relazione generale dovrà sviluppare i contenuti richiesti dal RR ed in particolare:

Capitolo 1 – Stato attuale del rischio idraulico e idrologico a livello Comunale

Lo studio dovrà riportare le caratteristiche principali dell'area di indagine ed in particolare:

- la definizione dell'evento meteorico di riferimento per $T = 10, 50$ e 100 anni;
- l'individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento;
- la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico derivate dallo studio geologico del PGT e dal PGRA
- la delimitazione delle aree soggette ad allagamento per lo scenario "stato di fatto" di cui lo studio idraulica allegato (cfr. 10.2)
- l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo.

Capitolo 2 – Indicazioni su interventi strutturali e non strutturali di riduzione del rischio idraulico e idrologico a livello Comunale

La seconda parte dello studio riporta invece:

- l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali (cfr. par. 8.2)
- la delimitazione delle aree soggette ad allagamento per lo scenario "stato di progetto" di cui lo studio idraulica allegato (cfr. 10.2)
- l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali

Allegati cartografici

La relazione generale dovrà essere corredata dalle seguenti tavole grafiche (contenuto minimo)

TAV. 1 – Carta della pericolosità idraulica (stato di fatto): riporta le aree vulnerabili secondo le informazioni disponibili (PGT) e lo scenario idraulico stato di fatto oltre ad ulteriori informazioni utili per la corretta interpretazione delle informazioni (DBT, nome delle vie, nome delle località significative, reticolo superficiale e reticolo di drenaggio urbano)

TAV. 2 – Carta degli interventi strutturali e non strutturali: riporta gli interventi previsti a piano, classificati per tipologia e fase di attuazione oltre ad ulteriori informazioni utili per la corretta interpretazione delle informazioni (DBT, nome delle vie, nome delle località significative, reticolo superficiale e reticolo di drenaggio urbano)

TAV. 3 – Carta della pericolosità idraulica (stato di progetto): riporta le aree vulnerabili secondo lo scenario o gli scenari (se previsti più casi) dello stato di progetto oltre ad ulteriori informazioni utili per la corretta interpretazione delle informazioni (DBT, nome delle vie, nome delle località significative, reticolo superficiale e reticolo di drenaggio urbano)

TAV. 4 – Carta della fattibilità delle opere di infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo: riporta la suddivisione del territorio sulla base delle possibilità (assenza di vincoli) o le limitazioni (vincoli urbanistici, geologici o altro) all'installazione delle opere di infiltrazione.

10.2 Studio Comunale – Relazione idraulica

La relazione idraulica costituisce il corpo centrale dello SC in cui il professionista descrive nel dettaglio le elaborazioni condotte e i risultati conseguiti.

La completezza e la chiarezza della relazione sono fondamentali per poter consentire una adeguata valutazione dello studio e per consentire eventuali successive ulteriori applicazioni o implementazioni del modello (o dei modelli) utilizzati.

Di seguito si riporta l'elenco dei contenuti minimi della Relazione Idraulica.

- Descrizione del contesto spaziale di studio (**Par. 3.1.1**);
- Indicazione del dettaglio dell'apparato modellistico scelto (secondo **Par. 3.1.2**);
- Descrizione dei dati reperiti e utilizzati (indicazione del livello di dettaglio adottato secondo **Par. 3.2**);
- Descrizione del modello (o dei modelli) applicato (**Par. 3.3**);
- Descrizione delle fasi di implementazione del modello (definizione delle condizioni al contorno geometriche, idrologiche e idrauliche);
- Descrizione delle modalità di rappresentazione degli interventi strutturali e non strutturali previsti dallo SC;
- Descrizione dei risultati delle procedure di *testing* qualora applicate (calibrazione, validazione, analisi di sensitività);
- Descrizione degli scenari simulati;
- Descrizione dei risultati conseguiti per ogni scenario.

In allegato alla relazione dovrà essere riportato quanto segue:

- Elenco dei documenti di riferimento utilizzati;
- Bibliografia;
- "Registro dati" compilato seguendo lo schema suggerito in **APPENDICE 5**;
- Elenco di tutti i punti di recapito della rete fognaria e del reticolo idrografico minore nei ricettori finali (compresi gli sfioratori) oggetto dello studio. Per ogni punto devono essere riportate le seguenti informazioni:
 - coordinate E, N (secondo **Par. 4.2.5**);
 - informazioni relative al corpo idrico ricettore (contenuto informativo desumibile dal RIRU);
 - risultati della simulazioni di scenario presso tutti i punti di scarico nei ricettori finali sotto forma di serie delle portate.

- Elenco di tutti i punti di recapito nella rete fognaria o nel reticolo idrografico superficiale dei principali comparti commerciali ed industriali presenti all'interno del territorio comunale;
- Copia di eventuali documenti originali reperiti ed utilizzati per la ricostruzione storica degli allagamenti (es. foto di campo, registri).

In allegato alla relazione, su supporto informatico, dovrà essere riportato quanto segue:

- Copia in formato *shapefile* dei dati riportati nelle tavole allegate alla relazione (sistema di coordinate piane UTM32N riferito al sistema geodetico di riferimento WGS84, codice EPSG 32632);
- Dati in formato *shapefile* della rete fognaria (tratte e nodi, manufatti ausiliari e opere strutturali, aree contribuenti) e del reticolo superficiale (aste, sezioni trasversali, opere di attraversamento), utilizzati per la costruzione delle condizioni al contorno geometriche del modello (sistema di coordinate piane UTM32N riferito al sistema geodetico di riferimento WGS84, codice EPSG 32632).

10.3 Strati informativi

In **APPENDICE 8** è riportato lo schema fisico degli strati informativi da produrre unitamente allo studio comunale di rischio idraulico. In particolare, dovranno essere prodotti gli strati informativi indicati nella seguente Tabella.

Layer	Descrizione
Problematiche_XXX	Dove XXX rappresenta la tipologia di geometria del <i>layer</i> , riportare le segnalazioni di problematiche ovvero aggiornare quanto già raccolto nella stesura dei documenti semplificati
Interventi_strutturali	Definisce l'estensione spaziale degli interventi strutturali. Ad ogni poligono sono associate le caratteristiche dimensionali dell'intervento
Interventi_non_strutturali	Definisce l'estensione spaziale degli interventi non strutturali. Ad ogni poligono sono associati uno o più interventi non strutturali definiti da apposita codifica. Ogni intervento strutturale è descritto in una apposita scheda
Aree_invarianza	Definisce le aree da destinare le opere di invarianza
Pericolosita_comune_SSF	Definisce la zonizzazione della pericolosità idraulica per diversi tempi di ritorno e lo stato di fatto
Pericolosita_comune_SSPX	Dove X indica il numero progressivo dello scenario (intero a base 0). Definisce la zonizzazione della pericolosità idraulica per diversi tempi di ritorno e lo stato di fatto
Fattibilita_infiltrazione	Definisce le aree in cui sono presenti vincoli di natura fisica e amministrativa alla realizzazione di opere di infiltrazione.

Tabella 23. Elenco degli strati informativi da restituire

10.4 Base dati delle simulazioni del reticolo urbano

Relativamente alla rete di drenaggio urbano, dovrà essere fornito l'intero *dataset* utile per la riproduzione dei risultati forniti dallo studio.

Il *dataset* si compone di tutte le informazioni relative a:

- caratteristiche geometriche della rete, eventualmente integrate con valutazioni o rilievi ad *hoc*;
- caratteristiche geometriche dei manufatti e le loro modalità di funzionamento;
- condizioni idrologiche (condizioni al contorno e pioggia di progetto);
- delimitazione e caratterizzazione dei bacini scolanti;
- ogni altra informazione utile alla descrizione del comportamento idrologico/idraulico del sistema.

Il *dataset* dovrà essere fornito in formato digitale tramite uno o più file compatibili con il *software* ("InfoWorksWS") in uso presso il gestore del SII ovvero in qualsiasi altro formato purché l'integrazione possa avvenire in maniera automatica, anche mediante l'uso di software forniti dal professionista.

Inoltre, il Professionista dovrà:

- assicurare omogeneità e congruenza tra i risultati delle elaborazioni tecniche e modellazioni fatte dall'affidatario con i risultati generabili / replicabili con il modello geometrico - idraulico in possesso del Gestore del SII:
 - a) dimostrando l'immediata replicabilità, cioè generando i medesimi risultati; oppure
 - b) indicando e descrivendo le necessarie azioni di adattamento o di soggettiva interpretazione;
- assicurare trasferibilità nel citato modello geometrico - idraulico dei file di configurazione della rete e dei risultati delle modellazioni:
 - a) dimostrando l'immediata importabilità; oppure
 - b) indicando e descrivendo le successive modifiche e/o adattamenti necessari;
- rendere possibile l'effettuazione di controlli di qualità delle elaborazioni eseguite.

10.5 Mappe della pericolosità idraulica

L'art. 14 comma 7 del RR indica espressamente che lo SC contiene "la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica)". Le aree con associato valore di pericolosità dovranno coincidere con quelle "aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti".

Le aree allagabili saranno inserite nella mappa che definisce la componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT.

In proposito, l'Allegato 5 della D.G.R. n. 6738/2017 indicata proprio la "Delimitazione aree soggette ad allagamento individuate nello Studio comunale di gestione del rischio idraulico e/o nel Documento semplificato del rischio idraulico comunale" tra gli "ulteriori contenuti per i futuri aggiornamenti delle mappe di pericolosità e rischio di alluvioni". Tuttavia, nell'Allegato non sono riportate indicazioni in merito alla campitura e/o al contenuto della legenda che dovrà essere applicata ai risultati dello SC.

Nel rispetto del RR, lo SC dovrà contenere una mappa di allagamento per ciascuno degli scenari dello stato di fatto e di quelli di progetto.

Dovranno essere considerate "allagate" le aree dove il tirante massimo simulato durante l'evento di scenario è superiore o uguale all'incertezza altimetrica associata al dato modello digitale del terreno utilizzato per la costruzione del dominio di calcolo (si veda **Tabella 8**). Laddove tale incertezza fosse superiore a 15 cm, dovranno essere considerate "allagate" le aree interessate, anche solo temporaneamente, da inondazioni con tirante superiori o uguali a questa soglia.

BIBLIOGRAFIA

- AASHTO. 2000. "Model Drainage Manual."
- Aronica G., Bates P., and Horrit M. 2002. "Assessing the uncertainty in distributed model predictions using observed binary pattern information within GLUE." *Hydrological Processes* 16 2001-2016.
- Becciu, G., S. Mambretti, and A. Paoletti. 1997. "Risk Design of Urban Drainage Networks on the Basis of Experimental Data." *Excerpta*.
- Beven K. 1996. "Equifinality and Uncertainty in Geomorphological Modelling." In *The Scientific Nature of Geomorphology*, by Rhoads B.L. and Thorne C.R.
- Centro Studi Deflussi Urbani. 2008. *Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione*. Hoepli.
- Chow V.T. 1959. *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.
- CIRIA. 2015. "The SuDS Manual."
- City of Bradford, Metropolitan, City Leeds, Yorkshire Water Services, Environment Agency, and Universities of Sheffield and Bradford. 2008. "TR344 – River Aire Strategic Studies."
- CIWEM. 2017. "Code of Practice for the Hydraulic Modelling of Urban Drainage Systems."
- Commission of the European Communities. 2004. "Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Flood risk management, Flood Prevention, Protection and Mitigation; 10 COM(2004)472."
- Council of the European Union. 2006. "Common Position Adopted by the Council with a View to the Adoption of a Directive of the European Parliament and of the Council On the Assessment and Management of Flood Risks (Interinstitutional File: 2006/0005 (COD), 12131/06)."
- Defra. 2006. "Joint probability - dependence mapping and best practice. Report FD2308."
- Defra. 2010. "Surface Water Management Plan Technical Guidance."
- Defra, and Environment Agency. 2010. "Benchmarking of 2D Hydraulic Modelling Packages - Report SC080035/SR2."
- Defra, Department for Environment Food and Rural Affairs, and Environmental Agency EA. 2003. "Risk, Performance and Uncertainty in Flood and Coastal Defence - A Review. Technical Report FD2302/TR1."
- Defra, Environment Agency. 2009. "Desktop review of 2D hydraulic modelling packages. Science Report: SC080035."
- Environment Agency. 2019. "What is the risk of flooding from surface water map?"
- Federal Highway Administration – FHWA. 2013. "Urban Drainage Design Manual. Hydraulic Engineering Circular No. 22 Third Edition."
- FHWA, Federal Highway Administration - US Department of Transportation. 2013. "Urban Drainage Design Manual - Hydraulic Engineering Circular No. 22 Third Edition."
- Hervouet, J.M. 2007. *Hydrodynamics of Free Surface Flows*. John Wiley and Sons.
- Hunter, N.M., P.D: Bates, S. Neelz, G. Pender, I. Villanueva, N.G. Wright, D. Liang, et al. 2007. "Benchmarking 2D hydraulic models for urban flooding." *Water Management*.
- Keifer J., and Chu H. 1957. "Synthetic Storm Patterns for Drainage Design." *Journal of Hydraulics Division* 83(4).
- Mambretti S., and Paoletti A. 1997. "Il metodo del condotto equivalente nella simulazione del deflusso superficiale in ambiente urbana." *Atti del Seminario "Modelli di dimensionamento per le fognature urbane" San Cassiano (BZ)*.
- Mason, D.C., G. Schumann, and P. Bates. 2011. "Data utilization in flood inundation modelling." In *Flood risk science and management*, by G. Pender and H. Faulkner. Blackwell Publishing.
- Masseroni D., Massara F., Gandolfi C., and Bischetti G.B. 2018. *Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile*. Cap Holding, Università degli Studi di Milano.

- Mostert, E., and S.J. Junier. 2009. "The European flood risk directive: challenges for research." *Hydrology and Earth System Sciences*.
- Pitt, M. 2008. "Pitt Review: Lessons learned from the 2007 floods."
- Schmitt, T.G., M. Thomas, and N. Ettrich. 2004. "Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems." *Journal of Hydrology*.
- SEPA. 2017. "Flood Modeling Guidamce for Responsible Authorities Version 1.1."
- Spildevandskomiteen. 2017. "Metoder til bestemmelse af serviceniveau for regnvand på terræn - Skrift nr. 31."
- Water UK. 2018. "Sewers for Adoption - A Design and Construction Guide for Developers. Eighth Edition."
- Yen B., and Chow V. 1980. "Design hyetographs for small drainage structures." *Journal Hydraulic Division ASCE*.
- Ziliani L., Surian N., Coulthard T., and Tarantola S. 2013. "Reduced-complexity modeling of braided rivers: Assessing model performance by sensitivity analysis, calibration, and validation." *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH: EARTH SURFACE* 118, 1-20.

APPENDICE 1. SINTESI DEI DATI UTILI (E DELLE RISPETTIVE FONTI) PER LO SVOLGIMENTO DEGLI STUDI COMUNALI

Categoria	Sottocategoria	Possibile fonte	Link utili
Rete fognaria – modelli esistenti	Modelli idraulici e dati a supporto	Gestore SII	
Rete fognaria – informazioni geometriche della rete	Condotte e pozzetti	Gestore SII	
	Sfioratori	Gestore SII	
	Stazioni di sollevamento	Gestore SII	
	Vasche volano esistenti o in progetto	Gestore SII	
	Dati relativi alle prime realizzazioni di SuDS (bacini di ritenzione, etc.)	Gestore SII	
	Impianti di depurazione	Gestore SII	
	Strutture idrauliche puntuali – sifoni, ponti-canale, etc.	Gestore SII	
Rete fognaria – dati di monitoraggio	Video ispezioni	Gestore SII	
	Monitoraggio livelli e portate in rete	Gestore SII	
	Perimetrazione delle aree contribuenti urbane (bacini)	Gestore SII	
Rete fognaria – dati in tempo reale	Dati SCADA, monitoraggio permanente dei livelli in rete, etc.	Gestore SII	
Rete fognaria – dati operativi di funzionamento del sistema fognario	Dati storici di sconnessione dei sistemi di depurazione	Gestore SII	
	Dati storici di interruzioni / ostruzioni della rete	Gestore SII	
	Informazioni relative ai punti di criticità idraulica (puntuali e lineari)	Gestore SII	
Reticolo idrografico minore (RIM)	Planimetria dei tratti appartenenti al RIM	Regione Lombardia (RIRU)	http://www.cartografia.regione.lombardia.it/metadata/geoportale/doc/RIRU.pdf http://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-ricerca
	Rilievi topografici sezioni e opere interferenti	Uffici tecnici Comunali Consorzi di Bonifica o similari	
	Dati idrometrici da stazioni di monitoraggio	Uffici tecnici Comunali Consorzi di Bonifica o similari	
	Dati storici di allagamento	Uffici tecnici Comunali Media locali – ricerca fonti online Foto a terra acquisite dagli operatori del Gestore SII, Consorzi di Bonifica o similari Uffici Tecnici Provinciali (documenti correlati ai PTCP)	
Reticolo idrografico secondario (RIB, RSP, RSCM, RP)	Planimetria dei tratti appartenenti al RIRU diversi dal RIM	Regione Lombardia (RIRU)	http://www.cartografia.regione.lombardia.it/metadata/geoportale/doc/RIRU.pdf http://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-ricerca
	Rilievi topografici sezioni e opere interferenti	Regione Lombardia Consorzi di Bonifica o similari AIPO Autorità di Bacino Distrettuale del Po	
	Dati idrometrici e idrologici da stazioni di monitoraggio	Regione Lombardia Consorzi di Bonifica o similari AIPO Autorità di Bacino Distrettuale del Po ISPRA – progetto annali idrologici ARPA Lombardia Uffici tecnici provinciali Enti Regolatori dei Grandi Laghi Centro Meteorologico Lombardo	http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/acque-interne-e-marino-costiere-1/progetto-annali https://www.arpalombardia.it/siti/arpalombardia/meteo/riciesta-dati-misurati/Pagine/RichiestaDatiMisurati.aspx https://www.astrogeo.va.it/rete_meteo/rete_meteo.php http://www.laghi.net/homepage.aspx http://www.centrometeolombardo.com
	Modelli idrologici e idraulici	Regione Lombardia Consorzi di Bonifica o similari AIPO Autorità di Bacino Distrettuale del Po	

Categoria	Sottocategoria	Possibile fonte	Link utili
	Dati storici di allagamento (solo per RIB, RSP, RSCM)	Regione Lombardia Consorzi di Bonifica o similari AIPO Autorità di Bacino Distrettuale del Po Uffici tecnici Comunali Media locali - ricerca fonti online Foto a terra acquisite dagli operatori del Gestore SII, Consorzi di Bonifica o similari Uffici Tecnici Provinciali (documenti correlati ai PTCP) Enti Regolatori dei Grandi Laghi	
	Dati dimensionali e di funzionamento delle opere idrauliche in linea-fuori linea (casce di laminazione, scaricatori di piena, etc.)	Regione Lombardia Autorità di Bacino Distrettuale del Po	
	Fasce di pericolosità e rischio idraulico reticolo principale o secondario	Regione Lombardia Autorità di Bacino Distrettuale del Po	
	Sistemi di drenaggio a servizio di grandi infrastrutture (autostrade, stazioni ferroviarie, etc.)	Gestore Autostradale Gestore Rete Ferroviaria e Stazioni	
Dati territoriali	Uso del suolo	ERSAF Regione Lombardia Regione Lombardia Copernicus Land Monitoring Service (dati Corine Land Cover) Servizio Tecnico Comunale	https://www.ersaf.lombardia.it/it/servizi-al-territorio/dati-e-applicazioni-del-territorio/banca-dati-dell%E2%80%99uso-e-copertura-del-suolo http://www.geoportale.regione.lombardia.it/ https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover
	Carte geologiche	Regione Lombardia ISPRA	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/ http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/lombardia.html
	Dati idrogeologici	Regione Lombardia	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Pedologia	Regione Lombardia	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Mappatura delle coperture impermeabili	Database Topografico Regionale	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Modelli Digitali del terreno	Regione Lombardia Geoportale Nazionale ISPRA Dati satellitari SRTM Dati LIDAR	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/ http://www.pcn.minambiente.it/mattm/ http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/dem20/view http://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/ http://www.pcn.minambiente.it/mattm/procedura-richiesta-dati-lidar-e-interferometrici-ps/
	Foto aeree	Regione Lombardia Istituto Geografico Militare CGR Rossi Aerofotogrammetria	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/ https://www.igmi.org/ http://www.terraitaly.it/ https://www.rossibrescia.it/
Immagini satellitari	Geoportale Nazionale Google Earth Bing (uso tramite QGIS) USGS ArcGIS online European Spatial Agency	http://www.pcn.minambiente.it/mattm/ https://www.google.it/earth/download/gep/agree.html https://www.bing.com https://earthexplorer.usgs.gov/ https://www.arcgis.com/home/index.html https://panda.copernicus.eu/web/cds-catalogue/panda	
Dati per la valutazione del danno	Attività economiche	Database Topografico Regionale	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Aree protette (aree vincolate a protezione di acque destinate al consumo umano, zone vulnerabili ai nitrati, etc.)	Regione Lombardia	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
	Elementi puntuali ad elevata esposizione (scuole, ospedali, etc.)	Regione Lombardia Servizi Tecnici Comunali	http://www.geoportale.regione.lombardia.it/
Portate in rete fognaria in tempo asciutto	Densità abitativa	ISTAT Servizi Tecnici Comunali Gestore SII	
	Consumo giornaliero pro capite	ISTAT Gestore SII	
	Deflussi delle aree commerciali e industriali	Servizi Tecnici Comunali Gestore SII	
	Programmazione sviluppo urbano	Servizi Tecnici Comunali	

APPENDICE 2. INDICAZIONE DEI LIVELLI DI DETTAGLIO ASSOCIATI AI DATI RACCOLTI E UTILIZZATI NEGLI STUDI COMUNALI

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Dati della rete fognaria modellata				
Modalità di acquisizione	Dimensioni delle condotte, quota piano campagna e di scorrimento dovranno essere desunti il più possibile da dati di precedente acquisizione messi a disposizione dal Gestore della rete. Se mancanti, puntuali rilievi integrativi dovranno essere svolti in corrispondenza dei punti di criticità idraulica indicati nel Documento Semplificato			I dati in uso dovranno essere stati desunti da un rilievo topografico completo delle dimensioni interne dei pozzetti, delle quote del piano campagna, delle dimensioni interne delle condotte o dei corsi idrici superficiali, della quote di scorrimento dei punti di entrata/uscita in ogni nodo o confluenza
Trattamento dei dati mancanti	I valori mancanti di dimensione e quota delle condotte possono essere: - stimati adottando pendenza medie di rete o locali del piano campagna; - interpolati utilizzando le quote dei pozzetti o delle sezioni disponibili più prossimi. Le quote del piano campagna possono essere applicando usando i modelli digitali del terreno (DTM), con la più alta risoluzione possibile	I valori mancanti di dimensione e quota delle condotte possono essere: - stimati adottando pendenza medie di rete o locali del piano campagna; - interpolati utilizzando le quote dei pozzetti o delle sezioni disponibili più prossimi. Le stime possono essere applicate al più per tratti di condotte comprese tra due nodi o confluenze. Il completamento dei dati mancanti tramite interpolazione o stima può essere condotto solo se i dati mancanti sono meno del 15% di ogni tipologia Le quote del piano campagna possono essere applicando usando i modelli digitali del terreno (DTM), con la più alta risoluzione possibile	Esecuzione di un rilievo per colmare i dati mancanti	Esecuzione di un rilievo per colmare i dati mancanti
Controllo dei dati	Nessuna procedura di controllo deve essere attuata a meno di problemi evidenziati durante l'esecuzione delle simulazioni di scenario	Un controllo completo di coerenza deve essere applicato in una porzione significativa della rete utilizzata nel modello. Ogni significativa discrepanza dovrà essere verificata con controlli in sito	Un controllo completo di coerenza deve essere applicato all'intera rete inserita nel modello. Nuovi rilievi dovranno essere pianificati nelle aree in cui è stato riscontrato il maggior numero di incongruenze	Un controllo completo di coerenza deve essere applicato all'intera rete inserita nel modello. Controllo a campione (nuovo rilievo) di un numero ragionevole di pozzetti. Nuovi rilievi dovranno essere pianificati nelle aree in cui è stato riscontrato il maggior numero di incongruenze
Inserimento nel modello dei dati disponibili	Inserimento dei dati relativi alla rete fognaria solo in corrispondenza di variazioni di pendenza, dimensionali, materiale, immissioni di aree contribuenti, cambi di direzione, opere idrauliche.	Inserimento dei dati relativi alla rete fognaria in corrispondenza di variazioni di pendenza, dimensionali, materiale, immissioni di aree contribuenti, cambi di direzione, opere idrauliche. Raffittimento nelle restanti porzioni della rete utilizzando per almeno il 50% delle informazioni disponibili	Inserimento dei dati relativi alla rete fognaria in corrispondenza di variazioni di pendenza, dimensionali, materiale, immissioni di aree contribuenti, cambi di direzione, opere idrauliche. Raffittimento nelle restanti porzioni della rete utilizzando almeno il 75% delle informazioni disponibili	Inserimento completo dei dati relativi alla rete fognaria

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Dati del reticolo idrografico minore superficiale modellato				
Modalità di acquisizione	Dimensioni (sezioni) dei corpi idrici superficiali, quota piano campagna e thalweg dovranno essere desunti il più possibile da dati di precedente acquisizione messi a disposizione dall'Ente competente sul corpo idrico superficiale. Se mancanti, puntuali rilievi integrativi dovranno essere svolti in corrispondenza dei punti di criticità idraulica indicati nel Documento Semplificato			I dati in uso dovranno essere stati desunti da un rilievo topografico per sezioni trasversali dei corpi idrici superficiali, della quote di scorrimento e di intradossamento delle opere di attraversamento
Trattamento dei dati mancanti	Le geometrie dei corpi idrici nei tratti compresi tra due sezioni trasversali rilevate possono essere interpolate utilizzando i punti caratterizzanti la forma delle sezioni (thalweg, top spondali, piedi spondali). Le quote del piano campagna possono essere applicando usando i modelli digitali del terreno (DTM), con la più alta risoluzione possibile	Le geometrie dei corpi idrici nei tratti compresi tra due sezioni trasversali rilevate possono essere interpolate utilizzando i punti caratterizzanti la forma delle sezioni (thalweg, top spondali, piedi spondali). Laddove le sezioni rilevate distino reciprocamente più di 1000 m dovrà essere condotto un rilievo di raffittimento locale per avere distanze non inferiori a 500 m. Le quote del piano campagna possono essere applicando usando i modelli digitali del terreno (DTM), con la più alta risoluzione possibile	Esecuzione di un rilievo per colmare i dati mancanti fino ad avere una copertura completa delle opere interferenti e una spaziatura delle sezioni trasversali non inferiore a 500 m	Esecuzione di un rilievo per colmare i dati mancanti fino ad avere una copertura completa delle opere interferenti e una spaziatura delle sezioni trasversali non inferiore a 250 m
Controllo dei dati	Nessuna procedura di controllo deve essere attuata a meno di problemi evidenziati durante l'esecuzione delle simulazioni di scenario	Un controllo completo di coerenza deve essere applicato in una porzione significativa del reticolo superficiale utilizzato nel modello. Ogni significativa discrepanza dovrà essere verificata con controlli in sito	Un controllo completo di coerenza deve essere applicato all'intero reticolo superficiale inserito nel modello. Nuovi rilievi dovranno essere pianificati nelle aree in cui è stato riscontrato il maggior numero di incongruenze	Un controllo completo di coerenza deve essere applicato all'intero reticolo superficiale inserito nel modello. Controllo a campione (nuovo rilievo) di un numero ragionevole di sezioni e opere di attraversamento. Nuovi rilievi dovranno essere pianificati nelle aree in cui è stato riscontrato il maggior numero di incongruenze
Inserimento nel modello dei dati disponibili	Inserimento dei dati relativi al reticolo superficiale solo in corrispondenza di variazioni di pendenza, dimensionali, materiale, immissioni di aree contribuenti, cambi di direzione, opere idrauliche.	Inserimento dei dati relativi al reticolo superficiale in corrispondenza di variazioni di pendenza, dimensionali, materiale, immissioni di aree contribuenti, cambi di direzione, opere idrauliche. Raffittimento nelle restanti porzioni della rete utilizzando per almeno il 50% delle informazioni disponibili	Inserimento dei dati relativi al reticolo superficiale in corrispondenza di variazioni di pendenza, dimensionali, materiale, immissioni di aree contribuenti, cambi di direzione, opere idrauliche. Raffittimento nelle restanti porzioni del reticolo utilizzando almeno il 75% delle informazioni disponibili	Inserimento completo dei dati relativi al reticolo superficiale

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Manufatti ausiliari (sfioratori, organi di intercettazione, etc) e opere strutturali (stazioni di sollevamento, vasche volano, etc) a servizio della rete fognaria				
Modalità di acquisizione	I dati dei manufatti e delle strutture modellate più rilevanti o di recente realizzazione potranno essere ricavati da disegni costruttivi, indagini precedenti, modelli precedenti o altre fonti affidabili. Rilievi integrativi dovranno essere organizzati laddove non vi siano dati sufficienti per modellare le strutture ausiliarie / corsi d'acqua afferenti con adeguata accuratezza.	I dati dei manufatti e delle strutture modellate potranno essere ricavati da disegni costruttivi, indagini precedenti, modelli precedenti o altre fonti affidabili. Rilievi integrativi dovranno essere organizzati laddove non vi siano dati sufficienti per modellare le strutture ausiliarie / corsi d'acqua afferenti con adeguata accuratezza. I dati raccolti potranno includere i dati misurati da RTC o altri sistemi di controllo se pertinenti.		I dati utilizzati dovranno essere stati acquisiti tramite rilievi eseguiti per tutti i manufatti secondari e le opere strutturali inserite nella rete comunale. Oltre a quelli di tipo geometrico, i dati raccolti includono le registrazioni dei sistemi di telecontrollo in tempo remoto o SCADA
Trattamento dei dati mancanti	I valori mancanti di dimensione e quota delle condotte o dei corsi superficiali possono essere: - stimati adottando pendenza medie di rete o locali del piano campagna; - interpolati utilizzando le quote dei pozzetti o delle sezioni disponibili più prossimi. Le quote del piano campagna possono essere applicando usando i modelli digitali del terreno (DTM), con la più alta risoluzione possibile, ove disponibili. Ove non sono disponibili DTM il piano campagna dovrà essere ricostruito (TIN) utilizzando i dati del Database Topografico Regionale	I valori mancanti di dimensione e quota delle condotte o dei corsi superficiali possono essere: - stimati adottando pendenza medie di rete o locali del piano campagna; - interpolati utilizzando le quote dei pozzetti o delle sezioni disponibili più prossimi. Le stime possono essere applicate al più per tratti di condotte comprese tra due nodi o confluenze. Il completamento dei dati mancanti tramite interpolazione o stima può essere condotto solo se i dati mancanti sono meno del 15% di ogni tipologia Le quote del piano campagna possono essere applicando usando i modelli digitali del terreno (DTM), con la più alta risoluzione possibile, ove disponibili. Ove non sono disponibili DTM il piano campagna dovrà essere ricostruito (TIN) utilizzando i dati del Database Topografico Regionale	Esecuzione di un rilievo per colmare i dati mancanti	Esecuzione di un rilievo per colmare i dati mancanti
Inserimento nel modello dei dati disponibili	Inserimento dei dati relativi alla opere afferenti alla rete fognaria e superficiale ritenute critiche			Inserimento completo dei dati relativi alla opere afferenti alla rete fognaria e superficiale

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Valori di scabrezza delle condotte, dei corpi idrici superficiali e delle superfici allagabili				
Modalità di acquisizione e applicazioni	Valori globali di scabrezza dovranno essere utilizzati facendo riferimento alla letteratura tecnico-scientifica di settore.	Valori globali di scabrezza dovranno essere utilizzati facendo riferimento alla letteratura tecnico-scientifica di settore, tenendo in considerazione la vita dell'opera, il materiale, l'uso del suolo.	Come livello C. In aggiunta, laddove sussistano condizioni note di difficoltà al deflusso in fognatura, si potranno utilizzare informazioni da video ispezione ove disponibili per valutare l'entità locale della scabrezza dei condotti.	Come livello B. In aggiunta, informazioni sulla scabrezza delle condotte e sui problemi idraulici possono essere ottenute da sistemi di video ispezione (CCTV, Closed Circuit Television) utilizzati ad hoc

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Determinazione delle aree contribuenti (bacini urbani)				
Perimetrazione delle aree contribuenti e valutazione della loro connessione alla rete fognaria	La connettività dovrà essere valutata dai documenti di pianificazione che hanno guidato la progettazione della rete e giudizio esperto del Gestore. I contorni delle aree saranno tracciati in ambiente GIS secondo lo schema della rete.	Per reti separate e miste l'effettiva connessione potrà essere valutata dai documenti di pianificazione che hanno guidato la progettazione della rete e giudizio esperto del Gestore. Per reti parzialmente separate dovrà essere condotto un rilievo per determinare i punti di connessione. I contorni delle aree, tracciati in ambiente GIS con il supporto del DTM, saranno rivisti in funzione della valutazione di campo.	Per reti separate e miste l'effettiva connessione dovrà essere valutata a campione. Per reti parzialmente separate dovrà essere condotto un rilievo per determinare i punti di connessione. I contorni delle aree, tracciati in ambiente GIS con il supporto del DTM, saranno rivisti in funzione della valutazione di campo.	Un rilievo di dettaglio dovrà essere condotto per determinare i punti di connessione con la rete. I contorni delle aree, tracciati in ambiente GIS con il supporto del DTM, saranno rivisti in funzione della valutazione di campo.
Calcolo dell'estensione delle aree contribuenti	Determinazione tramite sistemi GIS			
Identificazione delle aree impermeabili (tetti, strade, superfici pavimentate)	La determinazione di quale tra le aree contribuenti è impermeabile viene condotta combinando: - cartografia urbanistica - immagini satellitari e foto aeree - <i>street mapping</i> (https://showmystreet.com/map-streetview/)	La determinazione di quale tra le aree contribuenti è impermeabile viene condotta combinando: - cartografia urbanistica - immagini satellitari e foto aeree - <i>street mapping</i> Rilievi a campione vengono condotti per verificare i dati	L'identificazione delle aree impermeabili viene condotta tramite rilievo di dettaglio in campo	
Calcolo dell'estensione delle aree impermeabili	Determinazione tramite sistemi GIS			

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Dati di funzionamento del sistema di drenaggio urbano				
Dati di monitoraggio della rete	I dati (livelli, attivazione organi di manovra, variazioni delle condizioni di deflusso indotte dalle manovre o dagli eventi pluviometrici) devono essere ottenuti dal personale operativo, dai registri operativi e / o dai dati di monitoraggio permanente della rete messi a disposizione dal Gestore della rete			
Dati di allagamento o situazioni di deflusso in pressione	Qualora disponibili, i dati relativi a singoli fenomeni di allagamento o deflusso in pressione / sovraccarico, dovranno essere desunti dalle serie dai record di controllo in continuo della rete. Informazioni puntuali potranno anche essere fornite da parti terze.			Qualora disponibili, i dati relativi a singoli fenomeni di allagamento o deflusso in pressione / sovraccarico, dovranno essere desunti dalle serie dai record di controllo in continuo della rete. Informazioni puntuali potranno anche essere fornite da parti terze. Qualora disponibili, dovranno essere analizzati i dati di lungo termine relativi al deflusso in pressione/sovraccarico della rete
Dati relativi ad altri eventi accidentali nella rete	I dati dovranno essere forniti dal Gestore della rete (operatori, sistemi SCADA, RTC), parti terze o dai tecnici comunali			

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Portate di tempo asciutto				
Dotazione idrica procapite giornaliera	Dovranno essere applicati i valori standard di consumo giornaliero pro-capite in Lombardia (e.g. 245 l/g · abitante dato 2015 - consultare dati ISTAT aggiornati)			Dati stimati dalle misurazioni delle dotazioni idriche fornite dal Gestore del SII
Distribuzione geografica della popolazione e della portata di tempo secco	La popolazione può essere distribuita proporzionalmente alla lunghezza delle condotte e all'estensione dell'area servita		La distribuzione geografica della popolazione deve essere applicata utilizzando stime relative alla densità per ettaro della popolazione, punti di distribuzione, fornitura di acqua a consumo e dati sugli effluenti commerciali	La distribuzione geografica della popolazione deve essere applicata utilizzando dati dettagliati sulla popolazione, punti di distribuzione, fornitura di acqua a consumo e dati sugli effluenti commerciali (dati forniti dal Gestore del SII)
Variazione diurna delle portate nere (distribuzione nelle 24 ore)	Distribuzione delle portate nelle 24 ore in Italia (da letteratura tecnica di settore, es. CSDU, 2008)		La distribuzione giornaliera deve essere derivata e calibrata a partire da dati di monitoraggio in rete in tempo asciutto	

Livello di dettaglio	1	2	3	4
Dati di infiltrazione (per modelli afflussi-deflussi che ne fanno uso)				
Costanti di infiltrazione	Applicazione dei valori standard da letteratura scientifica o attingendo da dati e indagini svolte da altri Enti territoriali		I tassi di infiltrazione devono essere ottenuti da un'indagine di infiltrazione dettagliata e da registrazioni a lungo termine sull'impianto del sistema	
Decadimento della capacità di infiltrazione delle piogge	Non incluso		Le caratteristiche di infiltrazione del suolo possono essere determinate tramite l'analisi delle registrazioni a lungo termine sulle serie delle portate allo scarico	Le caratteristiche di infiltrazione del suolo devono essere determinate tramite indagini di infiltrazione dettagliate e dall'analisi delle registrazioni a lungo termine sulle serie delle portate allo scarico
Distribuzione geografica	Infiltrazione assunto uniforme nel dominio di calcolo	La distribuzione geografica dell'infiltrazione deve essere determinata dall'analisi dei dati di portata a breve termine eventuali disponibili, acquisite ad hoc per la calibrazione del modello		La distribuzione geografica dell'infiltrazione dovrebbe essere determinata da un'indagine di infiltrazione dettagliata nel territorio oggetto di approfondimento

APPENDICE 3. ELENCO DELLE INFORMAZIONI RELATIVE AGLI ASSET IN CAPO AL GESTORE DELLA RETE FOGNARIA

Tratta	Cameretta	Raccordo	Grigliata	Scarico	Criticità idrauliche puntuali	Criticità idrauliche lineari
<p>Id entità geografica Denominazione tratta Comune Via Data posa Data aggiornamento Data dismissione Data rilievo Tipo tratta Tipo fognatura Stato di servizio Qualità dato Funzionamento idraulico Lunghezza [m] Materiale PN Caratteristiche costruttive Forma sezione Larghezza [cm] Altezza [cm] Protezione interna Protezione esterna Gestore Proprietario Rilevatore Ditta posatrice Note Allegati Zoom Posizione su strada Posizione su p.c. Superficie posa (tipo) Modalità posa Lunghezza [m] Quota chiusino iniziale [m] Quota chiusino finale [m] Pendenza [per mille] Profondità iniziale [m] Quota scorrimento iniziale [m] Salto ingresso Quota fondo iniziale [m] Profondità finale [m] Quota scorrimento finale [m] Altezza caduta Quota fondo finale [m]</p>	<p>Id entità geografica Denominazione Comune Codice Via Tipo di punto Tipo di cameretta Stato di servizio Qualità dato Quota sigillo [m] Profondità [m] Quota fondo [m] Accessibilità Data aggiornamento Data posa Data dismissione Data rilievo Gestore Proprietario Rilevatore Ditta posatrice Posizione sulla strada Posizione su p.c. Superficie di posa (tipo) Note Allegati Presenza banchina Profondità banchina [m] Quota banchina [m] Collettore Est [m] Nord [m] Monografia Torrino Materiale torrino Forma torrino Larghezza torrino [cm] Lunghezza torrino [cm] Altezza torrino [cm] Appoggio di accesso Tipologia di appoggio Lastra di copertura Ristagno [cm] Soglia Profondità Sfiore [m] Quota Sfiore [m] Altezza Sfiore [m] Rivestimento esterno Rivestimento interno Posizione prof. interna Materiale parte inferiore Forma parte inferiore Larghezza inferiore [cm] Lunghezza inferiore [cm] Tipo di chiusino Materiale Chiusino Forma Chiusino Larghezza Chiusino [cm] Lunghezza Chiusino [cm]</p>	<p>Id entità geografica Denominazione Comune Codice Via Tipo Punto Tipo Raccordo Stato di servizio Qualità dato Est [m] Nord [m] Quota terreno [m] Profondità [m] Quota fondo [m] Data aggiornamento Data posa Data dismissione Data rilievo Gestore Proprietario Rilevatore Ditta posatrice Note Allegati Posizione sulla strada Posizione su p.c. Superficie posa (tipo) Monografia</p>	<p>Id entità geografica Denominazione Comune Codice Via Tipo di punto Tipo di griglia Stato di servizio Qualità dato Quota sigillo [m] Profondità [m] Quota fondo [m] Accessibilità Data aggiornamento Data posa Data dismissione Data rilievo Gestore Proprietario Rilevatore Ditta posatrice Posizione sulla strada Posizione su p.c. Superficie di posa (tipo) Note Allegati Presenza banchina Profondità banchina [m] Quota banchina [m] Monografia</p>	<p>Id entità geografica Denominazione Comune Codice Via Tipo Punto Tipo Scarico Stato di servizio Qualità dato Data aggiornamento Data posa Data dismissione Data rilievo Gestore Rilevatore Ditta posatrice Posizione sulla strada Posizione su p.c. Superficie posa (tipo) Est [m] Nord [m] Quota terreno [m] Quota scorrimento [m] Note Allegati Monografia</p>	<p>FID Comune Via Tipo di manufatto Cameretta Anno</p>	<p>FID Comune Via Tipo di manufatto Cameretta Anno ID_strada</p>

Dati relativi alla rete gestita da CAP Holding (dati desunti da <https://webgis.acquedilombardia.it> e dai dati forniti dalla Committente)

Sfioratore	Vasca di laminazione	Impianto di sollevamento	Impianto di trattamento	Area impianto
Id entità geografica Denominazione Comune Codice Via Tipo Punto Tipo Sfioratore Stato di servizio Qualità dato Accessibilità Data aggiornamento Data posa Data dismissione Data rilievo Gestore Proprietario Rilevatore Ditta posatrice Est [m] Nord [m] Quota sigillo [m] Profondità [m] Quota fondo [m] Presenza banchina Profondità banchina [m] Quota banchina [m] Note Allegati Posizione sulla strada Posizione su p.c. Superficie posa (tipo) Monografia Torrino Materiale torrino Forma torrino Larghezza torrino [cm] Lunghezza torrino [cm] Altezza torrino [cm] Appoggio di accesso Tipologia di appoggio Lastra di copertura Ristagno [cm] Soglia Profondità di sfioro [m] Quota di sfioro [m] Altezza di sfioro [m] Materiale parte inferiore Forma parte inferiore Larghezza inferiore [cm] Lunghezza inferiore [cm] Rivestimento esterno Rivestimento interno Posizione protezione interna Chiusino (tipo) Materiale Chiusino Forma Chiusino Larghezza Chiusino [cm] Lunghezza Chiusino [cm] Funzionamento idraulico Numero collettori in ingresso Numero collettori in uscita Paratoia Altezza luce paratoia [cm] Quota Alt. di Ingresso [m] Quota Alt. Uscita Sfioratore [m]	Id entità geografica Denominazione Comune Via Data rilievo Data posa Data dismissione Data aggiornamento Data avvio Gestore Proprietario Rilevatore Ditta posatrice Tipo di vasca Stato di servizio Qualità dato Posizione sulla strada Posizione su p.c. Superficie posa (tipo) Note Allegati Descrizione Quota terreno [m] Profondità [m] Quota fondo [m] Presenza banchina Profondità banchina [m] Quota banchina [m] Codice impianto Note 2 Modalità ripresa Numero pompe Numero partizioni Capacità [m3] Volume minimo [m3] Larghezza [m] Lunghezza [m] Materiale Rivestimento interno Quota altimetrica di ingresso [m] Quota altimetrica uscita [m] Quota livello massimo [m] Quota livello minimo [m] Forma	Id entità geografica Denominazione Comune Codice Via Accessibilità Data rilievo Data posa Data dismissione Data aggiornamento Gestore Proprietario Rilevatore Ditta posatrice Tipo Punto Tipo Sollevamento Stato di servizio Qualità dato Quota sigillo [m] Profondità [m] Quota fondo [m] Est [m] Nord [m] Posizione sulla strada Posizione su p.c. Superficie posa (tipo) Note Allegati Presenza banchina Profondità banchina [m] Quota banchina [m] Torrino Materiale torrino Forma torrino Larghezza torrino [cm] Lunghezza torrino [cm] Altezza torrino [cm] Appoggio di accesso Tipologia di appoggio Lastra di copertura Ristagno [cm] Soglia Profondità Soglia [m] Quota Soglia [m] Altezza Soglia [m] Rivestimento esterno Rivestimento interno Posizione protezione interna Materiale parte inferiore Forma parte inferiore Larghezza inferiore [cm] Lunghezza inferiore [cm] Monografia	Id entità geografica Denominazione Comune Codice Via Stato di servizio Qualità dato Data avvio Data aggiornamento Data posa Data dismissione Data rilievo Gestore Proprietario Note Allegati Codice impianto Descrizione Ubicazione Codice ATO Depuratore Codice ATO Agglomerato	Id entità geografica Denominazione Comune Via Qualità dato Superficie [m2] Data aggiornamento Data rilievo Data posa Data avvio Data dismissione Gestore Area Proprietario Note Allegati

Dati relativi alle opere accessorie della rete gestita da CAP Holding (dati desunti da <https://webgis.acquedilombardia.it>)

APPENDICE 4. MODELLI APPLICABILI NEGLI STUDI IDRAULICI COMUNALI: PREGI E DIFETTI

	A <i>Rolling ball</i>	B <i>Direct rainfall</i>	C Modelli reti drenaggio urbano			D Modelli correnti pelo libero		E Modelli integrati	
			C1 Modello 1D store flood water	C2 Modelli 1D-2D disaccoppiati	C3 Modelli 1D-2D accoppiati	D1 Modelli monodimensionali	D2 Modelli bidimensionali	E1 Integrazione rete/ricettore	E2 Integrazione deflusso superficiale / in rete
Scala spaziale									
Ampia	++	+++	+	+++	+	+++	+	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Dettagliata	<i>n.a.</i>	+	+	++	++	++	+++	+++	+++
Rappresentazione dei meccanismi di propagazione dei deflussi									
Ruscigliamento delle sole acque meteoriche	+	+++	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	+	+++
Deflusso in rete fognaria (nera/bianca/grigia)	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	+++	+++	+++	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	+++	+++
Deflusso in corpi idrici superficiali	<i>n.a.</i>	+	++	++	++	+++	+	+++	+++
Interazione tra rete (o corpo idrico superficiale) e suolo	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	+	+	+++	++	+	+++	+++
Valutazione della pericolosità e del danno per allagamento superficiale									
Identificazione delle livello di pericolosità idraulica	+	++	+	++	+++	++	+++	+++	+++
Quantificazione del danno indotto dall'allagamento	+	+++	+	+++	+++	++	+++	+++	+++
Valutazione degli effetti idraulici delle opere di mitigazione									
Effetti al suolo	<i>n.a.</i>	++	<i>n.a.</i>	+	++	<i>n.a.</i>	++	++	+++
Effetti internamente alla rete/reticolo superficiale	<i>n.a.</i>	+	++	++	++	+++	+	+++	+++
Varie									
Costo di implementazione	€	€€	€	€€	€€€	€	€€€	€€€	€€€
Scala temporale di indagine	+++	++	++	++	++	+++	+	+	+
Facilità di applicazione	+++	++	++	++	++	+++	++	+	++
Dati necessari per implementazione *	+++	++	++	+	++	+++	+	+	+
<p>* minore è la necessità di dati più alta la valutazione € / €€€ = meno oneroso - più oneroso + / +++ = meno idoneo / più idoneo <i>n.a.</i> = non applicabile</p>									

Classe modelli	Vantaggi	Svantaggi
A <i>Rolling ball</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Costo ridotto, applicabili velocemente ad ampia scala (es. intere città). Utile come strumento di <i>screening</i> prima di applicare modelli più dettagliati • I risultati possono essere utilizzati per automatizzare e creare percorsi per simulazioni monodimensionali del deflusso superficiale • Non richiedono dati di pioggia in <i>input</i> • Utili se sono note le posizioni dei possibili punti di alimentazione del deflusso superficiale (es. pozzetti in pressione origine dell'<i>outflowing</i>) • Ottimali in contesti in cui è disponibile un DTM ad altissima risoluzione • Indicano aree meritevoli di studio di approfondimento se i punti di <i>outflowing</i> sono indicati puntualmente 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicano solo aree potenzialmente interessate da allagamento • Non riproducono interazioni con il sistema di drenaggio sotterraneo • Non idonei in aree pianeggianti • Non applicabili per la valutazione di misure di mitigazione o valutazione del danno
B <i>Direct rainfall</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Costo ridotto, applicabili velocemente ad ampia scala (es. intere città). Eccellenti come strumento di <i>screening</i> prima di applicare modelli più dettagliati • Idonei per eventi di intensità elevata e bassa probabilità di accadimento in cui il ruolo della rete fognaria è trascurabile • Applicazione ottimale in contesti con dato altimetrico di elevata risoluzione • Modelli <i>rainfall driven</i> quindi applicabili per valutazioni quantitative del rischio idraulico • Applicabili perdite idrologiche spazialmente variabili • L'influenza della capacità di allontanamento della rete può essere considerata seppur in modo semplificato e grossolano • L'estensione delle aree soggette ad allagamento può essere utilizzata in contesti quantitativi di valutazione del rischio e del danno prodotto • Applicabili per valutazioni dell'effetto di forme di mitigazione esclusivamente superficiali (es. barriere temporanee, nuovi arginelli) ma è richiesto un DSM di elevato dettaglio 	<ul style="list-style-type: none"> • Non idonei per eventi meteorici di bassa intensità ed elevata frequenza di accadimento dove è dominante il funzionamento della rete • La qualità dei risultati dipende strettamente da quella del DSM verificato in campo • Non applicabile per valutazioni relative alla valutazione dell'impatto di forme intervento strutturali sulla rete • Non idonei in contesti pianeggianti in cui questi metodi tendono a sovrastimare le aree di allagamento
C Modelli di drenaggio urbano	<p>In generale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consentono di utilizzare i modelli della rete eventualmente già sviluppati dal Gestore della fognatura • Permettono di quantificare gli effetti di mitigazione indotti dall'adozione di misure di intervento sulla rete 	<p>In generale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ignorano i processi di allagamento indotti dal ruscellamento delle acque meteoriche non accettate dalla rete
C1 - modelli 1D di rete <i>store flood water</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Molto rapidi dal punto di vista computazionale • Applicabili a contesti spaziali molto ampi 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficile associazione tra il volume fuoriuscito dalla rete e l'areale inondato (e quindi il potenziale danno) • Difficilmente calibrabile utilizzando eventi che hanno prodotto allagamenti
C2 - modelli 1D di rete - 2D di superficie disaccoppiati	<ul style="list-style-type: none"> • Simulazioni conseguibili ancora in modo relativamente rapido ed in contesti spazialmente ampi • Rispetto alle classi a,b,c è migliore la capacità previsionale delle aree allagate. Le aree allagate possono essere utilizzate nelle mappe di pericolosità e rischio 	<ul style="list-style-type: none"> • Non viene simulato l'eventuale ritorno in rete delle acque di prima esondazione (componente non trascurabile per eventi a maggiore frequenza che mettono in crisi la rete) • Qualità del risultato fortemente vincolata alla qualità del DSM
C3 - modelli 1D di rete - 2D di superficie accoppiati	<ul style="list-style-type: none"> • Rispetto alle classi (a-d) la capacità previsionale delle aree allagate è ulteriormente migliorata. Le aree allagate possono essere utilizzate nelle mappe di pericolosità e rischio • Viene simulato l'eventuale ritorno in rete delle acque di prima esondazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Impegno computazionale rilevante in caso di applicazione in contesti ampi • Modelli applicabili agevolmente solo in aree di ridotta estensione, preferibilmente quelle a maggior rischio • Qualità del risultato fortemente vincolata alla qualità del DSM • La rappresentazione delle caditoie deve essere semplificata altrimenti l'impegno per l'inserimento dati e lo sforzo computazionale risultano eccessivi

Classe modelli	Vantaggi	Svantaggi
D1 – modelli monodimensionali per correnti a pelo libero	<ul style="list-style-type: none"> • Costo ridotto e applicabile velocemente ad ampia scala • Riproduzione dell'idraulica all'interno di corsi d'acqua in cui la corrente è prevalentemente unidirezionale, ovvero della pressoché totalità dei corpi idrici superficiali minori e secondari di modeste dimensioni • Applicabili per riprodurre le condizioni al contorno nei ricettori della rete fognaria o per riprodurre gli afflussi provenienti da bacini extraurbani afferenti alla rete fognaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiesto dettaglio per la definizione geometrica delle opere di attraversamento • Richiesta adeguato dettaglio spaziale delle sezioni trasversali lungo il profilo
D2 - modelli bidimensionali per correnti a pelo libero	<ul style="list-style-type: none"> • Costo superiore rispetto ai modelli 1D • Applicabile a scale variabili in funzione della risoluzione delle <i>mesh</i> di discretizzazione del dominio • Riproduzione dell'idraulica all'interno di corsi d'acqua in cui la corrente è prevalentemente bidirezionale e nelle aree soggette ad allagamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualità dei risultati legata strettamente alla qualità del DTM nella fasce di allagamento • Necessaria batimetria del corpo idrico • Sforzo computazionale e di impostazione superiore rispetto ai modelli 1D
E – Modelli integrati	<ul style="list-style-type: none"> • Consentono la più accurata rappresentazione delle interazioni tra tutte le componenti del deflusso delle acque meteoriche in rete e in superficie, nonché nel reticolo superficiale • Consentono la valutazione dettagliata della generazione dei deflussi superficiali, riproducendo il totale o parziale trasferimento delle acque meteoriche cadute al suolo verso la rete, nonché la loro interazione con le acque esondate dalla rete • Consentono una rappresentazione dinamica delle interazioni • Consentono la valutazione di dettaglio di tutte le forme di mitigazione sulla rete fognaria, in superficie, sul reticolo superficiale 	<ul style="list-style-type: none"> • Estremamente onerosi dal punto di vista di reperimento dati, implementazione, computazionale • Applicabili in modo selettivo in contesti spazialmente limitati • Qualità del risultato fortemente vincolata alla qualità del DSM • Pochissimi modelli commerciali disponibili, modelli non commerciali ad uno stato di sviluppo solo embrionale

APPENDICE 5. REGISTRO DATI (TEMPLATE)

Tipologia dato	Descrizione dato	Livello di affidabilità	Utilizzato?		Contesto di utilizzo	Fonte	Link	Note
Es. serie idrometrica	Es. misure acquisite da XX presso XX dal XXXX al XXXX	Valutazione qualitativa:	SI	NO	Es. Calibrazione tempo asciutto	Es. dati inviati da XX in data XX	Es. http\\...	
		0 - non utilizzabile						
		1 - scarsa						
		2 - sufficiente						
		3 - elevata						

APPENDICE 6. VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DEI DATI DI MONITORAGGIO IN RETE

I dati di flusso (velocità – livello - portata) acquisiti da stazione di monitoraggio di rete possono essere sottoposti a verifica utilizzando idonei *scatter plot*. La verifica può essere condotta per singoli eventi di piena oppure per periodi di monitoraggio più lunghi. Gli *scatter plot* dovranno riportare anche una curva di riferimento desunta applicando idonea formula idraulica (ad es. Colebrook-White) associata alla tratta oggetto di monitoraggio.

Gli *scatter plot* devono essere costruiti in scala di log-log confrontando le variabili portata / livello o velocità / livello. Le figure riportate in questa Appendice sono dei grafici portata / tirante e aiutano a valutare la qualità dei dati di rilevamento della portata.

Scatter plot acquisiti in tempo asciutto possono essere spesso influenzati dall'attrezzatura di monitoraggio che interferisce o ostruisce parzialmente il flusso, specialmente quando i flussi sono poco profondi.

La qualità dei dati di monitoraggio dovrà essere valutata per mezzo di un'osservazione visiva della consistenza dei dati rispetto alla linea corrispondente alla relazione di riferimento. L'analisi visiva consente di esprimere un giudizio della qualità dei dati scelto tra le seguenti valutazioni: "molto buono", "buono", "sufficiente" o "scarsi". Ad esempio, una deviazione dalla linea di riferimento potrebbe indicare che sono presenti sedimenti nella tubazione o che localmente è presente un effetto di rigurgito da valle che causa un incremento del tirante.

I dati di monitoraggio devono essere utilizzati solo se classificati come "molto buoni" o "buoni". I dati di tirante classificati come "sufficienti" possono ancora essere utilizzati poiché i dati di profondità sono in genere più affidabili di quelli di portata o velocità. I dati "scarsi" non devono essere utilizzati per la verifica del modello.

L'analisi visiva potrebbe anche essere condotta per i corrispondenti dati modellati. Il giudizio attribuito consentirebbe di far emergere eventuali inesattezze nei dati inseriti. Ad esempio, una deviazione dalla linea di riferimento potrebbe indicare che lo scorrimento della tubazione, la sua pendenza o il diametro non sono correttamente inseriti nel modello.

Nelle seguenti figure sono riportati a titolo esplicativo alcuni *scatter plot* ricostruiti durante eventi di piena. Nella **Figura 6.1** ad esempio sono riportati i dati di monitoraggio classificati come "molto buoni", mentre in **Figura 6.2** sono riportati dati di monitoraggio classificati come "buoni".

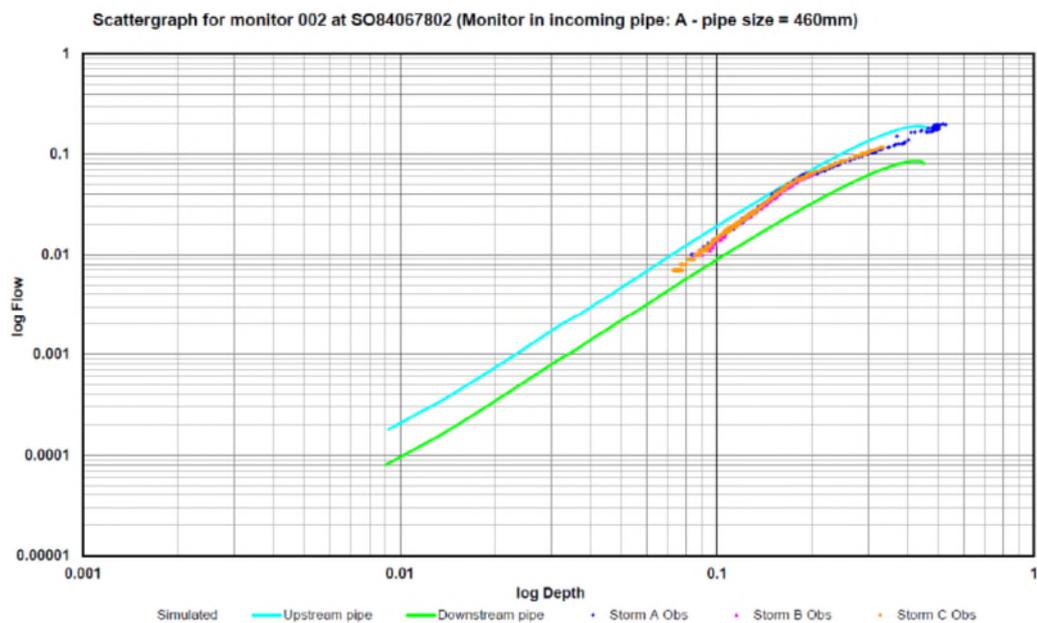


Figura 6.1 – Esempio di dati classificati come “molto buoni” (CIWEM 2017)

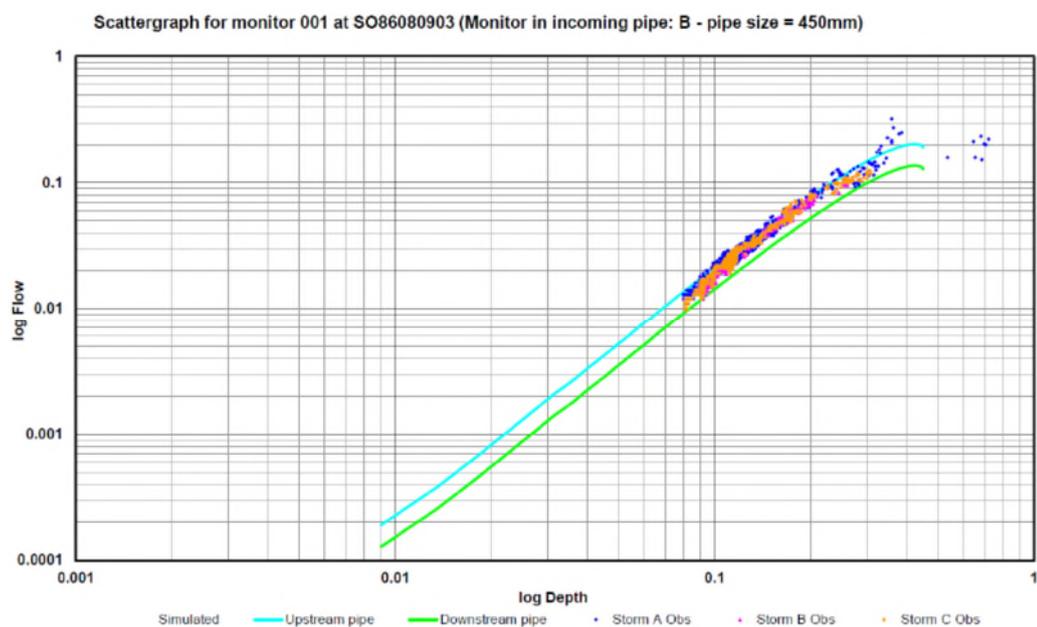


Figura 6.2 – Esempio di dati classificati come “buoni” (CIWEM 2017)

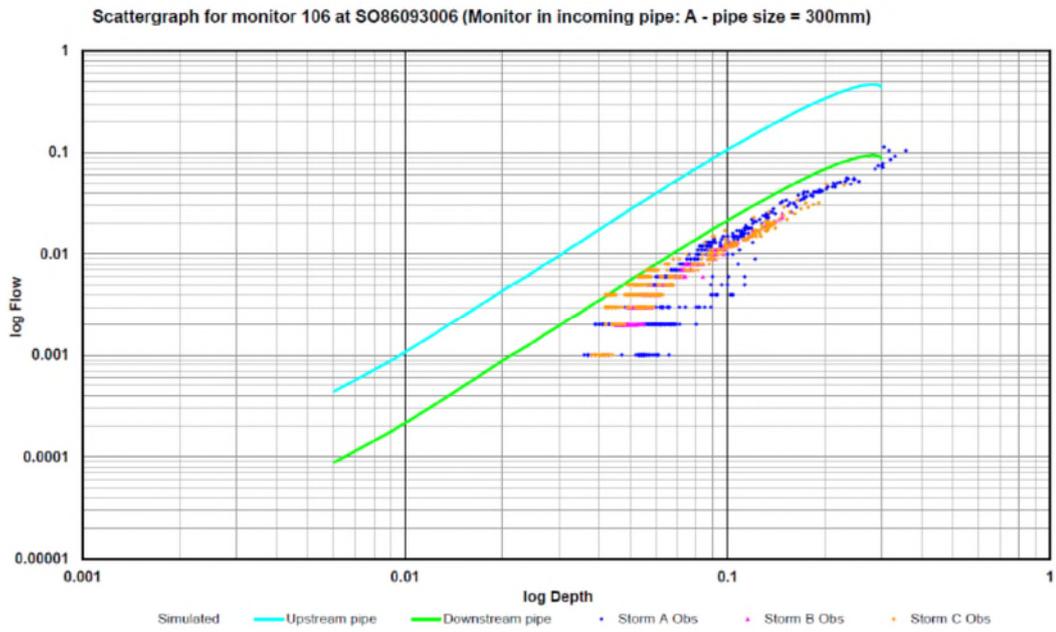


Figura 6.3 – Esempio di dati classificati come “sufficienti” (CIWEM 2017)

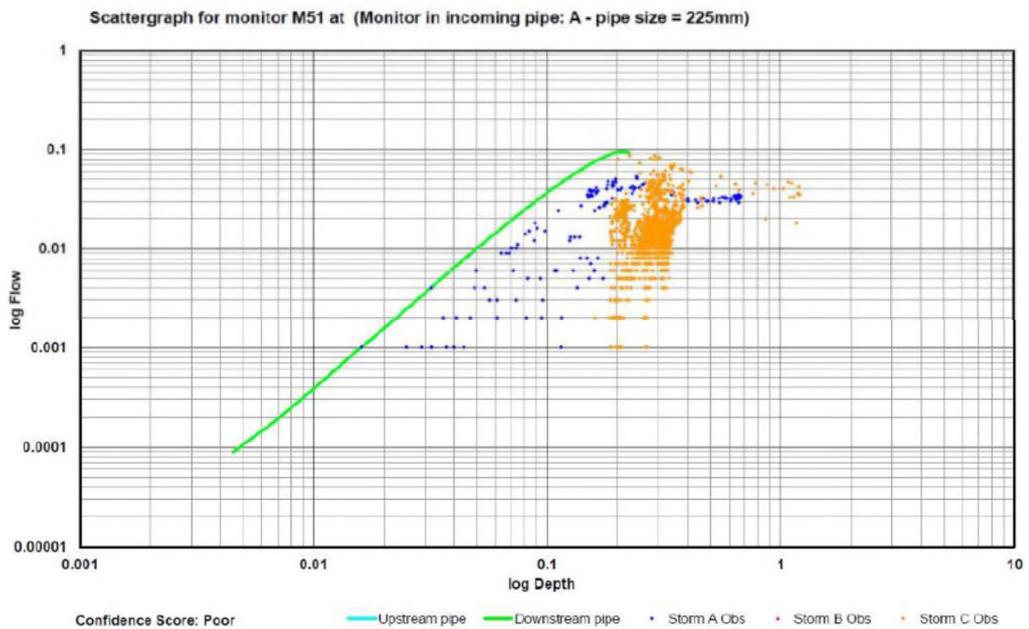


Figura 6.4 – Esempio di dati classificati come “scarsi” (CIWEM 2017)

APPENDICE 7. VALUTAZIONE DEL DANNO POTENZIALE ASSOCIATO AGLI ALLAGAMENTI

Le mappe del danno indotto dagli allagamenti non rientrano fra i prodotti richiesti dal RR nell'ambito degli SC.

La stima del danno potenziale può tuttavia costituire una valutazione utile all'Amministrazione Comunale e/o al Gestore della fognatura per l'identificazione delle forme strutturali di intervento prioritarie.

Il professionista, a partire dalle stime di danno (inteso come sola esposizione), potrà identificare come prioritari quegli interventi che consentiranno di abbattere la pericolosità idraulica nella aree a maggiore danno potenziale (inteso come sola esposizione).

Di seguito si riportano alcune indicazioni utili per la determinazione del danno secondo la metodica semplificata adottata dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Po per la redazione delle mappe di rischio del PGRA.

Nel caso del PGRA, la valutazione del danno sono state redatte in mancanza di specifiche "curve del danno", applicando un valore ubiquitario di vulnerabilità pari ad 1 per tutti gli elementi esposti.

Di seguito si riportano le seguenti classi di danno adottate nel PGRA:

- **D4 (Danno potenziale molto elevato):** aree in cui si può verificare la perdita di vite umane, ingenti danni ai beni economici, naturali storici e culturali di rilevante interesse, gravi disastri ecologico -ambientali;
- **D3 (Danno potenziale elevato):** aree con problemi per l'incolumità delle persone e per la funzionalità del sistema economico, aree attraversate da linee di comunicazione e da servizi di rilevante interesse, le aree sedi di importanti attività produttive;
- **D2 (Danno potenziale medio):** aree con limitati effetti sulle persone e sul tessuto socioeconomico. Aree attraversate da infrastrutture secondarie e attività produttive minori, destinate sostanzialmente ad attività agricole o a verde pubblico;
- **D1 (Danno potenziale moderato o nullo):** comprende le aree libere da insediamenti urbani o produttivi dove risulta possibile il libero deflusso delle piene.

A ciascuna delle classi di danno, gli indirizzi operativi del MATTM (Giugno 2013⁵¹) associano le seguenti sottocategorie di uso del suolo:

D4 - Danno potenziale molto elevato:

- Zone urbanizzate (agglomerati urbani, nuclei abitati con edificazione diffusa e sparsa).
- Zone interessate da attività economiche e produttive di rilevante interesse (zone commerciali, industrie, centri di ricerca, etc. non potenzialmente pericolose dal punto di vista ambientale);
- Strutture Strategiche (ospedali e centri di cura pubblici e privati, centri di attività collettive civili, sedi di centri civici, centri di attività collettive militari);
- Infrastrutture strategiche (Autostrade, Tangenziali, Grandi Strade e/o Strade a Scorrimento Veloce, Strade Statali, Provinciali e Comunali principali, Stazioni FS, Linee Ferroviarie, Aeroporti, Eliporti, Porti, invasi idroelettrici, grandi dighe Elettrodotti, Gasdotti, Acquedotti, Metanodotti, Linee Elettriche, Oleodotti);

51

https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/vari/documento_definitivo_indirizzi_operativi_direttiva_alluvioni_gen_13.pdf

- Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse (aree naturali, aree boscate, aree protette e vincolate, aree di vincolo paesaggistico, aree di interesse storico e culturale, zone archeologiche);
- Zone interessate da attività economiche, industriali o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale (ai sensi di ai sensi di quanto individuato nell'allegato I del D.L. 59/2005).

D3 - Danno potenziale elevato:

- Discariche, depuratori, inceneritori;
- Zone omogenee presenti negli strumenti urbanistici comunali e individuati come Cimiteri, cave, discariche anche se non in esercizio;
- Beni ambientali, paesaggistici e storico-archeologici che racchiudono potenziali valori, ma non riconosciuti in termini normativi.

D2 - Danno potenziale medio:

- Zone agricole specializzate;
- Zone estrattive;
- Zone omogenee presenti negli strumenti urbanistici comunali e individuati come ad esempio, verde urbano e parchi urbani, borghi rurali.
- Infrastrutture secondarie: intese come strade secondarie, linee ferroviarie e stazioni nel caso in cui il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani.

D1 – Danno potenziale moderato o nullo:

- Aree incolte o di scarso valore ambientale;
- Aree agricole non specializzate (prati, pascoli, etc.);
- Aree umide (zone umide, corpi idrici, boschi igrofili, lanche e meandri abbandonati, ecosistemi sito-specifici, etc.);
- Superfici costruite, a bassa densità di edificazione in stato di abbandono o degrado riconosciuto. Il valore è principalmente legato alla perdita dell'elemento costruito.

Rispetto a queste indicazioni di indirizzo, il PGRA ha aggiunto un ulteriore livello di affinamento utile nell'ambito della redazione dello SC per procedere con l'attribuzione del danno. Nello specifico, il PGRA ha assegnato, per ciascuna classe di Danno (D1-D4) le classi adottate nella classificazione *Corine Land Cover* fino al livello IV (dato territoriale incluso tra quelli oggetto delle attività di reperimento dati di cui al **Par. 4.2.4**), oltre ad alcune specifiche classi di uso relative ad elementi lineari e puntuali. Tale attribuzione è riportata nella seguente **Figura 7.1**.

LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEGLI STUDI COMUNALI DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

CLASSE D4		CLASSE D3		CLASSE D2		CLASSE D1	
1111	Tessuto residenziale denso	133	Cantieri	211	Seminativi	134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso	12124	Cimiteri	1411	Parchi e giardini	231	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
1121	Tessuto residenziale discontinuo	132	Discariche	221	Vigneti	311	Boschi di latifoglie
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	131	Cave	222	Frutteti e frutti minori	312	Boschi conifere
1123	Tessuto residenziale sparso	2113	Colture orticole	223	Oliveti	313	Boschi misti
11231	Cascine	2114	Colture floro-vivaistiche	3114	Castagneti da frutto	314	Rimboschimenti recenti
1424	Aree archeologiche	2115	Orti familiari	213	Risale	331	Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi
12122	Impianti di servizi pubblici e privati			2313	Marcite	321	Praterie naturali d'alta quota
12111	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali			1412	Aree verdi incolte	322 - 324	Cespuglieti
12112	Insedimenti produttivi agricoli			2241	Pioppeti	332	Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
12121	Insedimenti ospedalieri			2242	Altre legnose agrarie	333	Vegetazione rada
12123	Impianti tecnologici					411	Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere
1222	Reti ferroviarie e spazi accessori					3113	Formazioni ripariali
123	Aree portuali					3222	Vegetazione dei greti
12125	Aree militari obliterate					3223	Vegetazione degli argini sopraelevati
124	Aeroporti ed eliporti					511	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
1421	Impianti sportivi					5121	Bacini idrici naturali
1423	Parchi divertimento					5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive					5122	Bacini idrici artificiali
						335	Ghiacciai e nevi perenni

Elementi esposti	Danno
Beni culturali vincolati	D 4
Immobili e aree di notevole interesse pubblico	D4
Impianti allegato I del D.Lgs. 59/2005	D4
Aree protette per estrazione acqua ad uso potabile	D4
Struttura ospedaliera	D4
Scuole	D4
Dighe	D4
Depuratori	D3
Inceneritori	D3

Reti stradali	
D4	Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali
D3	Reti secondarie: strade comunali

Figura 7.1. Tabelle di attribuzione del danno potenziale tramite (a) classi di uso del suolo Corine Land Cover, (b) elementi lineari, (c) elementi puntali (da PGR Fiume Po)

A partire dall'attribuzione riportata in **Figura 7.1**, il professionista incaricato dovrà impostare una tabella di corrispondenza tra gli usi definiti in **Figura 7.1** e quelli associati alle informazioni geografiche contenute nella base dati più aggiornata e dettagliata spazialmente tra quelle reperite (es. Database Topografico Regionale, uso del suolo DUSAF, Corine Land Cover).

La tabella potrà essere utilizzata per mappare il danno potenziale in tutto il territorio comunale.

Sovrapponendo la mappa del danno con quelle di pericolosità idraulica prodotte dagli scenari, sarà possibile stimare il danno potenziale indotto.

APPENDICE 8. SPECIFICHE DI REDAZIONE DEI LAYER INFORMATICI (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO, DISAA)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



Specifiche di redazione dei layer informativi

Studio comunale di rischio idraulico



Ø FLOOD

30 luglio 2019

Dott. Enrico A. Chiaradia

Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali dell'Università degli Studi di Milano

Via Celoria 2, 20133 Milano

Email: enrico.chiaradia@unimi.it

Specifiche di redazione dei layer informativi

Studio comunale di rischio idraulico

1 Premessa

Il presente documento fornisce le linee guida per l'implementazione del database degli Studi comunali di rischio idraulico comunale redatti ai sensi del R.R. 23 novembre 2017, n.7 (Regolamento nel seguito) e definisce le tipologie di geometrie, con i relativi attributi, da impiegare per rappresentare i tematismi richiesti.

Nota di lettura:

1. Sono evidenziate in **giallo** le modifiche rispetto alla versione precedente
2. Unitamente alle linee guida, sono prodotti anche i file shapefile vuoti da impiegare nell'implementazione del database. Si sconsiglia di ricreare manualmente i file. In caso di necessità, contattare il responsabile

2 Storico delle modifiche

data	Versione	Note
2019/07/31	1	• Prima versione

3 Descrizione generale

Il Documento semplificato di rischio idraulico (Documento nel seguito) deve contenere:

- la **delimitazione delle aree a rischio idraulico** del territorio comunale, di cui al comma 7, lettera a), numeri 3 e 4 del Regolamento, definibili in base agli atti pianificatori esistenti, alle documentazioni storiche e alle conoscenze locali anche del gestore del servizio idrico integrato;
- l'**indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio che per gli ambiti di nuova trasformazione**, e l'individuazione delle aree da riservare per le stesse;
- l'**indicazione delle misure non strutturali** ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quale l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, nonché delle misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale.

Coerentemente con la natura semplificata del Documento, il Regolamento prevede una valutazione speditiva del rischio idraulico attraverso le seguenti operazioni:

- l'indicazione delle problematiche idrologiche-idrauliche presenti nel territorio analizzato come eventi storici, insufficienze della rete di drenaggio note, evidenze morfologiche significative come sottopassi, etc.;
- l'individuazione delle vie di trasporto principali e dei principali centri funzionali/operativi come scuole, ospedali, centri amministrativi, sedi di protezione civile, rete ferroviaria, etc.;
- la valutazione preliminare degli effetti delle problematiche idrologiche-idrauliche sulle comunità.

Il Documento dovrà quindi fornire, in via preliminare, le soluzioni atte alla riduzione dei rischi emersi dalla suddetta valutazione mediante:

- l'indicazione della localizzazione sul territorio e il dimensionamento di massima degli interventi e delle opere per la protezione idraulica delle infrastrutture, per il potenziamento idraulico della rete di drenaggio e la riduzione della produzione di deflusso; il dimensionamento di massima deve basarsi sul valore del volume di raccolta determinato mediante l'applicazione del requisito minimo in relazione alla criticità del comune;
- la descrizione degli interventi non strutturali ovvero di azioni, comportamenti, prassi, norme da attivare e/o intraprendere per contenere il rischio.

Il Documento deve quindi comprendere:

- la relazione generale in cui riportare una sintesi degli studi pregressi, la descrizione delle problematiche idrauliche-idrologiche in atto e degli interventi previsti, strutturali e non;
- le tavole con indicazione dei principali vincoli alla all'implementazione delle opere di invarianza idrologica/idraulica (ad es. per limitazioni all'infiltrazione);
- le tavole descrittive dello «stato di fatto», in cui sono riportate le problematiche idrauliche e gli elementi vulnerabili del territorio;
- le tavole di «progetto», in cui sono indicati gli interventi classificati in base allo stato di avanzamento del progetto (a bilancio, progettazione, collaudo, a piano) e le aree da destinare alle opere di invarianza idraulica e idrologica.

“Problematiche” e “Interventi” sono logicamente collegati tra loro (Figura 1) e tale relazione deve essere chiaramente esplicitata sia nella relazione che nelle tavole.

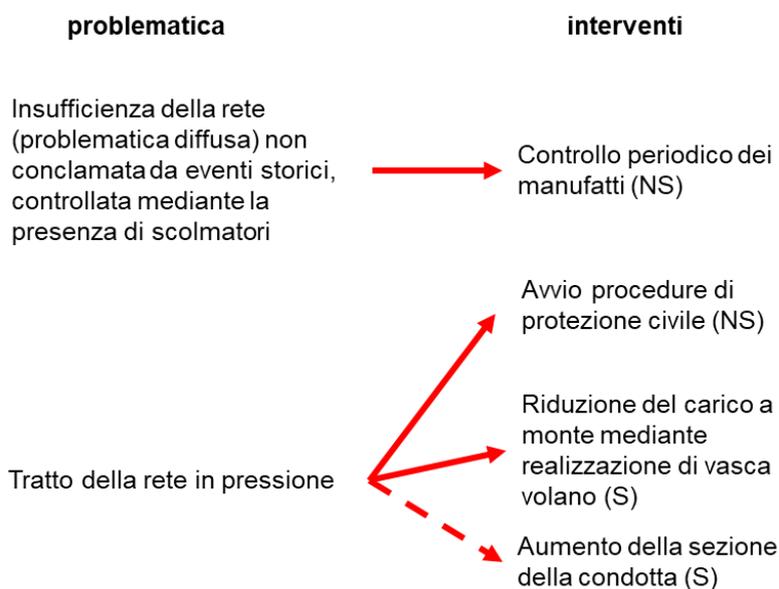


FIGURA 1: ESEMPIO DI COLLEGAMENTO LOGICO TRA PROBLEMATICHE E INTERVENTI (S = STRUTTURALI, NS = NON STRUTTURALI)

Le problematiche idrologiche-idrauliche possono essere:

- diffuse sull'intero territorio o su parte di esso (falda superficiale, rete di drenaggio urbano sottodimensionata, aree individuate dal PGT soggette ad esondazione, ecc.) o localizzate e determinate

da specifiche condizioni fisiche e/o operative (presenza di tratti tombinati e/o attraversamenti del reticolo minore, tratti della rete fognaria in contropendenza);

- riferite a sistemi idraulici differenti (reticolo principale, RIM, rete fognaria, ecc.);
- potenziali (un attraversamento, un tratto tombinato di una roggia, un tratto della rete fognaria in contropendenza, ...), o conclamate da testimonianze, documenti, ecc. (aree alluvionabili, eventi storici, ecc.).

Gli interventi strutturali sono ben identificabili sul territorio e possono essere già programmati o da prevedere.

Gli interventi non strutturali comprendono l'insieme delle azioni di verifica, monitoraggio, controllo, sensibilizzazione ed incentivazione per la riduzione del rischio idraulico che interessano l'intero territorio comunale; la geometria che li rappresenta è un poligono che identifica l'area a cui si applicano e in alcuni casi coincide con il confine comunale.

4 Specifiche tecniche

4.1 Nome e formato dei file e sistema di riferimento

I dati georiferiti devono essere restituiti in formato shapefile (secondo le specifiche del White paper di ESRI, 1998). Il formato shapefile indica di norma un insieme di file con estensione diversa, che comprendono:

1. *.shp = file delle geometrie, definisce le coordinate degli elementi geometrici;
2. *.dbf = file degli attributi in formato dBase, contiene gli attributi alfanumerici che caratterizzano ciascun elemento;
3. *.shx = file di indicizzazione, gestisce il collegamento tra gli elementi contenuti nel shp e nel dbf;
4. *.prj = file di proiezione, definisce il sistema di riferimento del file.

Nel seguito si fa riferimento al solo file shp per indicare l'insieme dei file che costituiscono il formato di scambio.

Il sistema di riferimento deve essere il sistema di coordinate piane UTM32N riferito al sistema geodetico di riferimento WGS84 (codice EPSG 32632).

La base dati di riferimento è il DataBase Topografico (DBT) regionale, e scaricabile, ove disponibile, dal sito www.cartografia.regione.lombardia.it.

La Tabella 1 riporta la lista dei file da produrre, le cui specifiche sono illustrate in dettaglio nei paragrafi successivi:

TABELLA 1: ELENCO DEGLI STRATI INFORMATIVI DA RESTITUIRE.

nome del file	Note
Problematiche_point.shp	Strato informativo delle problematiche idrologiche/idrauliche che per caratteristiche spaziali e tipologia dell'informazione sono rappresentabili da elementi puntuali
Problematiche_line.shp	Strato informativo delle problematiche idrologiche/idrauliche che per caratteristiche spaziali e tipologia dell'informazione sono rappresentabili da elementi lineari
Problematiche_poly.shp	Strato informativo delle problematiche idrologiche/idrauliche che per caratteristiche spaziali e tipologia dell'informazione sono rappresentabili da elementi poligonali
Interventi_strutturali.shp	Strato informativo degli interventi strutturali previsti a piano. Per la natura dell'informazione, il dato è rappresentato da un poligono.

Interventi_non_strutturali.shp	Strato informativo degli interventi <i>non</i> strutturali previsti a piano. Per la natura dell'informazione, il dato è rappresentato da un poligono.
Aree_invarianza.shp	Strato informativo delle aree da destinare a misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica. Per la natura dell'informazione, il dato è rappresentato da un poligono.
Pericolosita_comune_SSF	Strato informativo dell'azonamento delle aree di pericolosità idraulica rispetto allo scenario "stato di fatto"
Pericolosita_comune_SSPX	Strato informativo dell'azonamento delle aree di pericolosità idraulica rispetto allo scenario "stato di progetto" (X è un numero progressivo a partire da zero che indica i diversi scenari d'azione)
Fattibilità_infiltrazione	Strato informativo che definisce la zonizzazione della fattibilità delle opere di infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo.

4.2 Struttura dei dati

4.2.1 Problematiche_XXX.shp

Lo strato informativo "Problematiche_XXX.shp" (dove "XXX" è il segnaposto della geometria) riporta le problematiche rilevate nel territorio comunale. Per le caratteristiche del dato, è possibile scegliere la geometria che meglio rappresenta l'informazione tra punto (XXX = "point"), linea (XXX = "line") e poligono (XXX = "poly").

Occorre tuttavia fare attenzione a:

- evitare la ripetizione delle stesse informazioni tra strati informativi differenti per geometria;
- scegliere la tipologia di geometria da utilizzare in base all'informazioni di partenza, alla rappresentabilità del dato e ad esigenze di visualizzazione del dato (ad esempio sono da evitare elementi completamente nascosti da altri elementi dello stesso strato informativo);
- le sovrapposizioni tra elementi dello stesso strato informativo sono consentite ma devono essere parziali; in caso non fosse possibile evitare la sovrapposizione completa, valutare la possibilità di utilizzare un altro elemento geometrico.

Indipendentemente dalla geometria scelta, gli attributi da fornire sono riportati in Tabella 2.

TABELLA 2: SCHEMA DAI DATI DELLO STRATO INFORMATIVO DELLE PROBLEMATICHE.

Nome campo	Formato	Lunghezza	decimali	Descrizione	Obbligatorio
OBJ_ID	Testo	10	0	identificativo univoco progressivo dell'elemento composto dalla sigla identificativa il tipo di geometria e un progressivo Pt = Point, Ln = Line, Po = Polygon (ad es. Pt01, Pt02, ...)	X
COM_ISTAT	Testo	8	0	Codice comune ISTAT nel formato rrrppccc, con rr (regione), ppp (provincia), ccc (comune)	X

INDIRIZZO	Testo	254	0	nome della via se presente, altrimenti ND, non disponibile	
DATA	Data	10	0	data dell'evento nella forma aaaa-mm-gg con aaaa = anno (2019), mm = mese (01 ... 12) gg = giorno (01 .. 31)	Per indicare solo l'anno riportare il primo giorno (ad es. 2019-01-01)
FONTE	Testo	254	0	Origine dell'informazione. A titolo di esempio, si riportano le fonti più comuni: <ul style="list-style-type: none"> • Gestore SII • UT (inteso come comunicazione con uffici comunali e amministratori) • AdBPo • PGT • Regione Lombardia • Professionista (problematiche individuate dal professionista nel corso della stesura del documento semplificato) • Consorzio Bonifica • PEC (Piano di Emergenza comunale) 	X
CAUSA	Intero	2	0	indicare la causa presunta della criticità: 1 = struttura del sistema idrico (artificiale o naturale), 2 = caratteristiche morfologiche, 3 = fattori esogeni, 4 = mancanza di manutenzione, 91 = informazione non disponibile, 95 = altro	X
DESCRIZION	Testo	254	0	descrizione della criticità	X
F_AREA	Intero	1	0	La geometria è rappresentativa dell'estensione della problematica? (0 = no, 1 = sì)	X
F_TEORICO	Intero	1	0	Indicare se la problematica è teorica ovvero non accertata da eventi noti (ad es. non c'è documentazione storica dell'evento) (0 = no, 1 = sì)	X
ID_INT1	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 1	X
ID_INT2	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 2	
ID_INT3	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 3	

ID_INT4	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 4	
ID_INT5	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 5	
ID_INT6	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 6	
ID_INT7	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 7	
ID_INT8	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 8	
ID_INT9	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 9	
ID_INT10	Testo	10	0	indicare l'identificativo dell'intervento 10	
AMBITO	Intero	2	0	Indicare l'ambito a cui si riferisce la problematica mediante la codifica riportata in Tabella 3. Se la problematica è ipotetica, indicare l'ambito da cui scaturisce, altrimenti l'area in cui si è manifestato l'evento alluvionale.	X

TABELLA 3: VALORI AMMISSIBILI DEL CAMPO AMBITO

Codice	Descrizione
1	Reticolo idrografico
11	Principale
12	Minore (di competenza comunale)
13	Irriguo/bonifica (di competenza di enti consorzi di bonifica e irrigazione)
2	Reticolo di drenaggio urbano
21	Reti meteoriche
22	Fognatura
3	Aree ed edifici
31	Aree ed edifici pubblici
32	Aree ed edifici privati
4	Viabilità (strade carrabili, percorsi ciclopedonali)
41	Viabilità di interesse sovracomunale
45	Viabilità minore di interesse locale/comunale
91	Informazione non disponibile
95	Altro

4.2.2 Interventi_strutturali.shp

Lo strato informativo contiene la definizione degli interventi strutturali contemplati dal Documento. Gli interventi devono sempre essere rappresentati da poligoni, facendo attenzione ad evitare la sovrapposizione completa tra gli elementi.

Interventi che interessano aree di modeste dimensioni che potrebbero non essere visibili alla scala della tavola (1:2.000 o inferiore) possono essere rappresentati con poligoni che delimitano una superficie superiore, indicando il campo F_AREA uguale a 0.

La Tabella 4 riporta lo schema degli attributi da completare.

TABELLA 4: SCHEMA DAI DATI DELLO STRATO INFORMATIVO DEGLI INTERVENTI.

Nome campo	Formato	Lunghezza	decimali	Descrizione	Obbligatorio
OBJ_ID	Testo	10	0	identificativo univoco progressivo dell'elemento composto dalla sigla identificativa il tipo di intervento (IS = Intervento Strutturale) e il contatore	X
COM_ISTAT	Testo	8	0	Codice comune ISTAT nel formato rrrppccc, con rr (regione), ppp (provincia), ccc (comune)	X
INDIRIZZO	Testo	254	0	nome della via se presente, altrimenti ND, non disponibile	
NOME	Testo	254	0	nome dell'intervento (ad es. adeguamento idraulico della rete di via Pasubio)	X
DESCRIZION	Testo	254	0	descrizione dell'intervento	X
PRIOR	Intero	2	0	priorità di intervento: 1 = bassa, 2 = media, 3 = alta	X
CAT	Intero	2	0	Categoria di intervento: vedi Tabella 5	X
F_GREEN	Intero	1	0	L'intervento prevede l'uso di soluzioni «sostenibili» (0 = no, 1 = sì)	X
F_SOV	Intero	1	0	L'intervento ha interesse sovracomunale (0 = no, 1 = sì)	X
F_AREA	Intero	1	0	La geometria è rappresentativa dell'estensione della problematicità? (0 = no, 1 = sì)	X
STATO	Intero	2	0	Stato di avanzamento dell'intervento: vedi Tabella 6	X
ENTE	Testo	254	0	Ente di competenza/attuatore	X

ANNO	Intero	4	0	indicare l'anno di attivazione se previsto/prevedibile	X
COSTO	Intero	8	0	Indicare il costo dell'opera (metodo comparativo) in migliaia di euro	
SUP_HA	Decimale	8	2	Superficie lorda sottesa dall'intervento e utilizzata ai fini del calcolo del volume di invarianza in ha	X ^(1,3)
PHI	Decimale	5	2	Coefficiente di deflusso considerato per la stima dei volumi di invarianza (valore tra 0 - 1)	X ⁽¹⁾
T	Intero	4	0	Tempo di ritorno dell'evento considerato (anni)	X ⁽¹⁾
QLIM	Decimale	6	4	Indicare la portata limite di progetto in l/s ha _{mp}	X ⁽¹⁾
A1	Decimale	8	4	Parametro a1 della LSPP di riferimento	X ⁽¹⁾
N	Decimale	8	4	Parametro n della LSPP di riferimento	X ⁽¹⁾
ALP	Decimale	8	4	Parametro alfa α della LSPP di riferimento	X ⁽¹⁾
KAP	Decimale	8	4	Parametro kappa κ della LSPP di riferimento	X ⁽¹⁾
EPS	Decimale	8	4	Parametro epsilon ϵ della LSPP di riferimento	X ⁽¹⁾
VOL	Intero	8	0	Indicare il "volume di invarianza" in m ³ ovvero il volume che sarebbe necessario prevedere nel caso venisse realizzata un'opera di invaso anche come alternativa ad un'opera di infiltrazione, di potenziamento, disconnessione o deviazione (indicare -1 nel caso non fosse possibile stimarlo)	X ⁽²⁾
AMBITO	Intero	2	0	Indicare la tipologia di superficie/infrastruttura oggetto di intervento: vedi Tabella 3	X
F_FOG	Intero	1	0	Indicare se l'intervento ha effetti positivi sul reticolo fognario, anche se non interessa direttamente il reticolo fognario, come ad es. riduzione acque parassite, riduzione acque meteoriche, adeguamento normativo (0 = no, 1 = sì)	X

F_PTUA	Intero	1	0	Indicare se l'intervento risponde ai requisiti di cui l'art. 10 del regolamento regionale 6/2019 Programma di riassetto delle fognature e degli sfioratori (0 = no, 1 = sì)	X
<p>Note:</p> <p>(1) Da completare solo per gli interventi che hanno per oggetto il reticolo di drenaggio urbano, aree ed edifici, viabilità (vedi campo "AMBITO")</p> <p>(2) Da completare anche nel caso di interventi sovracomunali se l'informazione è disponibile</p> <p>(3) Deriva dalla superficie dell'area sottesa delimitata nel layer "area_drenata.shp"</p>					

TABELLA 5: VALORI AMMISSIBILI DEL CAMPO CAT DELLA TABELLA DEGLI ATTRIBUTI DEL LAYER INTERVENTI_STRUTTURALI.SHP

Codice	Descrizione
1	Laminazione
11	<i>Laminazione con strutture superficiali</i>
12	<i>Laminazione con strutture sotterranee</i>
2	Infiltrazione
21	<i>Infiltrazione con trincee</i>
22	<i>Infiltrazione con pozzi drenanti</i>
23	<i>Infiltrazione con bacini di infiltrazione / fossi disperdenti</i>
24	<i>Infiltrazione con caditoie filtranti</i>
25	<i>Infiltrazione con pavimentazioni permeabili</i>
3	Disconnessione
31	Con recapito in reticolo superficiale (per gravità)
32	Con recapito in reticolo superficiale (per sollevamento)
33	VUOTO
34	VUOTO
35	Con recapito in suolo e primi strati del sottosuolo (trincee)
36	Con recapito in suolo e primi strati del sottosuolo (pozzi drenanti/disperdenti)
37	Con recapito in suolo e primi strati del sottosuolo (bacini di infiltrazione/fossi disperdenti)
38	Con recapito in suolo e primi strati del sottosuolo (caditoie filtranti)
39	Con recapito in suolo e primi strati del sottosuolo (pavimentazioni permeabili)
4	Adeguamento/potenziamento idraulico
41	<i>Adeguamento/potenziamento idraulico mediante posa/rifacimento di tubazioni / supertubi</i>
45	<i>Adeguamento/potenziamento idraulico mediante realizzazione di manufatti di regolazione delle portate</i>

46	<i>Adeguamento/potenziamento idraulico mediante realizzazione di manufatti particolari (ad es. sfioratori, sifoni, stazioni di sollevamento, etc...)</i>
5	Deviazione
91	Informazione non disponibile
95	Altro

TABELLA 6: VALORI AMMISSIBILI DEL CAMPO STATO DELLA TABELLA DEGLI ATTRIBUTI DEL LAYER INTERVENTI_STRUTTURALI.SHX

Codice	Descrizione
1	Proposta del documento semplificato di rischio idraulico
2	A piano investimenti ente gestore
3	Progettazione
31	<i>Progetto preliminare</i>
32	<i>Progetto definitivo</i>
33	<i>Progetto esecutivo</i>
4	Realizzazione
41	<i>Fase di cantiere</i>
42	<i>Fase di collaudo (lavori conclusi)</i>
5	In esercizio
91	Informazione non disponibile
95	Altro

4.2.3 Interventi_non_strutturali.shp

Lo strato informativo contiene la definizione degli interventi non strutturali contemplati dal Documento. Gli interventi devono sempre essere rappresentati da poligoni, facendo attenzione ad evitare la sovrapposizione completa tra gli elementi. Poiché gli interventi non strutturali spesso interessano le medesime aree se non l'intero confine comunale, ad ogni elemento geometrico è possibile associare più interventi.

Interventi che interessano aree di modeste dimensioni che potrebbero non essere visibili alla scala della tavola (1:2.000 o inferiore) possono essere rappresentati con poligoni che delimitano una superficie superiore, indicando il campo F_AREA uguale a 0.

La Tabella 7 riporta lo schema degli attributi da completare.

TABELLA 7: SCHEMA DAI DATI DELLO STRATO INFORMATIVO DEGLI INTERVENTI NON STRUTTURALI.

Nome campo	Formato	lunghezza	decimali	Descrizione	Obbligatorio
OBJ_ID	Testo	10	0	identificativo univoco progressivo dell'elemento. Può essere un contatore	X

				progressivo partendo da 1 per il primo elemento.	
COM_ISTAT	Testo	8	0	Codice comune ISTAT nel formato rrrppccc, con rr (regione), ppp (provincia), ccc (comune)	X
DESCR	Testo	254	0	Descrivere l'area in cui si applicano gli interventi non strutturali (ad es. intero territorio comunale, quartiere, vie)	X
ID_INT1	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 1 (ad es. INS1)	X
ID_INT2	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 2	
ID_INT3	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 3	
ID_INT4	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 4	
ID_INT5	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 5	
ID_INT6	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 6	
ID_INT7	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 7	
ID_INT8	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 8	
ID_INT9	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 9	
ID_INT10	Testo	10	0	Indicare l'identificativo dell'intervento non strutturale 10	

La descrizione dell'intervento va riportata in un file di testo in formato libero (*.txt, *.doc, *.docx, ecc) il cui nome è l'identificativo dell'intervento (ad es. INS01.docx).

4.2.4 Aree_invarianza.shp

Lo strato informativo contiene la definizione delle aree da destinare ad opere di invarianza idraulica e idrologica come dall'elenco degli interventi previsti dal Documento. Le aree devono sempre essere rappresentate da poligoni facendo attenzione ad evitare la sovrapposizione tra gli elementi (anche la sovrapposizione parziale è da evitare).

La Tabella 8 riporta lo schema degli attributi da completare.

TABELLA 8: SCHEMA DAI DATI DELLO STRATO INFORMATIVO DELLE AREE DA DESTINARE AD OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA.

Nome campo	Formato	Lunghezza	decimali	Descrizione	Obbligatorio
OBJ_ID	Intero	10	0	identificativo univoco progressivo dell'elemento	X
COM_ISTAT	Testo	8	0	Codice comune ISTAT nel formato rrrppccc, con rr (regione), ppp (provincia), ccc (comune)	X
INDIRIZZO	Testo	254	0	nome della via se presente, altrimenti ND, non disponibile	X
PROP	Intero	2	0	Proprietà dell'area: 1 = pubblico, 2 = privato, 3 = misto, 91 = informazione non disponibile, 95 = altro	X
NOME	Testo	254	0	nome dell'area (ad es. parco pubblico di via Pasubio)	X
DESCRIZION	Testo	254	0	descrizione dei luoghi	X
ID_INT	Testo	254	0	Indicare l'identificativo dell'intervento o la lista di interventi previsti a piano separati dalla virgola	X
F_MULT	Intero	1	0	Indicare se l'area sarà destinata ad altri usi (ad esempio area verde e/o parcheggio) (0 = no, 1 = sì)	X
VINCOLI	Testo	254	0	Riportare eventuali vincoli che insistono sull'area	X

4.2.5 Pericolosità_comune_SSF e Pericolosità_comune_SSPX

Definisce la zonizzazione della pericolosità idraulica per diversi tempi di ritorno rispetto allo stato di fatto (Pericolosità_comune_SSF) e lo stato di progetto (Pericolosità_comune_SSPX dove X è l'identificativo dello scenario ovvero un contatore con base zero). La geometria del layer è di tipo poligonale. La Tabella 9 riporta l'elenco degli attributi richiesti.

TABELLA 9: SCHEMA DAI DATI DELLO STRATO INFORMATIVO DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (STATO DI FATTO E STATO DI PROGETTO).

Nome campo	Formato	Lunghezza	decimali	Descrizione	Obbligatorio
OBJ_ID	Intero	10	0	identificativo univoco progressivo dell'elemento	X
COM_ISTAT	Testo	8	0	Codice comune ISTAT nel formato rrrppccc, con rr (regione), ppp (provincia), ccc (comune)	X

TRITORNO	Intero	10	0	Tempo di ritorno a cui si riferisce la pericolosità	X
----------	--------	----	---	---	---

4.2.6 Fattibilita_infiltrazione

Definisce la zonizzazione della fattibilità delle opere di infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo. Definisce in particolare, le aree che presentano limitazioni (vincoli urbanistici, geologici o altro) all'installazione delle opere di infiltrazione. La geometria del layer è di tipo poligonale. La Tabella 10 riporta l'elenco degli attributi richiesti.

TABELLA 10: SCHEMA DAI DATI DELLO STRATO INFORMATIVO DELLA FATTIBILITÀ DELLE OPERE DI INFILTRAZIONE DELLE ACQUE PLUVIALI NEL SUOLO E NEGLI STRATI SUPERFICIALI DEL SOTTOSUOLO.

Nome campo	Formato	Lunghezza	decimali	Descrizione	Obbligatorio
OBJ_ID	Intero	10	0	identificativo univoco progressivo dell'elemento	X
COM_ISTAT	Testo	8	0	Codice comune ISTAT nel formato rrrppccc, con rr (regione), ppp (provincia), ccc (comune)	X
CAT	Intero	2	0	Categoria del vincolo: 1 = idrologico 2 = geologico 3 = urbanistico 91 = Informazione non disponibile 95 = Altro	X
FONTE	Testo	254	0	Origine del vincolo	X
DESCR	Testo	254	0	Descrizione del vincolo	X

APPENDICE 9. ACRONIMI

LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEGLI STUDI COMUNALI DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

AdB	Autorità di Bacino Distrettuale del Po
ARS	Area a Rischio Significativo
PGRA	Piano di Gestione del Rischio Alluvionale
PAI	Piano per l'Assetto Idrogeologico
RR	Regolamento Regionale n. 7/2017
RIRU	Reticolo Idrografico Regionale Unificato
DS	Documento Semplificato del rischio idraulico comunale
SC	Studio Comunale di gestione del rischio idraulico
LSPP	Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica
PGT	Piani di Governo del Territorio
PTCP	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DTM	<i>Digital Terrain Model</i>
DSM	<i>Digital Surface Model</i>
LiDAR	<i>Light Detection And Ranging</i>
SA	<i>Sensitivity Analysis (Analisi di Sensitività)</i>

ALLEGATO 1 CHECK LIST (riferimenti alle Linea Guida)

1. Inquadramento dello Studio Comunale

Comune	
Fascia criticità idraulica	
Numero di abitanti	
Data e versione dello studio	
Autore e società	
Revisore	
Data della revisione	

2. Fase decisionale

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
La scelta del contesto spaziale di studio è stata condotta considerando le criticità idrauliche note sulla rete fognaria e sul reticolo idrografico superficiale minore?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono stati interpellati e/o coinvolti i <i>partners</i> e gli <i>stakeholders</i> territoriali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
È stata condotta una valutazione per scegliere il grado di dettaglio dell'apparato modellistico più adeguato? La scelta ha rispettato i livelli minimi di dettaglio? Tabella 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
È stato rispettato il livello minimo di dettaglio relativamente al <i>dataset</i> da reperire ed utilizzare? Tabella 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Quale modello (o modelli) è stato adottato? La scelta ha rispettato le indicazioni suggerite? Tabella 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Le procedure di <i>testing</i> sono state applicate coerentemente al livello di dettaglio dell'apparato modellistico? Tabella 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gli scenari attuale e futuro sono stati impostati secondo le indicazioni del RR? Tabella 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3. Reperimento dati

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
Il Professionista ha compilato il registro dati?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tutti i documenti di riferimento sono stati elencati nella relazione idraulica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
È stata condotta una attività di sistematizzazione dei dati già disponibili?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

È stata condotta una valutazione dei dati mancanti?			
Sono stati condotti nuovi rilievi o attività di monitoraggio <i>ad hoc</i> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Il trattamento dei dati e il loro uso sono stati condotti in modo coerente con il livello di dettaglio dell'apparato modellistico? APPENDICE 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono state utilizzate le LSPP messa a disposizione da ARPA Lombardia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
I dati geografici sono stati organizzati adottando il sistema di riferimento in uso in Regione Lombardia? Par. 4.2.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

4. Modelli applicati

Oggetto della verifica			Commento
Quale modello (o modelli) è stato applicato per la valutazione della pericolosità idraulica della rete? Cfr. Par. 5.1			
Quale modello è stato applicato per la valutazione della pericolosità idraulica sul reticolo idrografico superficiale minore? Cfr. Par. 5.1			
Quale modello è stato applicato per la valutazione dei fenomeni di allagamento superficiale? Cfr. Par. 5.1			
La scelta dei modelli ha rispettato i criteri suggeriti? Cfr. Par. 5.2	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	

5. Condizioni al contorno

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
Sono state rispettate le indicazioni relative alla predisposizione delle geometrie del sistema di drenaggio urbano? Cfr. Par. 6.1.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Quale schematizzazione è stata utilizzata per la rappresentazione dei fenomeni di allagamento delle superfici? Tabella 12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono state rispettate le indicazioni relative alla predisposizione delle geometrie delle superfici allagabili? Tabella 13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Le aree contribuenti sono state identificate coerentemente con le indicazioni del Gestore (se disponibili) e/o la loro delimitazione è stata condivisa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
La durata critica dell'evento è stata valutata preliminarmente utilizzando i metodi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
idrologici suggeriti (o assimilabili)? Il valore è stato affinato tramite l'applicazione modellistica?			
Quale metodo di generazione dei deflussi è stato adottato nelle aree urbane? E quale in quelle rurali? Tabella 14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono state valutate le casistiche proposte per la valutazione delle condizioni al contorno idrauliche? Tabella 16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono state applicate le procedure proposte per ogni casistica di valutazione delle condizioni al contorno idrauliche? Tabella 17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
I <i>partners</i> hanno messo a disposizione studi o modelli pregressi? Sono stati utilizzati?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Quale ietogramma è stato utilizzato?			

6. Calibrazione, validazione, analisi di sensitività

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
Erano disponibili dati di monitoraggio di tempo asciutto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono stati utilizzati i dati di monitoraggio di tempo asciutto, laddove disponibili?			
Erano disponibili dati di monitoraggio durante eventi meteorici in rete e/o sul reticolo superficiale minore?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono stati utilizzati i dati di monitoraggio durante eventi meteorici in rete e/o sul reticolo superficiale minore laddove disponibili?			
Erano disponibili dati storici di allagamento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
I dati storici di allagamento sono stati utilizzati, laddove disponibili?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Erano disponibili dati idrologici associati agli eventi storici con dati di allagamento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
I dati idrologici associati agli eventi storici di allagamento sono stati utilizzati, laddove disponibili?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Il modello della rete è stato sottoposto a calibrazione in tempo asciutto e/o durante eventi meteorici?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Il modello dei corsi d'acqua superficiali minori è stato sottoposto a calibrazione durante eventi meteorici e/o utilizzando dati storici di allagamento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
La componente modellistica 2D di allagamento in area urbana e/o rurale è	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
stata sottoposta a calibrazione utilizzando dati storici di allagamento?			
Erano disponibili dati utili alla validazione (eventi diversi da quelli di calibrazione)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Il modello è stato validato?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Il modello è stato sottoposto ad analisi di sensitività?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

7. Forme di intervento

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
Sono state considerate tutte le forme di intervento strutturali e non strutturali previste dal Documento semplificato?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono state valutate nuove forme di intervento strutturale e non strutturale concordata con l'Amministrazione Comunale e/o il Gestore della rete?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

8. Implementazione degli scenari

Oggetto della verifica	SI	NO	Commento
Sono stati simulati tutti gli scenari (TR 10, 50, 100) assumendo le condizioni attuali del sistema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
È stato simulato lo scenario futuro comprensivo di tutte le forme strutturali di intervento (TR 10 anni)? Sono stati riprodotti gli effetti anche di quelle non strutturali (a discrezione del professionista)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sono stati simulati scenari futuri ipotizzando configurazioni differenti di realizzazione degli interventi strutturali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
È stata valutata una lista di interventi prioritari valutando il danno potenziale associato ad ogni ipotesi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

9. Reportistica

Oggetto della verifica	SÌ	NO	Commento
La relazione generale è completa nei contenuti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
La relazione idraulica è completa nei contenuti?			
Gli strati informativi sono stati forniti in modo completo per contenuto e nei formati richiesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
La base dati delle simulazioni è stata fornita in modo completo per contenuto e nei formati richiesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

10. Valutazione finale

Valutazione		Note
<input type="checkbox"/>	Non Sufficiente	Non confacente con i requisiti minimi da R.R. n.7/2017
<input type="checkbox"/>	Sufficiente	Confacente con i requisiti minimi da R.R. n.7/2017
<input type="checkbox"/>	Buono	
<input type="checkbox"/>	Ottimo	