MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE
E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI

E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale

Toscana Aeroporti

AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE – "AMERIGO VESPUCCI"

Opera

MASTERPLAN AEROPORTUALE 2035
INTERVENTI DI ADEGUAMENTO E OTTIMIZZAZIONE DELLE AREE TERMINALI

Titolo Documento

RELAZIONE TECNICA IDROLOGICA E FATTIBILITÀ IDRAULICA

Fase di Progetto

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

FASE	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE
PF	00	Ottobre 2022	N/A	FLR-TT-IL-RT-NA-03_Rel Tec Idrol e Fatt Idr
				NOME FILE Rel Tec Idrol e Fatt Idr

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	10/2022	Prima Emissione	Ing. A. Benvenuti	Ing. L. Tenerani	Ing. L. Tenerani

COMMITTENTE PRINCIPALE	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI	
Toscana Aeroporti **ACCOUNTABLE MANAGER** Dott. Vittorio Fanti	Toscana Aeroporti engineering **DIRETTORE TECNICO** Ing. Lorenzo Tenerani	**SUPPORTO PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA** **ACI ENGINEERING S.A.** RAFAEL VIÑOLY ARCHITECTS PC	
	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N°631	**SUPPORTO STRUTTURALE** Eckersley O'Callaghan	**SUPPORTO IMPIANTI IDRICI E IDRAULICI** TEKNE
	PROGETTISTA ARCHITETTURA E STRUTTURE Arch. David Perri Ordine degli Architetti di Lucca N°1157	**SUPPORTO IMPIANTI TERMOMECCANICI** me engineers	**SUPPORTO IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI** TECHNION S.r.l.
POST HOLDER DI AREA **POST HOLDER PROGETTAZIONE AD INTERIM** Dott. Vittorio Fanti	**PROGETTISTA SPECIALISTICO IMPIANTI** Ing. Andrea Bonciani Ordine degli Ingegneri di Firenze N°4150	**SUPPORTO IDROLOGIA E IDRAULICA** HYDROGEO INGEGNERIA	**SUPPORTO PROGETTO APRON** M.C.P. Marradi Consulting Partners Infrastructures Engineering, Technology & Consulting
POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'Ippolito	**PROGETTISTA SPECIALISTICO APRON** Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N°631	**GEOLOGIA** TERRA & OPERE S.R.L. SOCIETÀ D'INGEGNERIA CONSULENZE GEOLOGICHE	**ARCHEOLOGIA** ARS ARCHEO SISTEMI
POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini	**PROGETTISTA VIABILITA' E OPERE ESTERNE** Arch. David Perri Ordine degli Architetti di Lucca N°1157	**SUPPORTO SISTEMA BHS** TECNOGECO	**CANTIERIZZAZIONE E SICUREZZA** architecna engineering

Firmato digitalmente da: BENVENUTI ANDREA
Data: 15/06/2022 09:42:54

Relazione Tecnica Idrologica e Fattibilità Idraulica

Indice

1 PREMESSA 3

2 INQUADRAMENTO PROGETTUALE 4

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO 7

3.1 P.G.R.A. – DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE 7
3.2 L.R. 79/2012 9
3.3 L.R. 41/2018 10
3.4 STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI 13

4 APPROCCIO METODOLOGICO ED OBIETTIVI DELLO STUDIO 22

5 ANALISI IDRAULICA 24

5.1 MODELLAZIONE IDRAULICA RETICOLO PRINCIPALE (FIUME ARNO) 24
5.2 MODELLAZIONE IDRAULICA RETICOLO SECONDARIO (CANALE DI CINTA ORIENTALE) 34

6 CONDIZIONAMENTI PER LA FATTIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI 40

7 INTERVENTI PER LA GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI E COMPENSAZIONE IDRAULICA 41

7.1 CRITERI PROGETTUALI GENERALI 41
7.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 41
7.3 REQUISITI DEGLI INTERVENTI PER GESTIONE RISCHIO DA RETICOLO PRINCIPALE (F. ARNO) 43
7.4 REQUISITI DEGLI INTERVENTI PER GESTIONE RISCHIO DA RETICOLO SECONDARIO (CANALE DI CINTA ORIENTALE) 47
7.5 INTERVENTI DI COMPENSAZIONE IDRAULICA E RIDUZIONE DEI DEFLUSSI AL RECETTORE FINALE (CANALE DELL'AEROPORTO) 53

8 APPROFONDIMENTI IDRAULICI NELLE SUCCESSIVE FASI PROGETTUALI 56

9 LA RETE IDRAULICA POSTA A SERVIZIO DELL'APRON 100 57

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

1 Premessa

Il presente documento tratta gli aspetti idrologici ed idraulici relativi agli "Interventi di adeguamento e ottimizzazione delle aree terminali" dell'aeroporto di Firenze, sviluppati al momento a livello di progetto di fattibilità tecnica ed economica (PFTE).

In particolare, lo studio si focalizza sulle condizioni di fattibilità idraulica del nuovo terminal e sulle opere di regimazione idraulica del previsto adeguamento/ampliamento dell'Apron 100 ai sensi e per gli effetti della L.R. n.41/2018 - *Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua* e delle altre norme vigenti (Piano di bacino, RUC ecc.), in relazione alla trasformazione del territorio attesa. La L.R. n.41/2018 prevede, infatti, condizioni specifiche in base alla pericolosità da alluvione del territorio in cui è prevista la realizzazione di nuovi interventi e alla loro contestualizzazione nel territorio urbanizzato.

L'analisi idraulica di fattibilità di cui trattasi è stata condotta sia sulla base del quadro conoscitivo vigente, di cui al Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) dell'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale, sia sulla base di nuovi studi idrologici idraulici implementati al fine di un aggiornamento delle pericolosità da alluvione alla base della pianificazione comunale.

Le nuove impermeabilizzazioni introdotte dal progetto qui in esame determineranno una modifica alla permeabilità dei suoli e saranno, pertanto, individuate all'interno del presente documento le opere necessarie al fine di garantire l'invarianza idraulica della trasformazione in relazione al contributo di portata atteso al canale dell'Aeroporto che non potrà eccedere i 2,6 l/s per ettaro come prescritto dal vigente Piano Generale di Bonifica.

L'obiettivo dello studio è quello di individuare le condizioni per la trasformazione del territorio e, nello specifico, per la realizzazione della nuova aerostazione (e dei relativi volumi previsti al di sopra del piano di campagna) nell'ambito del sistema aeroportuale fiorentino, nonché le opere idrauliche necessarie al fine della corretta gestione del rischio da alluvione. L'efficacia degli interventi idraulici previsti è stata dimostrata mediante l'implementazione di modellistica idraulica dedicata e già elaborata, ovviamente da approfondire ed integrare nei successivi livelli di progettazione.

Tali opere sono individuate in modo da non interferire con l'operatività aeroportuale, stante la prossimità della pista di volo, e assicurare al contempo l'assenza di incrementi di rischio da alluvione e il rispetto del rischio medio R2 per le opere accessorie non in sicurezza idraulica ai sensi e per gli effetti della L.R. n.41/2018.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

2 Inquadramento progettuale

Il nuovo terminal passeggeri dell'aeroporto Amerigo Vespucci di Firenze sarà ubicato su un'area attualmente non edificata, posta in prossimità del terminal esistente. Questa espansione confinerà, sul lato occidentale, con il previsto intervento di adeguamento/ampliamento dell'attuale Apron 100, sul lato meridionale col sedime dell'attuale linea tramviaria T2, sul lato orientale con il Viale Luder a cui si collegherà la nuova viabilità di accesso/uscita del nuovo terminal, sul lato settentrionale con l'area afferente al Piano Urbanistico Esecutivo (PUE) di Castello e con l'invaso provvisorio di auto-contenimento idraulico recentemente realizzato a servizio dell'insediamento della Caserma marescialli.

Figura 1 – Inquadramento dell'intervento di progetto

La parte edificata del nuovo terminal si sviluppa su una superficie complessiva di circa 40.000 mq, con una impronta dell'edificio che, al piano terra, occupa un'area di 22.000 mq. Le restanti aree di intervento saranno occupate dalle opere connesse, quali la viabilità, i parcheggi, gli arredi urbani ed il prolungamento della linea tramviaria per Sesto Fiorentino, con fermata dedicata.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

La volumetria del nuovo Terminal è articolata al piano terra in due elementi (edifici) separati, dedicati rispettivamente ad arrivi e partenze, inframezzati da una circolazione di accesso e uscita in modo da generare una vera e propria piazza urbana coperta, attorno alla quale si articolano tutti i flussi pedonali e veicolari del nuovo Terminal, facendo dello stesso un vero e proprio nodo multimodale del sistema della mobilità. I due volumi, separati a quota strada, si raccordano invece al primo piano diventando un unico elemento di collegamento che conduce i passeggeri alla Departures Hall.

A supporto del nuovo Terminal si genera così un articolato sistema trasportistico che si inserisce all'interno del sistema di superficie esistente integrandolo e rafforzandolo. In particolare, per consolidare il ruolo di nodo multimodale dell'aeroporto, risulta di rilevante importanza l'integrazione e il collegamento tra la linea 2 *Santa Maria Novella – Firenze Aeroporto* del sistema tramviario locale e il futuro sviluppo della Linea per Sesto Fiorentino: la nuova aerostazione rappresenterà l'elemento di collegamento e snodo sia per i passeggeri in transito, sia per i pendolari.

La scelta di collocare la nuova aerostazione in prossimità di quella esistente consente da un lato la perfetta integrazione con il sistema di circolazione viaria esistente e, dall'altro, la flessibilità per future espansioni di capacità sia per il Terminal, sia per l'Apron in una configurazione lineare e continua che sarà oggetto di approfondimento progettuale nell'ambito del prossimo Piano di Sviluppo Aeroportuale, orientato alla crescita e allo sviluppo, anche infrastrutturale, dello scalo.

La nuova infrastruttura passeggeri si sviluppa su tre livelli fuori terra, che includono un piano mezzanino, e su un livello tecnico interrato che ospita i collegamenti per la gestione dei bagagli outbound.

Queste superfici sono sormontate da un involucro verde che rappresenta e omaggia l'iconico paesaggio Toscano attraverso un'architettura che si integra completamente nella topografia locale.

La proposta di progetto ha, quindi, come elemento principale una grande copertura verde composta da lunghi filari di vigna autoctona contenuti dentro vasche prefabbricate supportate da travi in cemento composito che si appoggiano a leggere strutture metalliche ramificate.

Questi filari di vigna, accessibili per manutenzione e per visite guidate, sono inframezzati da skylights trasparenti che favoriscono l'illuminazione naturale degli spazi sottostanti. Gli stessi elementi trasparenti servono anche da supporto per il sistema di pannelli fotovoltaici.

Il sistema di copertura comprende un percorso pedonale che serve sia per la raccolta delle vigne, sia per l'accesso dei visitatori. La parte sottostante, composta da terreno da coltura alleggerito, pannello isolante in

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

schiuma e membrana isolante, comprende sia i sistemi di illuminazione, sia i sistemi di irrigazione e raccolta delle acque piovane. L'indipendenza strutturale ed architettonica di questa copertura verde, rispetto ai volumi sottostanti del terminal passeggeri, permette espansioni future di tutti gli edifici funzionali senza generare interferenze con l'operatività aeroportuale all'interno degli spazi esistenti.

Parte integrante e fondamentale per il funzionamento del Terminal è Il nuovo sistema di viabilità dell'aeroporto che è composto da due anelli viari indipendenti che offrono accessi separati all'infrastruttura per arrivi e partenze. Questi sistemi viari sono composti da corsie di traffico e banchine dedicate al DropOff e PickUp dei passeggeri.

Le strade di circolazione interna includono corsie dedicate per il traffico di partenze e arrivi, dimensionate per permettere sia il traffico passante, sia l'accesso alle banchine per i veicoli parcheggiati. Queste strade convergono in una piazza centrale dove sono collocati gli edifici *landside* Partenze e Arrivi, ai quali si accede da *curb* dedicati. La piazza centrale ha lo scopo di creare uno spazio esterno in cui si articolano tutti i flussi di circolazione dell'aeroporto, offrendo un grande spazio urbano semicoperto che direziona il traffico pedonale verso i trasporti di terra per il centro città e per Sesto Fiorentino con la nuova Linea Tramviaria in fase di progettazione.

L'adeguamento e l'ampliamento dell'area Apron finalizzati all'integrazione funzionale del comparto air-side col nuovo Terminal passeggeri prevedono l'esecuzione di interventi di modifica e rettifica di stand esistenti e la realizzazione di nuovi stand. Nel complesso, le azioni di progetto interessano n.8 stand, dei quali n.3 (stand 105, 106 e 107) esistenti, oggetto di operazioni di rifacimento della pavimentazione, e n.4 di nuova realizzazione. A questi si aggiunge lo stand *de-icing* il quale, nella configurazione di progetto, avrà una larghezza tale da consentire la manovra di entrata e uscita in *self-manuvering*; dal punto di vista operativo viene rappresentato come Stand 105 e 106 in ragione della possibilità di essere gestito, occasionalmente ed in determinati periodi dell'anno, come stand *power-in push-back* per la sosta di due aeromobili affiancati.

Il layout di progetto del piazzale prevede che gli stand posti in diretto collegamento col nuovo Terminal risultino frontali rispetto alla facciata dell'edificio (stand da 107 a 112), con la sola eccezione dello stand de-icing che continuerà a rimanere in posizione inclinata.

La superficie totale delle nuove impermeabilizzazioni è pari a 49.882 mq, mentre le superfici attualmente impermeabili ove è previsto il ripristino della permeabilità hanno estensione di 19.011 mq; nel complesso, quindi, l'intervento di adeguamento e ampliamento dell'Apron 100 prevede l'impermeabilizzazione netta di ulteriori 30.871 mq.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

3 Inquadramento normativo

3.1 P.G.R.A. – Distretto Appennino Settentrionale

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010, è finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio del bacino del fiume Arno e negli ex bacini regionali toscani. Ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate, tenendo conto delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato e sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui all'art. 6, le misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino finalizzate alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone.

L'elaborazione del PGRA è temporalmente organizzata secondo cicli di pianificazione in quanto la Direttiva prevede che i Piani siano riesaminati e, se del caso, aggiornati ogni sei anni. Il primo ciclo ha avuto validità per il periodo 2015-2021. Attualmente è in corso il secondo ciclo. La Conferenza Istituzionale Permanente (CIP), con delibera n. 26 del 20 dicembre 2021, ha infatti adottato il primo aggiornamento del PGRA 2021-2027 (G.U. Serie Generale n. 2 del 04.01.2022). Per il bacino del Fiume Arno, entro il quale ricade il sito di intervento, la Disciplina del Piano e le mappe sono state adottate quale misura di salvaguardia immediatamente vincolante.

Sono soggette alla Disciplina di Piano le aree riportate nelle mappe della Pericolosità da Alluvione Fluviale, così classificate:

- *pericolosità da alluvione elevata (P3),* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- *pericolosità da alluvione media (P2),* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- *pericolosità da alluvione bassa (P1),* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Nella Figura 2 si riporta uno stralcio della Mappa della Pericolosità da Alluvione Fluviale relativa all'area di intervento, da cui si evince che la nuova struttura aeroportuale ricade interamente in aree a **pericolosità da alluvione media P2 interessate da allagamenti per TR= 200 anni.** Analogamente le aree interessate dall'adeguamento/ampliamento dell'Apron 100 e dalle opere esterne connesse al nuovo terminal.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

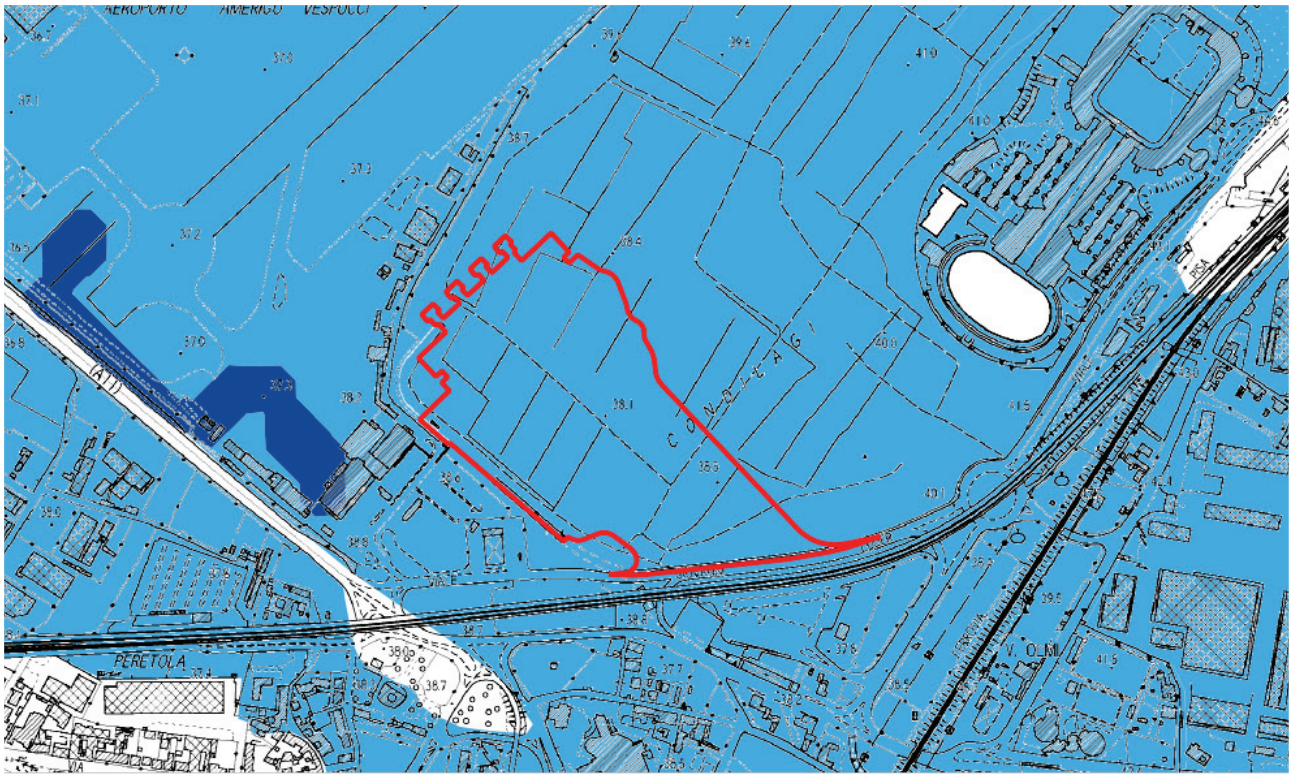

Figura 2 – PGRA - Pericolosità da Alluvione Fluviale

Nella Disciplina di Piano, CAPO II, SEZIONE I sono riportate le norme e gli indirizzi a scala di bacino relative alle aree a pericolosità da alluvione fluviale. In particolare, in aree a pericolosità da alluvione media (P2) valgono i disposti di cui all'art.9 di cui si riporta un estratto.

Art. 9 – Aree a pericolosità da alluvione media (P 2) – Norme

*2. **Nelle aree P2 l'Autorità di Bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati**, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:*

a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;

b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;

c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

d) ***nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria****;*

e) interventi di ampliamento, di ristrutturazione e nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi nonché gli impianti dichiarati di interesse pubblico di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi.

3.2 L.R. 79/2012

In attuazione alla Legge Regionale 27 dicembre 2012, n. 79 - *Nuova disciplina in materia di Consorzi di Bonifica*, la Regione Toscana ha individuato il reticolo idrografico e di gestione, approvato la prima volta nel 2013 e più volte aggiornato in seguito a modifiche territoriali o infrastrutturali. In Figura 3 è riportato l'intervento di progetto che contempla la costruzione di nuove strutture in elevazione rispetto al piano di campagna, con evidenza del reticolo idrografico e di gestione, nel suo aggiornamento più recente, approvato con Delibera di Consiglio 81/2021.

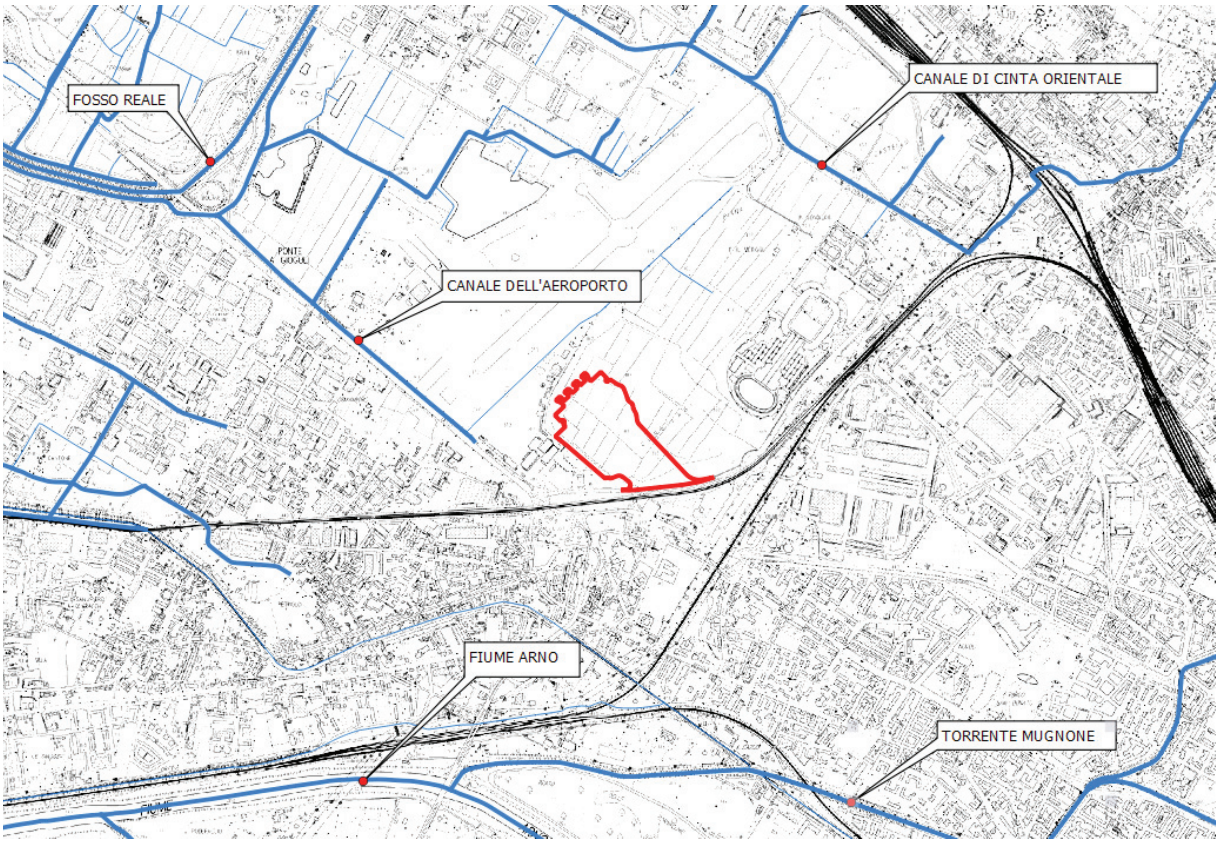

Figura 3 – LR 79/2012 – Reticolo idrografico e di gestione

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Il reticolo di gestione è soggetto al R.D. n. 523 del 25/07/1904 che rappresenta il Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

Gli interventi in alveo o nelle pertinenze di un corso d'acqua dichiarato pubblico o su superfici appartenenti al demanio idrico catastalmente definite, ovvero che per qualsiasi altro motivo intendano occupare, temporaneamente o in modo permanente, anche in subalveo o in proiezione, superfici appartenenti al demanio idrico sono soggetti ad autorizzazione idraulica ai sensi del R.D. 523/1904.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, sono opere ed interventi la cui realizzazione è subordinata al rilascio dell'autorizzazione idraulica ai sensi del R.D. 523/1904:

- ponti carrabili, ferroviari, passerelle pedonali;
- muri d'argine ed altre opere di protezione delle sponde;
- opere di regimazione e di difesa idraulica;
- opere di derivazione e di restituzione e scarico di qualsiasi natura;
- scavi e demolizioni.

3.3 L.R. 41/2018

Con la L.R. 24 luglio 2018, n. 41 - *Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014*, la Regione Toscana disciplina la gestione del rischio di alluvioni in relazione alle trasformazioni del territorio e la tutela dei corsi d'acqua.

Nel rispetto della normativa comunitaria e statale di riferimento, la Legge Regionale classifica le aree a pericolosità da alluvione come segue:

- "**aree a pericolosità per alluvioni frequenti**": le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.Lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a pericolosità per alluvioni elevata (allagabilità per tempi di ritorno non inferiori a 30 anni);
- "**aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti**": le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.Lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità per alluvioni media (allagabilità per tempi di ritorno non inferiori a 200 anni).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Dalla combinazione dei battenti e delle velocità della corrente associati allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti, si definisce la "magnitudo idraulica" di una determinata area:

- "**magnitudo idraulica moderata**": valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- "**magnitudo idraulica severa**": valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- "**magnitudo idraulica molto severa**": battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri.

Al Capo III della L.R.41/2018, sono contenute le disposizioni relative agli interventi edilizi all'interno del perimetro del territorio urbanizzato.

L'art. 11, riportato in stralcio, individua i condizionamenti relativi alle nuove costruzioni:

Art. 11 - Interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti

2. **Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).**

4. **Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica severa o molto severa, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a), o le opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata e a condizione che non sia superato il rischio medio R2.**

5. **Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica moderata, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che non sia superato il rischio medio R2.**

I condizionamenti di natura idraulica relativi alle nuove infrastrutture sono riportati all'art.13:

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Art. 13 - Infrastrutture lineari o a rete

2. **Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.**

3. **L'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.**

4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, gli interventi di seguito indicati possono essere realizzati alle condizioni stabilite:

   a) itinerari ciclopedonali, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;

   b) parcheggi in superficie, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;

   Le opere idrauliche da realizzare per garantire la fattibilità degli interventi sono indicate all'art.8:

Art. 8 - Opere per la gestione del rischio di alluvioni

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

   a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;

   b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

   c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

   d) interventi di difesa locale.

2. Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree è assicurato attraverso la realizzazione delle seguenti opere:

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

a) opere o interventi che assicurino il drenaggio delle acque verso un corpo idrico recettore garantendo il buon regime delle acque;

b) opere o interventi diretti a trasferire in altre aree gli effetti idraulici conseguenti alla realizzazione della trasformazione urbanistico-edilizia, a condizione che:

1) nell'area di destinazione non si incrementi la classe di magnitudo idraulica;

2) sia prevista dagli strumenti urbanistici la stipula di una convenzione tra il proprietario delle aree interessate e il comune prima della realizzazione dell'intervento.

3. Le opere o interventi di cui al comma 2, lettera b), sono previste negli strumenti urbanistici e sono realizzate previa verifica di compatibilità idraulica effettuata dalla struttura regionale competente in relazione al titolo abilitativo di riferimento.

4. Le opere idrauliche di cui al comma 1, lettere a) e b), sono realizzate prima o contestualmente all'attuazione della trasformazione urbanistico-edilizia. L'attestazione di agibilità degli immobili oggetto delle trasformazioni urbanistico-edilizie è subordinata al collaudo di tali opere idrauliche.

Con "**rischio medio R2**", definito dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 29 settembre 1998 (Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11 giugno 1998, n. 180), si intende il **rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture e la funzionalità delle attività economiche.**

3.4 Strumenti Urbanistici Comunali

3.4.1 Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico Comunale

Con deliberazione n.2015/C/00025, sono stati approvati il Regolamento Urbanistico e contestuale Variante al Piano Strutturale del Comune di Firenze.

Con deliberazione n.2017/C/00047 del 11.09.2017, il Consiglio Comunale ha adeguato i propri strumenti urbanistici al PGRA approvato con deliberazione n. 235 del 03.03.2016 del Comitato Istituzionale Integrato dell'Autorità di bacino del fiume Arno e successivo DPCM del 27.10.2016, così come integrato e modificato dalle determinazioni dirigenziali dell'Autorità di Bacino (DD n. 57 del 20.12.2016 e n. 15 del 16.02.2017).

Nella figura seguente, si riporta uno stralcio cartografico delle aree a pericolosità idraulica classificate ai sensi del Regolamento 53R/2011 del Piano Strutturale vigente del Comune di Firenze, da cui si evince che l'area

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

destinata al nuovo terminal ricade in aree allagate per eventi duecentennali. A seguire la Carta delle Aree Allagabili per Tr 200 anni.

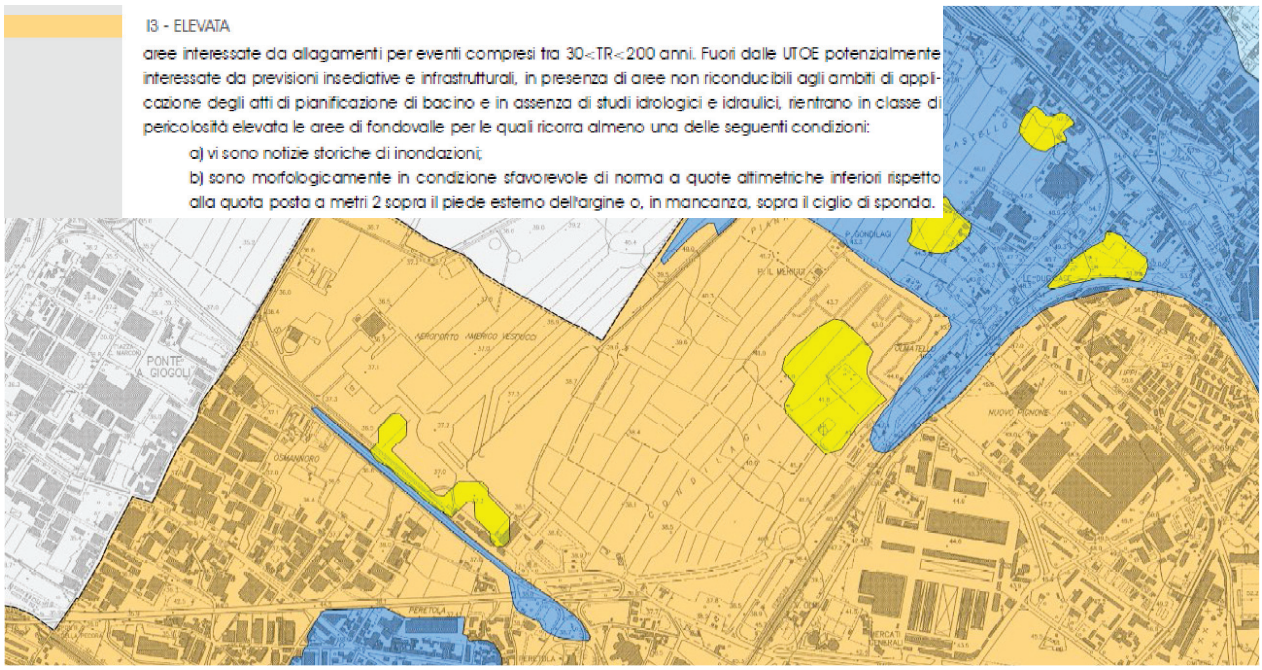

Figura 4 –PS Firenze– Pericolosità Idraulica

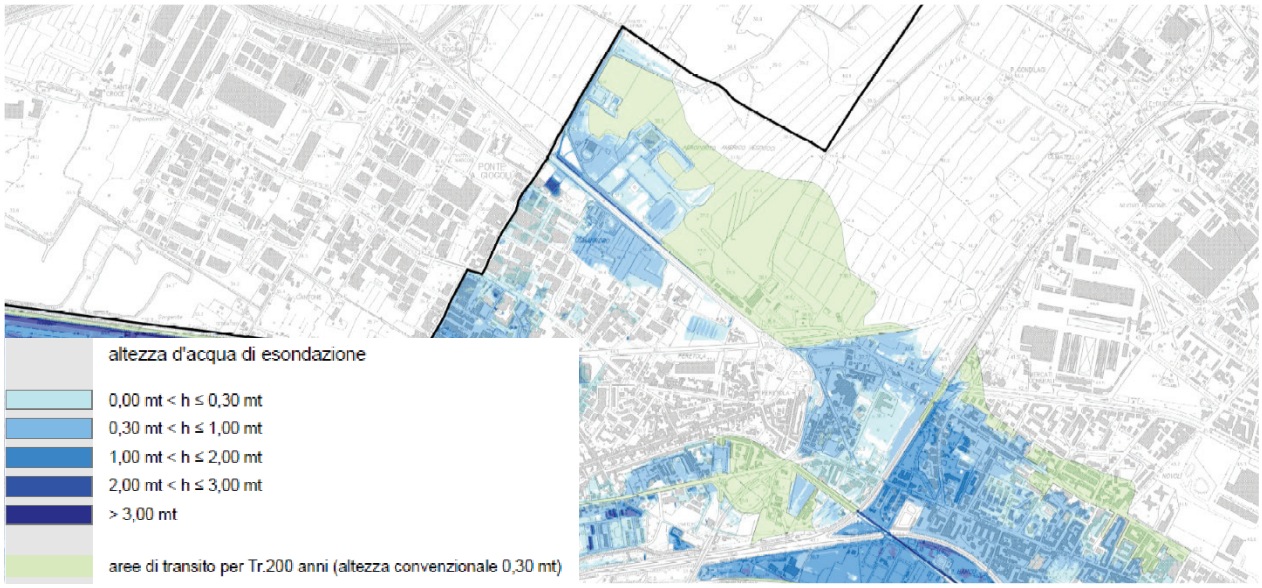

Figura 5 – PS - Carta delle aree allagabili per Tr.200 anni

Nel Regolamento Urbanistico comunale è riportata la Carta di Fattibilità Idraulica (rif.) che inserisce l'area oggetto di intervento in zona a fattibilità condizionata (FI.3), riferita alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

situazioni di pericolosità riscontrate, e necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi [art. 73 NTA del RUC].

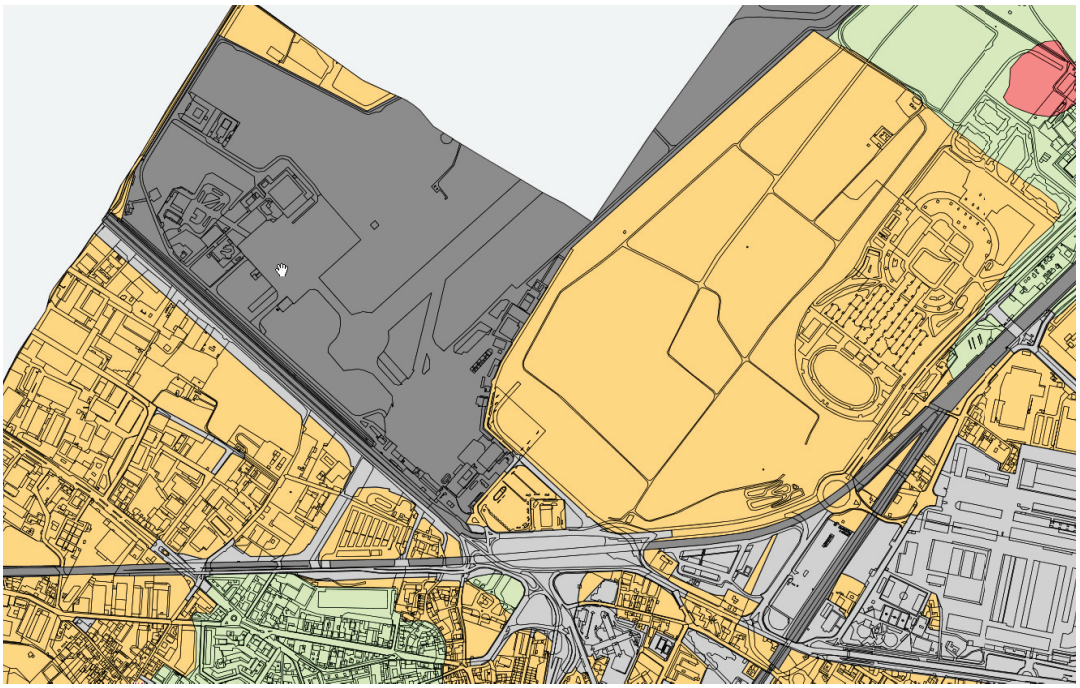

Figura 6 – R.U.C. - Fattibilità idraulica

La fattibilità idraulica degli interventi è normata all'art. 75 delle NTA del RUC, di cui si riporta un estratto.

Art.75 - Fattibilità idraulica

1. Norme comuni.

I livelli idraulici di riferimento per la progettazione degli interventi di messa in sicurezza e di compensazione devono essere derivati dagli studi di base del PS, salvo eventuali studi successivi sostitutivi o integrativi, rispetto a quelli impiegati per le elaborazioni del vigente PS e RU. Nella progettazione degli interventi di messa in sicurezza si deve tenere conto di un **franco di 30 cm rispetto al livello idraulico di riferimento o, per le aree di transito, rispetto al battente convenzionale di 30 cm**. Devono essere evitate strutture compensative all'interno degli edifici e **privilegiate strutture con svuotamento a gravità**. Se tali strutture non sono realizzabili per impossibilità strutturali, le stesse devono essere dotate di un idoneo sistema di pompaggio, regolato rispetto al sistema ricevente.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

3.4.2 Variante Urbanistica MasterPlan Aeroportuale 2014-2029

Nel 2018 sono state redatte indagini idrauliche di approfondimento a supporto della prevista Variante Urbanistica che avrebbe dovuto perfezionarsi in esito al positivo procedimento autorizzativo riferito al Masterplan aeroportuale 2014-2029. Dette indagini erano finalizzate alla revisione della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25 ottobre 2011 e sono state oggetto di verifica e approvazione da parte degli Uffici tecnici regionali competenti[1]. Il comprensorio territoriale studiato è quello su cui insiste il nuovo sedime aeroportuale e le aree ad esso contermini, interessate dalle modifiche per l'inserimento della prevista nuova pista. Il reticolo idraulico di studio riguarda il sistema di acque alte, costituito dal Fosso Reale e dai due suoi affluenti Canali di Cinta Orientale e Occidentale, e dalla rete di canali di acque basse di cui alla LR 79 DCR 2016, tra cui il Canale dell'Aeroporto. La rappresentazione dei risultati della simulazione idraulica per tempo di ritorno 200 anni riportata in figura seguente mostra come le esondazioni dovute al sistema di acque alte arrivino ad interessare anche le aree destinate al nuovo terminal.

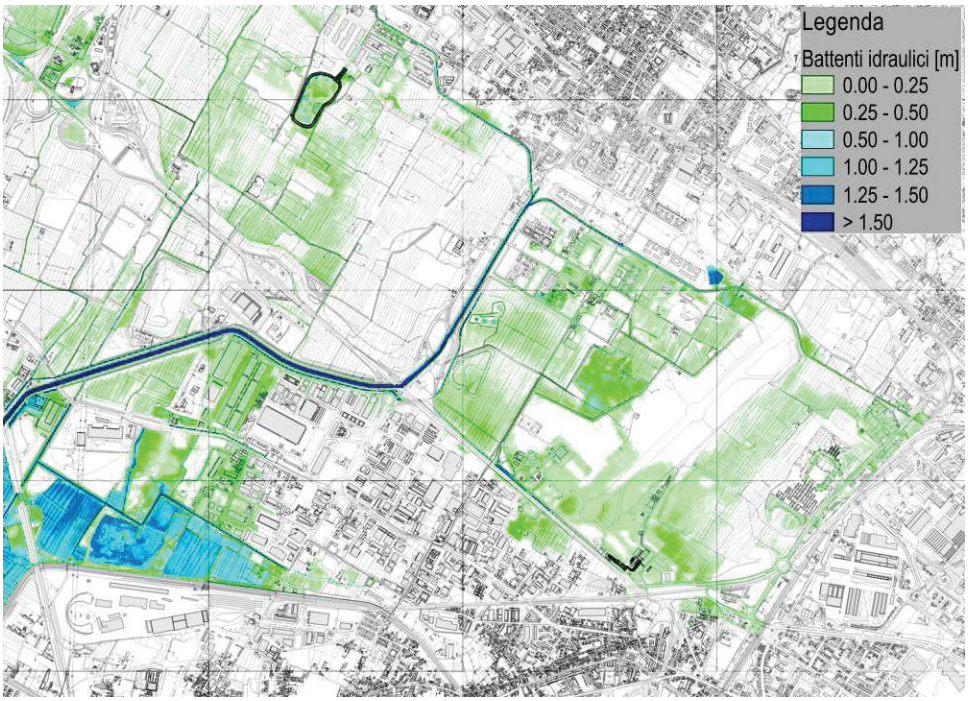

Figura 7 – Variante Urbanistica Masterplan Aeroportuale - Modello idraulico Acque Alte – Inviluppo battenti Tr 200 anni

[1] Come noto, avverso la procedura VIA del Masterplan 2014-2029 è stato avanzato ricorso alla Giustizia Amministrativa, conclusosi con le sentenze del Consiglio di Stato emesse nel febbraio 2020, in esito alle quali il procedimento deve essere reiterato. Ciononostante, gli studi specialistici di supporto all'iter di VIA e al successivo iter di accertamento della conformità urbanistica, peraltro già verificati ed approvati dagli Enti ed Amministrazioni competenti in sede di conferenza di servizi, rappresentano un valido riferimento tecnico da poter tenere in adeguata considerazione.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Tali esondazioni sono dovute all'insufficienza idraulica del **Canale di Cinta Orientale**, le cui criticità sono essenzialmente dovute a quote arginali ed attraversamenti stradali insufficienti. In particolare, nel primo tratto, posto nel territorio comunale di Firenze, risultano inadeguati n.4 tombini (rif. Figura 8), mentre nel secondo tratto, che insiste nel Comune di Sesto Fiorentino, il Canale di Cinta risulta inadeguato a partire dalla confluenza con il Fosso del Termine, da dove si ha esondazione in sinistra idraulica anche a seguito della realizzazione della "cassa UNIFI" prevista in prossimità dell'area del Polo Universitario (rif. Figura 9) [2].

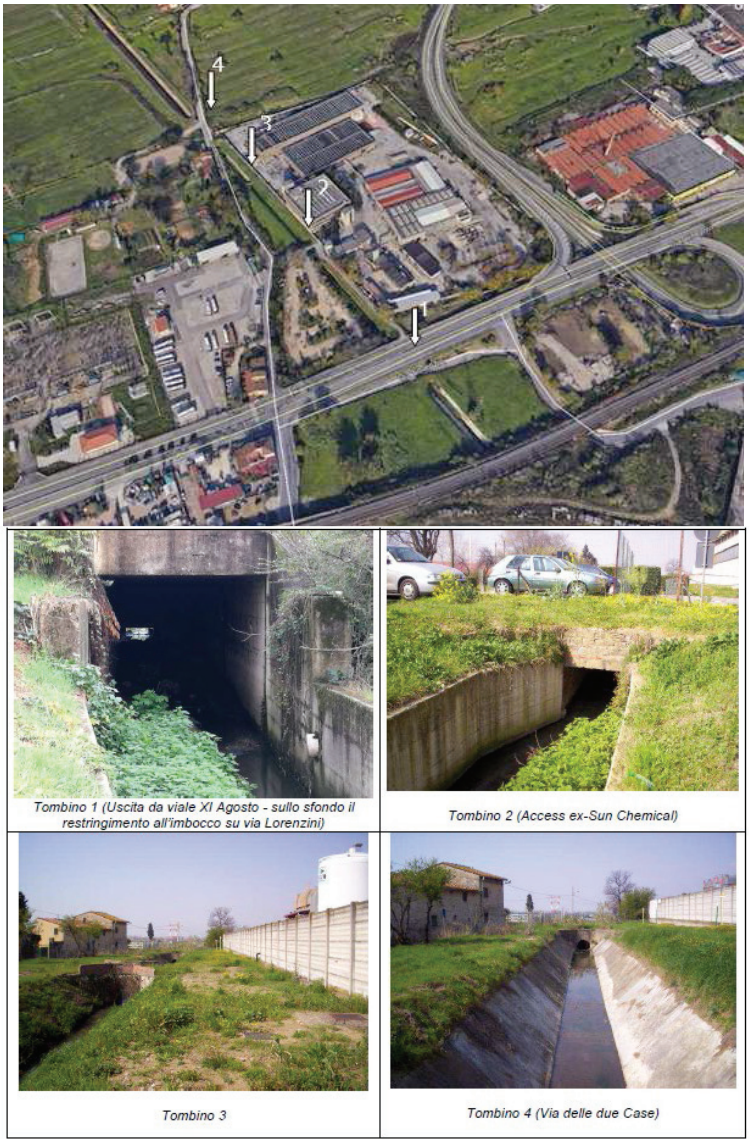

Figura 8 – Variante Urbanistica Aeroporto - Canale di Cinta Orientale – Tombini idraulicamente insufficienti

[2] Per la mitigazione del rischio idraulico della zona di cui al Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino era da tempo prevista la realizzazione di una cassa di espansione delle piene con derivazione dal Canale di Cinta Orientale con la funzione di messa in sicurezza dello stesso per eventi con TR200 per consentire le edificazioni (parte delle quali già avvenute) in ambito del canale stesso e mettere in sicurezza idraulica il Polo stesso (attualmente non in sicurezza).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Con l'adeguamento dei 4 attraversamenti e il sovralzo dei cigli di sponda, gli allagamenti sul territorio vengono totalmente eliminati.

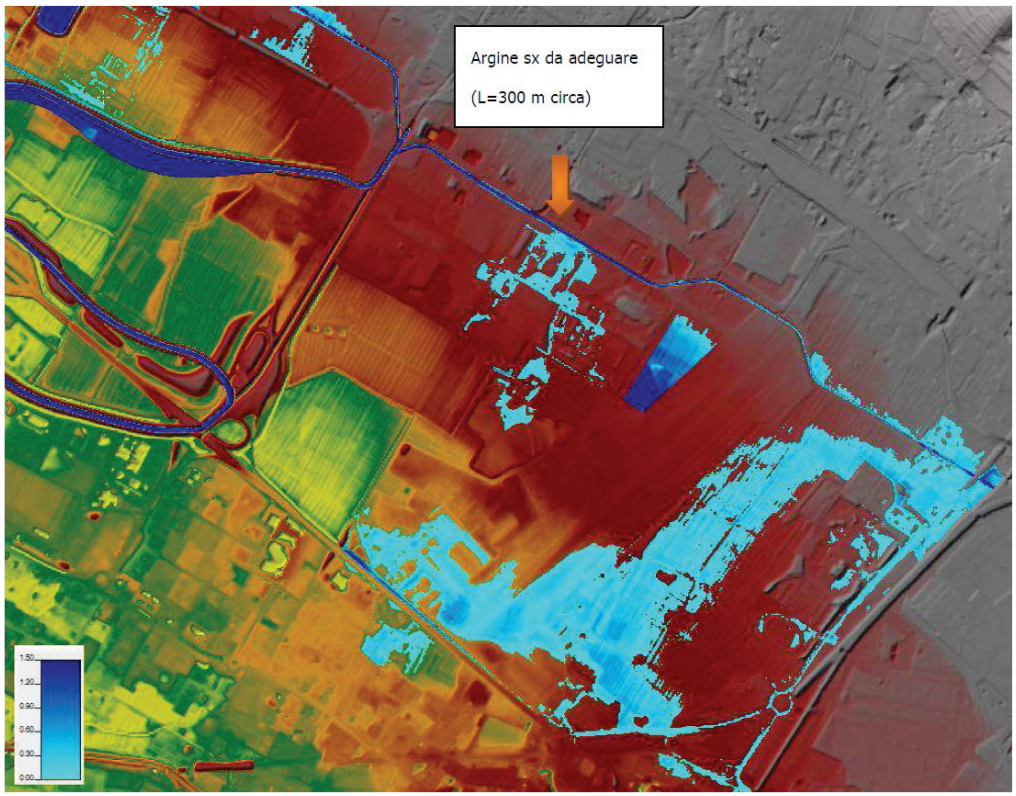

Figura 9 – Variante Urbanistica Masterplan Aeroportuale - Canale di Cinta Orientale – Tratto d'arginatura da adeguare

Le analisi idrauliche svolte sul sistema delle acque basse comprende anche il tratto a cielo aperto del **Canale dell'Aeroporto**, per il quale nella configurazione di stato attuale vengono confermate le criticità idrauliche già espresse nei piani urbanistici vigenti (PS Comune di Firenze). Il canale non risulta adeguato già per eventi con tempo di ritorno trentennale.

Poiché l'urbanizzazione dei territori ricompresi nel Masterplan A. Vespucci comportava una radicale modifica degli apporti idrici al Canale dell'Aeroporto, individuato quale recettore finale del drenaggio di tutta l'area del previsto nuovo sedime aeroportuale, il Masterplan contemplava anche la realizzazione dell'area di laminazione D (rif. Figura 10) finalizzata a garantire l'auto-contenimento delle portate di piena fino alla piena duecentennale con restituzione al reticolo mediante manufatto che limita la portata in uscita al valore specifico di 2,6 l/s/ha in ottemperanza ai criteri di progettazione urbanistica previsti nel Piano Generale di Bonifica.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

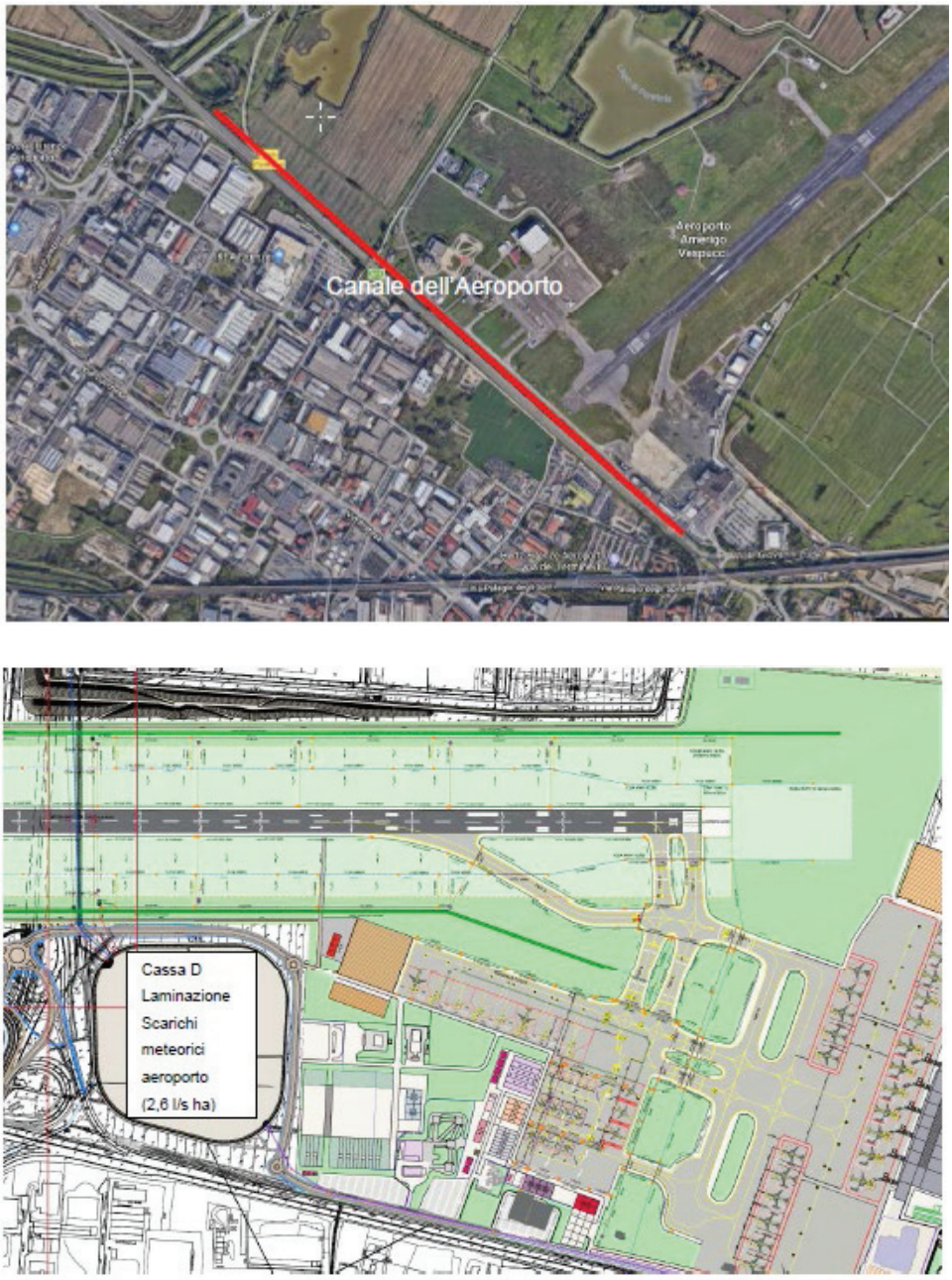

Figura 10 – Variante Urbanistica Masterplan Aeroportuale - Canale dell'Aeroporto – Intervento di autocontenimento idraulico

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

3.4.3 Variante PUE di Castello

Nel 2018 è stata presentata ed approvata una variante al Piano Urbanistico Esecutivo di Castello supportata con le indagini idrauliche previste ai sensi del DPGR 53R/2011, finalizzate ad accertare il livello di pericolosità allo stato attuale per definire la fattibilità degli interventi di trasformazione del territorio.

Lo studio riesamina le criticità idrauliche presenti sul comprensorio dei comuni di Firenze e Sesto Fiorentino in relazione allo sviluppo urbanistico dell'Area.

In merito al sistema fluviale Arno-Bisenzio recepisce le risultanze degli studi di supporto al PGRA. La quota del battente per l'evento TR200 anni derivante esclusivamente da esondazioni del fiume Arno e del Fosso Reale risulta pari a 37 m slm nell'area situata ad est dell'attuale tracciato del Fosso Reale ed interessata dall'area di transito della piena duecentennale (area in tratteggio verde di Figura 11), per la quale il Regolamento Urbanistico Comunale di Firenze fissa un battente convenzionale di 0,30 m.

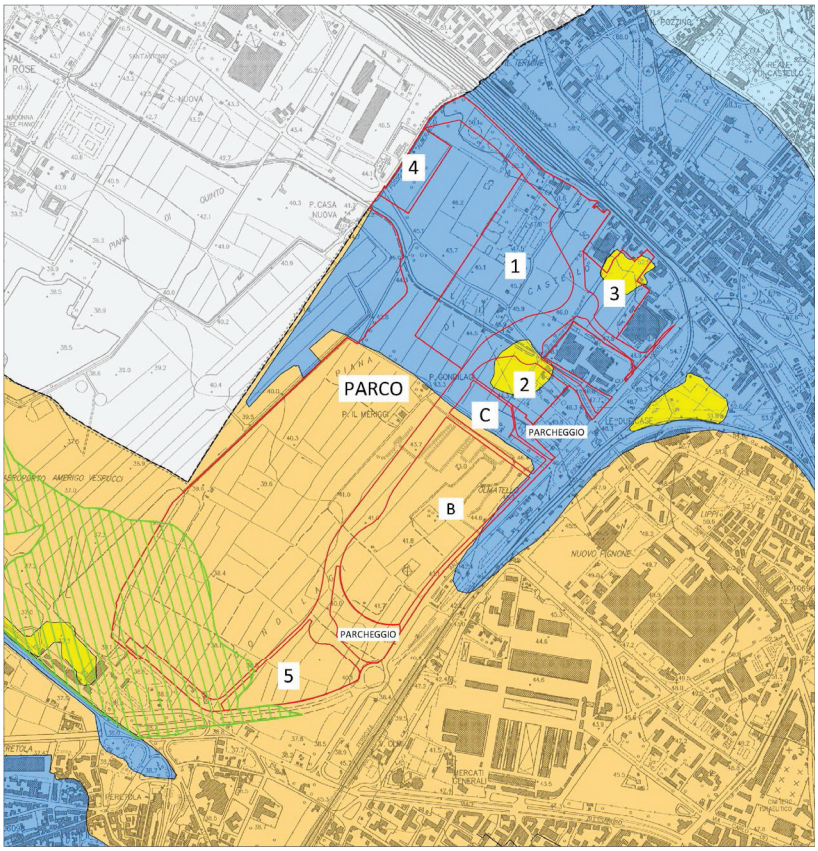

Figura 11 – Variante PUE Castello – Pericolosità idraulica da F. Arno

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

In merito alla pericolosità idraulica ingenerata dal Canale di Cinta Orientale, anche lo studio di supporto al PUE di Castello fa riferimento ai risultati dello studio idraulico sul sistema di acque alte già richiamato anche nella Variante al Masterplan Aeroportuale, evidenziando l'allagabilità diffusa sul territorio per eventi duecentennali e proponendo gli stessi interventi per la risoluzione delle problematiche idrauliche ingenerate dal corso d'acqua, ovvero l'adeguamento dei n.4 attraversamenti presenti tra via Lorenzini e Via delle Due Case e l'Adeguamento delle quote arginali del Canale di Cinta Orientale.

Analogamente, recepisce anche i risultati dello studio idraulico sul sistema di acque basse, evidenziando le criticità attuali sul Canale dell'Aeroporto, e prevedendo opere di volano idrico per la regimazione delle portate nel rispetto I criteri di "autocontenimento" previsti nel vigente "Piano Generale di Bonifica – aggiornamento 1988", che prevedono che la portata unitaria recapitata al reticolo idrografico pari a 2,6 l/s/ha nell'area a sud del Collettore di Cinta Orientale (Acque Basse).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

4 Approccio metodologico ed obiettivi dello studio

Il presente studio idraulico ha come finalità le attività di indagine per la verifica della compatibilità idraulica delle opere e delle loro pertinenze rispetto alla normativa vigente e l'individuazione degli interventi idraulici necessari per la loro fattibilità senza aggravare il rischio nelle aree contermini. Dall'analisi normativa svolta al capitolo precedente vale quanto segue. L'area interessata dalla realizzazione del nuovo terminal ricade in **aree inondabili per eventi con tempo di ritorno duecentennale** sia dal reticolo principale (Fiume Arno) che dal reticolo secondario (Canale di Cinta Orientale) e pertanto rientra in:

- in **aree a pericolosità da alluvione media (P2)** individuate nella Mappa della Pericolosità da Alluvione Fluviale redatta nel PGRA dell'Autorità di Distretto.

  La Disciplina di Piano prevede che in tali aree, sui nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria, l'Autorità di Bacino si esprime in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA;
- in **aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti** ai sensi della L.R. 41/2018.

  Ai sensi dell'art. 11 c.2 su tali aree possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'art. 8 c. 1, lettere a), b) o c), ovvero interventi strutturali sul corso d'acqua che assicurino l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti e/o opere di sopraelevazione senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree.

  Ai sensi dell'art. 11 c.4 e 5 su tali aree possono essere realizzati volumi interrati a condizione che siano realizzati interventi strutturali sul corso d'acqua che assicurino l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti o che li riducano conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata e che non sia superato il rischio medio R2.

  Ai sensi dell'art. 13 c.2 e c. 4 lettera b) possono essere realizzati nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze e parcheggi in superficie a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

  Al fine di valutare il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree e che non sia superato il rischio medio R2, ove previsto, si dovranno valutare gli effetti delle trasformazioni morfologiche introdotte nel progetto (nuovi rilevati, aree di invaso ecc.), che possono incidere sulla dinamica di esondazione e, quindi, sul contesto di pericolosità, individuando, se necessari, gli interventi per la gestione del rischio (interventi di riconnessione idraulica, proofing e retrofitting).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Ai sensi dell'art. 75 del R.U.C., nella progettazione degli interventi di messa in sicurezza si deve tenere conto di un **franco di 30 cm** rispetto al livello idraulico di riferimento. Laddove non siano presenti studi di dettaglio per la definizione dei battenti, **per le aree di transito si assume un battente convenzionale di 30 cm**. Per il compenso dei volumi si devono privilegiare, laddove possibile, sistemi con svuotamento a gravità.

La **maggiore impermeabilizzazione dei suoli** prevista in progetto e causata dalla trasformazione del territorio da rurale a urbanizzato, determinerà l'incremento delle portate idrauliche convogliate al recettore finale (Canale dell'Aeroporto). Al fine di mitigare questo effetto occorre, quindi, prevedere sistemi di compensazione idraulica (auto-contenimento), quali aree di volano idrico o reti di compenso in linea, affinché la portata drenata sia immessa nel reticolo idrografico previa laminazione. I criteri di "auto-contenimento" previsti nel vigente "Piano Generale di Bonifica -aggiornamento 1988", prevedono che la portata unitaria recapitata al reticolo idrografico risulti pari a **2,6 l/s/ha** nell'area a sud del Collettore di Cinta Orientale (Acque Basse).

Per la gestione del rischio alluvioni l'orizzonte temporale di riferimento è l'evento con tempo di ritorno TR 200 anni mentre, ai fini dell'invarianza idraulica sul sistema di bonifica, si farà riferimento ad un evento con tempo di ritorno TR 50 anni.

Come criterio generale, per la gestione del rischio alluvione in occasione di eventi eccezionali (frequenza di allagamento duecentennale) sono stati previsti interventi a cielo aperto (aree ad esondazione controllata) mentre, ove si renda necessario il compenso di volumi per eventi ordinari, sono state ipotizzate vasche interrate in modo da non interferire con l'operatività aeroportuale e non incidere sui livelli di safety (né incrementare il rischio di wildlife strike) vista la prossimità delle aree di intervento all'esistente pista di volo. Tali interventi sono stati dimensionati e verificati tramite modellistica idraulica di dettaglio dedicata, sia sul reticolo principale (Fiume Arno), sia sul reticolo minore (Canale Di Cinta Orientale), al fine di stimare analiticamente i fenomeni di allagabilità attesi sulle aree, le dinamiche delle esondazioni e l'efficacia degli interventi proposti.

Per la gestione di eventi con tempo di ritorno TR > 50 anni o in condizioni di prolungata intermittenza di scolo del sistema di bonifica, saranno valutati usi promiscui degli interventi previsti per la gestione del rischio e per la gestione delle acque meteoriche in base agli approfondimenti delle successive fasi progettuali, nell'ambito delle quali si provvederà ad accertare, anche numericamente, il non superamento del rischio R2 e la compatibilità del rischio residuo ai fini dell'operatività del nuovo Terminal e delle relative pertinenze.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

5 Analisi idraulica

Ai fini della progettazione idraulica, le verifiche modellistiche di compatibilità idraulica del Nuovo Terminal sono state eseguite mediante l'implementazione di una modellistica numerica di dettaglio che ha riguardato:

- **Modellazione della dinamica di esondazione da reticolo principale** (F. Arno), per la determinazione dei fenomeni di allagabilità attesi sulle aree di interesse e la verifica dell'efficacia delle opere di compenso, finalizzate alla messa in sicurezza dell'areale oggetto di intervento ed al non aggravio del rischio da alluvione in altre aree;
- **Modellistica della dinamica di esondazione da reticolo secondario** (Canale di Cinta Orientale) finalizzata alla verifica dell'assenza di allagamenti sul territorio a seguito degli interventi previsti sul corso d'acqua ("cassa UNIFI" in prossimità dell'area del Polo Universitario, adeguamento di n.4 attraversamenti e sovralzo dei cigli di sponda, individuati negli studi idraulici di supporto alla Variante Urbanistica MasterPlan Aeroportuale 2014-2029 ed alla Variante PUE di Castello), e, nel transitorio, alla valutazione dell'efficacia delle opere di compenso proposte ai fini della messa in sicurezza dell'areale oggetto di intervento anche rispetto al reticolo secondario.

5.1 Modellazione idraulica reticolo principale (Fiume Arno)

Il presente paragrafo esplicita le analisi idrauliche condotte sul reticolo principale, al fine di accertare l'invarianza idraulica delle opere in progetto come previsto dal Piano di Bacino e dalla L.R. n.41/2018. L'intervento in predicato si colloca in aree a pericolosità da alluvione P2 ai sensi del PGRA riconducibili al Fiume Arno, e prevede trasformazioni morfologiche delle aree in cui insiste (piano di imposta di gran parte delle opere posto a quote superiori al massimo battente idraulico atteso), pertanto, occorre valutarne gli effetti nel contesto di pericolosità, accertare che non si modifichino significativamente le condizioni di allagamento preesistenti e fatto salvo il non superamento del rischio medio R2, definito dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 settembre 1998 (Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, Sito esterno del D.L. 11 giugno 1998, n. 180), come il rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture e la funzionalità delle attività economiche.

Stante il quadro delle pericolosità da alluvione attuale, sono stati proposti interventi per la gestione del rischio e le opere necessarie per garantire l'invarianza idraulica a corredo della infrastruttura aeroportuale.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

L'efficacia e la compatibilità idraulica degli interventi per la gestione del rischio idraulico è stata verificata mediante modellistica numerica dello stato di progetto.

5.1.1 Modello di Bacino

Il modello di riferimento per l'analisi idraulica implementata nel presente studio è rappresentato dal modello idrologico idraulico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale redatto nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvione (di seguito "modello AdB").

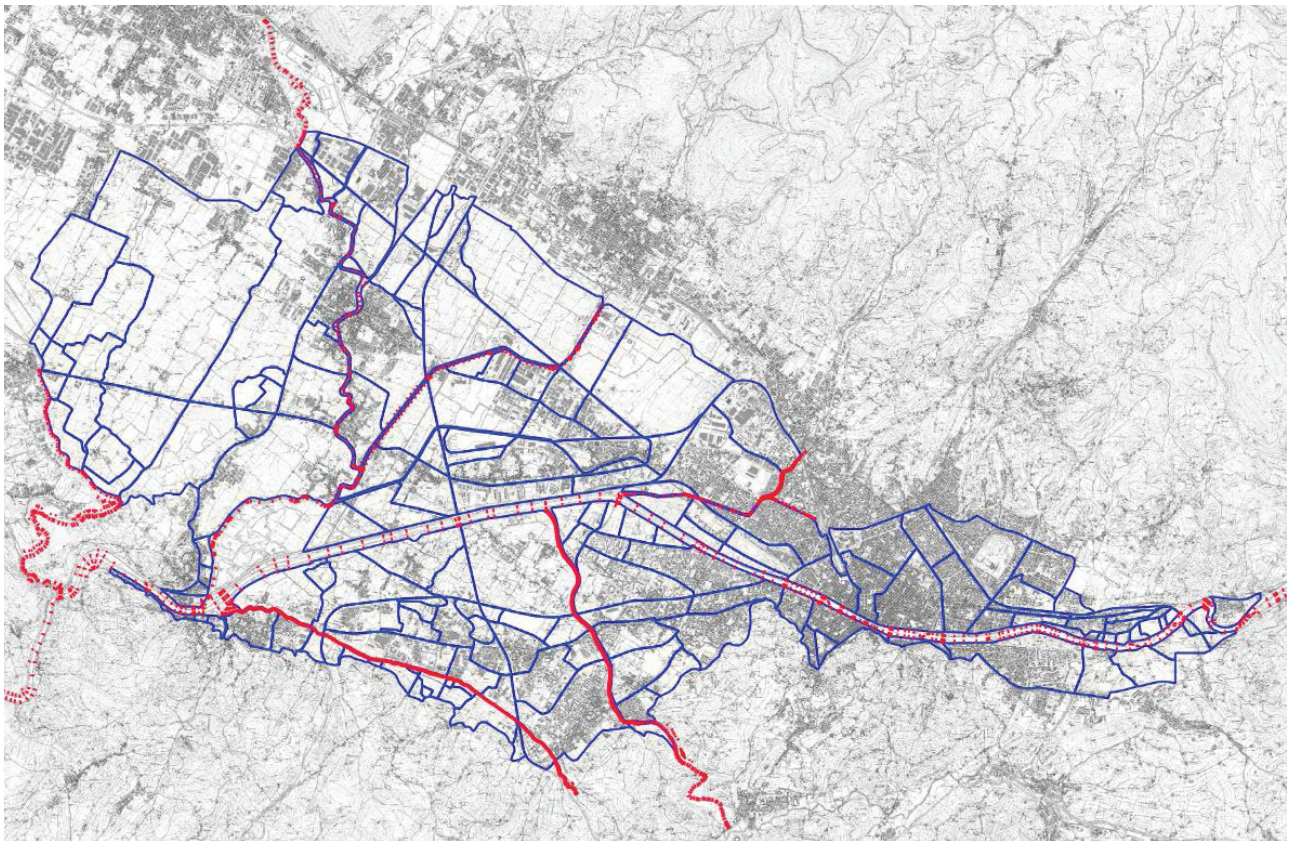

Figura 12 – F. Arno – Estensione del modello AdB

Tale modello prevede una modellazione monodimensionale di moto vario dei corsi d'acqua e una modellazione a celle d'accumulo per la descrizione delle aree potenzialmente allagabili. I corsi d'acqua implementati sono i seguenti:

- Fiume Arno, da Pontassieve fino a valle della confluenza con l'Ombrone;
- Torrente Mugnone, dalla Fortezza da Basso fino alla confluenza in Arno, e Torrente Terzolle, da Rifredi alla confluenza nel Mugnone;
- Fiume Greve, dal Galluzzo alla confluenza in Arno;

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

- Torrente Vingone, da monte di Scandicci alla confluenza in Arno;
- Fiume Bisenzio, da Prato alla confluenza in Arno e Fosso Reale, dal polo Universitario di Sesto fino alla confluenza nel Bisenzio;
- Torrente Ombrone, da ponte all'Asse fino alla confluenza in Arno.

Le celle d'accumulo (APE) per la modellazione delle potenziali esondazioni dei suddetti corsi d'acqua prendono in esame le aree adiacenti agli stessi, estendendosi su tutto il fondo valle e nella piana fiorentina. Gli eventi implementati nel modello AdB riguardano tempi di ritorno 30 e 200 anni su un set di durate comprese tra 6 e 36 ore.

Sull'area di potenziale esondazione che ricomprende gli areali di intervento, denominata VM-003b, il Modello AdB stima un invaso statico per eventi TR=200 anni che raggiunge i 37.0 m s.l.m.

5.1.2 Modello bidimensionale generale

A partire dal suddetto modello e considerando che uno degli obiettivi di questo studio è la verifica dell'invarianza idraulica e il non superamento del rischio medio R2, si è reso necessario implementare una modellazione bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso che differisce dal modello di AdB dove la modellazione era prevista con celle di accumulo. Il modello idraulico implementato in questa fase è stato, quindi, mutuato dal modello AdB ed è caratterizzato da modellazione di moto vario monodimensionale in alveo e bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso, utilizzando come base dati il rilievo Lidar a cella 1x1m. Si è scelto di convertire in modellazione bidimensionale le aree potenzialmente allagabili poste in destra idraulica del F. Arno, come mostrato in figura seguente, verificando in ogni caso la congruenza con i risultati contenuti nel PGRA in termini di livelli idrometrici massimi.

In sintesi, le modifiche apportate al modello AdB sono le seguenti:

a) modellazione bidimensionale delle aree potenzialmente allagabili poste in destra idraulica del F. Arno (con maggior grado di dettaglio per le aree aeroportuali);
b) all'interno delle aree modellate in bidimensionale, la caratterizzazione geometrica delle connessioni idrauliche tra celle di accumulo è stata sostituita dalla morfologia del terreno rappresentata nel Lidar; sono state inoltre inserite delle "breaklines" in corrispondenza dei cambi morfologici più rilevanti, con dimensioni di cella inferiori, al fine della corretta caratterizzazione di tutti gli elementi significativi ai fini della dinamica di esondazione;
c) modifiche locali alle quote di sfioro laterali in destra idraulica del Fiume Arno in prossimità del viadotto del Ponte all'Indiano (quote dell'argine strada di Via S. Biagio a Petriolo desunte da rilievo

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Lidar) ed alle quote altimetriche della Viaccia (desunte da rilievo topografico dello stato attuale realizzato a supporto del Progetto Esecutivo Cassa di espansione dei Renai nel Comune di Signa 1° Lotto, Dicembre 2013).

In merito alle sezioni fluviali, scabrezze in alveo, caratterizzazione delle opere, coefficienti di deflusso, condizioni al contorno e iniziali non sono state apportate modifiche rispetto al modello AdB, anche nell'ottica di rimanere il più fedeli allo stesso. Il modello idraulico implementato per la caratterizzazione dello stato attuale è rappresentato nelle tavole FLR_NT_IL_PL_NA_01 e FLR_NT_IL_PL_NA_01_02.

Considerando il contesto dell'area di indagine e la sua variabilità spaziale in termini di uso e copertura del suolo si è scelto di assegnare al modello una parametrizzazione distribuita spazialmente del coefficiente *n* di Manning. La caratterizzazione è stata effettuata sulla base dell'uso del suolo (strato informativo messo a disposizione dalla Regione Toscana). La definizione dei coefficienti per ogni classe di uso del suolo è stata eseguita mediante procedimento iterativo utilizzando come taratura il confronto con i massimi livelli idrometrici risultanti dal modello AdB. I valori implementati risultano coerenti con quanto riportato in letteratura (2011 National Land Cover Data Set NCLS; Open Channel Hydraulics, Chow, Van Te, 1959; HEC-RAS River Analysis System 2D Modelling, 2016). I coefficienti di Manning utilizzati risultano i seguenti:

Uso del suolo	Manning n (s/m^1/3)
Aeroporti	0.020
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	0.035
Aree con vegetazione rada	0.035
Aree estrattive	0.035
Aree industriali e commerciali	0.200
Aree ricreative e sportive	0.035
Aree verdi urbane	0.035
Boschi di latifoglie	0.060
Cantieri, edifici in costruzione	0.200
Colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	0.035
Colture temporanee associate a colture permanenti	0.035
Corsi di acqua, canali e idrovie	0.030
Discariche, depositi di rottami	0.100
Frutteti e frutti minori	0.035
Oliveti	0.035
Paludi interne	0.030
Prati stabili	0.035
Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	0.030
Seminativi irrigui e non irrigui	0.035
Sistemi colturali e particellari complessi	0.035
Specchi di acqua	0.030
Vigneti	0.035
Zone residenziali a tessuto continuo	0.200
Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0.200

Tabella 1 – F. Arno – Coefficienti di Manning aree 2D per ogni classe di uso del suolo

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Di seguito si riporta un estratto del modello idraulico e del dominio di calcolo bidimensionale, con focus sulle aree di interesse, dove si evince il grado di maggior dettaglio utilizzato per le aree in cui si inserisce il nuovo Terminal, l'utilizzo delle breaklines (in rosso) e delle strutture (in giallo) per la schematizzazione delle connessioni idrauliche tra le celle (viabilità, rilevato ferroviario, muri, sottopassi, ecc…). In particolare, l'area aeroportuale è stata connessa ai territori limitrofi lungo la dorsale viaria Viale XI Agosto - Viale Luder – raccordo autostradale A11 attraverso una serie di collegamenti idraulici, rappresentati da soglie sfioranti alle quote stradali (desunte dal rilievo Lidar, e denominate, procedendo da nord est a sud ovest, Nord, Terminal, Sud1, Sud2, Sud3 e Sud4). È stato inoltre inserito un manufatto di sottoattraversamento stradale in prossimità del Fosso Reale, in analogia a quanto inserito nel modello AdB (connessione denominata *ci3*).

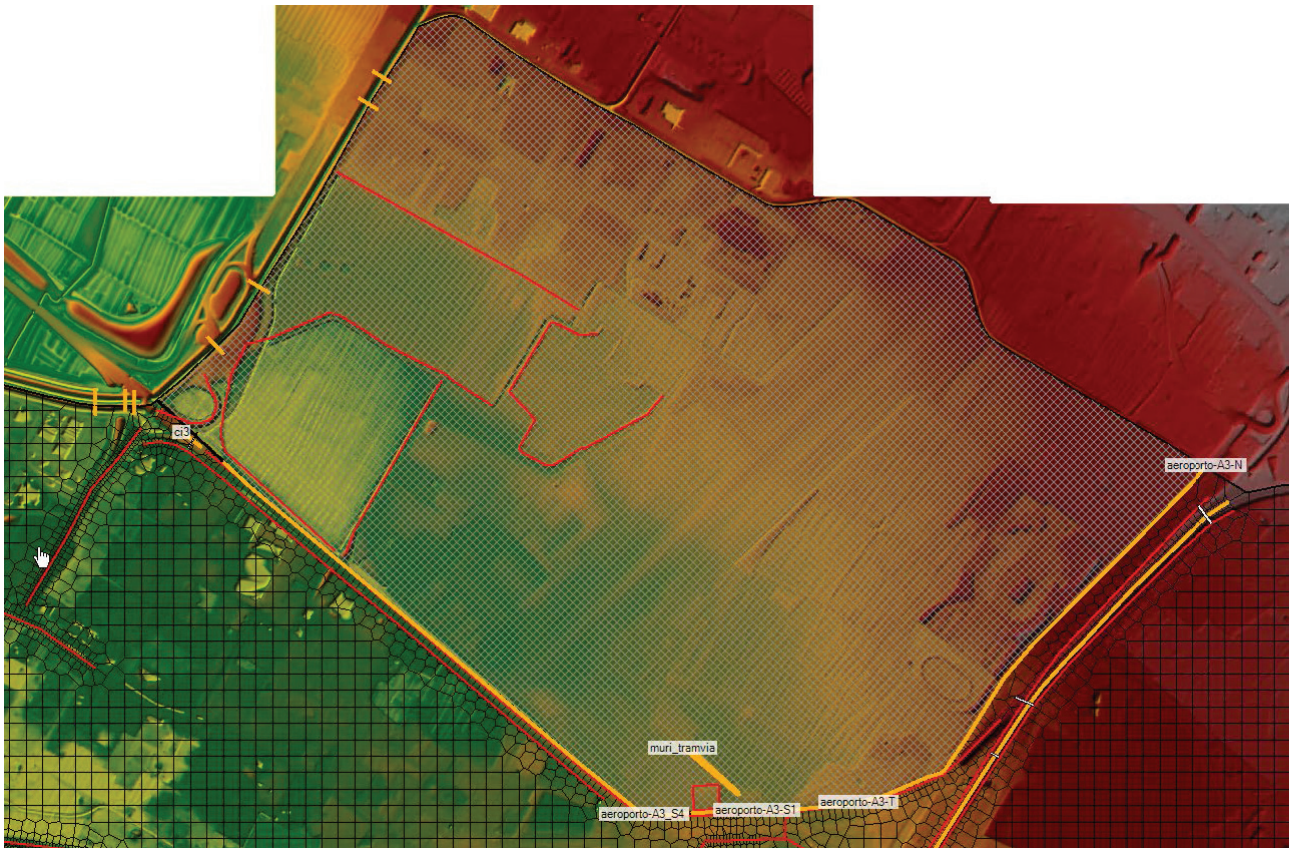

Figura 13 – F. Arno – Dettaglio del modello bidimensionale generale

Gli eventi meteorici simulati sono associati al tempo di ritorno 200 anni, con durata d'evento pari a 18-24-36 ore. Per l'area di interesse la durata d'evento critica è di 24h, sia in termini di livelli, sia di volumi di esondazione.

I risultati ottenuti dalla modellazione bidimensionale generale delle aree allagate hanno mostrato una buona coerenza con le perimetrazioni contenute nel PGRA. Infatti, benché i due modelli siano sostanzialmente

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

diversi in termini di modellazione delle aree allagate, presentano un buon livello di coerenza in termini di massimi livelli idrometrici a campagna, come riportato nella seguente Tabella 2, dove sono mostrati i risultati dell'evento TR200 anni a 24 ore (livelli massimi nelle celle di accumulo del modello AdB a confronto con i livelli massimi stimati sul dominio bidimensionale del modello generale). Anche al di fuori dell'area di calcolo bidimensionale, dove non sono state apportate modifiche alla modellazione, si ottengono risultati del tutto congruenti.

Zona	Cella modello ADB	Livello max TR200 ADB (mslm)	Livello max TR200 (mslm)
Rovezzano	V3-013c	56.31	56.35
Varlungo	FI-003a	53.74	53.73
Piazza Beccaria	FI-003d	50.34	50.27
Piazza Santa Croce	Fi-003d	50.34	50.1
Piazza Unità d'Italia	FI-003e	47.05	46.95
Ippodromo Cascine	FI-003l	42.41	42.1
Sottopasso Cascine	FI-003i	42.41	42.07
Piazza Kennedy	FI-003h	42.34	42.57
Ippodromo delle Molina	FI-003i	41.98	41.99
Il Barco	FI-005	40.32	39.5
Le Piagge	VM-007	38.09	38.2

Tabella 2 – F. Arno –Confronto risultati del modello AdB con il modello generale bidimensionale

Le dinamiche di allagabilità dell'area aeroportuale riguardano fenomeni di transito dei volumi di esondazione provenienti principalmente da sud-est, che attraversano la dorsale viaria Viale XI Agosto - Viale Luder – raccordo autostradale A11 e si propagano dalle aree in cui si inserisce il nuovo Terminal con battenti modesti fino a raggiungere gli areali più depressi in prossimità del Fosso Reale, in cui si registrano accumuli statici superiori al metro. I fenomeni più critici in termini di battenti massimi e volumi di transito si registrano sullo scenario idrologico TR=200 anni d=24h.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

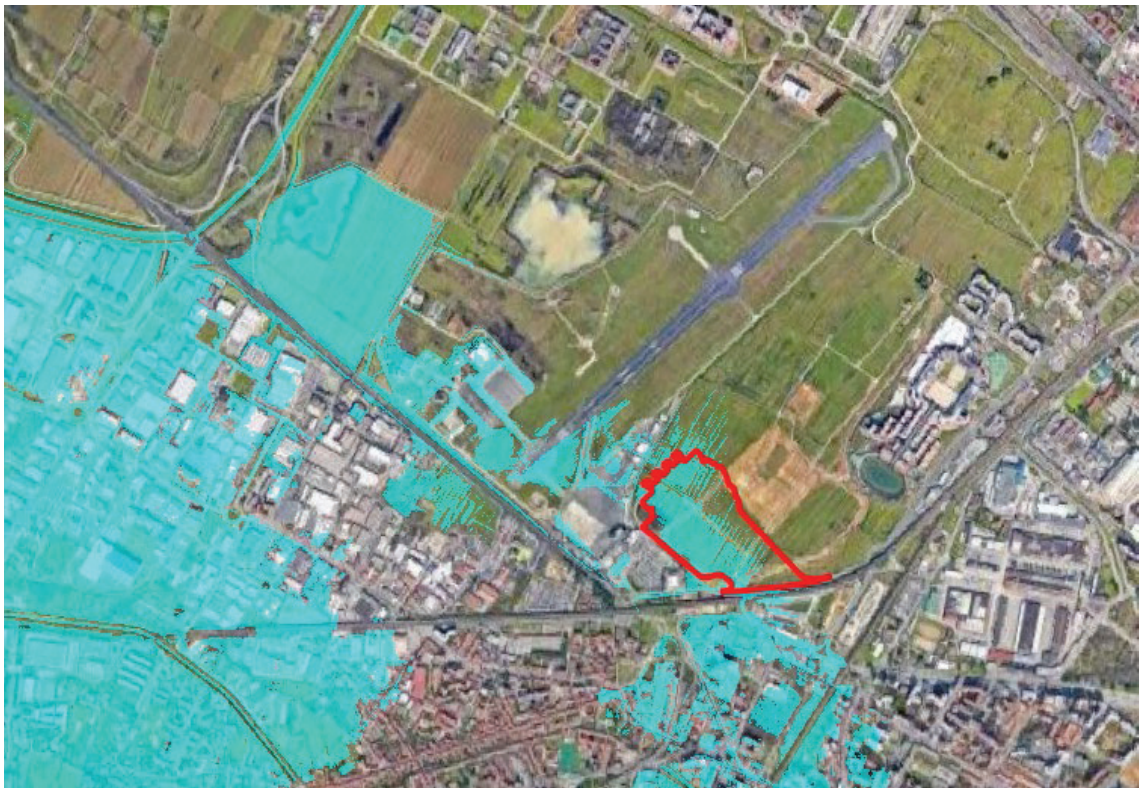

Figura 14 – F. Arno – Aree allagate evento TR=200 anni d=24h modello bidimensionale generale

Di seguito si riportano gli idrogrammi di esondazione che attraversano la viabilità principale e concorrono all'allagabilità delle aree di interesse, nei vari scenari analizzati.

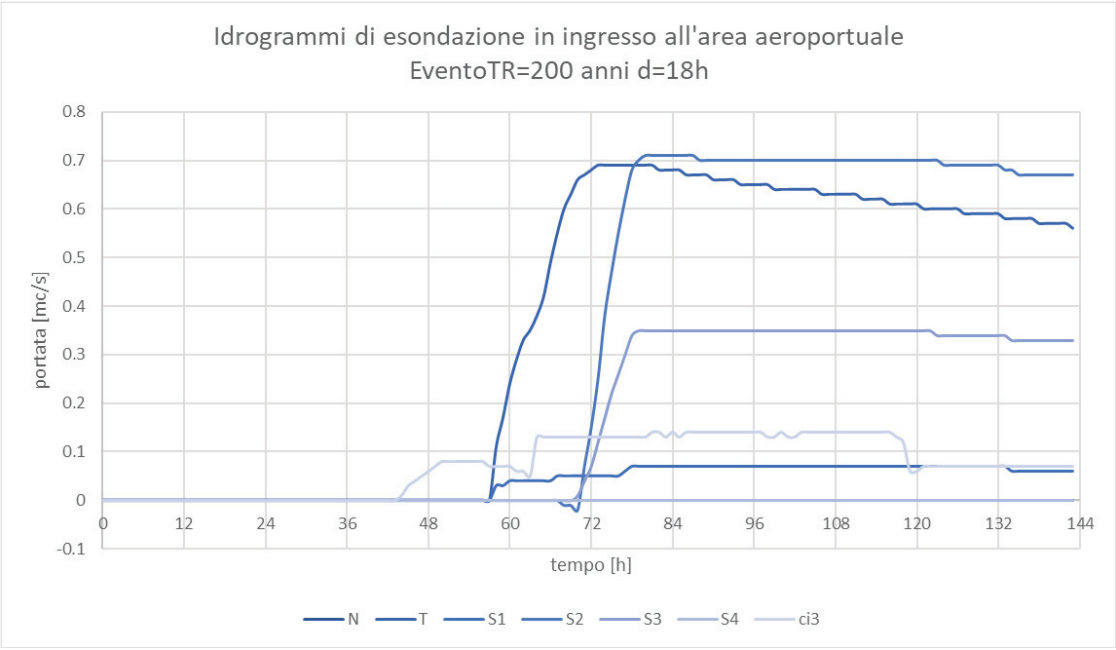

Figura 15 – F. Arno – Modello bidimensionale generale – Idrogrammi di esondazione area aeroportuale – Evento TR=200 anni d=18h

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

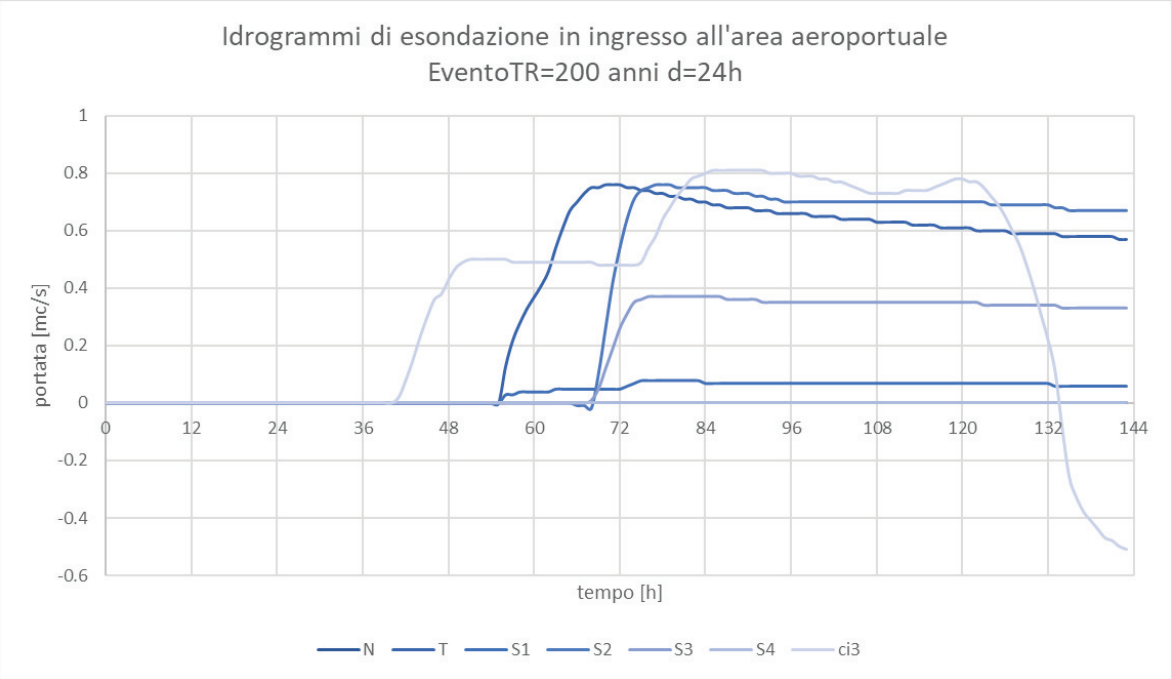

Figura 16 – F. Arno – Modello bidimensionale generale – Idrogrammi di esondazione area aeroportuale – Evento TR=200 anni d=24h

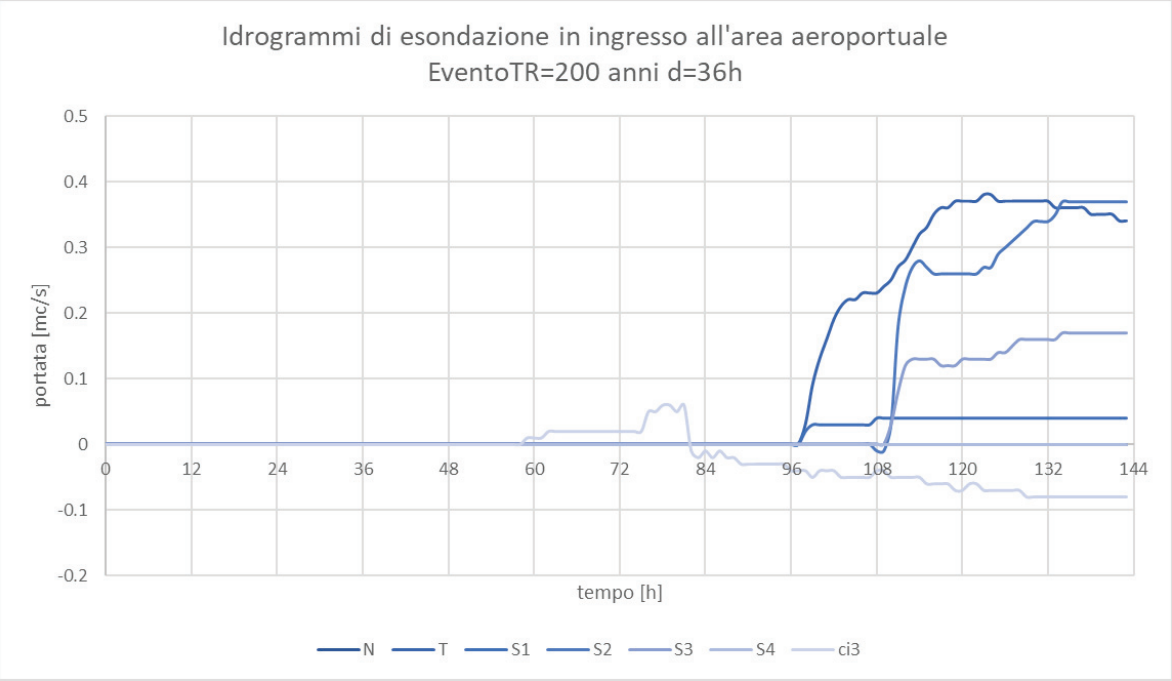

Figura 17 – F. Arno – Modello bidimensionale generale – Idrogrammi di esondazione area aeroportuale – Evento TR=200 anni d=36h

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

	Portata di picco [mc/s]						
	N	*T*	*S1*	*S2*	*S3*	*S4*	*ci3*
TR200 18h	0	0.69	0.07	0.71	0.35	0	0.14
TR200 24h	0	0.76	0.08	0.76	0.37	0	0.81
TR200 36h	0	0.38	0.04	0.37	0.17	0	0.06

	Volumi di transito [mc]							
	N	*T*	*S1*	*S2*	*S3*	*S4*	*ci3*	*totale*
TR200 18h	0	184716	19512	173916	86292	0	37584	*502020*
TR200 24h	0	197028	20520	184752	91476	0	188784	*682560*
TR200 36h	0	50688	6228	36828	17460	0	-9612	*101592*

Tabella 3 – F. Arno – Modello bidimensionale generale - Area aeroportuale - Valori di picco e volumi di esondazione

5.1.3 Modello bidimensionale di dettaglio

Al fine di analizzare nel dettaglio la dinamica di esondazione sulle aree aeroportuali e, al contempo, ridurre i tempi di calcolo della modellazione, è stato sviluppato un modello bidimensionale di dettaglio per le sole aree di interesse, verificando in ogni caso la congruenza con i risultati contenuti nel modello AdB e nel modello bidimensionale generale, sia in termini di livelli idrometrici massimi raggiunti, sia di dinamica di allagabilità. Nel modello di dettaglio è rappresentata la modellazione bidimensionale delle sole aree aeroportuali sollecitate dagli idrogrammi di esondazione desunti dalla modellistica generale (Figura 18).

Come già anticipato, infatti, le aree aeroportuali risultano interessate da fenomeni di allagamento per transito delle acque di esondazione dell'Arno, che attraversano la dorsale Viale XI Agosto - Viale Luder – raccordo autostradale A11 e si propagano nelle aree in cui si inserisce il nuovo Terminal. Gli idrogrammi di portata in ingresso, desunti dal modello bidimensionale generale ed inseriti in input alla modellazione di dettaglio, sono i contributi riportati in Figura 15, Figura 16 e Figura 17.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

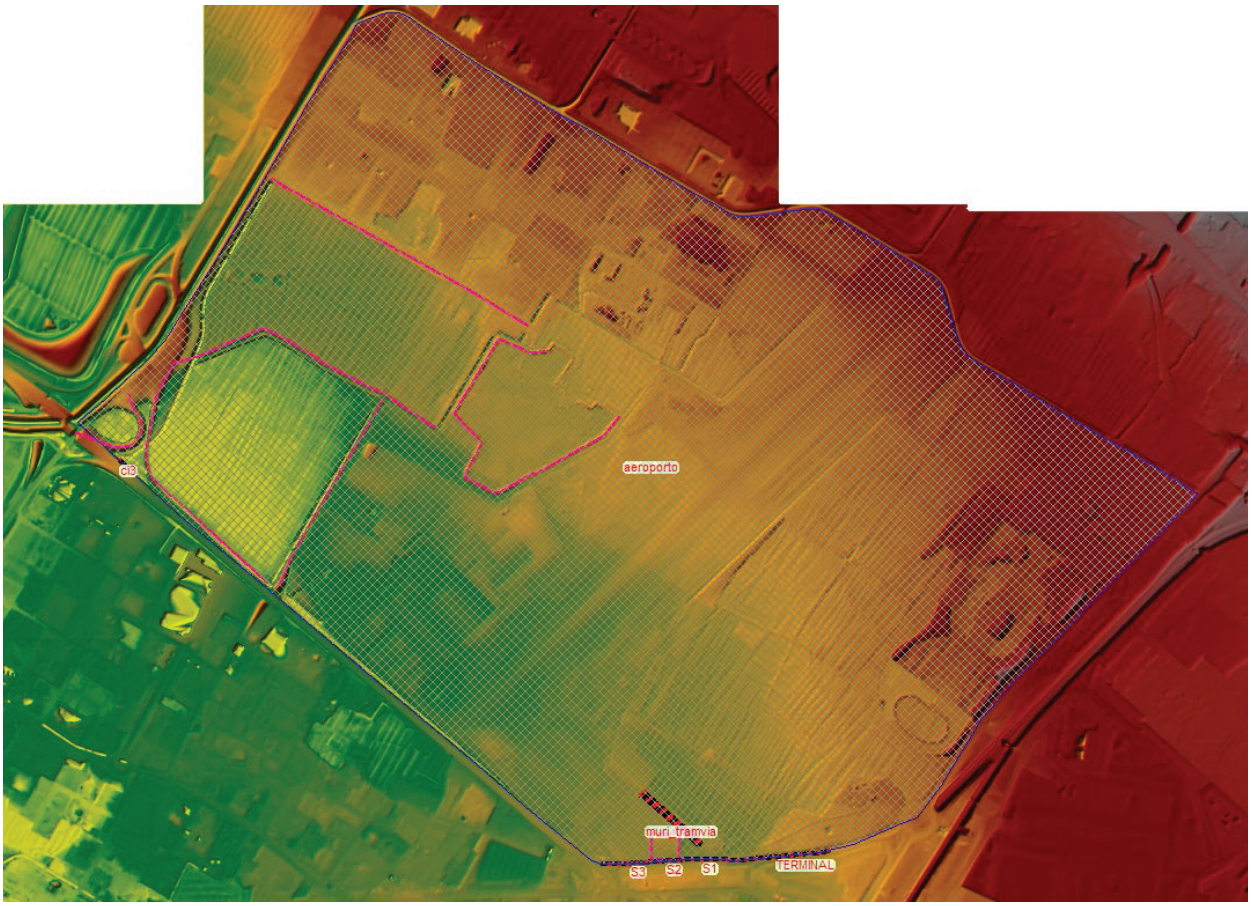

Figura 18 – F. Arno – Modello bidimensionale di dettaglio

I risultati del modello di dettaglio sono coerenti sia col modello AdB che con il modello bidimensionale generale. Infatti, rispetto al primo, presentano gli stessi livelli statici (37.0 m slm sull'evento duecentennale di durata 24h) nelle aree di ristagno più depresse, rispetto al secondo mantengono la stessa dinamica di propagazione delle acque alluvionali di transito. Sullo scenario critico (TR200 anni d=24h) i volumi complessivamente transitanti nell'area aeroportuale sono circa 680.000 mc, di cui circa 200.000 mc che attraversano le aree su cui insisteranno gli interventi di realizzazione del nuovo Terminal e di ampliamento dell'Apron 100. Sulle aree oggetto di intervento i battenti di transito raggiungono valori medi di circa 25 cm con volumi di esondazione dinamici che si attestano intorno ai 27000 mc (Tabella 4).

Scenario d'evento	*Battente di esondazione [cm]*	*Volume di esondazione [mc]*
TR200 anni d=18h	24.4	26.843
TR200 anni d=24h	24.6	27.220
TR200 anni d=36h	23.2	23.393

Tabella 4 – F. Arno – Modello bidimensionale di dettaglio – Battenti e volumi di esondazione sulle aree del nuovo Terminal e Apron100

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

5.2 Modellazione idraulica reticolo secondario (Canale di Cinta Orientale)

In analogia con quanto condotto sul reticolo principale, è stata eseguita un'analisi idraulica analitica anche sul reticolo secondario che concorre a determinare le condizioni di allagabilità sule aree di intervento (Canale di Cinta Orientale) al fine di accertare l'invarianza idraulica delle opere in progetto come previsto dal Piano di Bacino e dalla L.R. n.41/2018.

Il modello idraulico implementato è stato mutuato dalle indagini idrauliche di approfondimento a supporto della Variante Urbanistica precedentemente prevista in esito all'approvazione del Masterplan 2014-2029, redatte nel 2018, a partire dalle quali sono state ora condotte ulteriori analisi di approfondimento, finalizzate a determinare nel dettaglio la dinamica di esondazione e verificare l'efficacia e la compatibilità idraulica degli interventi per la gestione del rischio idraulico attraverso modellistica numerica dello stato di progetto.

5.2.1 Modello bidimensionale generale

Il modello idraulico generale del sistema di acque alte sviluppato a supporto della Variante al Masterplan Aeroportuale e del PUE di Castello analizza il reticolo idraulico costituito dal Fosso Reale e dai due suoi affluenti Canali di Cinta Orientale e Occidentale. Si tratta di una modellazione di moto vario monodimensionale in alveo, e bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso, che utilizza come base dati il rilievo Lidar a cella 1x1m (Figura 19). Le simulazioni idrauliche eseguite per tempo di ritorno 200 anni mostrano esondazioni dovute al Canale di Cinta Orientale che arrivano ad interessare anche le aree destinate al nuovo Terminal (evento critico TR=200 anni durata 1h, Figura 20).

Le criticità idrauliche del reticolo sono essenzialmente dovute a quote arginali ed attraversamenti stradali insufficienti. In particolare, nel primo tratto, posto nel territorio comunale di Firenze, risultano inadeguati n.4 tombini, mentre nel secondo tratto, che insiste nel Comune di Sesto Fiorentino, il Canale di Cinta risulta inadeguato a partire dalla confluenza con il Fosso del Termine. Con la realizzazione della "cassa UNIFI" prevista in prossimità dell'area del Polo Universitario (da tempo richiesta dal Consorzio di Bonifica), l'adeguamento dei n.4 attraversamenti e il sovralzo dei cigli di sponda, gli allagamenti sul territorio vengono totalmente eliminati (Figura 24).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

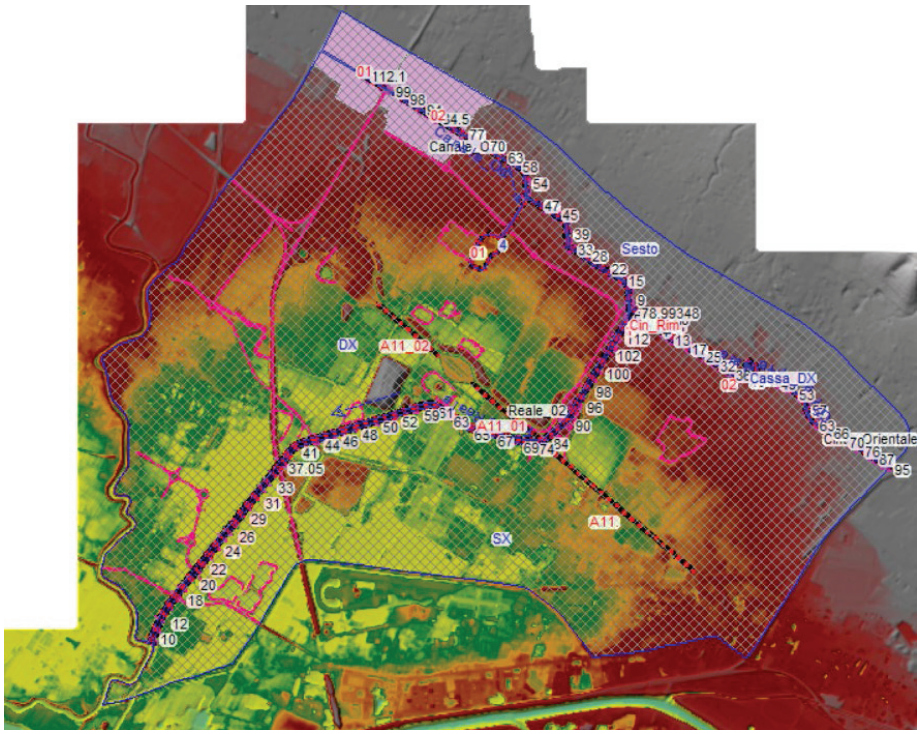

Figura 19 – Canale di Cinta Orientale – Modello bidimensionale generale

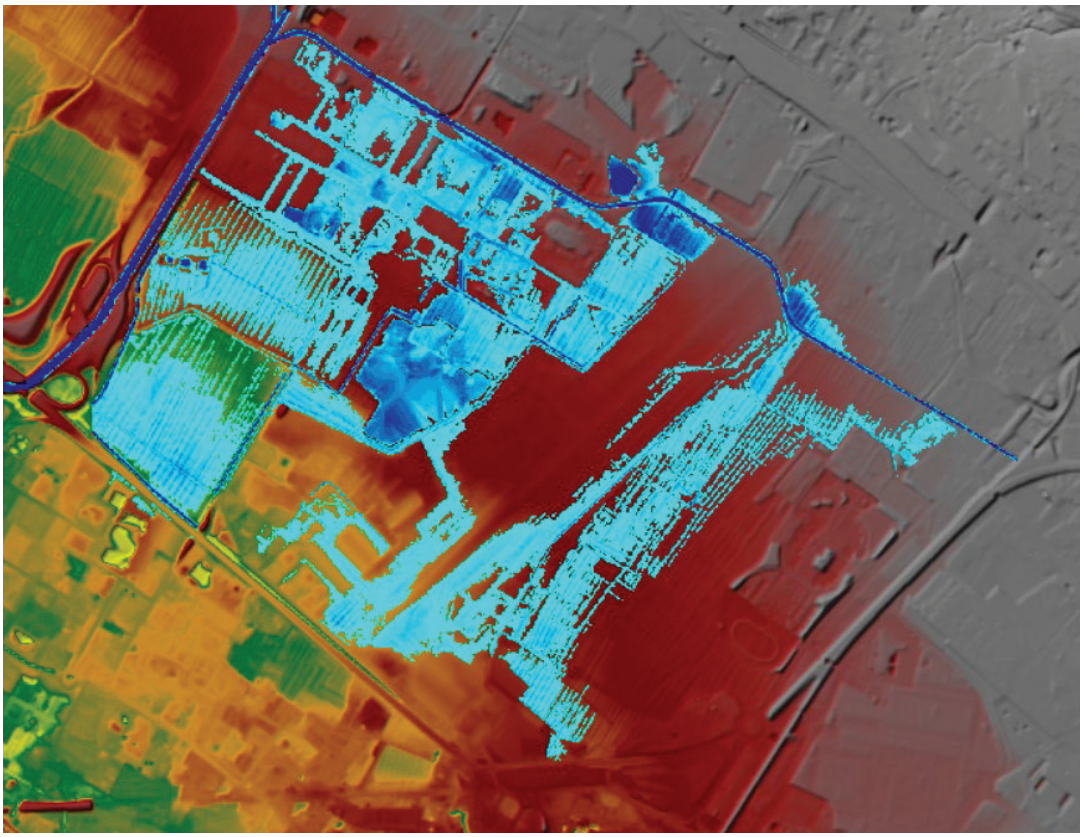

Figura 20 – Canale di Cinta Orientale – Aree allagate evento TR=200 anni d=1h modello bidimensionale generale stato attuale

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

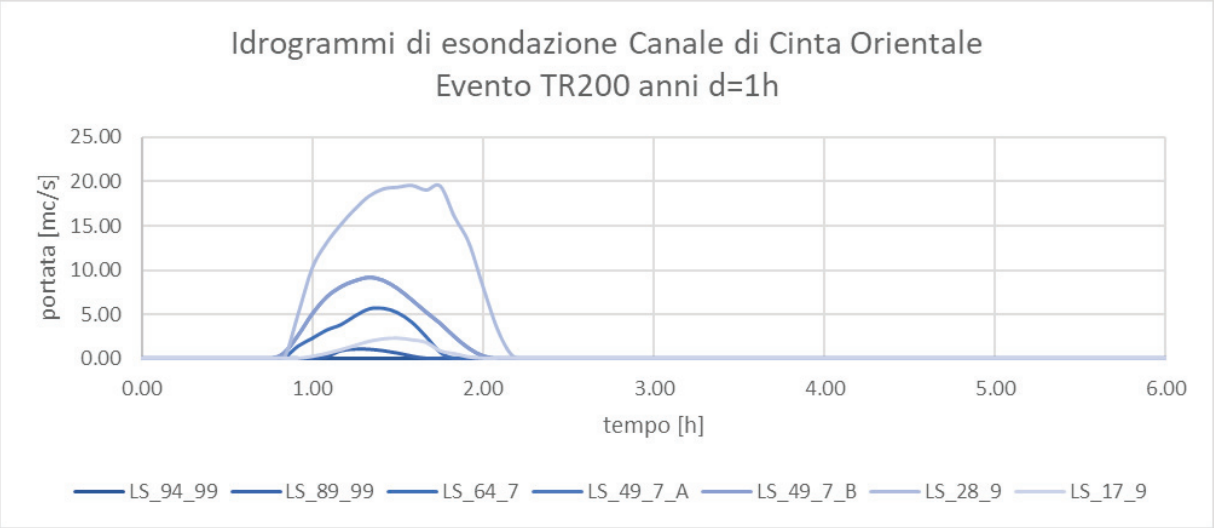

Figura 21 – Canale di Cinta Orientale – Modello bidimensionale generale – Idrogrammi di esondazione area aeroportuale – Evento TR=200 anni d=1h

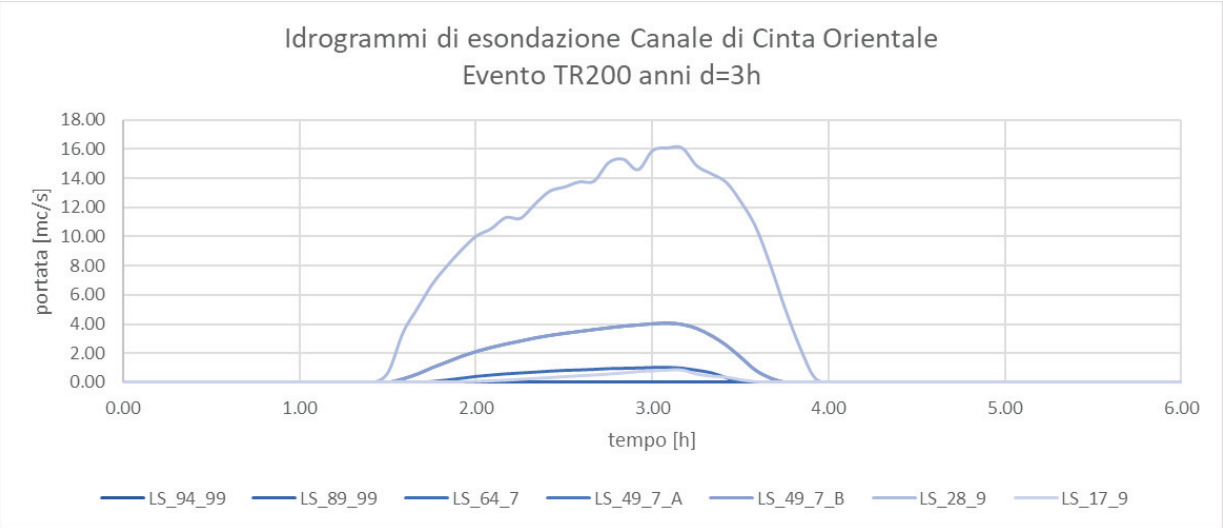

Figura 22 – Canale di Cinta Orientale – Modello bidimensionale generale – Idrogrammi di esondazione area aeroportuale – Evento TR=200 anni d=3h

	Portata di picco [mc/s]						
	LS_94_99	*LS_89_99*	*LS_64_7*	*LS_49_7_A*	*LS_49_7_B*	*LS_28_9*	*LS_17_9*
TR200 1h	0.0	1.1	5.7	9.2	9.2	19.6	2.3
TR200 3h	0.0	0.0	1.0	4.0	4.0	16.1	0.9

	Volumi di transito [mc]							
	LS_94_99	*LS_89_99*	*LS_64_7*	*LS_49_7_A*	*LS_49_7_B*	*LS_28_9*	*LS_17_9*	*totale*
TR200 18h	0	1554	11802	23574	23574	64956	4530	*129990*
TR200 24h	0	0	4491	20325	20325	95070	2544	*142755*

Tabella 5 – Canale di Cinta Orientale – Modello bidimensionale generale - Area aeroportuale - Valori di picco e volumi di esondazione

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Figura 23 – Canale di Cinta Orientale – Interventi di progetto previsti nel Masterplan Aeroportuale e nel PUE di Castello

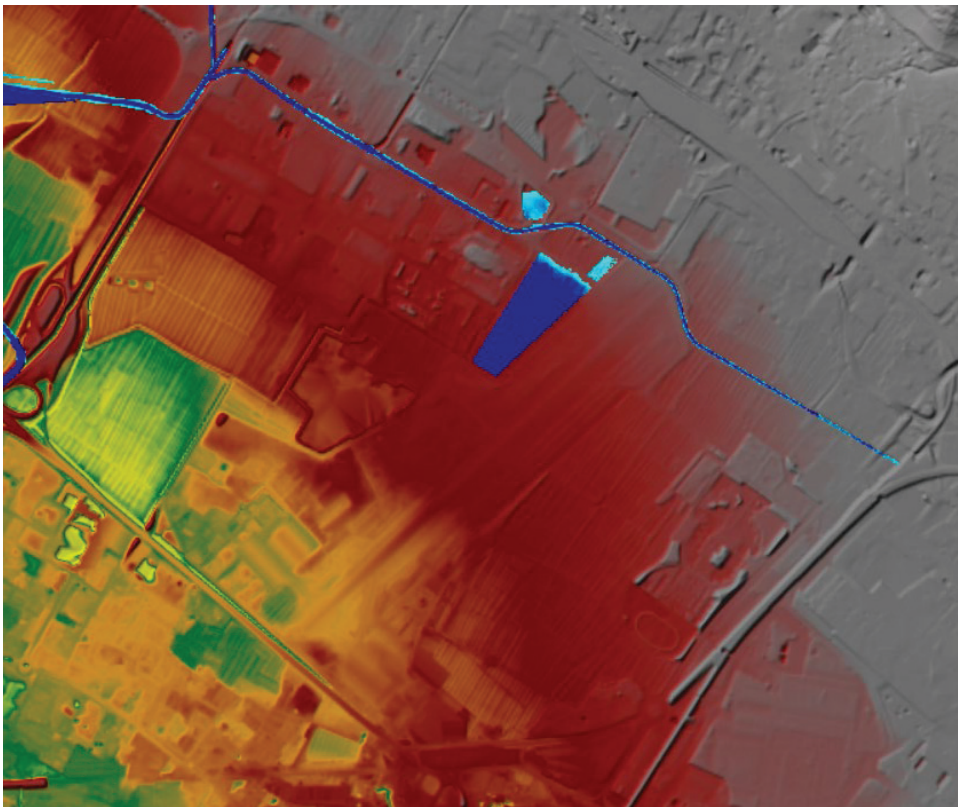

Figura 24 – Canale di Cinta Orientale – Aree allagate evento TR=200 anni d=1h modello bidimensionale generale stato di progetto

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

5.2.2 Modello bidimensionale di dettaglio

Al fine di analizzare nel dettaglio la dinamica di esondazione dal Canale di Cinta Orientale sulle aree aeroportuali, e al contempo ridurre i tempi di calcolo della modellazione, è stato sviluppato un modello bidimensionale di dettaglio per le sole aree di interesse, verificando in ogni caso la congruenza con i risultati contenuti nel modello bidimensionale generale del sistema di acque alte sia in termini di livelli idrometrici massimi raggiunti, sia di dinamica di allagabilità. Nel modello di dettaglio (Figura 25) è rappresentata la modellazione bidimensionale delle sole aree aeroportuali sollecitate dagli idrogrammi di esondazione desunti dalla modellistica generale. Le aree aeroportuali, infatti, risultano interessate da fenomeni di allagamento per transito delle acque di esondazione del Canale di Cinta Orientale. Gli idrogrammi di portata in ingresso, desunti dal modello bidimensionale generale ed inseriti in input alla modellazione di dettaglio, sono i contributi (sfioratori laterali in sx idraulica del Canale di Cinta Orientale) riportati in Figura 21 e Figura 22.

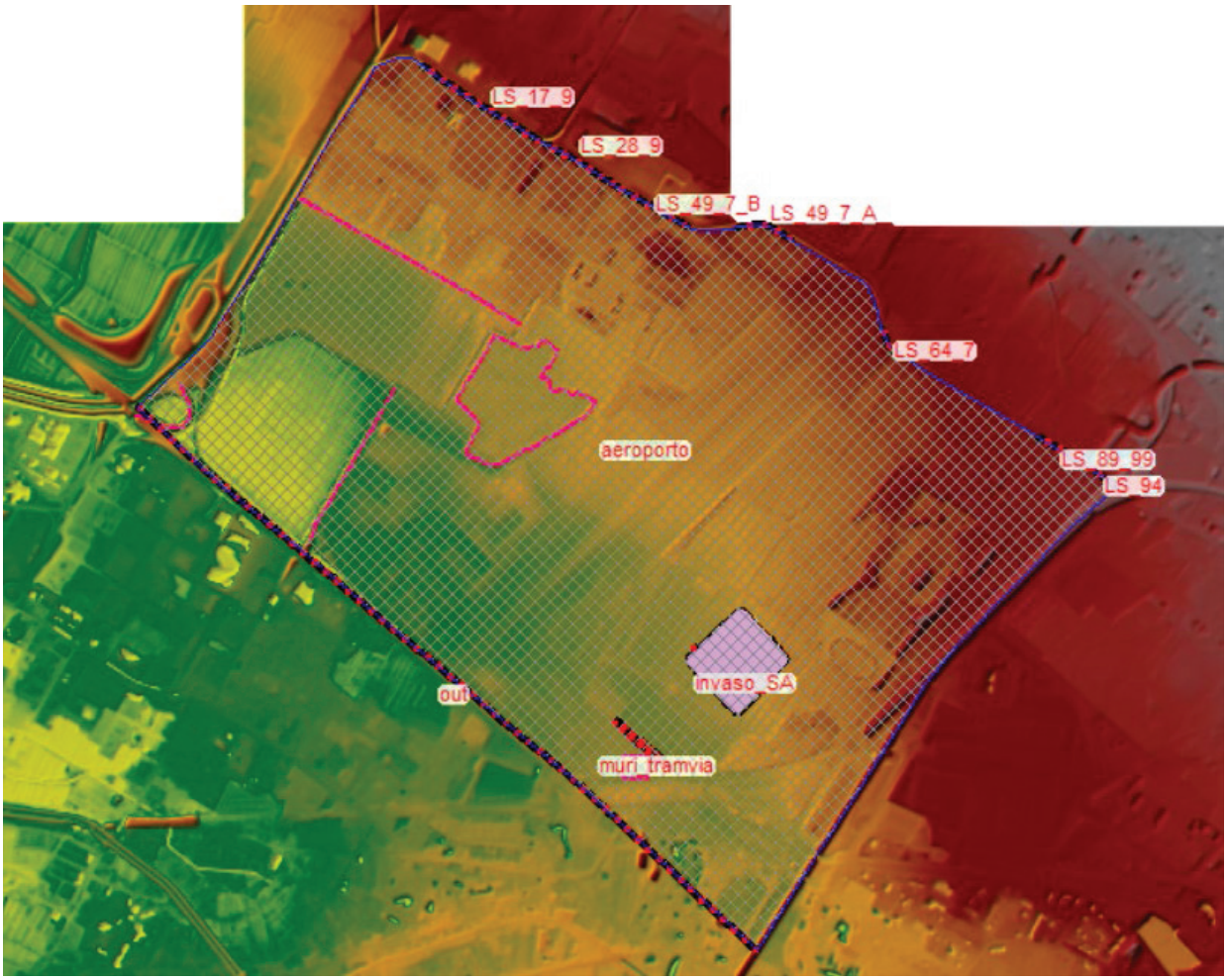

Figura 25 – Canale di Cinta Orientale – Modello bidimensionale di dettaglio

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

I risultati del modello di dettaglio sono coerenti con il modello bidimensionale generale e mantengono la stessa dinamica di propagazione delle acque alluvionali di transito. Sullo scenario critico (TR200 anni d=1h) i volumi complessivamente transitanti nell'area aeroportuale sono circa 130.000 mc, di cui circa 13.500 mc che attraversano le aree su cui si insisterà il nuovo Terminal e l'ampliamento dell'Apron 100.

Sulle sole aree oggetto di intervento i battenti di transito raggiungono valori medi di circa 17 cm, con volumi di esondazione dinamici che si attestano intorno ai 10.000 mc (Tabella 4).

Scenario d'evento	*Battente di esondazione [cm]*	*Volume di esondazione [mc]*
TR200 anni d=1h	17.4	10.614
TR200 anni d=3h	14.5	4.461

Tabella 6 – Canale di Cinta Orientale – Modello bidimensionale di dettaglio – Battenti e volumi di esondazione sulle aree del nuovo Terminal e Apron100

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

6 Condizionamenti per la fattibilità idraulica degli interventi

Alla luce dell'inquadramento normativo e dei risultati della modellazione analitica sviluppata sia sul reticolo principale che sul reticolo secondario per la definizione delle condizioni di allagabilità sulle aree di intervento, gli obiettivi da traguardare sono i seguenti:

- l'area su cui insisterà il Nuovo Terminal sarà posta a quota di sicurezza idraulica **almeno fino alla quota di 38.60 m s.l.m.** (30 cm di battente + 30 cm di franco di sicurezza) con relativo compenso di volumi per il non aggravio del rischio alluvioni in altre aree;
- l'area di ampliamento dell'Apron 100 potrà essere realizzata a condizione che eventuali modifiche morfologiche non aumentino il rischio nelle aree contermini e non sia superato rischio medio R2.

Ai fini del non aggravio dovranno essere previsti interventi per la gestione del rischio atti a garantire l'invarianza idraulica nell'ambito di pericolosità da alluvione interessato dall'intervento.

La maggiore impermeabilizzazione dei suoli causata dalla trasformazione del territorio prevista in progetto, da rurale a urbanizzato, determinerà l'incremento delle portate idrauliche convogliate al recettore finale (Canale dell'Aeroporto). Al fine di mitigare questo effetto, si prevedono sistemi di compensazione idraulica (auto-contenimento), quali aree di volano idrico o reti di compenso in linea, affinché la portata drenata sia immessa nel reticolo idrografico previa laminazione. I criteri di "auto-contenimento" previsti nel vigente "Piano Generale di Bonifica -aggiornamento 1988", prevedono che la portata unitaria recapitata al reticolo idrografico risulti pari a **2,6 l/s/ha** nell'area a sud del Collettore di Cinta Orientale (Acque Basse).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

7 Interventi per la gestione del rischio alluvioni e compensazione idraulica

7.1 Criteri progettuali generali

Nella progettazione degli interventi per la gestione del rischio alluvioni e per la compensazione idraulica sono stati utilizzati i seguenti criteri generali:

- laddove possibile, saranno privilegiate strutture compensative con svuotamento a cadente naturale;
- saranno limitate le opere di invaso interrate;
- le aree di compenso a cielo aperto saranno previste asciutte in condizioni ordinarie al fine di non interferire con l'operatività aeroportuale e non incidere sui livelli di safety (né incrementare il rischio di *wildlife strike*) vista la prossimità della pista di volo;

In definitiva, per la gestione del rischio alluvione in occasione di eventi eccezionali (frequenza di allagamento duecentennale) si prevedono interventi a cielo aperto (aree ad esondazione controllata), con svuotamento a gravità, mentre per il compenso di volumi per eventi ordinari (frequenza di allagamento ventennale) saranno previste vasche interrate a sollevamento meccanico per la restituzione controllata al recettore finale.

Per la gestione del rischio idraulico da reticolo principale e secondario, le opere saranno dimensionate in modo da garantire, come prevede la norma, l'assenza di aggravio del rischio in altre aree ed il recupero statico dei volumi attesi sulle aree di intervento previste alla quota di sicurezza idraulica. A tal fine, sono stati previsti interventi di riconnessione idraulica per ripristinare il naturale deflusso di inondazione in modo compatibile con la nuova area del terminal e le aree esterne, che continueranno ad allagarsi come allo stato attuale. La funzionalità e l'efficacia di tali opere è stata verificata tramite modellazione idraulica analitica dello stato di progetto.

7.2 Descrizione degli interventi

Gli interventi previsti in progetto per la gestione del rischio alluvioni e per la compensazione idraulica sono i seguenti:

a) realizzazione di un'area di compenso a cielo aperto finalizzata al recupero dei volumi di esondazione statici attesi sia dal reticolo principale, sia dal reticolo secondario, e all'ottimizzazione della gestione delle acque meteoriche provenienti dalla copertura e dai piazzali del nuovo Terminal;

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

b) realizzazione di un canale di gronda per l'intercettazione dei deflussi di esondazione provenienti dal Canale di Cinta Orientale e la riconnessione idraulica dei naturali deflussi del F. Arno per eventi TR 200 anni;
c) realizzazione di un canale grigliato interrato per l'intercettazione ed il convogliamento dei deflussi di esondazione provenienti dal Fiume Arno;
d) realizzazione di un manufatto interrato per l'invaso e la gestione delle acque meteoriche e dei volumi di esondazione del Fiume Arno.

Quale area di compenso a cielo aperto di cui alla lett. a) è stata individuata l'esistente vasca provvisoria recentemente realizzata a servizio della Scuola Marescialli di Castello, opportunamente riperimetrata e parzialmente riprofilata al suo interno in base al nuovo assetto infrastrutturale del Terminal e in considerazione dei volumi di invaso necessari. L'invaso in oggetto avrà, nella sua configurazione di progetto, una superficie utile di 55.000 mq, con una quota minima del fondo pari a 37.7 m slm, sommità arginali a quota 39.2 m slm, quota di massimo invaso pari a 38.7 m slm, volumi di massimo invaso pari a 54.000 mc, quota di massima regolazione 38.5 m slm e volumi di massima regolazione pari a 40.000 mc.

L'invaso avrà un uso plurimo, ovvero sarà destinato al compenso dei volumi di esondazione del Fiume Arno (27.000 mc) e, nel transitorio, del Canale di Cinta Orientale (10.000 mc), ai fini della gestione del rischio idraulico e garantirà, altresì, la gestione ottimale delle acque meteoriche interne al comparto per eventi non ordinari eccedenti la capacità di invaso della vasca interrata (3.000 mc).

In sostituzione dell'attuale invaso provvisorio recentemente realizzato dal Consorzio PUE e posto a servizio della Scuola Marescialli di Castello, si prevede la realizzazione di un nuovo invaso, posto in continuità con l'esistente, così come individuato nella tavola degli interventi (elaborato FLR_NT_IL_PL_NA_06). La scelta progettuale trova la propria giustificazione tecnica nella posizione attuale dell'invaso esistente, maggiormente prossimo agli areali di cui agli interventi di progetto qui in esame, consentendone così lo svuotamento a gravità, nonché nell'invarianza localizzativa, ai fini idraulici, della funzionalità dell'invaso attualmente a servizio della Scuola marescialli, facilmente alimentabile e svuotabile anche nella nuova configurazione di progetto.

Per l'intercettazione dei volumi di esondazione provenienti dal Canale di Cinta Orientale, nel transitorio, ovvero fino a quando non verranno realizzati gli interventi previsti sul corso d'acqua che garantiscono assenza di esondazioni (tra i quali, soprattutto, la riprofilatura arginale e la realizzazione della nuova cassa di

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

esondazione necessaria per la messa in sicurezza idraulica del Polo Scientifico e Tecnologico), si prevede la realizzazione del canale di gronda in terra di cui alla precedente lett. b).

Il canale è previsto con sviluppo longitudinale pari a 300 m, sezione trapezia con larghezza di base 5 m, arginato fino alla quota 39.2 m slm, previsto asciutto in condizioni ordinarie, che si collega all'area di invaso e garantisce il collettamento dei volumi di esondazione attraverso una serie di aperture presidiate. Tale canale assicura altresì la riconnessione idraulica per ripristinare il naturale deflusso di inondazione in modo compatibile con la nuova area del terminal e le relative aree esterne, che continueranno ad allagarsi come allo stato attuale.

Per l'intercettazione dei volumi di esondazione provenienti dal Fiume Arno si prevede, in prossimità della base della copertura del nuovo Terminal, la realizzazione del canale di drenaggio di cui alla precedente lett. c). Detto canale è previsto interrato, con copertura grigliata atta a garantire l'intercettazione e l'allontanamento dei deflussi di esondazione con recapito (a gravità) nella vasca interrata di cui alla precedente lett. d) e successivo sollevamento per il rilancio nell'area di invaso a cielo aperto di cui alla precedente lett. a).

Il manufatto interrato di cui alla lett. d) atto alla gestione di eventi meteorici ordinari è previsto di dimensioni 50x60 m e altezza utile di invaso H= 2.5 m, in modo da poter invasare circa 7.000 mc. Le acque stoccate in vasca saranno sollevate verso il recettore finale (Canale dell'Aeroporto) attraverso un sistema di pompe in grado garantire una portata unitaria recapitata non superiore a 2,6 l/s/ha. Per la gestione di eventi meteorici estremi (TR>20 anni) è previsto un sistema di pompaggio di emergenza che rilancia i volumi in esubero nella vasca volano a cielo aperto di cui alla precedente lett. a).

7.3 Requisiti degli interventi per gestione rischio da reticolo principale (F. Arno)

Dalle risultanze degli studi di supporto al PGRA si evince che l'intervento ricade all'interno dell'area di potenziale esondazione denominata VM-003b che presenta livelli massimi pari a 37.0 m s.l.m. per l'evento TR200 anni derivante da esondazioni del fiume Arno. I terreni agricoli su cui si svilupperà la nuova struttura aeroportuale si trovano, allo stato attuale, ad una quota media di circa 38.0 m s.l.m., per cui non risultano soggetti ad invaso statico, seppur interessati da fenomeni di transito. La modellazione bidimensionale di dettaglio ha confermato le risultanze degli studi del PGRA e caratterizzato la dinamica di esondazione ed i volumi transitanti sugli areali oggetto di intervento.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Da modellistica idraulica analitica, i battenti di transito massimi attesi sono risultati pari a circa 25 cm (in sostanziale accordo con il battente convenzionale di 30 cm previsto dallo strumento urbanistico comunale vigente), con volumi di esondazione che si attestano intorno a 27.000 mc.

Alla luce di quanto sopra, in ottemperanza ai disposti di cui alla L.R. n.41/2018, l'intervento per la gestione del rischio derivante da F. Arno sull'area del Nuovo Terminal consiste nella messa in sicurezza, quanto meno dei nuovi edificati, rispetto ad eventi duecentennali, senza determinare alcun aggravio significativo nel contesto di pericolosità e garantendo un franco di sicurezza minimo di 30 cm (opere di cui all'art. 8 c.1 lettera c).

Per la configurazione progettuale prevista, con approccio conservativo, è stata valutata la messa in sicurezza di tutto l'areale oggetto di intervento (aree Terminal e ampliamento Apron100), che consiste nella **sopraelevazione fino alla quota di 38.60 m s.l.m.** (30 cm di battente + 30 cm di franco di sicurezza) con relativo compenso di volumi per il non aggravio del rischio alluvioni.

Per la stima dei **volumi da compensare** sono stati utilizzati i risultati della modellistica idraulica analitica, ottenendo un volume di **circa 27.000 mc**. Per il recupero di tali volumetrie è stato individuato un **areale di compenso** ad uso plurimo di circa 55.000 mq a nord-est del Nuovo Terminal, rappresentato dall'invaso provvisorio di auto-contenimento attualmente a servizio dell'insediamento della Scuola Marescialli di Castello e delle opere di urbanizzazione previste entro l'area del PUE di Castello, opportunamente ridimensionato e riprofilato, con capacità di invaso alla quota di massima regolazione (38.5 m slm) pari a 40.000 mc, **di cui 27.000 mc dedicati alla gestione del rischio alluvione da Fiume Arno.**

L'efficacia degli interventi proposti per la gestione del rischio da Arno è stata verificata attraverso modellistica numerica dedicata (modello bidimensionale di dettaglio F. Arno nella configurazione di progetto). La geometria della configurazione di progetto schematizza la messa in quota di sicurezza delle aree del Terminal e Apron100 (per complessivi 215.000 mq), l'intercettazione dei volumi di esondazione dell'Arno provenienti da Viale Luder ed il loro sollevamento fino alla vasca di compenso a cielo aperto (attuale invaso provvisorio della Caserma marescialli), l'invaso statico dei volumi sottratti alla libera espansione delle acque di esondazione nelle aree poste in sicurezza fino alla quota di max regolazione e la riconnessione idraulica, attraverso il canale di gronda, ai fini del ripristino della dimamica esondativa sui territori posti a valle degli interventi.

Dall'analisi dei risultati del modello idraulico allo stato di progetto si evince che:

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

- la vasca a cielo aperto invasa i volumi statici ai fini del recupero di quanto sottratto dalla libera espansione delle acque di esondazione del F. Arno dalla realizzazione del nuovo intervento a quota di sicurezza idraulica (Figura 28);
- una volta raggiunta la massima regolazione il sistema di invaso garantisce la trasparenza idraulica dell'intervento trasferendo a valle i volumi che attualmente transitano attraverso le aree del nuovo Terminal, senza determinare aggravio di rischio in altre aree (Figura 29).

Figura 26 – Interventi di messa in sicurezza da reticolo principale (f. Arno)

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Figura 27 – Allagabilità aree aeroportuali da F. Arno - Stato Attuale

Figura 28 – Allagabilità aree aeroportuali da F. Arno - Stato di Progetto

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

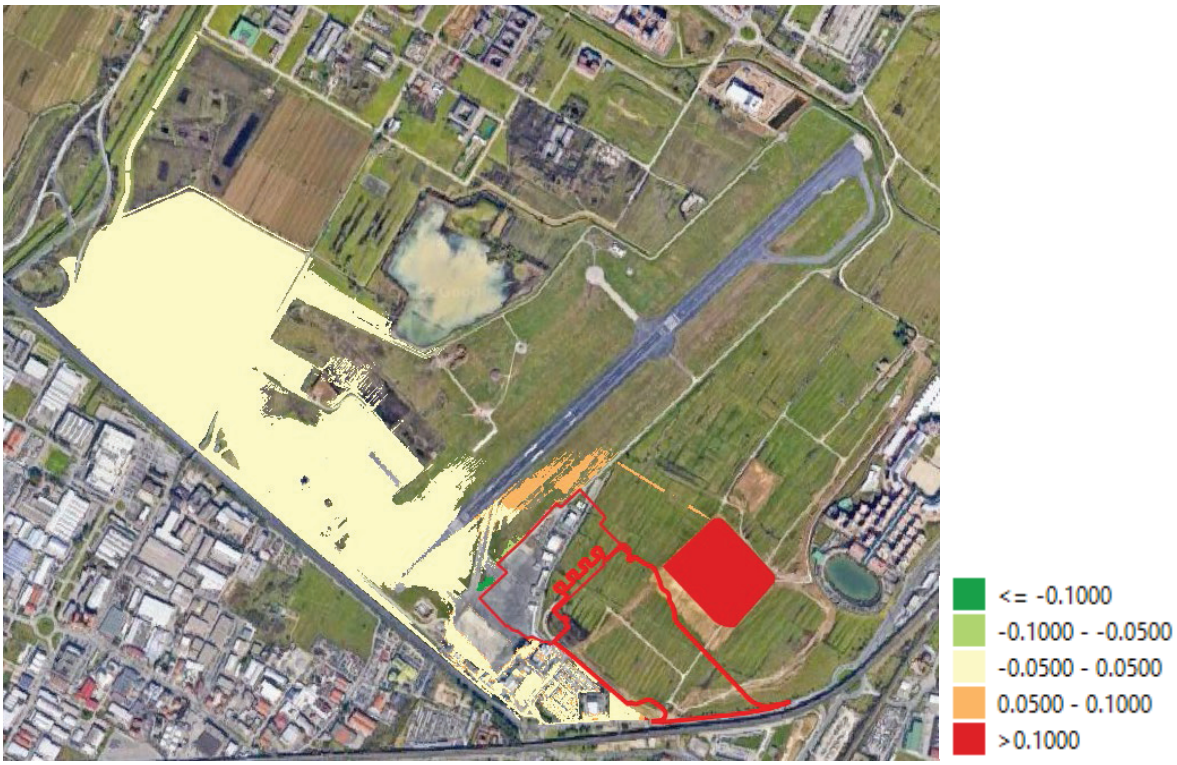

Figura 29 – Allagabilità aree aeroportuali da F. Arno – Confronto battenti Stato di Progetto – Stato Attuale [m]

7.4 Requisiti degli interventi per gestione rischio da reticolo secondario (Canale di Cinta Orientale)

Dalle risultanze degli studi idraulici sul sistema di acque alte di supporto alla Variante Urbanistica del Masterplan Aeroportuale e del PUE di Castello, risulta che l'intervento di progetto ricade in aree attualmente allagabili per eventi con TR200 anni per esondazioni dal Canale di Cinta Orientale. Il modello bidimensionale di dettaglio sviluppato a supporto della progettazione conferma le risultanze degli studi idraulici a supporto del masterplan e stima battenti massimi attesi sulle aree di intervento di circa 17 cm, con volumi di esondazione di transito che raggiungono 10.000 mc circa.

In ottemperanza ai disposti di cui alla L.R. n.41/2018, l'intervento per la gestione del rischio derivante dal Canale di Cinta Orientale sull'area del Nuovo Terminal può essere attuato mediante la realizzazione di opere idrauliche sul corso d'acqua che assicurino l'assenza di allagamenti (opere di cui all'art. 8 c.1 lettera a).

Come si desume dagli studi idraulici succitati, le criticità idrauliche del Canale di Cinta Orientale sono essenzialmente dovute ad attraversamenti stradali e quote arginali insufficienti. Con **l'adeguamento di n.4**

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

attraversamenti ed il sovralzo dei cigli di sponda, unitamente alla realizzazione della cassa "UNIFI" (relativamente alla quale il Consorzio di Bonifica periodicamente ricorda all'Università l'urgenza dell'opera) gli allagamenti sul territorio vengono totalmente eliminati.

Si riportano di seguito nel dettaglio gli interventi necessari.

Il primo attraversamento interessa sia la strada via Lorenzini e che l'adiacente viale XI Agosto. Questo attraversamento è composto di una sezione più angusta, ad arco sotto via Lorenzini ed una più ampia in prosecuzione del precedente sotto il viale XI agosto. L'adeguamento della prima parte del tombino per ricondurlo alle dimensioni dell'adiacente tombino scatolare comporta anche il rialzamento della livelletta stradale di via Lorenzini.

Figura 30 – Tombino Via Lorenzini-Viale IX Agosto – vista da valle

Il secondo attraversamento è di accesso all'ex stabilimento "Sun Chemicals". Per il suo adeguamento occorre demolire il manufatto esistente provvedendo a realizzare un nuovo impalcato il cui intradosso sia almeno pari al piano campagna esistente.

Figura 31 – Tombino di accesso ex stabilimento "Sun Chemicals"

Il terzo attraversamento un vecchio accesso non avente ormai alcuna funzione e pertanto si può ipotizzare la sua demolizione senza ricostruzione.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Figura 32 – Tombino in disuso senza funzionalità

Il quarto attraversamento ha lunghezza di circa 60 m, la viabilità (Via delle Due Case) lo attraversa in posizione molto inclinata, con angolo acuto rispetto all'asse del canale. Il tombino dà inoltre accesso al centro ippico Due Case. In sostituzione del tombino di attraversamento esistente si prevede la costruzione di un ponticello di luce 10 m più a ovest dell'attuale, in accordo alla nuova viabilità del PUE di Castello.

Figura 33 – Attraversamento Via delle Due Case

Per quanto riguarda gli interventi previsti nel tratto di valle, nel territorio comunale di Sesto Fiorentino, questi risultano già da tempo pianificati, nonché previsti nel Piano Strutturale comunale in relazione alla sicurezza idraulica dell'urbanizzazione del Polo Scientifico e Tecnologico Universitario. Si tratta, in particolare, della realizzazione della cassa d'espansione del Polo Universitario e dell'adeguamento dei cigli di sponda del canale in sinistra idraulica per un tratto di lunghezza circa 300 m, contenuti nel progetto: "Progettazione delle opere di messa in sicurezza idraulica del Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino" - 2012 redatto dall'Università di Firenze e già approvato da specifica conferenza di servizi. Una sintesi degli interventi appena descritti è riportata di seguito.

Poiché parte degli interventi strutturali previsti sul Canale di Cinta Orientale ricade nel Comune di Sesto Fiorentino ed è già programmata, approvata e pianificata da altro soggetto terzo, non risulta al momento

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

attuabile la messa in sicurezza idraulica delle aree di intervento mediante opere strutturali sul corso d'acqua realizzate da parte del gestore aeroportuale. Il rifacimento dei n.4 sottoattraversamenti stradali attualmente inefficienti, infatti, comporta una diminuzione dei volumi di esondazione dal Canale di Cinta sulle aree di intervento, ma non risulta percorribile, in quanto, senza la realizzazione degli interventi a valle, ingenererebbe un aggravio del rischio a valle. Pertanto, nel transitorio, in attesa che il soggetto terzo competente provveda ad adempiere ai propri obblighi in materia di messa in sicurezza idraulica del Polo Scientifico e Tecnologico realizzando tali interventi sul reticolo, la soluzione percorribile ai fini della gestione del rischio idraulico ingenerato dal reticolo secondario è attuabile con compensi volumetrici da ritrovare nella vasca di accumulo prevista per il F. Arno (opere di cui all'art. 8 c.1 lettera c).

Figura 34 – Interventi di messa in sicurezza da reticolo secondario (Canale di Cinta Orientale) – Masterplan Aeroportuale e PUE Castello

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

In particolare, si prevede di dedicare parte della capacità di invaso della vasca di compenso all'accumulo statico dei volumi sottratti alla libera espansione delle acque di esondazione provenienti dal canale di Cinta Orientale (10.000 mc). Ai fini dell'intercettazione di tali volumi di transito il presente progetto prevede la realizzazione di un canale di gronda a presidio delle aree del Terminal e dell'Apron 100, che garantirà il collettamento dei volumi di esondazione nella vasca di accumulo attraverso una serie di aperture presidiate.

L'efficacia degli interventi proposti per la gestione del rischio da Canale di cinta Orientale è stata verificata attraverso modellistica numerica dedicata (modello bidimensionale di dettaglio nella configurazione di progetto). La geometria della configurazione di progetto schematizza la messa in quota di sicurezza delle aree del Terminal e Apron100 (per complessivi 215.000 mq), l'intercettazione dei volumi di esondazione del canale di Cinta ad opera del canale di ronda, l'invaso statico nella vasca di compenso a cielo aperto dei volumi sottratti alla libera espansione delle acque di esondazione dalle aree poste in sicurezza garantendo l'invarianza della dimamica esondativa sui territori esterni agli interventi.

Dall'analisi dei risultati del modello idraulico allo stato di progetto si evince che:

- il canale di gronda intercetta le acque di esodazione e la vasca a cielo aperto invasa i volumi statici ai fini del recupero di quanto sottratto dalla libera espansione delle acque di esondazione del canale di Cinta dalla realizzazione del nuovo intervento a quota di sicurezza idraulica (Figura 37);
- il sistema di invaso garantisce la trasparenza idraulica, senza determinare aggravio di rischio in altre aree (Figura 38).

Figura 35 – Interventi provvisori per la messa in sicurezza da reticolo secondario (Canale di Cinta Orientale)

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Figura 36 – Allagabilità aree aeroportuali da Canale di Cinta Orientale - Stato Attuale

Figura 37 – Allagabilità aree aeroportuali da Canale di Cinta Orientale - Stato di Progetto (provvisorio)

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

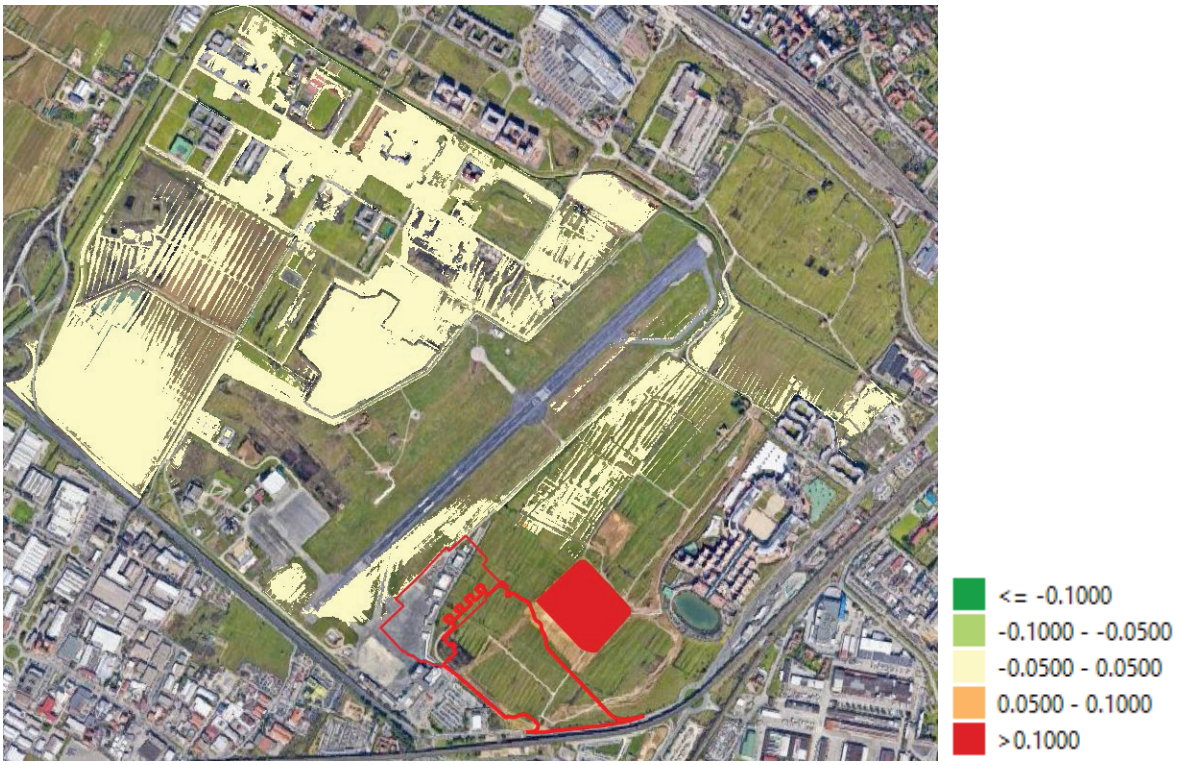

Figura 38 – Allagabilità aree aeroportuali da canale di Cinta Orientale– Confronto battenti Stato di Progetto – Stato Attuale [m]

7.5 Interventi di compensazione idraulica e riduzione dei deflussi al recettore finale (Canale dell'Aeroporto)

La morfologia del territorio in cui si inserisce il progetto del Nuovo Terminal è pianeggiante, in leggero declivio da nord a sud e da est a ovest. A sud del Canale di Cinta Orientale non è presente alcun corso d'acqua di una certa rilevanza; l'area è drenata da un reticolo che non possiede un recapito ben definito, ma piuttosto alcuni punti d'immissione nei fossi agricoli (talvolta non chiaramente visibili) ed in tratti fognari lungo via del Termine e viale G. Luder, con recapito finale nel Canale dell'Aeroporto (Comprensorio di bonifica delle Acque Basse).

Un punto cruciale dello scarico è rappresentato dal pozzetto (Pozzetto R) all'inizio del raccordo autostradale lato aeroporto (rif. Figura 39). In questo pozzetto confluiscono la fognatura proveniente da via del Termine, il troppo pieno della cassa di compensa del PUE di Castello (posta in posizione adiacente al nuovo Terminal) e la canaletta posta lungo viale G. Luder. Attualmente il collegamento fra il pozzetto R e il Canale dell'Aeroporto è costituito da una fognatura: circolare del diametro 1 m nel primo tratto, e scatolare di dimensioni 1.1x1.1 m circa nel successivo. Il secondo tratto risulta particolarmente fatiscente (in parte è

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

crollata la copertura dello scatolare) ed è di difficile accesso per la manutenzione in quanto si trova stretto fra le due recinzioni autostradale e aeroportuale, con larghezza di passaggio libero di circa 1.5 m.

Per tale motivo, sono in corso i lavori di ripristino della funzionalità strutturale dell'opera come da "Progetto di Rifacimento del tratto tombato del Canale dell'Aeroporto" proposto dal Consorzio PUE, inserito nelle opere di urbanizzazione del PUE di Castello (rif. Figura 40), nel quale si prevede la realizzazione di un manufatto di dimensioni 1.0x1.2 m con una livelletta di fondo di 0.002 m/m.

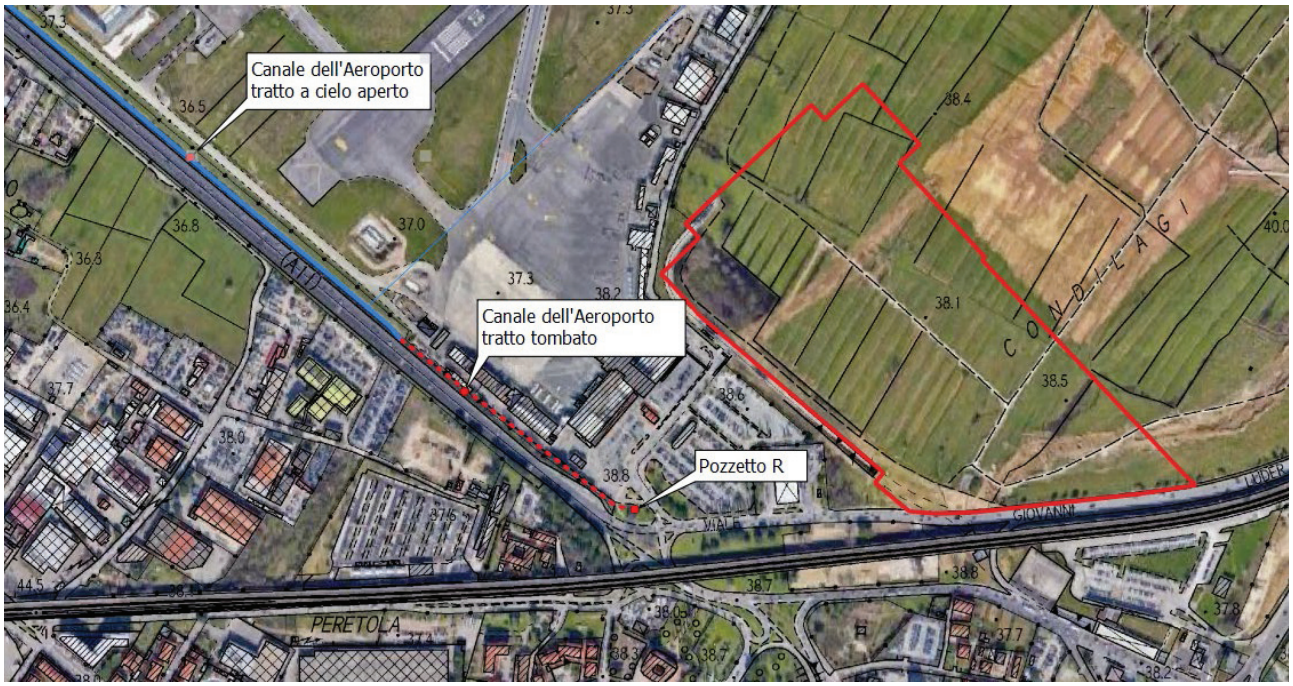

Figura 39 – Canale dell'Aeroporto – ubicazione pozzetto R

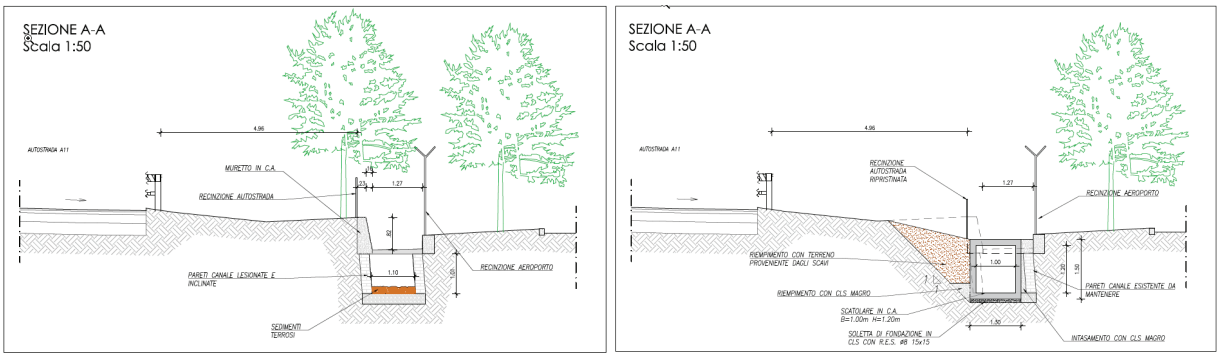

Figura 40 – *Interventi di rifacimento del tratto tombato del canale dell'Aeroporto (sezione tipo stato attuale e stato di progetto)*

La maggiore impermeabilizzazione dei suoli causata dalla trasformazione del territorio prevista in progetto, da rurale a urbanizzato, determinerà l'incremento delle portate idrauliche convogliate al recettore finale (Canale dell'Aeroporto). Al fine di mitigare questo effetto, il presente progetto prevede sistemi di

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

compensazione idraulica (auto-contenimento), quali aree di volano idrico o reti di compenso in linea, affinché la portata drenata sia immessa nel reticolo idrografico previa laminazione. I criteri di "auto-contenimento" previsti nel vigente "Piano Generale di Bonifica - aggiornamento 1988", prevedono che la portata unitaria recapitata al reticolo idrografico risulti pari a **2,6 l/s/ha** nell'area a sud del Collettore di Cinta Orientale (Acque Basse). In questa fase progettuale, utilizzando le stime quantitative elaborate nell'ambito della progettazione del nuovo terminal in merito alle portate massime e ai volumi in uscita dall'intero sistema di drenaggio per vari tempi di ritorno e durata dell'evento meteorico, si prevede:

- la gestione degli eventi meteorici ordinari mediante la realizzazione di una vasca interrata di dimensioni 50x60 m e altezza utile di invaso H= 2.5 m, in grado di invasare circa 7.000 mc;
- la gestione di eventi meteorici estremi (TR>50 anni) mediante un sistema di pompaggio di emergenza che rilancia i volumi in esubero nella vasca volano a cielo aperto (3.000 mc per l'evento TR200 anni di durata 6h).

Tr 20 - d 15 min	Q max [l/s]	1451,67	Tr 200 - d 15 min	Q max [l/s]	2498,89
	Total flow [m3]	1855,56		Total flow [m3]	3099,06
Tr 20 - d 30 min	Q max [l/s]	1575,47	Tr 200 - d 30 min	Q max [l/s]	2719,63
	Total flow [m3]	2430,8		Total flow [m3]	4147,6
Tr 20 - d 1 h	Q max [l/s]	1302,16	Tr 200 - d 1 h	Q max [l/s]	2376,87
	Total flow [m3]	3119,98		Total flow [m3]	5409,34
Tr 20 - d 2 h	Q max [l/s]	971,95	Tr 200 - d 2 h	Q max [l/s]	1809,34
	Total flow [m3]	4034,45		Total flow [m3]	7044,76
Tr 20 - d 3 h	Q max [l/s]	799,68	Tr 200 - d 3 h	Q max [l/s]	1479,92
	Total flow [m3]	4629,73		Total flow [m3]	8150,04
Tr 20 - d 6 h	Q max [l/s]	549,59	Tr 200 - d 6 h	Q max [l/s]	992,37
	Total flow [m3]	5818,88		Total flow [m3]	10392,49

Tabella 7 –Sistema di drenaggio del Nuovo Terminal - portate e volumi massimi

Per il collettamento delle acque meteoriche di dilavamento delle coperture del nuovo Terminal è stato previsto in progetto l'intervento di adeguamento della dorsale fognaria del Canale dell'Aeroporto fino al tratto a cielo aperto. Le verifiche di funzionamento idraulico e dimensionali di dettaglio saranno sviluppate nei successivi livelli progettuali. Analogamente, si provvederà alla modellazione di dettaglio dell'intero sistema idraulico comprensivo della rete di drenaggio ed auto-contenimento posta a servizio dell'intervento di adeguamento ed ampliamento dell'Apron 100, nonché del sistema idraulico di gestione delle acque meteoriche di dilavamento del nuovo Terminal e dei dispositivi di invaso, al fine di accertare anche numericamente la messa in sicurezza dei nuovi edifici, il non superamento del rischio R2 e la compatibilità del rischio residuo con l'operatività aeroportuale per eventi con tempo di ritorno di TR 200 anni.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

8 Approfondimenti idraulici nelle successive fasi progettuali

La progettazione idraulica e le verifiche modellistiche di compatibilità idraulica del Nuovo Terminal proseguiranno nel corso delle successive previste fasi di progettazione, con particolare riferimento al livello definitivo della stessa, mediante implementazione di modellistica idraulica numerica di dettaglio comprensiva di:

- Modellazione di verifica dell'invarianza idraulica mediante analisi numerica per valutare allo stato di progetto il non incremento delle portate idrauliche convogliate al recettore finale (Canale dell'Aeroporto);
- Modellazione di dettaglio per il dimensionamento puntuale della rete di smaltimento per l'orizzonte temporale di progetto (TR=50 anni) e di verifica (TR 200 anni);
- Modellazione bidimensionale per la valutazione del rischio residuo per eventi con tempo di ritorno fino a TR 200 anni;
- Modellazione bidimensionale per il non superamento del rischio medio R2 per le nuove infrastrutture, parcheggi e locali interrati, come disposto dalla L.R. n.41/2018;
- Modellazione idraulica di supporto alla fase di cantierizzazione dei lavori in relazione al contesto di pericolosità da alluvione.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

9 La rete idraulica posta a servizio dell'Apron 100

L'idraulica di piattaforma è stata progettata al fine di consentire il drenaggio controllato delle acque meteoriche del nuovo piazzale aeroportuale. Come mostra la figura seguente, la rete di drenaggio interessa sia una porzione dell'attuale resede del piazzale Apron 100 (area con campitura in arancio) sia la porzione in ampliamento su aree prevalentemente a verde (area con campitura in grigio). Una porzione attualmente pavimentata in ambito air-side (area con campitura in verde) verrà resa permeabile mediante demolizione della pavimentazione esistente ed integrata, anche come sistema di drenaggio, con la strip est della pista esistente.

Figura 41 – Area di drenaggio del nuovo piazzale

In sede progettuale sono state considerate le seguenti superfici:

- superficie totale nuove pavimentazioni 66.575 mq

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

- superficie nuove impermeabilizzazioni 49.882mq
- superfici attualmente impermeabili le cui caratteristiche idrauliche non vengono modificate (rimanendo impermeabili) 16.693 mq
- superfici su cui viene ripristinata la permeabilità 19.011 mq.

La rete di drenaggio di progetto è costituita da canalette prefabbricate idonee per carichi aeroportuali F900 per l'intercettazione delle acque meteoriche che afferiscono al piazzale le quali, per mezzo di scarichi posti ad interasse prefissato, confluiscono in collettori di drenaggio previsti in polipropilene o PEAD fino al recapito finale in un pozzetto esistente dell'impianto fognario attuale, oggetto di adeguamento nell'ambito del progetto del nuovo terminal.

La rete di progetto è caratterizzata dai seguenti elementi:

- canalette di drenaggio tipo HICAP 5000 e HICAP 8000 o equivalente, con sezione di drenaggio rispettivamente 790 cmq e 1714 cmq;
- collettori in PP/PEAD di diametro DN500, 800 e 1200 a pendenza 3‰;
- scarichi DN315 in polietilene PN10 per collegamento tra canalette ai collettori;
- invaso interrato di autocontenimento e accumulo delle acque prima pioggia,di volume utile netto V1 pari a 7.000 mc.

Si riporta di seguito lo schema tipologico del sistema di drenaggio superficiale, consultabile con maggior dettaglio nelle tavole grafiche FLR-AA-IL-PL-00-011 (Planimetria Regimazione Idraulica) e FLR-AA-IL-DE-00-012 (Particolari Regimazione Idraulica).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Figura 42 – Schema di drenaggio

La rete di drenaggio di progetto è dotata di un pozzetto di valle avente funzione di by-pass per la gestione e separazione delle acque di prima e seconda pioggia in modo da rispettare sia i limiti allo scarico di cui D. Lgs n.152/2006 e smi, sia il valore indice allo scarico di 2,6 l/s per ettaro previsto dal Piano Generale di Bonifica.

Al fine di rispettare il valore di portata complessivamente assentito allo scarico, pari a circa 17,3 l/s, ove le acque di seconda pioggia eccedano tale valore soglia il colmo di portata sarà laminato mediante accumulo controllato nell'invaso volano di progetto; i volumi di pioggia temporaneamente immagazzinati in detto manufatto interrato verranno restituiti successivamente, mediante sollevamento meccanico, con possibilità di riutilizzo come acque irrigue e di lavaggio all'interno dello scalo aeroportuale secondo le effettive necessità, quale indirizzo di tutela e risparmio della risorsa idrica.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Considerato un evento di progetto con tempo di ritorno TR 50 anni e un indice di accumulo di 1.000 mc per ettaro di superficie drenata, si prevede al momento la realizzazione di un manufatto interrato di invaso avente dimensioni 50.0 m x 60.0 m e altezza utile H= 2.5 m in grado di invasare circa 7.000 mc oltre franco di sicurezza. Nel corso delle successive fasi progettuali si provvederà al dimensionamento di dettaglio di detta opera, supportato da opportune verifiche idrauliche attraverso le quali assicurare l'effettivo drenaggio delle acque di piattaforma per l'evento di progetto (TR 50 anni) in tutte le condizioni di esercizio e valutare la pericolosità e il rischio residuo per eventi con tempo di ritorno TR 200 anni. Ciò anche al fine di oggettivare, ai sensi dell'art. 13 della LR 41/2018, il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree e il non superamento del rischio medio R2, nonché di definire dettagliatamente le misure preventive atte a regolarne l'uso in casi di eventi alluvionali.

I criteri utilizzati per il pre-dimensionamento della rete di drenaggio del nuovo piazzale sono i seguenti:

- evento di progetto: TR= 50 anni
- durata d'evento: 15 minuti (durata critica in termini di valori di portata max attesi alle condotte)
- coefficiente di afflusso: 1 (piazzali impermeabili)
- pendenza collettori di progetto: 3‰
- coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler: 100

I calcoli sono stati eseguiti con la formulazione di Chezy per il calcolo della portata di una condotta circolare a pelo libero con un grado di riempimento massimo ammissibile delle tubazioni pari all'80%.

In riferimento al tempo di ritorno di progetto, si stima una portata attesa di circa 0,4 ms/s/ha. In funzione delle aree di scolo afferenti a ciascun ramo della linea di drenaggio sono stati dimensionati i vari tratti della rete di progetto, secondo lo schema riportato in Tabella 8 seguente.

Tipologia di condotta	*Dimensioni*
C1	HICAP5000
C2	HICAP8000
T1	DN500
T2	DN800
T3	DN1200

Tabella 8 – Predimensionamento della rete di drenaggio

Tale dimensionamento sarà ulteriormente verificato in fase di progetto definitivo mediante applicazione di modellistica numerica bidimensionale dedicata, finalizzata ad attestare l'efficacia del sistema di drenaggio proposto per l'evento di progetto TR50 anni e a valutare le condizioni idrauliche correlate anche allo scenario TR200 anni.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

La vasca di compenso a servizio delle aree dei piazzali Apron 100 è costituita da un sistema di accumulo interrato, posizionato in un'area attualmente a verde, fuori da aree sensibili per l'operatività aeroportuale e destinata a piazzale nella configurazione di progetto.

Per l'alimentazione della vasca è prevista la realizzazione di una derivazione DN1200 fino al pozzetto partitore fra le portate di prima e seconda pioggia. Tutti i volumi di prima pioggia (circa 330 mc) sono immagazzinati all'interno di un primo settore della vasca di accumulo, dove è presente un impianto di trattamento finalizzato a garantire lo stato qualitativo delle acque allo scarico. I trattamenti prevedono: sedimentazione, dissabbiatura e disoleatura con pacchi lamellari e filtrazione a coalescenza.

La disconnessione idraulica della vasca di prima pioggia avviene tramite valvole a galleggiante opportunamente dimensionate, che consentono la completa chiusura quando in vasca si raggiunge il livello associato al volume di prima pioggia.

Successivamente alla chiusura della vasca di prima pioggia, le acque meteoriche di seconda pioggia vengono scolmate e indirizzate verso il comparto di auto-contenimento che svolge la funzione di accumulo desiderata, e garantisce al contempo lo scarico controllato di 2.6 l/s ha mediante gruppo di pompaggio a tal fine dimensionato.

La volumetria della vasca è stata individuata, come accennato, considerando di poter scaricare una portata specifica per unità di superficie pari a 2.6 l/s/ha, in coerenza con il Piano Generale di Bonifica e con il "*Regolamento consortile per la conservazione e la polizia delle opere di bonifica e loro pertinenze*" (2015), redatto dal Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno.

Il trattamento delle "acque di prima pioggia" è coerente con quanto indicato dall'art. 113 del D. Lgs. 152/2006 e tale tipologia di acque meteoriche è definita dall'art. 2 L.R. Toscana 20/2006. A tal proposito si ricorda, tuttavia, come le infrastrutture aeroportuali non rientrino tra le tipologie di opere per le quali la legislazione regionale contempla l'obbligo di trattamento depurativo delle acque meteoriche di prima pioggia.

In base a tale definizione, gli impianti di trattamento a servizio di una specifica area drenante devono essere in grado di processare o la portata che scaturisce da un evento con intensità di pioggia pari a 5mm/0.25ore = 20 mm/ora, o un volume complessivo pari ad un battente di 5 mm sull'area considerata, a meno del coefficiente di deflusso assegnato (1 nel caso di superfici impermeabilizzate). Quando quale grandezza di progetto viene assunta la portata da trattare, la soluzione impiantistica prefigura la previsione di trattamenti in continuo, quando invece quale grandezza di progetto viene assunto il volume idrico, si opta per impianti dotati di vasca di accumulo. In quest'ultimo caso, il sistema di trattamento dovrà essere in grado di scaricare i volumi accumulati entro 48 ore dal loro invaso, in modo da poter far efficacemente fronte ad un potenziale successivo evento meteorico.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Nel caso in esame, lo schema di processo previsto in progetto prevede l'accumulo dei volumi di prima pioggia nella misura di legge (corrispondente ai primi 5 mm dell'evento meteorico) e il successivo trattamento delle acque di prima pioggia, così da avere la certezza di processare l'intera volumetria delle acque di prima pioggia, indipendentemente dall'intensità di pioggia dell'evento che le ha generate.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488