

CAP HOLDING S.P.A.

ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO DELLA BIOPIATTAFORMA CAP-CORE DI SESTO SAN GIOVANNI, AI SENSI DELL'ART. 62 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI

RELAZIONE

PROGETTISTI:
DOTT. ING. FULVIO BERNABEI
DOTT. ING. PAOLO SANAVIA



DIZETA INGEGNERIA

STUDIO ASSOCIATO

Via Bassini, 19 – 20133 MILANO Tel. 02-70600125
server@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

DATA LUGLIO 2018

COMMESSA N° 008/2018 REDATTO SANAVIA

CODICE COMMESSA STCAPHOLDING CONTROLLATO -

NOME FILE APPROVATO BERNABEI

Mod. 7.3 G – Rev. 01

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.

INDICE

1	Premesse	3
2	Riferimenti normativi	6
2.1	Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico	6
2.2	Piano di Gestione Rischio Alluvioni	8
2.3	Coordinamento tra PAI e PGRA	10
3	Criteri per l'analisi di compatibilità idraulica degli impianti	12
4	Gli impianti esistenti e le previsioni progettuali	14
5	Inquadramento idraulico generale dell'asta fluviale del Lambro Settentrionale	18
5.1	Assetto fisico e idrografico	18
5.2	Aspetti idrologici	18
5.3	Assetto morfologico e idraulico	19
5.4	Quadro dei dissesti	20
5.5	Livello di protezione esistente	21
5.6	Linee di intervento sull'asta del Lambro	22
6	Analisi del rischio idraulico	23
6.1	Identificazione dell'evento di piena di riferimento	23
6.2	Simulazione degli eventi di piena	26
6.2.1	Il software di simulazione	26
6.2.2	Descrizione della geometria del terreno	27
6.2.3	Definizione del dominio di calcolo e costruzione della mesh	29
6.2.4	Taratura del modello idraulico e condizioni al contorno	31
6.2.5	Simulazione della piena duecentennale	34
6.2.6	Conclusioni	34
7	Analisi della vulnerabilità dell'impianto di trattamento	37
7.1	Stato di fatto	37
7.2	Stato di progetto	41
7.3	Interventi di mitigazione	41
7.4	Conclusioni	43
8	Piano di emergenza	44

8.1	Analisi del rischio idraulico degli impianti	44
8.2	Pianificazione del segnale di preallarme	44
8.3	Stima dei tempi di preallarme e dei tempi di attuazione del piano di emergenza	45
8.4	Definizione delle priorità	45
8.5	Piano di emergenza	45
8.6	Manutenzione del piano di emergenza	49
9	Indicazioni per lo sviluppo delle fasi progettuali	50
10	Conclusioni	54

1 Premesse

Oggetto del presente studio è la verifica di compatibilità idraulica e la mitigazione del rischio per il progetto della biopiattaforma integrata CAP-CORE in Comune di Sesto San Giovanni (MI), ai sensi delle Norme di Attuazione del PAI e della "Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb".

Il progetto della biopiattaforma CAP-CORE prevede la riconversione, la qualificazione e l'adeguamento tecnologico dell'impianto termovalorizzatore esistente di Sesto San Giovanni (MI), di proprietà del Consorzio Recuperi Energetici (CORE S.p.A.), e dell'adiacente impianto di trattamento delle acque reflue di proprietà di CAP Holding S.p.A., i quali saranno integrati in una singola unità tecnologica.

Allo stato attuale, i due impianti oggetto di intervento ricadono nella "fascia fluviale C" del fiume Lambro Settentrionale, così come definita nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ed approvato con D.P.C.M. 24/05/2001; il Piano di Gestione Rischio Alluvioni del fiume Po, redatto ai sensi del d.lgs. 49/2010 e della Direttiva Europea 2007/60/CE, colloca tuttavia i due impianti all'interno della fascia di pericolosità media (P2) del fiume Lambro, soggetta ad allagamenti per alluvioni poco frequenti (tempo di ritorno 200 anni).

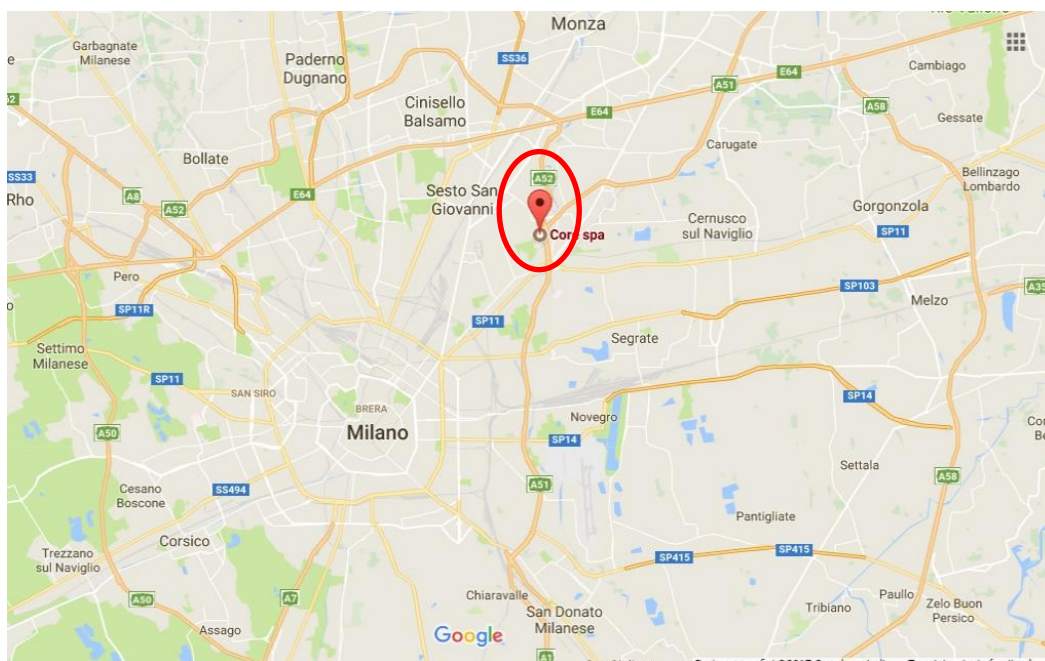


Figura 1. Inquadramento territoriale degli impianti CAP-CORE.

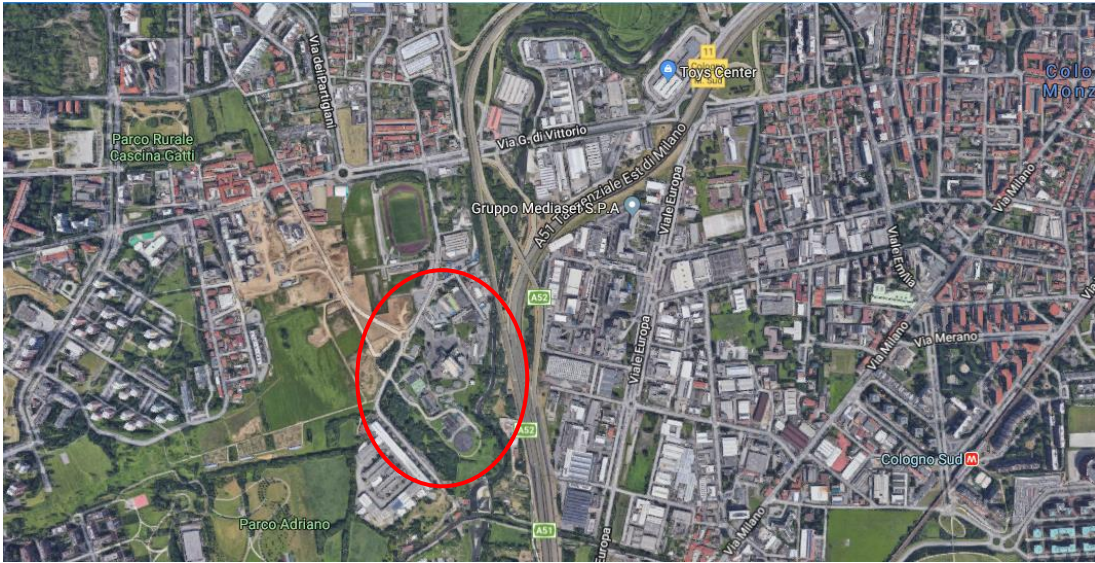


Figura 2- Inquadramento territoriale degli impianti CAP-CORE.

Per questo motivo, ai sensi della Variante alle Norme di Attuazione del PAI approvata con deliberazione n. 5/2016 del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, l’autorizzazione degli interventi in progetto è subordinata ad una verifica di compatibilità idraulica, da predisporre da parte del soggetto proponente e da sottoporre al parere di merito dell’autorità idraulica competente. Ai sensi degli artt. 38bis e 62 delle NA del PAI, tale verifica deve soddisfare le prescrizioni e le raccomandazioni tecniche contenute nella Direttiva 1 dell’Autorità di Bacino *“Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb”*.

Il capitolo 3 della suddetta Direttiva impone:

1. che la localizzazione delle opere di interesse pubblico nelle fasce A e B (e per estensione, nelle fasce di pericolosità P3 e P2 del PGRA, caratterizzate da probabilità di allagamento elevate o medie), laddove consentita, sia subordinata alla verifica di compatibilità con il rischio idraulico esistente, con l’obiettivo di verificare che le opere in questione non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo all’interno delle fasce fluviali, costituendo cioè significativo ostacolo al deflusso, e che non limitino in modo significativo la capacità di invaso del corpo d’acqua;
2. di *“(…) integrare la verifica di compatibilità idraulica con l’analisi degli effetti prodotti dalle piene sugli impianti stessi”* e, sulla scorta degli effetti idraulici riscontrati, di dare prescrizioni e raccomandazioni tecniche *“per la progettazione degli eventuali interventi di riduzione del rischio stesso, il*

rispetto di una soglia di rischio idraulico accettabile, la redazione di un piano di emergenza per gestire il rischio idraulico residuo".

Il presente studio si prefigge dunque i seguenti obiettivi:

1. verificare che gli interventi di adeguamento dell'impianto in progetto non costituiscano ostacolo significativo al deflusso delle piene che potrebbero interessare la fascia di allagamento del corso d'acqua Lambro Settentrionale;
2. verificare che la vulnerabilità dell'impianto sia compatibile con le prescrizioni della Direttiva sopra richiamata;
3. proporre interventi volti a garantire l'adeguamento degli impianti alle prescrizioni della Direttiva;
4. redigere un piano di emergenza per la gestione del rischio idraulico residuo.

2 Riferimenti normativi

Di seguito si riporta una breve introduzione alla normativa più rilevante ai fini del presente studio.

2.1 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po in campo urbanistico è stato predisposto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della L. 18 maggio 1989 n 183 e approvato con il DPCM 24 maggio 2001. All'interno del PAI sono contenuti norme e vincoli specifici di natura idraulica ed idrogeologica che, in alcune aree, limitano l'uso del suolo a scopo urbanistico e, in altre demandano ai Comuni approfondimenti per verificare la compatibilità delle previsioni urbanistiche contenute nei piani regolatori con le condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico delimitate nella cartografia del PAI stesso.

All'interno delle norme di attuazione del PAI sono definite le fasce fluviali, classificate come segue (art. 28):

1. Fascia A: "Fascia di deflusso della piena ...omissis..., costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" al Titolo II delle presenti Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena."
2. Fascia B: "Fascia di esondazione ...omissis..., esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta."

3. Fascia C: "Area di inondazione per piena catastrofica ...omissis..., costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato."

La Figura 3 mostra che, in base alle tavole PAI (aggiornate al 2014), gli impianti oggetto di intervento risultano localizzati esternamente alla fascia B del fiume Lambro, ricadendo interamente all'interno della fascia C.

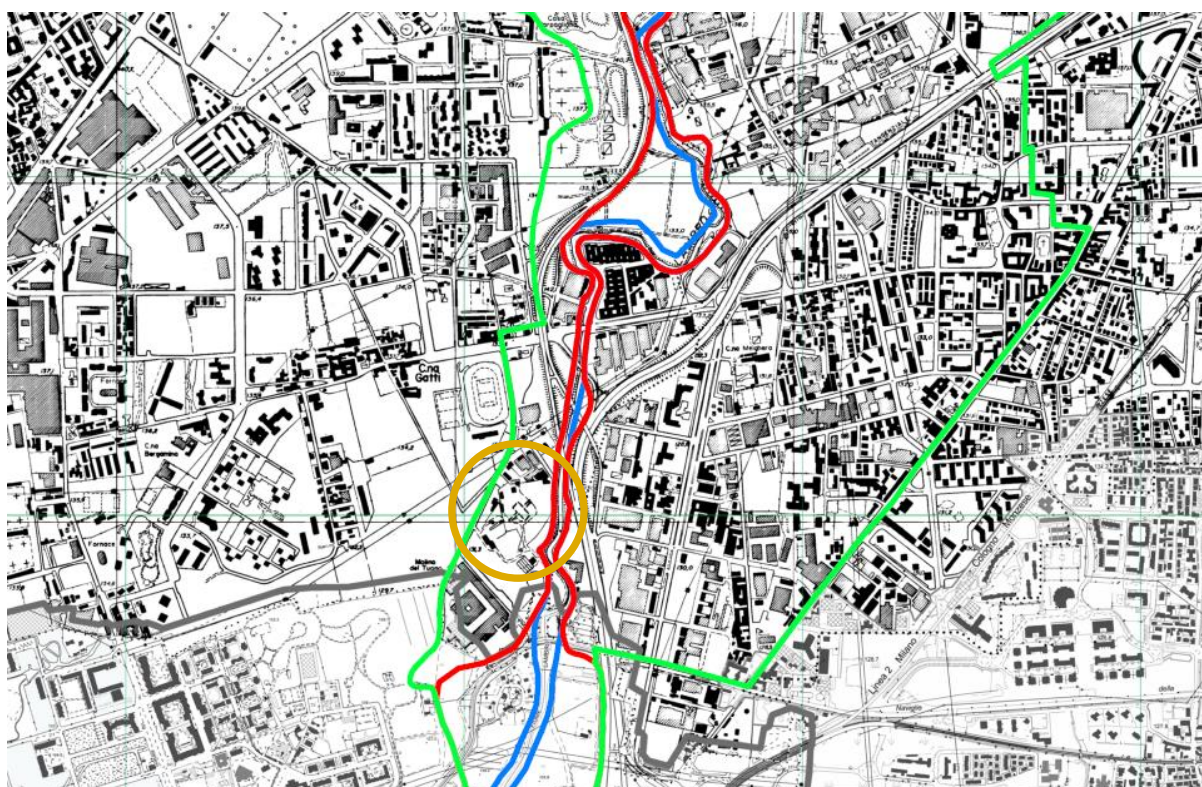


Figura 3 - Delimitazione fasce fluviali del PAI a Sesto San Giovanni (blu: fascia A; rosso: fascia B; verde: fascia C), con l'ubicazione (cerchiata) degli impianti CAP-CORE.

Le Norme di Attuazione del PAI indicano i divieti, le attività consentite e gli obiettivi perseguiti dal Piano per ogni fascia fluviale. Nel dettaglio, l'art. 30 specifica che nella Fascia B sono consentiti:

1. "l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ...omissis... limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della

- vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente..." (art. 29 comma 3 delle NTA PAI);
2. "l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali" (art. 29 comma 3 delle NTA PAI);
 3. "gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.";
 4. "il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale..."

All'art. 38bis, le NTA dispongono inoltre l'obbligo per i proprietari ed i gestori di impianti di trattamento delle acque reflue di potenzialità superiore a 2000 abitanti equivalenti, di impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti e di impianti di approvvigionamento idropotabile, ubicati nelle fasce fluviali A e B di predisporre una verifica del rischio idraulico a cui sono soggetti i suddetti impianti ed operazioni sulla base delle direttive dell'Autorità di Bacino, in particolare della già citata *"Direttiva 1 per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb"*.

2.2 Piano di Gestione Rischio Alluvioni

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dal d.lgs. n.49 del 2010 (in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE) per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.

Le azioni del PGRA-Po (misure) sono classificate in quattro tipologie, che corrispondono alle quattro fasi di gestione del rischio alluvioni:

1. prevenzione (es. vincoli all'uso del suolo)

2. protezione (es. realizzazione di opere di difesa strutturale)
3. preparazione (es. allerte, gestione dell'emergenza)
4. ritorno alla normalità e analisi (es. valutazione e ristoro danni, analisi degli eventi accaduti).

Questa classificazione risponde alla richiesta di organizzare la gestione del rischio alluvioni in modo condiviso a livello nazionale ed europeo. Il PGRA-Po contiene:

1. la mappatura delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, classificate in base alla pericolosità (aree allagabili) e al rischio; una diagnosi delle situazioni a maggiore criticità (SEZIONE A)
2. il quadro attuale dell'organizzazione del sistema di protezione civile in materia di rischio alluvioni e una diagnosi delle principali criticità (SEZIONE B)
3. le misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di prevenzione e protezione (SEZIONE A) e nelle fasi di preparazione, ritorno alla normalità ed analisi (SEZIONE B)

Le mappe di pericolosità evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di:

- bassa probabilità: alluvioni rare con $T = 500$ anni – classe di pericolosità P1 (bassa)
- media probabilità: alluvioni poco frequenti con $T = 100-200$ anni – classe di pericolosità P2 (media)
- alta probabilità: alluvioni frequenti con $T = 20-50$ anni – classe di pericolosità P3 (elevata)

La Figura 4 mostra che, in base alle mappe di pericolosità del PGRA (aggiornate al 2015), gli impianti oggetto di intervento risultano localizzati all'interno della fascia di pericolosità media P2 e, in parte, nella fascia di pericolosità elevata P3.

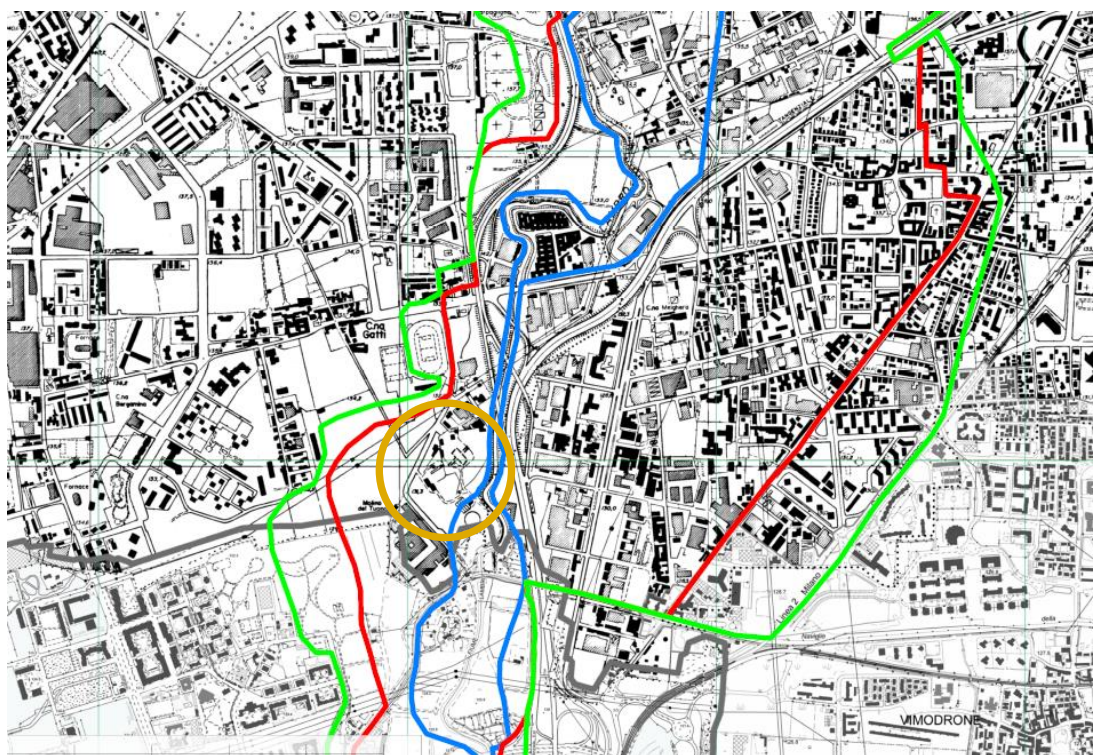


Figura 4. Delimitazione fasce di pericolosità del PRGA a Sesto San Giovanni (blu: pericolosità elevata P3; rosso: pericolosità media P2; verde: pericolosità bassa P1), con l'ubicazione (cerchiata) degli impianti CAP-CORE.

2.3 Coordinamento tra PAI e PGRA

Il coordinamento tra PGRA e PAI è stato oggetto di un iter che ha portato ad una "Variante al piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI)" e ad una "Variante al piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)", entrambe adottate con la Deliberazione n. 5/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

L'art. 57 della Variante al PAI stabilisce che (comma 1) "gli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe di pericolosità, Mappe degli elementi esposti a rischio e Mappe del rischio di alluvione ...omissis...costituiscono integrazione al quadro conoscitivo del PAI" e che (comma 3) "le suddette Mappe PGRA costituiscono quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI ai sensi del precedente articolo 1, comma 9 delle presenti Norme ...omissis... nonché per la delimitazione delle Fasce fluviali di cui alle Tavole cartografiche del PSFF e dell'Elaborato 8 del presente Piano".

L'art. 62 della suddetta Variante stabilisce inoltre che "i proprietari ed i soggetti gestori degli impianti di cui al precedente articolo 38bis, già esistenti alla data di entrata in vigore del PAI ... ubicati nelle aree individuate dalle Mappe PRGA ed interessate da alluvioni frequenti e poco frequenti (aree P3 e aree P2) predispongono, qualora non abbiano già provveduto ai sensi del suddetto art. 38bis, una verifica del rischio idraulico a cui sono soggetti i suddetti impianti ed operazioni, anche ai fini del rinnovo delle autorizzazioni...". Tale verifica deve essere effettuata sulla base delle direttive dell'Autorità di Bacino. Gli stessi proprietari e soggetti gestori, in relazione ai risultati della verifica menzionata, sono tenuti ad individuare e progettare gli eventuali interventi di adeguamento necessari per ridurre la vulnerabilità degli impianti e i potenziali danni sull'ambiente a seguito del coinvolgimento degli impianti in un evento alluvionale.

Un altro atto rilevante ai fini del coordinamento tra PAI e PGRGA sono le "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRGA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po" approvate da Regione Lombardia con DGR n. X/6738 del 19 giugno 2017, le quali al paragrafo 3.1.4 stabiliscono che, per i corsi d'acqua del reticolo principale già interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, in caso di sovrapposizione tra fasce PAI e fasce PGRGA deve essere applicata la classificazione e di conseguenza la norma più restrittiva.

3 Criteri per l'analisi di compatibilità idraulica degli impianti

In conformità con la normativa sopra citata, i criteri per la presente analisi di compatibilità idraulica sono stati desunti dalla *"Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb"* dell'Autorità di Bacino, la quale fornisce sia prescrizioni sui requisiti minimi di sicurezza necessari per gli impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti localizzati nelle fasce fluviali di allagamento A e B, sia raccomandazioni tecniche non vincolanti.

Come anticipato in premessa, la Variante delle Norme di Attuazione del PAI approvata con deliberazione n. 5/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, ha esteso il campo di applicazione di tali prescrizioni e raccomandazioni alle fasce di pericolosità P2 e P3 del Piano di Gestione Rischio Alluvioni.

Le prescrizioni della Direttiva intendono principalmente contenere entro un limite predeterminato il rischio idraulico dei suddetti impianti (in termini di danni attesi a seguito dell'evento di piena di progetto), al fine di ridurre i potenziali pericoli sanitari ed ambientali conseguenti a prolungati periodi di fermo impianto o alla dispersione di sostanze inquinanti.

Poiché gli interventi in progetto prevedono esclusivamente un adeguamento tecnologico degli impianti esistenti, nello svolgimento del presente studio si è fatto riferimento alle prescrizioni relative agli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, alle operazioni esistenti di smaltimento dei rifiuti ed alle operazioni esistenti di recupero dei rifiuti, indicate al paragrafo 4.2 della Direttiva. In tutti questi casi, il paragrafo 4.1 della Direttiva prescrive che i requisiti di accettabilità del rischio idraulico siano verificati per una portata di piena di progetto con tempo di ritorno non inferiore al tempo di ritorno assunto per la delimitazione della fascia B, che nel caso del fiume Lambro Settentrionale è pari a 200 anni. Durante tale evento, la Direttiva 1 prescrive che (paragrafo 4.2):

- le strutture civili, gli impianti elettrici, gli impianti termici e le attrezzature elettromeccaniche siano protette da danneggiamento;
- sia impedito il contatto delle acque di piena con eventuali rifiuti pericolosi presenti nell'impianto;
- le acque di piena non possano asportare eventuali rifiuti non pericolosi presenti nell'impianto.

Tali requisiti dovranno essere verificati aumentando la quota idrometrica relativa alla piena di progetto di un franco non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente, e comunque non inferiore a 1.00 m (paragrafo 4.3 della Direttiva).

La Direttiva prescrive inoltre (paragrafo 4.4) che gli impianti posti nelle fasce fluviali di allagamento si dotino di un piano di emergenza per gli eventi di piena.

4 Gli impianti esistenti e le previsioni progettuali

Gli impianti CAP-CORE oggetto degli interventi di trasformazione sono localizzati nel quadrante Nord-Est dell'area metropolitana milanese, entro l'anello delle tangenziali autostradali, a ridosso del fiume Lambro, nel territorio comunale di Sesto San Giovanni, nei pressi del confine con i comuni di Cologno Monzese e Milano.

Come mostrato in Figura 5, il depuratore delle acque reflue di Sesto San Giovanni, costituito dalla linea di trattamento delle acque e del rispettivo trattamento dei fanghi, sorge nella parte meridionale dell'area oggetto di studio, di proprietà di CAP Holding.

Allo stato attuale il trattamento acque è costituito da una sezione di grigliatura, dissabbiatura e disoleatura, un sedimentatore a pacchi lamellari, biofiltrazione, nitrificazione-denitrificazione, sedimentazione secondaria e disinfezione finale.

Il trattamento fanghi è composto essenzialmente da due digestori anaerobici e dalla successiva disidratazione meccanica dei fanghi digeriti.



Figura 5. Veduta generale dell'area CAP-CORE.

Il termovalorizzatore RSU si trova invece nella parte settentrionale dell'area, di proprietà di CORE. L'impianto comprende una fossa di ricezione e stoccaggio rifiuti, tre linee di combustione dotate di forno, caldaia e trattamento fumi, ed il ciclo termico con turbogeneratore alimentato a vapore. L'energia elettrica prodotta, al netto dei consumi interni, è ceduta alla rete pubblica, mentre l'energia termica in eccesso viene rivalorizzata nella rete di teleriscaldamento municipale di Sesto San Giovanni.

Gli interventi in progetto mirano a realizzare (mediante riconversione dell'esistente):

1. un impianto per la valorizzazione termica dei fanghi di depurazione disidratati provenienti dai vari depuratori gestiti da CAP (nonché dei fanghi essiccati presso l'impianto di San Giuliano Milanese), con capacità nominale di 52.000 t/anno e capacità massima 65.000 t/anno, costituito dai seguenti sottosistemi:
 - conferimento e stoccaggio
 - alimentazione
 - pre-essiccamento dei fanghi disidratati
 - combustione
 - trattamento fumi
 - recupero energetico

2. un impianto di trattamento della FORSU proveniente da raccolta differenziata di capacità pari a 30.000 t/anno, costituito dai seguenti sottosistemi:
 - ricezione e pretrattamento ad umido
 - digestione anaerobica
 - separazione solido/liquido (disidratazione) e trattamento acqua di processo
 - sistemi abbattimento odori
 - raffinazione del biogas senza valorizzazione termica in sistemi cogenerativi, ma con produzione di biometano

Si precisa che gli interventi in progetto conserveranno la maggior parte delle strutture civili esistenti, riorganizzandone il lay-out distributivo e funzionale ed intervenendo sugli aspetti architettonici; gli unici fabbricati di nuova realizzazione previsti saranno l'avanfossa e l'edificio di pretrattamento della FORSU. La parte impiantistica sarà

invece oggetto di modifiche più consistenti, con estensivi interventi di demolizione e sostituzione.

La Figura 6 mostra il lay-out di progetto della biopiattaforma.

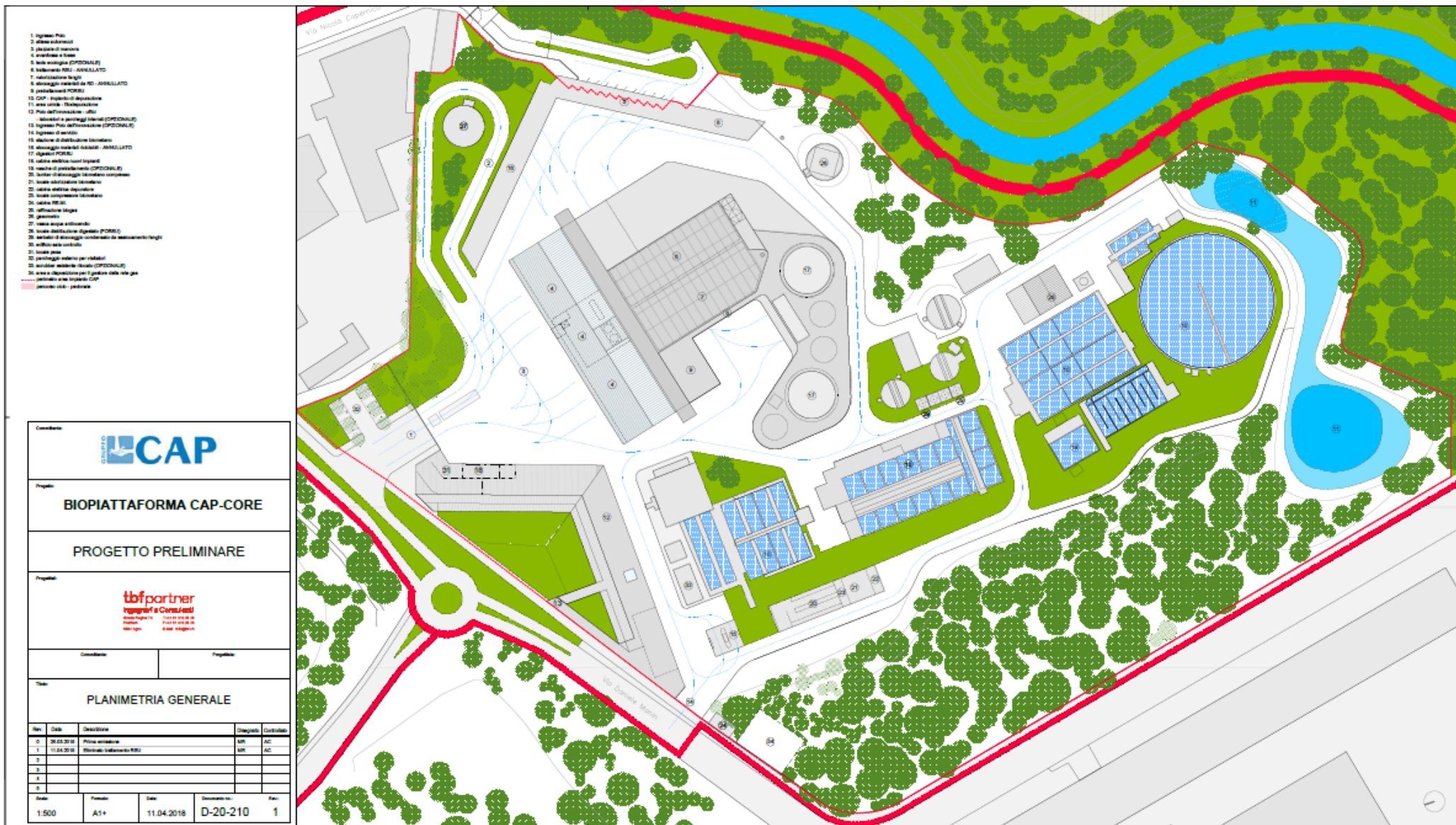


Figura 6. Planimetria degli interventi in progetto.

5 Inquadramento idraulico generale dell'asta fluviale del Lambro Settentrionale

Un inquadramento dell'area oggetto di studio è fornito dal documento del PAI "*Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi – Bacino del Lambro*", i cui principali contenuti sono di seguito riportati.

5.1 Assetto fisico e idrografico

Il bacino del Lambro ha una superficie complessiva di circa 1.980 km² (pari al 3% della superficie complessiva del bacino del Po), di cui solo il 5% in ambito montano. Il bacino è caratterizzato da un reticolo idrografico complesso e articolato. I numerosi corsi d'acqua naturali che gravitano a nord di Milano scorrono con direzione nord-sud e sono interconnessi tramite una fitta rete di canali artificiali, realizzati sia a fini irrigui sia per la protezione dei centri abitati dalle piene.

Il principale corso d'acqua è il Lambro settentrionale, che scorre a est di Milano.

Le portate provenienti dal bacino di monte sono laminate dai laghi di Alserio e di Pusiano che, a causa della loro non trascurabile superficie (circa 8 km²), esercitano una forte azione moderatrice sui fenomeni di piena. Le piene del Lambro a Lambrugo sono pertanto originate dai deflussi provenienti dal bacino della Bevera, di estensione pari a 43,2 km².

Proseguendo verso valle, si riconoscono tre tratti caratterizzati dall'ingresso di rilevanti apporti idrici:

- nel primo tratto, compreso tra Peregallo e Sesto S. Giovanni, gli apporti provengono essenzialmente dai centri abitati di Monza e Sesto S. Giovanni;
- nel secondo tratto, compreso tra S. Donato Milanese e Melegnano, confluiscono gli apporti del settore orientale di Milano e i contributi del cavo Redefossi e della roggia Vettabbia; a Melegnano confluisce inoltre il canale Muzza;
- nel terzo tratto, a valle di S. Angelo Lodigiano, è localizzata la confluenza del Lambro meridionale (nome preso dall'Olona dopo l'attraversamento di Milano).

5.2 Aspetti idrologici

Il regime pluviometrico del bacino del Lambro è classificabile come tipo sublitoraneo padano, e presenta due massimi e due minimi sostanzialmente equivalenti: i massimi

primaverili e autunnali hanno valori medi mensili dell'ordine dei 110 mm, mentre i minimi estivi e invernali sono nell'ordine dei 60 mm. Il totale delle precipitazioni medie annue è di circa 1020 mm.

L'unica stazione di misura presente sul Lambro per la quale sia disponibile una serie storica significativa di portate di piena è la stazione di Lambrugo, in cui la massima portata storica, pari a circa 83 m³/s, è stata registrata nel corso dell'evento del 14/06/1963.

Le principali alluvioni del Lambro sono quelle del maggio 1917 e del settembre 1937, in cui si verificarono gli allagamenti di Monza e della periferia di Milano, e quella del 1993, in cui gli allagamenti interessarono la sola periferia di Milano.

5.3 Assetto morfologico e idraulico

L'intero corso del Lambro, dall'incile dei laghi di Alserio e di Pusiano alla confluenza in Po, presenta un andamento generalmente unicursale meandriforme.

Localmente prevale un andamento sinuoso, alternato a tratti subrettilinei, come nel tratto tra i ponti stradali di Carate Brianza e di Monza e nel tratto tra i ponti stradali di Cologno Monzese e di S. Donato Milanese.

L'intensa urbanizzazione del territorio che caratterizza il tratto superiore dell'asta, dai laghi di Alserio e Pusiano fino a valle di Milano, nasconde spesso le morfologie relitte del corso d'acqua; i paleoalvei sono riconoscibili in corrispondenza del meandro di Carate Brianza e all'altezza di Cologno Monzese.

La minore urbanizzazione che caratterizza il tratto di valle del Lambro, fino alla confluenza in Po, permette di osservare una discreta presenza di paleoalvei che testimoniano un andamento pregresso del corso d'acqua più sinuoso di quello attuale. Tra questi sono ben riconoscibili quello di Cascina Pagnana e quello a monte di S. Angelo Lodigiano, entrambi meandriformi e ancora connessi all'ambiente fluviale.

La presenza di isole stabili e barre attive è rilevabile dall'incile dei laghi di Alserio e di Pusiano al ponte stradale di Carate Brianza, dal ponte stradale di S. Donato Milanese al ponte autostradale della A1, e nel tratto dal ponte stradale di Salerano sul Lambro al ponte stradale di S. Angelo Lodigiano.

A meno del tratto compreso tra il ponte stradale di Cologno Monzese e il ponte stradale di S. Donato Milanese, il corso d'acqua è fiancheggiato da scarpate di erosione fluviale, che localmente separano diversi ordini di superfici terrazzate.

Dal ponte stradale di S. Colombano al Lambro fino alla confluenza in Po il fiume scorre vincolato dalla presenza di strette arginature.

L'elevata artificializzazione dell'alveo fino a Milano fa sì che, in generale, i fenomeni erosivi risultino sporadici e localizzati in corrispondenza dei meandri.

Modesti processi erosivi, comunque scarsamente rilevanti data l'assenza di infrastrutture o abitati nelle vicinanze del corso d'acqua, si rilevano a valle di Milano e precisamente:

- sulla sponda sinistra all'altezza di S. Donato Milanese;
- in sinistra a monte e a valle di Melegnano;
- a valle di S. Zenone al Lambro e a monte di Salerano;
- a monte di S. Colombano al Lambro;
- sulla sponda esterna del meandro all'altezza di loc. Campagna;
- in sponda sinistra, in corrispondenza del ponte stradale di Orio Litta;
- in sponda destra, a valle del ponte stradale di Orio Litta;

Il profilo longitudinale risulta sostanzialmente stabile fino a S. Angelo Lodigiano; sostanzialmente stabili o poco significative risultano anche le variazioni medie della sezione incisa.

Le variazioni planimetriche sono frequenti lungo gran parte del percorso. Per la maggior parte si tratta di limitate modificazioni della morfometria di alcuni meandri (raggio di curvatura, più raramente migrazione dell'asse), che in genere determinano modeste variazioni della linea di thalweg: incrementi di lunghezza sono riscontrabili all'altezza di S. Donato Milanese, di S. Giuliano Milanese, presso Cerro e immediatamente a valle; una riduzione della lunghezza della linea di thalweg è rilevabile in corrispondenza del taglio del meandro presso Cascina Pagnana, accompagnata da una modesta accentuazione del meandro immediatamente a valle. Variazioni planimetriche significative si osservano nel tratto, attualmente rettificato, immediatamente a valle di Cologno Monzese, a fianco della tangenziale est di Milano.

La modificazione planimetrica più rilevante riguarda l'arretramento del nodo di confluenza in Po (400 m circa), in seguito all'erosione della sponda esterna del meandro del Po. Qui si osserva anche il taglio del meandro presso C.na Cantarana, a valle di Orio Litta.

5.4 Quadro dei dissesti

L'instabilità morfologica dell'assetto planimetrico e longitudinale dell'alveo costituisce la principale causa del dissesto dell'asta del Lambro.

Per quanto riguarda i fenomeni di erosione di sponda, gli effetti risultano di modesta entità e si localizzano essenzialmente nel tratto inferiore, tra Linate e la confluenza in Po.

L'approfondimento del fondo alveo, dell'ordine di circa 1,5-1,8 m, interessa diffusamente il tratto da S. Angelo Lodigiano alla confluenza in Po.

Localizzati fenomeni erosivi hanno provocato lo scalzamento al piede delle fondazioni di alcune opere di difesa (come si riscontra per esempio per i muri arginali presenti nell'attraversamento del tratto cittadino di Monza) e di alcuni ponti (nuovo ponte stradale di S. Colombano al Lambro), in prossimità dei quali si assiste inoltre alla periodica formazione di depositi alluvionali.

La maggiore evidenza dell'instabilità morfologica si riscontra nel tratto terminale, dove si assiste all'arretramento del nodo di confluenza in Po.

5.5 Livello di protezione esistente

Nel tratto Merone-Villasanta il Lambro scorre tra alte scarpate in erosione, attraversando numerosi centri produttivi di tipo industriale (per lo più in disuso) localizzati immediatamente a ridosso delle sponde. Sono frequenti le opere di stabilizzazione del fondo alveo (soglie e briglie), mentre le opere di difesa spondale e di arginatura risultano più sporadiche, e concentrate in prossimità degli attraversamenti e delle aree urbanizzate. A livello locale si rilevano processi di erosione spondale in fase attiva.

Lungo il tratto Villasanta-Linate si riscontrano diffuse opere di difesa spondale, arginature e opere di stabilizzazione del fondo alveo, costituite in prevalenza da briglie e traverse. Nel tratto cittadino di Monza il corso d'acqua scorre in un alveo delimitato in maniera pressoché continua da muri arginali e fabbricati a filo di sponda.

Nel tratto Linate-confluenza Po le opere di stabilizzazione del fondo alveo sono presenti a monte e verso la confluenza del Po. Le opere di difesa spondale e arginale sono sporadiche, e localizzate nelle vicinanze di attraversamenti ed edifici adiacenti al corso d'acqua. Si riscontra un insufficiente grado di protezione dalle piene nella parte superiore del tratto: in caso di inondazione i danni potrebbero interessare la rete viaria e alcuni fabbricati.

Da Merone alla confluenza in Po, l'intero corso del fiume è interessato dalla presenza di numerose infrastrutture di attraversamento stradale e ferroviario, in corrispondenza di gran parte delle quali si riscontra la riduzione della sezione disponibile per il deflusso delle piene. L'ostacolo al deflusso è sovente riferibile al profilo ribassato dell'intradosso

dell'impalcato, cui talvolta si sommano gli effetti prodotti dalla concomitante presenza del deposito alluvionale.

5.6 Linee di intervento sull'asta del Lambro

Nel tratto compreso tra Villasanta e Linate (in cui l'area di intervento è localizzata), le *"Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi – Bacino del Lambro"* individuano i seguenti interventi strutturali:

1. contenimento dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni, tramite realizzazione di nuovi argini, ovvero adeguamento e completamento di quelli esistenti:
 - nel tratto cittadino di Monza, in sponda sinistra e destra;
 - a Brugherio, in sponda sinistra e destra, a valle del ponte di Monza (S. Rocco) e fino al ponte della A4;
 - a Cologno Monzese, in sponda sinistra;
 - a Milano in località Crescenzago, in sponda destra;
 - a Milano nel tratto d'alveo compreso tra i ponti di via Feltre e via Rombon, in sinistra e destra;
 - a Milano nel tratto d'alveo compreso tra i ponti di via Rubattino e di viale Forlanini, in sponda sinistra e destra;
 - a Milano nel tratto d'alveo compreso tra i ponti di via Forlanini e l'attraversamento stradale di località Ponte Lambro (Linate), in sponda sinistra e destra.
2. incremento della capacità di deflusso dell'alveo attivo tramite interventi di ricalibratura dell'alveo da Villasanta a Linate, con abbassamento della livelletta di fondo;
3. verifica di funzionalità ed eventuale adeguamento delle infrastrutture presenti in alveo;
4. verifica del progetto del canale scolmatore di nord-est che deriva portate massime dell'ordine di $60-70 \text{ m}^3/\text{s}$ dal torrente Seveso al Lambro a valle del nodo Martesana;
5. verifica idraulica degli attraversamenti sul corso d'acqua.

6 Analisi del rischio idraulico

Come già ricordato al paragrafo 1 del presente studio, la *"Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb"* richiama la necessità di verificare che gli impianti ubicati nelle fasce A e B non modificano i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo nelle fasce stesse, costituendo significativo ostacolo al deflusso, e non limitino in modo significativo la capacità di invaso.

A questo scopo, si è provveduto a verificare il rischio idraulico esistente nel tratto fluviale compreso tra la sezione LA85 dell'Autorità di Bacino (circa 1.0 km a monte degli impianti) e la sezione LA82.3, posta in corrispondenza del sifone di attraversamento del Naviglio Martesana (circa 300 m a valle dello scarico del depuratore CAP), e a confrontarlo con il rischio idraulico nel medesimo tratto in seguito alla realizzazione delle opere in progetto (descritte al precedente paragrafo 4 del presente studio) e delle opere di mitigazione indicate al paragrafo successivo (vedi anche tavole 4.2 e 4.3).

L'analisi del rischio idraulico è stata sviluppata nelle seguenti fasi:

1. identificazione degli eventi di piena di riferimento;
2. simulazione degli eventi di piena di riferimento mediante modellazione bidimensionale;
3. valutazione degli effetti prodotti dalle opere in progetto sul deflusso delle piene.

6.1 Identificazione dell'evento di piena di riferimento

Coerentemente con quanto stabilito dalla Direttiva 1 dell'Autorità di Bacino per gli impianti esistenti, la presente analisi è stata svolta sull'evento con tempo di ritorno T_2 pari a 200 anni.

Come già ricordato al paragrafo 5.2 del presente studio, l'unica stazione di misura presente sul Lambro per la quale sia disponibile una serie storica significativa di portate di piena è la stazione di Lambrugo, posta circa 30 km a monte degli impianti in progetto. Nella scelta degli idrogrammi di progetto non è stato dunque possibile basarsi su un'analisi statistica di eventi storici estremi rappresentativi nel tratto fluviale di interesse. Per la definizione delle portate si è scelto quindi di fare riferimento alle analisi idrologiche e idrauliche contenute nello *"Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona"*, redatto per l'Autorità di Bacino del fiume Po nell'ottobre 2004

dalla società Lotti & Associati, allo scopo di definire l'assetto di progetto per i corsi d'acqua compresi nel bacino del Lambro-Olona. Tali analisi hanno interessato i principali corsi d'acqua del bacino a nord di Milano compreso tra i fiumi Lambro e Olona, e si sono avvalse di un modello idrologico-idraulico numerico quasi-bidimensionale implementato con il software MIKE11, del Danish Hydraulic Institute. Il modello è stato utilizzato per simulare la trasformazione afflussi-deflussi delle piogge sul bacino e la propagazione dell'onda di piena lungo il reticolo idrografico, utilizzando come dati di ingresso la geometria e i parametri idraulici (scabrezze e coefficienti di perdite di carico localizzate) dei corsi d'acqua, i parametri di trasformazione afflussi-deflussi e gli ietogrammi delle piogge.

Al fine di garantire un buon compromesso tra precisione e tempi di calcolo, lo studio di riferimento è stato condotto suddividendo il bacino del Lambro-Olona in sottobacini; schemi di trasformazione afflussi-deflussi differenziati sono stati utilizzati per le aree urbane e per quelle extra-urbane.

Gli ietogrammi in ingresso al modello quasi-bidimensionale sono stati calcolati sulla base di un'analisi idrologica dei dati di pioggia disponibili, che ha consentito di individuare le curve di possibilità pluviometrica rappresentative di ogni sottobacino.

Come pioggia sintetica è stato utilizzato uno ietogramma "Chicago" (vedi Figura 7) di durata pari a 24 ore, con un parametro r di posizionamento del picco pari a 0,3. La scelta di utilizzare uno ietogramma di questo tipo è certamente cautelativa, in quanto le onde di piena risultanti dalla trasformazione afflussi-deflussi sono poco sensibili rispetto alla durata totale dell'evento meteorico (un aumento della durata ha effetto solo sul prolungamento delle code iniziale e finale dello ietogramma, dove l'intensità è minore); inoltre, rispettando la curva di possibilità pluviometrica per ogni durata parziale, lo ietogramma "Chicago" è caratterizzato da un tempo di ritorno maggiore di quello nominale, con conseguente sovrastima dell'onda di piena.

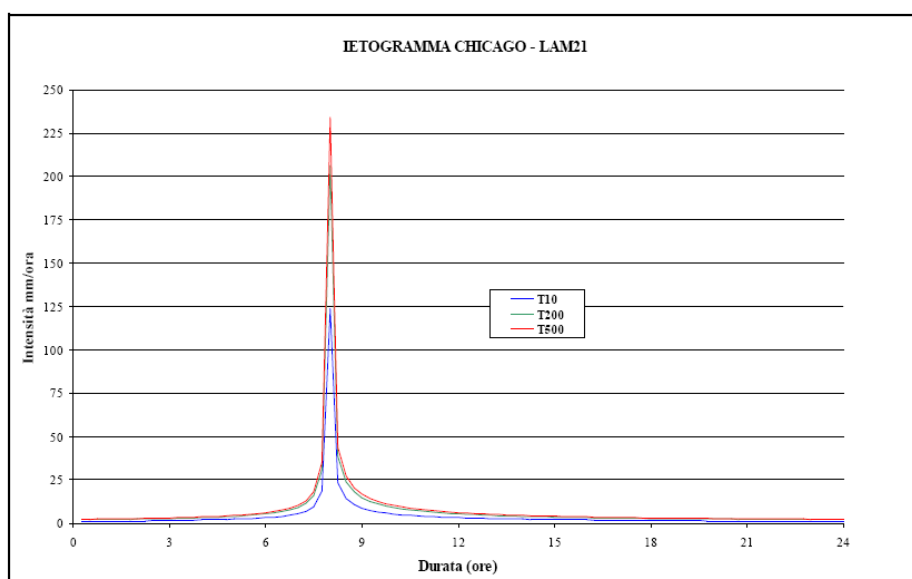


Figura 7. Esempio di ietogramma Chicago (da "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona").

Dalle analisi idrauliche sopra descritte, l'idrogramma della piena con tempo di ritorno 200 anni nel tratto oggetto di studio risulta essere quello riportato in Figura 8, con portata al picco pari a 244 m³/s.

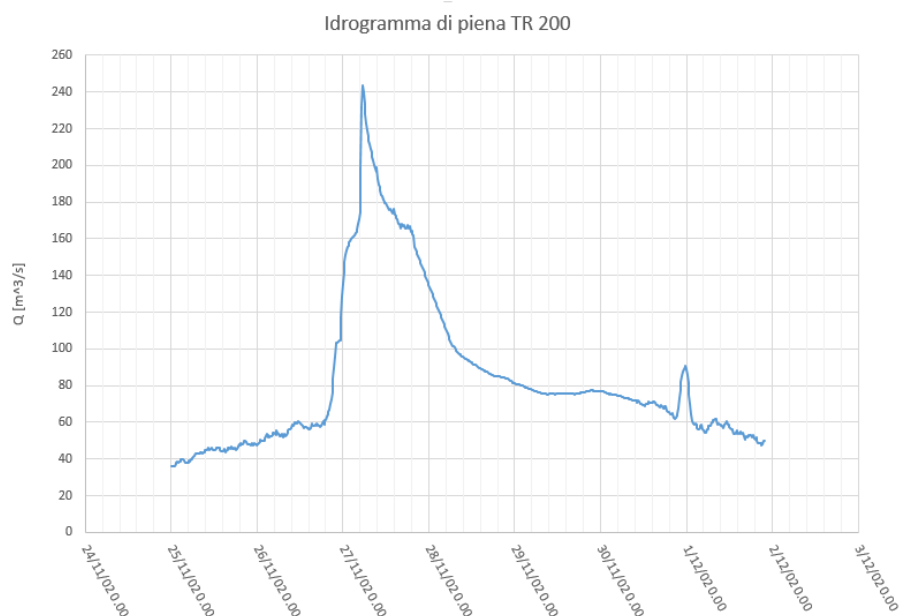


Figura 8. Idrogramma di piena duecentennale nel tratto oggetto di studio (elaborazione di dati tratti dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona").

6.2 Simulazione degli eventi di piena

La propagazione della piena di riferimento è stata simulata utilizzando un modello numerico bidimensionale. Di seguito si riportano nel dettaglio i procedimenti seguiti per l'implementazione del modello e lo svolgimento delle simulazioni.

6.2.1 Il software di simulazione

Per le simulazioni idrauliche è stato utilizzato il software Infoworks ICM.

InfoWorks ICM è un programma di modellazione idraulica sviluppato dalla software house statunitense InnoVize e distribuito in Europa e in Italia dalla società di consulenza e servizi per l'ingegneria idraulica e ambientale HR Wallingford.

Nato per consentire la modellazione numerica integrata di alvei fluviali, reticoli di bonifica e fognature urbane, il software si contraddistingue per la notevole flessibilità, che ne rende adatto l'impiego in un gran numero di applicazioni caratterizzate da complesse interferenze tra corpi idrici naturali e reticoli fognari e/o di bonifica.

L'interfaccia utente del programma consente di simulare in un unico modello alvei naturali, reti di drenaggio aperte e chiuse e tutti i principali manufatti speciali presenti in ambito fluviale o fognario (ponti, soglie, sollevamenti, scaricatori di piena etc.), nonché di integrare approcci modellistici mono- e bi-dimensionali.

Per la simulazione del flusso in un dominio bidimensionale, Infoworks ICM utilizza uno schema numerico basato sulle equazioni del moto di onde lunghe in acque basse di De Saint Venant; tali equazioni sono derivabili dalle più generali leggi di Navier–Stokes ipotizzando trascurabili le componenti verticali delle velocità e mediando le componenti orizzontali delle velocità sull'altezza della colonna d'acqua. Nella consueta formulazione differenziale, le equazioni bidimensionali di De Saint Venant assumono la seguente forma:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D} \quad (3)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D} \quad (4)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2 + gh^2/2) = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D} \quad (5)$$

dove

h è l'altezza d'acqua nell'elemento di calcolo;

u e v	sono le velocità rispettivamente in direzione x e y ;
$S_{0,x}$ e $S_{0,y}$	sono le pendenze dell'alveo rispettivamente in direzione x e y ;
$S_{f,x}$ e $S_{f,y}$	sono gli attriti rispettivamente in direzione x e y ;
q_{1D}	è la portata per unità di area immessa nell'elemento di calcolo;
u_{1D} e v_{1D}	sono le componenti di velocità (in direzione x e y rispettivamente) della portata q_{1D} immessa nell'elemento di calcolo.

La formulazione sopra riportata è conservativa, e nel codice di calcolo è discretizzata ai volumi finiti utilizzando uno schema esplicito al primo ordine.

L'algoritmo risolutore di Infoworks ICM consente di rappresentare flussi bidimensionali rapidamente variati, correnti veloci e correnti lente. Nonostante l'algoritmo possa trovare applicazione anche su maglie strutturate, in Infoworks ICM la soluzione agli elementi finiti delle equazioni del moto è calcolata esclusivamente su maglie non strutturate, molto più flessibili e di facile utilizzo quando si vogliono rappresentare forme ed ostacoli complessi. La distinzione tra elementi bagnati ed elementi asciutti del dominio di calcolo è effettuata confrontando le altezze d'acqua con un valore minimo di soglia preimpostato: nel caso in cui la profondità del flusso in un elemento sia inferiore a tale soglia (valore di default pari a 1 mm), l'elemento è considerato asciutto e la velocità in esso è imposta pari a zero. In questo modo il software impedisce la formazione artificiosa di flussi ad elevata velocità nei punti di transizione tra aree bagnate ad aree asciutte.

L'applicabilità dei metodi di soluzione utilizzati da InfoWorks ICM è stata testata in centinaia di studi ed applicazioni, anche con il riscontro di misure idrometriche in bacini sperimentali. Tra le principali limitazioni rilevate si segnalano:

- la semplificazione dei risultati nel caso di elementi molto pendenti, per i quali InfoWorks produce comunque risultati vicini alla realtà;
- l'imprecisione nella rappresentazione dei risalti idraulici, in quanto il passaggio da corrente veloce a corrente lenta viene simulato su una certa lunghezza (dell'ordine di qualche metro, variabile a seconda della geometria).

6.2.2 Descrizione della geometria del terreno

Il dominio di calcolo del modello numerico utilizzato per il presente studio (vedi tavole 1 e 2) copre l'area fluviale compresa tra la sezione LA85 dell'Autorità di Bacino a monte, e il sifone sul Naviglio Martesana a valle. Lateralmente, la mesh di calcolo è

stata estesa sino alla tangenziale Est di Milano in sinistra, e per una fascia di circa 250-300 m (sufficiente per inglobare l'intera area occupata dai due impianti) in destra.

Per la rappresentazione della geometria del terreno e dell'alveo in Infoworks ICM, è stato utilizzato un modello digitale del terreno (DTM) ricostruito integrando il DTM di Regione Lombardia a risoluzione 5x5 m (data di ultima revisione Dicembre 2015), le sezioni d'alveo dell'Autorità di Bacino, ed un rilievo topografico precedentemente predisposto dallo scrivente per la progettazione dei "Lavori di sistemazione delle opere idrauliche del Lambro Settentrionale nel tronco compreso tra il ponte dell'autostrada MI-BG ed il ponte di innesto della Tangenziale Est di C.na Gobba nei Comuni di Brugherio e Milano".

Nel dettaglio, le sezioni dell'Autorità di Bacino disponibili per il tratto di interesse (vedi Tabella 1), integrate con le sezioni del rilievo topografico disponibile sono state interpolate linearmente allo scopo di ricostruire la batimetria dell'alveo inciso, mentre il DTM di Regione Lombardia è stato utilizzato per ottenere l'andamento del terreno nelle aree golenali.

La Tavola 1 allegata al presente studio riporta il DTM utilizzato per le simulazioni.

Sezione	Progressiva alveo [km]	Vertice SX (UTM32-WGS84)		Vertice DX (UTM32- WGS84)	
		E [m]	N [m]	E [m]	N [m]
LA85.2	65+852	520435.4	5041975.6	520704.0	5041727.5
LA85.1	65+937	520625.78	5041843.34	520593.17	5041725.35
LA85	66+268	520356.2	5041804.5	520260.1	5041812.5
LA84.1	66+546	520255.0	5041551.3	520448.3	5041578.3
LA84	66+595	520275.6	5041526.0	520386.7	5041512.3
LA83.4	66+676	520275.6	5041526.0	520417.8	5041350.1
LA83.3	66+793	520285.7	5041397.3	520360.1	5041258.7
LA83.2.1	66+944	520277.4	5041239.4	520318.3	5041083.4
LA83.2	66+980	520236.2	5041130.1	520348.5	5041148.1
LA83.1.1	67+249	520162.9	5040807.9	520310.3	5040923.0
LA83.1	67+285	520234.8	5040820.3	520317.24	5040880.89
LA83	67+448	520268.99	5040740.94	520283.12	5040686.40
LA83BIS	67+452	520265.12	5040739.93	520279.25	5040685.40

Sezione	Progressiva alveo [km]	Vertice SX (UTM32-WGS84)		Vertice DX (UTM32- WGS84)	
		E [m]	N [m]	E [m]	N [m]
LA82.4	67+491	520243.4	5040729.1	520245.7	5040620.2
LA82.3	67+539	519940.2	5040663.0	520397.8	5040631.2

Tabella 1. Sezioni utilizzate per la ricostruzione della geometria dell'alveo inciso nel modello bidimensionale.

6.2.3 Definizione del dominio di calcolo e costruzione della mesh

Nel metodo ai volumi finiti, utilizzato da Infoworks ICM per risolvere le equazioni del moto, il dominio di calcolo è suddiviso in elementi, la cui forma e le cui dimensioni possono essere variate per adattarsi alla morfologia del terreno o al grado di dettaglio della soluzione che si vuole ottenere: le zone caratterizzate da un'orografia maggiormente variabile e complessa, così come le zone in cui è necessario ottenere una maggior risoluzione spaziale dei valori di altezza e velocità dell'acqua, sono schematizzabili con elementi di minori dimensioni, mentre le zone con pendenze relativamente costanti o distanti dalla zona d'interesse sono modellate con elementi di dimensioni maggiori. Ciò consente di ottenere un ragionevole compromesso tra precisione dei risultati e contenimento dei tempi di calcolo. La mesh di calcolo, riportata in figura 9 e sulla tavola 2, è stata costruita direttamente all'interno del software Infoworks ICM.

Le strutture in elevazione e le vasche degli impianti, così come gli edifici compresi nel dominio di simulazione, sono stati schematizzati come aree a deflusso nullo, mentre i muri di difesa sono stati modellati come elementi lineari impermeabili tracimabili a quote prefissate.



Figura 9. Mesh di calcolo del modello bidimensionale.

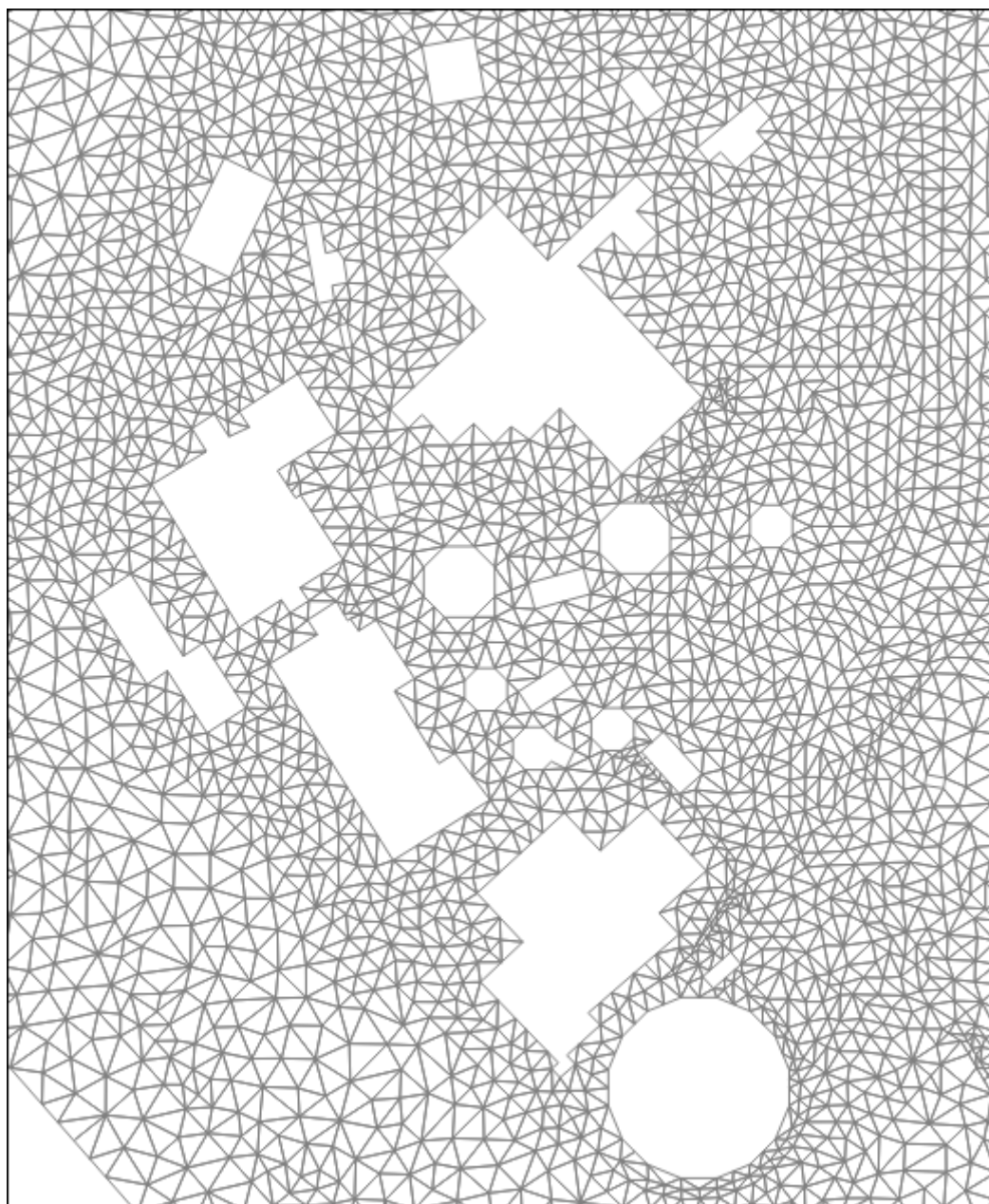


Figura 10. Particolare della mesh di calcolo in corrispondenza degli impianti.

6.2.4 Taratura del modello idraulico e condizioni al contorno

In assenza di misure di livello o di portata per il tratto fluviale di interesse, non è stato possibile eseguire una taratura del modello idraulico bidimensionale.

Di conseguenza, come coefficiente di scabrezza è stato assunto un valore k_s di Strickler pari a $30 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$ per l'alveo, e di $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le golene; entrambi i coefficienti sono stati desunti dallo "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei*

corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona", già citato in precedenza.

Come condizione al contorno nella sezione di chiusura del modello (in corrispondenza del sifone sul Naviglio Martesana) sono state poste tre paratoie con luci da 5x2 m (dimensioni analoghe alle tre canne del sifone di sottopasso al Naviglio Martesana), mantenute annegate da un livello costante a valle pari a 126 m s.l.m.

La Figura 11 mostra come la relazione portate-livelli a monte delle paratoie così ottenuta sia sostanzialmente congruente con la scala di deflusso a monte del Naviglio Martesana ricostruita sulla base delle simulazioni dello Studio Lambro Olona.

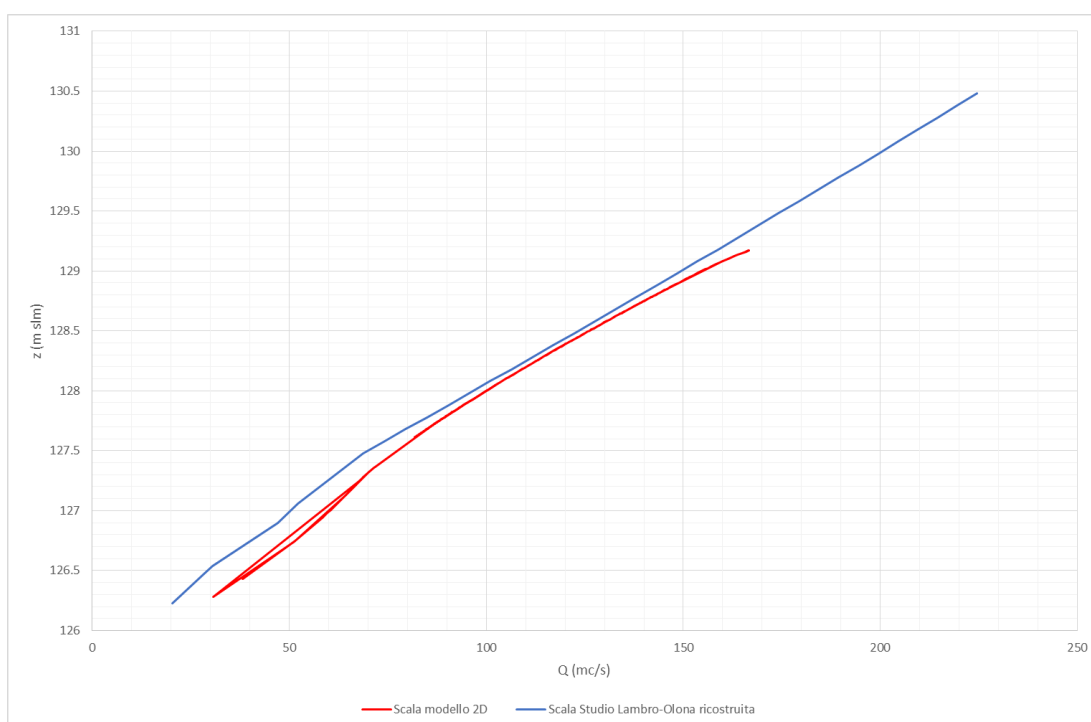


Figura 11. Confronto fra scala di deflusso a monte del Naviglio Martesana ricostruita dallo Studio Lambro-Olona e relazione livelli porte alla chiusura del modello bidimensionale.

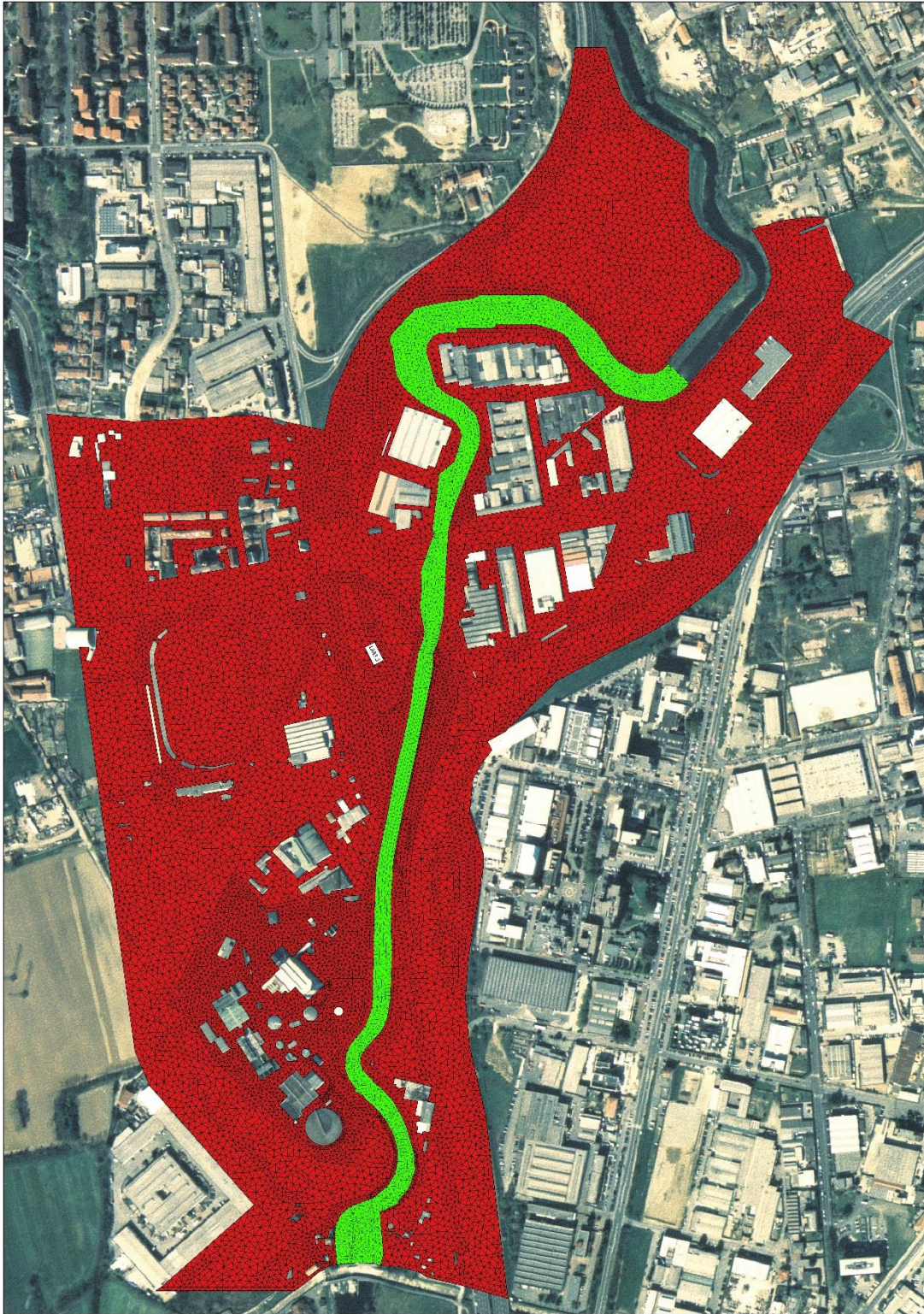


Figura 12. Scabrezze dell'alveo di piena. In rosso: aree golenali ($k_s = 15 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$); in verde: alveo di magra ($k_s = 30 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$).

6.2.5 Simulazione della piena duecentennale

Per la simulazione della piena duecentennale, il modello bidimensionale è stato alimentato con l'idrogramma della piena bicentenaria generato dal modello di cui al paragrafo 6.1. La durata della simulazione (13 h) è stata selezionata a partire dall'inizio della fase ascendente della piena e in modo da consentire il transito del colmo di piena lungo tutto il tratto simulato.

La propagazione della piena è stata simulata sia nella condizione di stato di fatto, sia nella condizione di progetto che, come precisato in seguito, prevede la realizzazione di anello difensivo attorno agli impianti oggetto di intervento.

Avendo osservato che nella configurazione di stato di fatto, il rigurgito generato in corrispondenza del ponte di via Di Vittorio determina estese tracimazioni a monte dell'impianto, è stata effettuata anche una terza simulazione, allo scopo di verificare se l'adeguamento di tale manufatto possa migliorare le condizioni di rischio degli impianti. A questo scopo, la simulazione di stato di fatto è stata ripetuta rimuovendo il ponte dal dominio di calcolo.

Le aree di allagamento ed i tiranti idrici, nonché le velocità della corrente ed il campo di moto sono riportati nelle tavole 3 (per lo stato di fatto) e 4 (per lo stato di progetto) allegate al presente studio.

6.2.6 Conclusioni

I risultati delle simulazioni mostrano in primo luogo che lungo il tratto oggetto di studio l'onda di piena subisce una notevole laminazione: nello stato di fatto, a fronte di un picco di portata in ingresso da monte di 244 m³/s, la portata massima uscente dal modello in corrispondenza del sifone è pari a 162 m³/s. La suddetta laminazione è conseguita tramite estesi allagamenti, che oltre all'area dell'impianto interessano anche l'area a monte del ponte di via Di Vittorio. La maggior parte delle portate tracimate dall'alveo inciso (circa 60 m³/s) si perde inoltre al di là della Tangenziale Est, verso l'abitato di Cologno Monzese.

L'allagamento degli impianti avviene su più fronti:

- tracimazione della sponda destra a valle dello scarico del depuratore
- rigurgito del Lambro in corrispondenza del sifone del Naviglio Martesana
- flussi golenali generati dalla tracimazione delle sponde a monte degli impianti, in corrispondenza del ponte di via Di Vittorio a Sesto S. Giovanni, i quali finiscono per incanalarsi lungo via Manin, raggiungendo così gli accessi agli impianti

- traccimazione della sponda destra a monte della piattaforma ecologica di Sesto S. Giovanni, confinante con il termovalorizzatore

Il confronto tra gli allagamenti dello stato di fatto (tavola 3.1.1.1) ed i tiranti dello stato di fatto nell'ipotesi di sistemazione del ponte di via Di Vittorio (tavola 3.1.2.1) non mostra apprezzabili miglioramenti dell'esposizione al rischio in corrispondenza degli impianti.

L'analisi dei risultati relativi all'assetto di progetto mostra che la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio proposti non determinano interferenze significative sulle condizioni di deflusso attuali delle piene: le simulazioni idrauliche svolte hanno dimostrato che la portata di picco in corrispondenza del sifone di attraversamento del Naviglio Martesana nello stato di progetto ipotizzato è pari a 160 m³/s, a fronte di un massimo di 162 m³/s nelle condizioni attuali. Complessivamente, il volume sottratto alla laminazione con la realizzazione dell'anello di difese previste non supera i 21.000 m³.

Anche l'analisi del profilo idraulico nelle due configurazioni (vedi Tabella 2) non mostra apprezzabili variazioni di livello.

SEZIONE	SDF (m s.l.m.)	STATO DI PROGETTO (m s.l.m.)	ΔZ (m)
LA85.2	135.3	135.29	-0.01
LA85.1	135.32	135.28	-0.04
LA85	134.99	135.03	0.04
LA84.1	134.97	134.98	0.01
LA84	133.49	133.52	0.03
LA83.4	133.43	133.44	0.01
LA83.3	132.64	132.68	0.04
LA83.2.1	132.29	132.27	-0.02
LA83.2	132.13	132.14	0.01
LA83.1.1	130.75	130.74	-0.01
LA83.1	130.79	130.8	0.01
LA83	130.2	130.22	0.02
LA83BIS	129.37	129.34	-0.03

SEZIONE	SDF (m s.l.m.)	STATO DI PROGETTO (m s.l.m.)	ΔZ (m)
LA82.4	129.41	129.38	-0.03
LA82.3	127.27	127.27	0

Tabella 2. Quote della piena duecentennale in corrispondenza delle sezioni dell'Autorità di Bacino: confronto tra risultati del modello bidimensionale per le configurazioni di stato di fatto e di progetto.

7 Analisi della vulnerabilità dell'impianto di trattamento

7.1 Stato di fatto

La mappa di allagamento dell'impianto per l'evento duecentennale riportata nella Tavola 3.2 mostra che, nello stato di fatto, l'area dell'impianto è pressoché interamente soggetta ad allagamento, con tiranti idrici variabili da pochi centimetri a 2 m in funzione dell'andamento del piano campagna, il quale presenta un andamento alquanto ondulato.

Nella simulazione numerica l'allagamento dell'impianto avviene su più fronti:

- tracimazione della sponda destra a valle dello scarico del depuratore;
- rigurgito del Lambro in corrispondenza del sifone del Naviglio Martesana;
- flussi golenali generati dalla tracimazione delle sponde a monte degli impianti, in corrispondenza del ponte di via Di Vittorio a Sesto S. Giovanni, i quali finiscono per incanalarsi lungo via Manin, raggiungendo così gli accessi agli impianti;
- tracimazione della sponda destra a monte della piattaforma ecologica di Sesto S. Giovanni, confinante con il termovalorizzatore.

Tali risultati sono congruenti con le simulazioni svolte in precedenti studi, in particolare nello "*Studio di compatibilità della zona dell'esistente piattaforma ecologica con il regime idraulico del fiume Lambro*", redatto da ETATEC per conto del Comune di Sesto S. Giovanni.

I maggiori tiranti idrici, nell'ordine dei 100-150 cm, si registrano nell'area compresa tra il termovalorizzatore a nord, la biofiltrazione del depuratore a ovest, la vasca di nitrificazione/denitrificazione a sud e l'argine del Lambro ad est, in corrispondenza della digestione e del post-ispessimento fanghi. Analoghi tiranti si possono osservare anche in prossimità della grigliatura del depuratore e nell'area a sud del sedimentatore secondario. Nei piazzali antistanti il termovalorizzatore ed in prossimità dell'ingresso del depuratore, così come in corrispondenza del sedimentatore secondario e della disinfezione, i livelli di allagamento previsti non superano mediamente i 50 cm. Le velocità massime del flusso nelle aree allagate supera gli 0,5 m/s solo localmente.

Come mostrato nella Tavola 3.1.2.1, un eventuale adeguamento del ponte di via Di Vittorio determinerebbe un lieve incremento dei tiranti idrici e delle velocità raggiunti all'interno degli impianti in caso di piena catastrofica, in quanto andrebbe a modificare significativamente le modalità di laminazione dell'onda nel tratto a monte dell'area in oggetto.

Nella visione assolutamente cautelativa che considera area a rischio tutto ciò che si pone ad una quota idrometrica inferiore al livello della piena di progetto aumentato di un franco pari a 1.00 m (nel caso in esame più restrittivo rispetto al franco pari a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente), come prescritto dalla "Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb", allo stato attuale tutte le sezioni del termovalorizzatore e del depuratore debbono essere ritenute potenzialmente vulnerabili. A questo proposito si ricorda che il PAI colloca entrambi gli impianti al di fuori della fascia B di allagamento, e che pertanto la progettazione delle opere originarie e delle modifiche impiantistiche successive non possono essere state condotte secondo i criteri indicati nella Direttiva PAI di riferimento già citata.

Considerati i tiranti idrici risultanti dalle simulazioni, le basse velocità e le caratteristiche costruttive e funzionali, le strutture civili fuori terra di entrambi gli impianti possono essere ritenute non suscettibili di danneggiamento; in fase di sopralluogo è stata invece verificata la presenza di dispositivi elettromeccanici e componenti elettriche in posizioni vulnerabili (vedi documentazione fotografica allegata). A questo proposito, si segnala che sia nel termovalorizzatore CORE, sia nel depuratore CAP, parte delle opere elettromeccaniche risultano alloggiare in locali tecnici interrati (vedi Figura 13, Figura 14 e Figura 15), la cui vulnerabilità strutturale in caso di allagamento non è certa a priori.

Sulla base degli elaborati messi a disposizione da CAP Holding, è stato inoltre verificato che il massimo livello di piena allo scarico in Lambro del depuratore, pari a 130,70 m s.l.m., raggiunge quote prossime al piano campagna in corrispondenza di alcuni tombini del collettore all'interno dell'impianto, e superiori ai cigli della vasca di disinfezione (indicativamente a quota 130,10 m s.l.m., vedi Figura 16), con conseguente possibilità di allagamenti per rigurgito. Analoghi meccanismi possono potenzialmente innescarsi anche in testa all'impianto CAP dove, a causa della depressione del piano campagna dell'impianto stesso rispetto a via Manin, i livelli di piena raggiungono quote fino a 70-80 cm superiori rispetto ai pozzetti del collettore, della grigliatura e del sollevamento.



Figura 13. Termovalorizzatore CORE - Locale tecnico interrato.



Figura 14. Depuratore CAP - Locale interrato pompe estrazione fanghi e schiume.



Figura 15. Depuratore CAP - Tunnel tecnologico interrato trattamento di biofiltrazione.



Figura 16. Vasca di disinfezione.

Per quanto riguarda la possibilità di contaminazione delle acque per contatto con i rifiuti stoccati in loco, si osserva che:

- gli RSU non pericolosi sono stoccati in fosse sotterranee chiuse da portoni, che ne impediscono l'asportazione in caso di piena;
- le scorie ed i residui ferrosi del termovalorizzatore (che analisi svolte in occasione di precedenti studi hanno classificato come non pericolosi) sono stoccati in cassoni metallici con sommità a 2,3 m dal p.c. e sono localizzati in un'area in cui i tiranti non superano i 50 cm;
- le polveri prodotte dal trattamento di depolverazione dei fumi del termovalorizzatore (rifiuti pericolosi) sono stoccate in silos posti ad alcuni metri di altezza;
- i fanghi prodotti dal termovalorizzatore (pericolosi) sono stoccati con modalità analoghe alle scorie ed ai residui ferrosi (cassoni con sponde a 2,3 m da p.c.), in un'area in cui i tiranti idrici non superano i 50 cm;

Tutto ciò considerato, si può concludere che allo stato attuale non esiste un pericolo di contaminazione delle acque in caso di piena. In ogni caso, si fa presente che le modalità di stoccaggio dei rifiuti, pericolosi e non, potranno subire modifiche in sede di progettazione degli interventi di adeguamento degli impianti.

7.2 Stato di progetto

Come già anticipato al capitolo 3 della presente relazione, gli interventi in progetto conserveranno la maggior parte delle strutture civili esistenti, riorganizzandone il layout distributivo e funzionale ed intervenendo sugli aspetti architettonici; gli unici fabbricati di nuova realizzazione previsti saranno l'avanfossa e l'edificio di pretrattamento della FORSU. La parte impiantistica sarà invece oggetto di modifiche più consistenti, con estensivi interventi di demolizione e sostituzione.

Nel complesso, gli interventi in progetto non introducono modifiche significative delle condizioni attuali di rischio idraulico degli impianti, le quali non risultano pienamente in linea con le prescrizioni della Direttiva PAI di riferimento. Per tale motivo si rendono necessari opportuni interventi di mitigazione, di seguito descritti.

7.3 Interventi di mitigazione

Al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni dell'Autorità di Bacino in merito ai requisiti di vulnerabilità dell'impianto per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni, si suggerisce la creazione di un anello di difesa dalle piene attorno all'area dei due impianti, da realizzare mediante i seguenti interventi (vedi Tavole 4.2 e 4.3):

1. sostituzione della recinzione metallica lungo il lato ovest di entrambi gli impianti (adiacente a via Manin) con un muro per il contenimento dei livelli di piena di altezza minima pari ad 1 m;
2. predisposizione di guide per l'installazione di panconature di emergenza di altezza pari ad 1 m in corrispondenza degli accessi agli impianti in via Manin;
3. sostituzione della recinzione metallica di confine tra termovalorizzatore CORE e piattaforma ecologica del Comune di Sesto S. Giovanni con un muro di contenimento dei livelli di piena con quota di ritenuta a 133,20 m slm (altezza 2,0-2,5 m);
4. rialzo del muro di confine tra depuratore CAP e piattaforma ecologica del Comune di Sesto S. Giovanni fino a quota 133,20 m slm (altezza finale variabile 2,0-3,7 m);
5. adeguamento in quota dell'argine di Lambro esistente per un tratto di circa 200 m (intervento da integrare nell'ambito del progetto di pista ciclabile inserito tra le opere di compensazione previste);
6. sostituzione della recinzione metallica lungo il lato sud-est del depuratore CAP con un muro per il contenimento dei livelli di piena con quota di ritenuta a 130,50 m slm (altezza circa 2,0 m);
7. realizzazione di nuovo muro per il contenimento dei livelli di piena in adiacenza all'area boscata a sud dell'impianto CAP, di altezza minima pari a 1 m.

Per prevenire inoltre allagamenti nell'area del depuratore indotti da fenomeni di rigurgito dei collettori, sarà inoltre necessario prevedere:

8. l'installazione di un clapet sullo scarico finale dell'impianto;
9. l'installazione di chiusini a tenuta lungo i collettori e le reti di drenaggio interne all'impianto;
10. l'adeguamento delle quote di ritenuta delle botole a pavimento nella sezione di grigliatura e di sollevamento in testa all'impianto.

Nella configurazione di progetto, gli interventi di mitigazione del rischio indicati garantiranno (con il franco di sicurezza richiesto) la protezione da danneggiamento di tutte le strutture civili, degli impianti elettrici, degli impianti termici e delle attrezzature elettromeccaniche anche in caso di esondazione del Lambro, oltre ad impedire qualsiasi contatto tra le acque di piena ed i rifiuti, pericolosi e non, presenti all'interno dell'impianto.

7.4 Conclusioni

Alla luce delle considerazioni svolte si conclude che nelle condizioni di stato di fatto i due impianti oggetto di studio non soddisfano pienamente i requisiti di vulnerabilità prescritti dalla *“Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb”* al verificarsi di piene con tempo di ritorno $T = 200$ anni.

Gli interventi di adeguamento impiantistico in progetto non modificano sostanzialmente la vulnerabilità dell’impianto nei confronti dell’evento di piena di riferimento; il rispetto dei requisiti prescritti dalla Direttiva è dunque subordinato alla realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, indicati al paragrafo 7.3.

8 Piano di emergenza

Seguendo le indicazioni tecniche contenute nella "Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb" dell'Autorità di Bacino, la predisposizione del presente Piano è stata articolata nelle seguenti fasi:

1. analisi del rischio idraulico dell'impianto di trattamento;
2. pianificazione del segnale di preallarme;
3. stima dei tempi di preallarme e dei tempi di attuazione del piano di emergenza;
4. definizione delle priorità;
5. piano di emergenza;
6. manutenzione del piano di emergenza.

8.1 Analisi del rischio idraulico degli impianti

Per l'analisi del rischio idraulico degli impianti di trattamento si rimanda al capitolo 6 del presente studio, precisando che **il Piano si riferisce alle condizioni di progetto dell'impianto**, in cui siano stati implementati gli interventi di mitigazione del rischio indicati al capitolo precedente.

In questa sede è utile ricordare che l'area degli impianti è dotata di due **accessi da via Manin**. Come è possibile notare dalle tavole 4, al passaggio della piena bicentenaria tali accessi risultano allagati con tiranti variabili tra 10 cm e 70 cm. Al verificarsi di questa circostanza si prevede la posa di una panconatura di emergenza a protezione degli accessi isolando l'area degli impianti dalla zona circostante allagata. Questo comporta che durante l'evento di piena gli impianti non siano accessibili.

8.2 Pianificazione del segnale di preallarme

Secondo la "Direttiva sperimentale: specificazione per il rischio di inondazione per il bacino del Po" (Dipartimento della Protezione Civile) del marzo 1999, le operazioni di protezione civile si suddividono in diverse fasi: fase di attenzione, fase di preallarme, fase di allarme. Secondo la stessa direttiva, nella fase di preallarme il Sindaco, avvertito dal Prefetto, provvede ad informare gli eventuali gestori delle attività produttive e commerciali e degli edifici strategici ubicati in aree inondabili.

Nell'adempiere a tali disposizioni, il Sindaco si attiene al Piano Comunale di Protezione Civile.

Dal Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione dei rischi si evince che l'onda di piena impiega oltre 15 ore per giungere da Lambrugo all'altezza di Milano. Considerando tali valori come indicativi della capacità di previsione delle strutture regionali di protezione civile preposte all'emissione dei comunicati di preallarme, si ritiene tale capacità ampiamente adeguata a garantire tempi congrui per l'attuazione del Piano di Emergenza; pertanto non si ritiene necessario l'approntamento di un sistema di monitoraggio ad hoc per l'impianto.

In accordo con la Direttiva del Dipartimento di Protezione Civile sopra citata, il **segnale di preallarme sarà dunque attivato su comunicazione del Sindaco, secondo le modalità previste dal Piano Comunale di Protezione Civile**. A questo scopo, sarà cura del gestore dell'impianto **verificare che il suddetto Piano comunale di Protezione Civile preveda di contattare l'impianto stesso, nonché verificare che il Piano Comunale contenga i recapiti telefonici aggiornati** per comunicare lo stato di preallarme. **È consigliabile che tra i recapiti telefonici vi siano anche i numeri di cellulare del responsabile dell'attuazione del piano e del suo sostituto**, al fine di garantire le comunicazioni anche in caso di guasti alle linee telefoniche fisse.

8.3 Stima dei tempi di preallarme e dei tempi di attuazione del piano di emergenza

Nelle condizioni di progetto considerate per l'impianto, il tempo utile per l'attuazione del piano di emergenza coincide sostanzialmente con il **tempo di preallarme** (che nel paragrafo precedente è stato stimato nell'ordine delle **15 ore**).

8.4 Definizione delle priorità

Non si riscontrano particolari priorità da seguire nella gestione dell'emergenza. Ad ogni modo si prevede l'evacuazione del personale non strettamente necessario per la gestione dell'emergenza e solo successivamente si procede alla fase di chiusura dei varchi di accesso all'area impianti.

8.5 Piano di emergenza

Le operazioni da effettuare saranno le minime indispensabili per mettere temporaneamente fuori esercizio gli impianti prima del transito dell'onda di piena nel tratto del fiume adiacente l'area degli impianti. Contestualmente si prevede di avvisare

tempestivamente i mezzi di raccolta dei rifiuti in arrivo all'impianto per evitare l'insorgere di una situazione di ingorgo della strada di accesso causata dalla presenza dei mezzi in arrivo che potrebbe rallentare le attività di evacuazione o la posa dei panconi.

L'attuazione del piano non prevede la rimozione di apparecchiature né di materiali; come anticipato è prevista la posa di una panconatura d'emergenza in corrispondenza dei due accessi all'area degli impianti. I panconi devono essere depositati all'interno dell'area degli impianti in modo tale che, al verificarsi della criticità, essi siano già reperibili sul posto e immediatamente disponibili per il loro utilizzo a protezione degli accessi. I panconi saranno posizionati tramite l'utilizzo di un mezzo dotato di braccio meccanico.

La decisione di attivare il piano di emergenza è competenza del responsabile dell'attuazione del piano di emergenza o, in sua assenza, del sostituto designato.

Piano di emergenza

RESPONSABILE DELL'ATTUAZIONE DEL PIANO:

RESPONSABILE DI RISERVA:

N.	OPERAZIONI DA SVOLGERE	RESPONSABILE DELLE OPERAZIONI	INIZIO DELLE OPERAZIONI	PERSONALE NECESSARIO
1	Attivare il by-pass generale dell'impianto di depurazione; Interrompere le attività di smaltimento dei rifiuti nel termovalorizzatore	Responsabile dell'attuazione del piano/responsabile di riserva	Alla ricezione dell'avviso d'emergenza quando il ponte di Via di vittoria viene chiuso al traffico	n° 2 operai generici
2	Comunicare al Comune di Sesto San Giovanni, ASL, ARPA e Provincia di Milano la situazione di fuori esercizio del depuratore e del termovalorizzatore	Responsabile dell'attuazione del piano/responsabile di riserva	Alla ricezione dell'avviso d'emergenza quando il ponte di Via di vittoria viene chiuso al traffico	-
3	Comunicare alla ditta incaricata dello smaltimento dei rifiuti del depuratore ed eventualmente ai fornitori la situazione di fuori esercizio del depuratore. Comunicare alla ditta incaricata dello smaltimento dei rifiuti del termovalorizzatore ed	Responsabile dell'attuazione del piano/responsabile di riserva	Alla ricezione dell'avviso d'emergenza quando il ponte di Via di vittoria viene chiuso al traffico	-

	eventualmente ai fornitori la situazione di fuori esercizio del termovalorizzatore.			
4	Posa delle panconature di emergenza	Responsabile dell'attuazione del piano/responsabile di riserva	Alla ricezione dell'avviso d'emergenza quando il ponte di Via di Vittorio viene chiuso al traffico	n° 2 operai generici
5	Riattivazione degli impianti	Responsabile dell'attuazione del piano/responsabile di riserva	In seguito a comunicazione di cessato allarme	-

8.6 Manutenzione del piano di emergenza

Il presente piano di emergenza deve essere verificato e simulato almeno una volta all'anno.

La verifica deve valutare le eventuali esigenze di aggiornamento del piano, a seguito di modifiche dell'impianto o di possibilità di miglioramento del piano stesso. L'occasione migliore di verifica del piano è immediatamente dopo un evento di piena; in questo momento, in collaborazione con il personale addetto all'attuazione del piano di emergenza è possibile identificare i punti deboli del piano stesso, le eventuali esigenze di interventi aggiuntivi di riduzione del rischio idraulico, gli eventuali errori commessi nelle ipotesi assunte.

Durante la simulazione del piano di emergenza le persone addette devono essere aggiornate sulle operazioni loro assegnate ed essere addestrate ad effettuarle correttamente.

9 Indicazioni per lo sviluppo delle fasi progettuali

Come indicato precedentemente, la configurazione di progetto dei due impianti non prevede né interventi finalizzati alla riduzione dell'esposizione al rischio idraulico, né interventi di riduzione della vulnerabilità nei confronti di eventi di piena estremi.

Al fine di minimizzare il rischio e attenuare gli eventuali danni residui all'impianto dovuti ad eventi alluvionali, si dovranno quindi eseguire gli interventi di mitigazione indicati al paragrafo 7.3, di seguito riportati (vedi tavole 4.2 e 4.3 allegate):

1. OPERE PER LA RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEGLI IMPIANTI:

- I. sostituzione della recinzione metallica lungo il lato ovest di entrambi gli impianti (adiacente a via Manin) con un muro per il contenimento dei livelli di piena di altezza minima pari ad 1 m;
- II. predisposizione di guide per l'installazione di panconature di emergenza di altezza pari ad 1 m in corrispondenza degli accessi agli impianti in via Manin;
- III. sostituzione della recinzione metallica di confine tra termovalorizzatore CORE e piattaforma ecologica del Comune di Sesto S. Giovanni con un muro di contenimento dei livelli di piena con quota di ritenuta a 133,20 m slm (altezza 2,0-2,5 m);
- IV. rialzo del muro di confine tra depuratore CAP e piattaforma ecologica del Comune di Sesto S. Giovanni fino a quota 133,20 m slm (altezza finale variabile 2,0-3,7 m);
- V. adeguamento in quota dell'argine di Lambro esistente per un tratto di circa 200 m (intervento da integrare nell'ambito del progetto di pista ciclabile inserito tra le opere di compensazione previste);
- VI. sostituzione della recinzione metallica lungo il lato sud-est del depuratore CAP con un muro per il contenimento dei livelli di piena con quota di ritenuta a 130,50 m slm (altezza circa 2,0 m);
- VII. realizzazione di nuovo muro per il contenimento dei livelli di piena in adiacenza all'area boscata a sud dell'impianto CAP, di altezza minima pari a 1 m;

2. OPERE PER LA PREVENZIONE DEL RIGURGITO NEI COLLETTORI E NELLE RETI DI DRENAGGIO:

- I. installazione di un clapet sullo scarico finale del depuratore CAP;
- II. installazione di chiusini a tenuta lungo i collettori e le reti di drenaggio interne agli impianti;
- III. adeguamento delle quote di ritenuta delle botole a pavimento nella sezione di grigliatura e di sollevamento in testa all'impianto CAP;

Gli interventi sopra riportati sono sufficienti a garantire il rispetto di quanto prescritto dalla "Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb" dell'Autorità di Bacino, sia per quanto riguarda la protezione delle strutture

e delle apparecchiature elettromeccaniche, sia per quanto riguarda la protezione delle acque da possibili contaminazioni per effetto del contatto con i rifiuti stoccati nelle aree degli impianti.

Poiché l'efficacia degli interventi di mitigazione del rischio proposti è vincolata alla corretta implementazione del piano di emergenza durante l'evento calamitoso, si riportano di seguito una serie ulteriore di linee di intervento (che si rifanno in parte alle raccomandazioni tecniche contenute nella Direttiva 1 dell'Autorità di Bacino del fiume Po) finalizzate ad incrementare la sicurezza passiva degli impianti nella configurazione di progetto. In questo modo si intende fornire un ulteriore margine nei confronti di errori o ritardi nell'applicazione delle procedure di emergenza previste per la salvaguardia degli impianti.

N.	Parti di impianto	Linee di intervento
1	Accessi, luci	Localizzare gli accessi carrai e pedonali delle nuove strutture a quote superiori di almeno 1 m rispetto ai livelli di piena; a questo scopo, considerare l'ipotesi di sopraelevare le nuove strutture su rilevati, su pali, su pilastri o su muri
2	Assistenze murarie	Prevedere l'impermeabilizzazione di tutte le luci di passaggio di cavi e tubazioni nei muri, situate al di sotto del livello di piena (mediante sigillature a gel ad espansione, sigillanti elastomerici o in neoprene, manicotti sagomati)
3	Locali interrati	Limitare il più possibile il riutilizzo dei locali interrati esistenti e la realizzazione di nuovi; ove indispensabili, prevedere sistemi acustici per l'allertamento e l'evacuazione del personale eventualmente presente in caso di piena
4	Locali interrati, locali piano terra	Impermeabilizzare le parti di impianto allagabili mediante installazione di porte e finestre a tenuta stagna (o predisposte per l'installazione di paratie temporanee) e l'impermeabilizzazione delle pareti (previa verifica della resistenza delle strutture nei confronti delle pressioni idrostatiche e delle possibili sottospinte), tenendo presente tuttavia che in caso di allagamento dell'impianto l'accessibilità a tali sezioni potrebbe essere limitata o del tutto impedita

N.	Parti di impianto	Linee di intervento
5	Locali interrati, locali piano terra	Nel caso si intenda consentire l'ingresso delle acque di piena in un locale, prevedere idonee aperture per consentire il bilanciamento delle spinte idrostatiche tra l'interno e l'esterno e favorirne lo svuotamento durante la fase decrescente dell'onda; dotare i locali allagabili di aperture o valvole per l'uscita dell'aria durante la fase di allagamento, al fine di evitare lo viluppo di sovrappressioni; per i locali interrati, prevedere gli accorgimenti necessari per facilitare l'utilizzo dei sistemi di sollevamento per lo svuotamento degli stessi al termine dell'evento
6	Impianti elettrici, apparecchiature elettromeccaniche	Localizzare le apparecchiature elettromeccaniche a quote superiori di almeno 1 m rispetto al livello di piena; in alternativa, prevedere apparecchiature con adeguato grado di protezione contro l'accesso di liquidi (IPX8/IPX9) o prevedere idonei sistemi di impermeabilizzazione (vedi punto 3); in alternativa, predisporre tutte le apparecchiature elettromeccaniche vulnerabili installate al di sotto del livello di piena in modo tale da consentirne il sollevamento in tempi rapidi in caso di emergenza
7	Impianti elettrici, apparecchiature elettromeccaniche	Prevedere la possibilità di scollegare dalla tensione elettrica le varie parti dell'impianto; posizionare gli interruttori al di sopra del livello di piena ed in posizione accessibile anche in caso di allagamento

N.	Parti di impianto	Linee di intervento
8	Stoccaggio rifiuti	<p>Localizzare le aree ed i sistemi di stoccaggio del FORSU in ingresso, dei rifiuti da avviare a smaltimento e dei reagenti a quote superiori di almeno 1 m rispetto ai livelli di piena; in alternativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. prevedere idonei sistemi di impermeabilizzazione (tipo vasche di contenimento attorno ai silos o portelloni a tenuta stagna); 2. considerare l'utilizzo di sistemi di stoccaggio in grado di impedire il contatto dei materiali con le acque (tipo cassoni a tenuta stagna con sponde sufficientemente alte, opportunamente ancorati se necessario); 3. predisporre interventi per consentire la sopraelevazione o l'evacuazione in tempi rapidi dei materiali durante la fase di emergenza. <p><u>Al fine di impedire il contatto fra le acque ed i fanghi stoccati nelle fosse, rendere impermeabili le avanfosse in progetto, dotandole di portelloni a tenuta stagna.</u></p>
9	Stoccaggio reagenti	<p>Verificare la stabilità di tutti i sistemi di stoccaggio dei materiali nei confronti del galleggiamento e prevedere eventualmente interventi per il loro ancoraggio, o la ricollocazione in aree con tiranti di piena inferiori</p>
10	Accessi, percorsi di emergenza	<p>Prevedere percorsi ed accessi di emergenza in posizione sopraelevata rispetto ai livelli di piena</p>

Tabella 3. Linee guida per la riduzione del rischio idraulico residuo degli impianti nelle configurazioni di progetto.

Nell'ambito degli interventi che saranno realizzati, andranno inoltre valutate e verificate le sottospinte idrostatiche, che costituiscono generalmente la più gravosa sollecitazione delle strutture impermeabili ubicate nelle aree inondabili. Andrà quindi verificato che in caso di manutenzione (quindi con vasche, fosse e serbatoi vuoti) non ci sia rischio di galleggiamento sia per le opere in progetto che per i manufatti esistenti.

Per quanto riguarda la manutenzione delle opere di mitigazione del rischio in progetto, sarà sufficiente la predisposizione di un programma di attività periodiche, impostato su ispezioni, controlli e interventi manutentivi, finalizzate al mantenimento e alla conservazione delle opere stesse.

10 Conclusioni

Il presente studio di compatibilità idraulica ha verificato la rispondenza alla *"Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree di dissesto idrogeologico Ee ed Eb"* dell'impianto termovalorizzatore CORE e del depuratore CAP Holding di Sesto S. Giovanni, entrambi oggetto di interventi di adeguamento impiantistico.

Sulla base di simulazioni riprodotte la propagazione di piene in moto vario bidimensionale, i cui risultati sono allegati alla presente relazione, lo studio ha accertato che:

- nell'attuale configurazione, durante l'evento di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni entrambi gli impianti sono soggetti ad estesi allagamenti, con tiranti variabili da pochi centimetri fino a 2 m nelle aree maggiormente depresse;
- come dimostrato da studi pregressi, lo stoccaggio dei rifiuti all'interno del termovalorizzatore CORE è effettuato con modalità tali da prevenire il contatto tra acque di piena e rifiuti pericolosi e da impedire l'asportazione dei rifiuti non pericolosi durante gli allagamenti;
- gli interventi di adeguamento impiantistico previsti in progetto non modificheranno l'attuale vulnerabilità dei due impianti nei confronti della piena duecentennale; di conseguenza, si rende necessaria la realizzazione di opportuni interventi di mitigazione del rischio idraulico, i quali consisteranno in un anello di difese ed in misure volte al contenimento di eventuali rigurgiti attraverso i collettori e le reti di drenaggio; tali interventi, impedendo l'allagamento delle aree dell'impianto, garantiranno il totale rispetto dei requisiti della Direttiva 1, in ogni sua parte;
- la realizzazione delle opere di difesa dei due impianti non genererà modificazioni significative sulle attuali condizioni di deflusso della piena duecentennale: le simulazioni idrauliche svolte hanno dimostrato che la portata di picco in corrispondenza del sifone di attraversamento del Naviglio Martesana nello stato di progetto ipotizzato è pari a $160 \text{ m}^3/\text{s}$, a fronte di un massimo di $162 \text{ m}^3/\text{s}$ nelle condizioni attuali; complessivamente, il volume sottratto alla laminazione con la realizzazione dell'anello di difese previste non supera i 21.000 m^3 .

A corredo del presente studio, è stato redatto inoltre il Piano di Emergenza per la messa in sicurezza dei due impianti, così come richiesto dalla sopra citata direttiva.

Milano, luglio 2018

I Consulenti

Dott. Ing. Fulvio Bernabei

Dott. Ing. Paolo Sanavia