



Comune di Fucecchio

Città Metropolitana di Firenze

II VARIANTE AL RU

Sindaco
Assessore all'Urbanistica
Alessio Spinelli

Responsabile del Procedimento
Arch. Paola Pollina

Garante dell'informazione e della partecipazione
Geom. Teodoro Epifanio

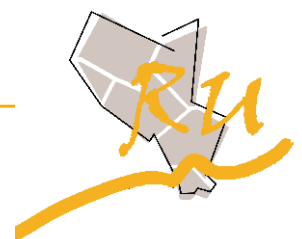
Gruppo di progettazione
(Coordinatore progetto) Arch. Paola Pollina
Arch. Andrea Colli Franzone
Arch. Donatella Varallo

Indagini geologico-tecniche
Studio associato Geoprogetti - Consulenze geologiche
Geol. Francesca Franchi
Geol. Emilio Pistilli

Valutazione Ambientale Strategica
Società D.R.E.A.M. Italia Soc. Coop.
Geol. Leonardo Moretti
Dott. Ing. Simone Garaldini
Dott. For. Lorenzo Mini

Approfondimenti idrogeologico-idraulici
WSINGEGNERIA SRL
Ing. Gesualdo Bavecchi

Relazione idrologica-idraulica



INDICE

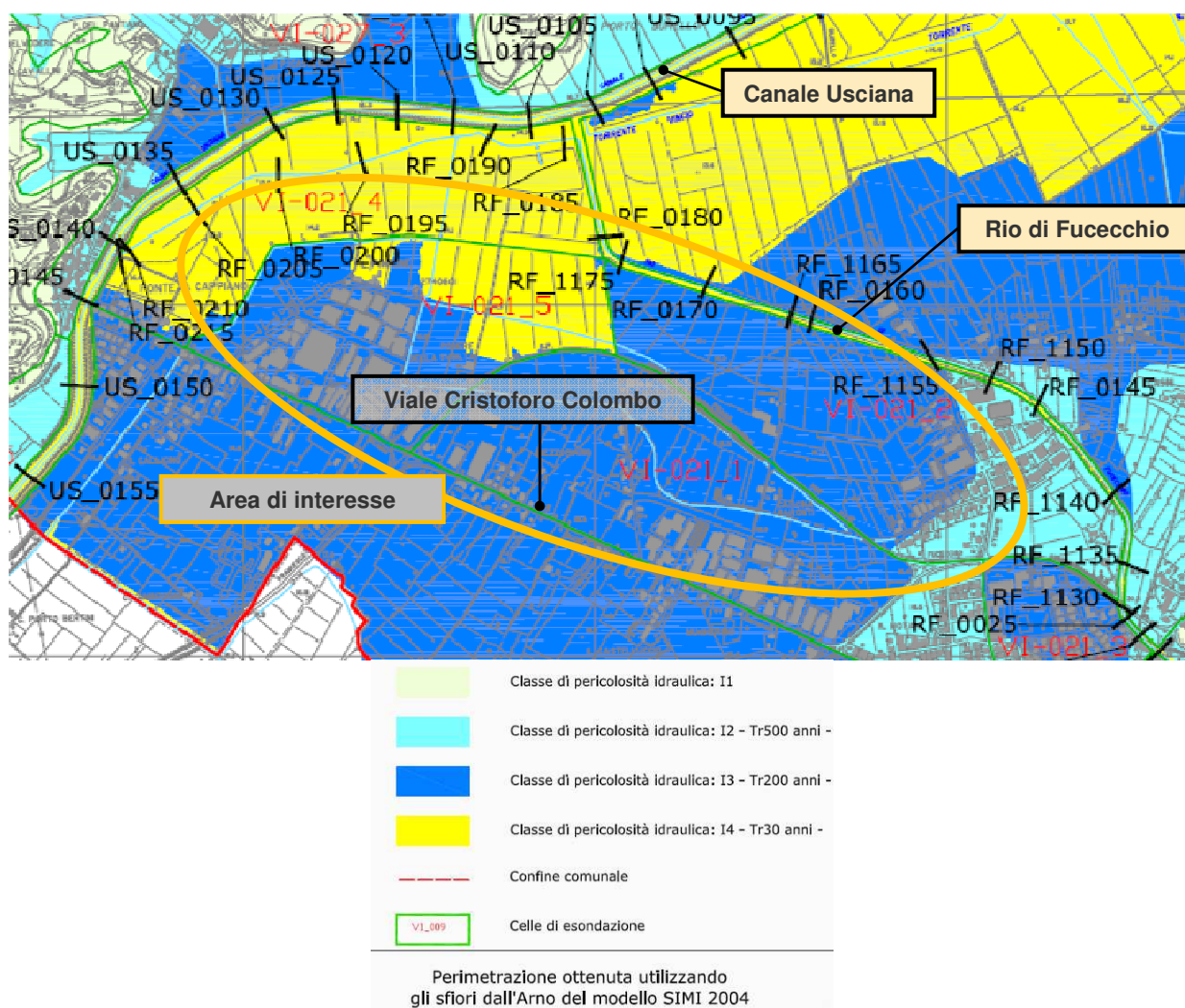
| | | |
|------|--|----|
| 1. | PREMESSA | 2 |
| 2. | DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE | 4 |
| 3. | GLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO | 7 |
| 4. | VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO | 11 |
| 4.1. | Compatibilità rispetto al reticolo principale | 11 |
| 4.2. | Compatibilità rispetto al reticolo secondario | 18 |
| 5. | IL DIMENSIONAMENTO DELLE CASSE DI COMPENSO | 22 |

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Fucecchio (FI), è stato redatto il presente studio idrologico-idraulico al fine di dimensionare gli interventi di compensazione e mitigazione del rischio idraulico nell'area produttiva di Ponte a Cappiano, dove sono previsti alcuni nuovi interventi edificatori e il completamento di aree già urbanizzate.

Obiettivo dell'intervento è la messa in sicurezza dell'area produttiva, compresa tra viale Cristoforo Colombo a sud-ovest e il rio di Fucecchio a nord-est, per eventi con tempo di ritorno trentennale, in modo da poter procedere nella pianificazione urbanistica di alcuni comparti che ricadono in tale zona.

Nell'immagine seguente si riporta un inquadramento dell'area di interesse (evidenziata in arancione) sulla carta della pericolosità idraulica redatta dallo scrivente, ai sensi del DPGR n.53/R, nell'ambito del Regolamento Urbanistico approvato con Del. C.C. n.22 del 14/05/2015.



Estratto della carta della pericolosità idraulica ai sensi del DPGR n.53/R - R.U.

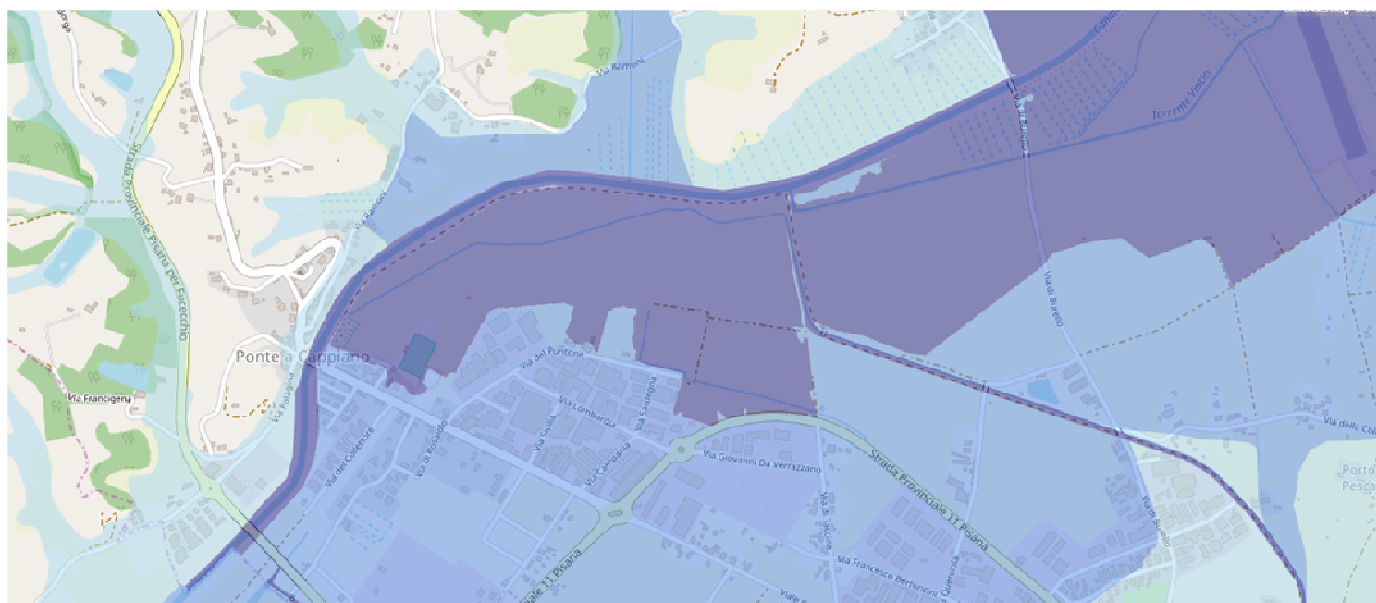
Variante al RU del comune di Fucecchio. - Interventi di compensazione e mitigazione del rischio idraulico nell'area produttiva di Ponte a Cappiano - Fucecchio (FI).

La macrocella di interesse è la VI-021 del suddetto studio (ripartita nelle celle VI_021-1, VI_021-2, VI_021-3, VI_021-4 e VI_021-5); in particolare il presente lavoro si prefigge l'obiettivo di eliminare il rischio di esondazione trentennale nella cella denominata VI-021_5, che ricade in parte nella classe di pericolosità idraulica molto elevata, interessata da fenomeni di ristagno per eventi per $Tr=30$ anni (retino di colore giallo).

Nei paragrafi seguenti si riporta pertanto una descrizione dello stato attuale e degli interventi proposti per la mitigazione del rischio idraulico, effettuando poi il confronto tra le due configurazioni al fine di dimostrare la compatibilità idraulica degli interventi previsti, sia rispetto al reticolo principale (Canale Usciana, Rio di Fucecchio, Fiume Arno) che rispetto al reticolo secondario (drenaggio che attraversa la cella di interesse).

Si rimanda alla relazione redatta a supporto del R.U. per i dettagli relativi alle condizioni idrologiche e al modello di verifica adottati per il reticolo principale.

Si allega inoltre estratto di PGRA dell'area di interesse.



Estratto PGRA di dettaglio dell'area di interesse (Ponte a Cappiano)

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Pericolosità Idraulica

■ P1 ■ P2 ■ P3 ■ Limite AdB

2. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE

Come descritto nello studio redatto a supporto del Regolamento Urbanistico, l'esonazione nella zona di interesse, per tempo di ritorno trentennale, si verifica sia per eventi con durata critica per il reticolo costituito dal canale Usciana e dal Rio di Fucecchio, ovvero scenari A1 e B dello studio del R.U. (durate dell'evento di pioggia rispettivamente pari a 3h e 4h) che per eventi con tempo di ritorno trentennale e durate critiche per il fiume Arno, ovvero scenari C e D dello studio eseguito a supporto del R.U. (durate evento di pioggia rispettivamente pari a 24h e 36h). Ma in entrambi i casi, come si può intuire dall'immagine riportata in precedenza, la pericolosità molto elevata viene generata da volumi d'acqua in esubero che allagano la cella a nord, prossima alla confluenza tra canale Usciana e Rio di Fucecchio, per poi defluire verso la cella di interesse.

Come evidenziato nella seguente immagine satellitare, le due celle sono morfologicamente separate dalla presenza di un argine esistente, che però non garantisce la separazione idraulica tra le due aree, in quanto sono presenti alcune brecce e/o tagli nel rilevato che mettono in comunicazione le due zone. Inoltre il rilevato è attraversato da un corso d'acqua che drena tutta la zona compresa tra la Circonvallazione e il rio di Fucecchio (macrocella denominata VI_021_2).

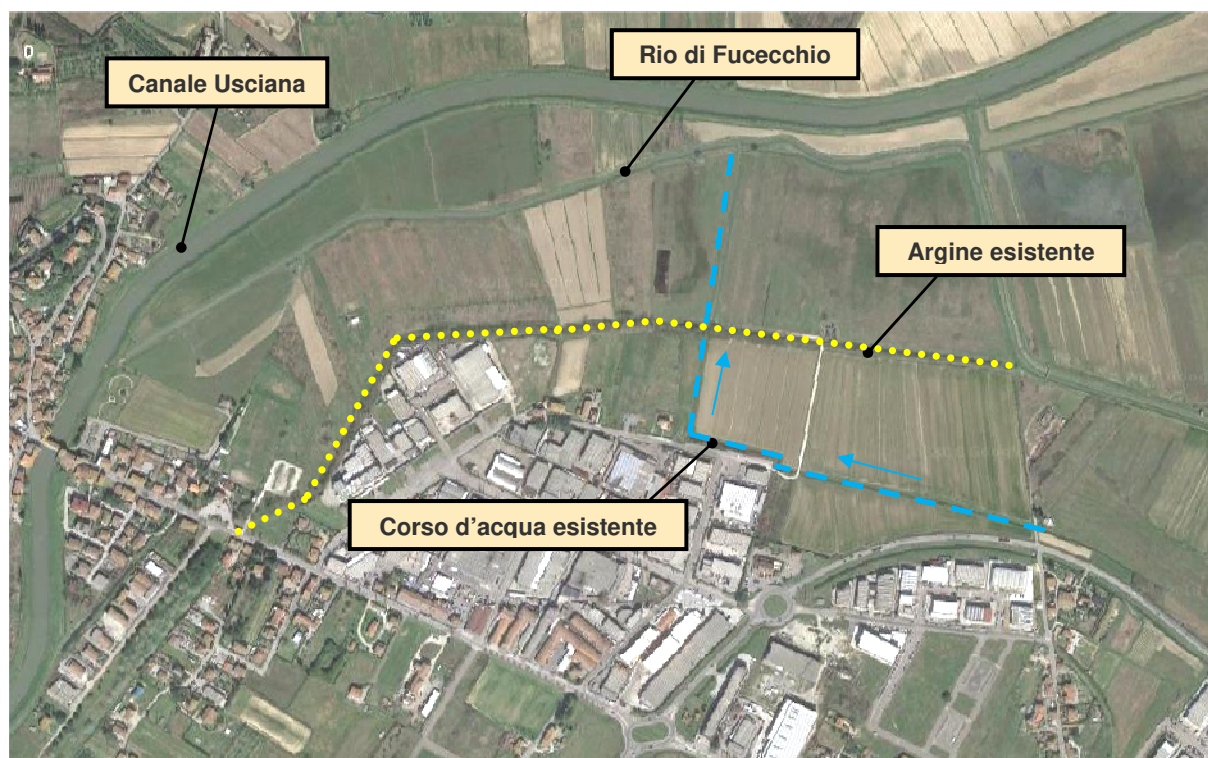
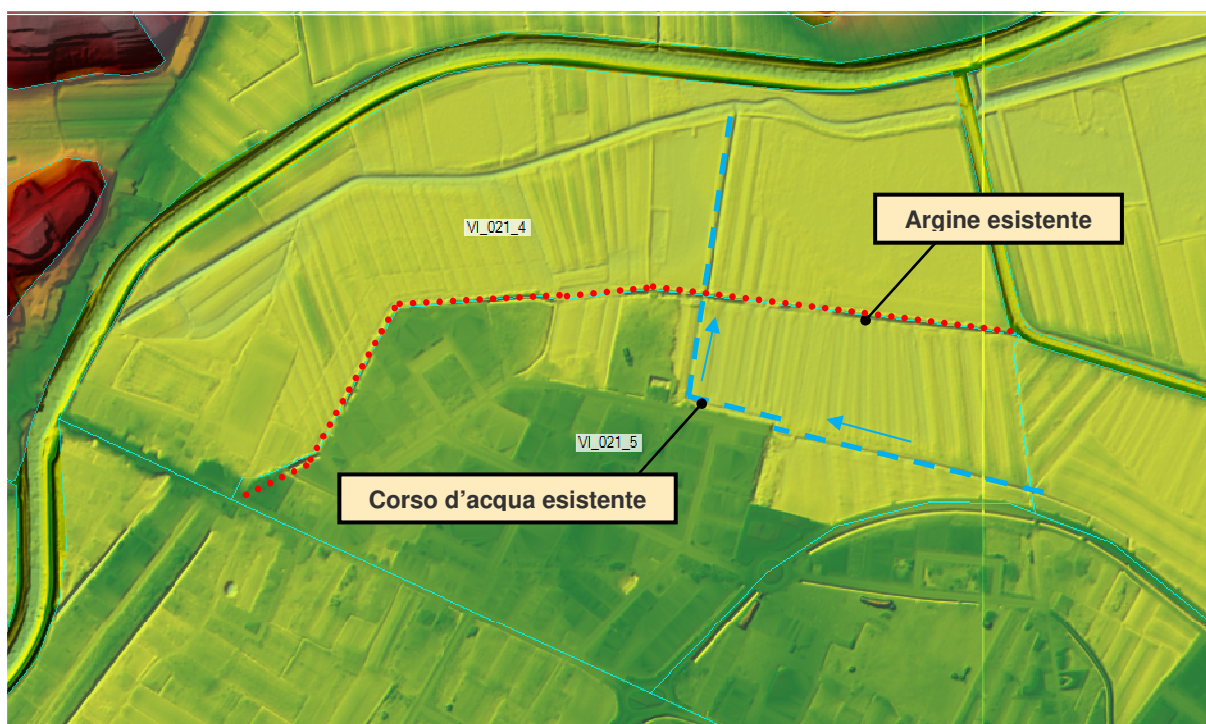


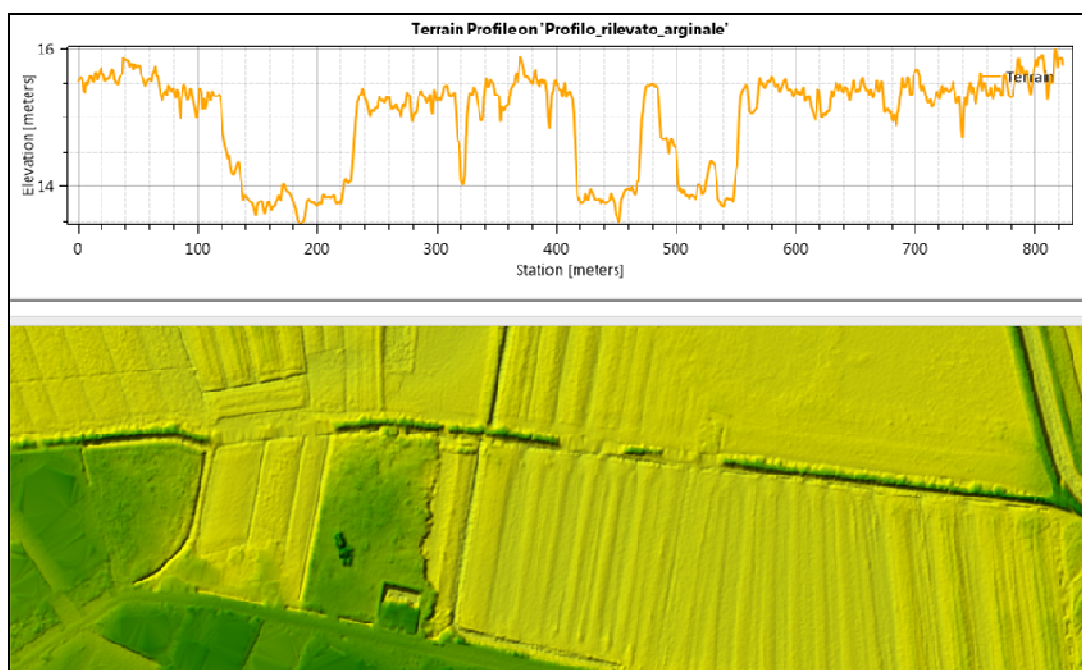
Immagine satellitare delle celle VI_021-4 e VI_021-5 con evidenziato il rilevato arginale esistente

Nell'immagine seguente si riporta un estratto del DTM Lidar (Light Detection and Ranging) dove si evidenziano le celle di interesse (VI_021_4 – VI_021-5), il rilevato esistente e il corso d'acqua che lo attraversa.



Inquadramento su DTM Lidar delle celle VI_021-4 e VI_021-5 con evidenziato il rilevato arginale

Di seguito si riporta inoltre il profilo del rilevato attuale ricavato dal DTM, dal quale si possono apprezzare le brecce o tagli presenti e la quota media del coronamento arginale, pari a circa 15.50 m s.l.m.



Dettaglio su DTM Lidar del rilevato arginale e relativo profilo

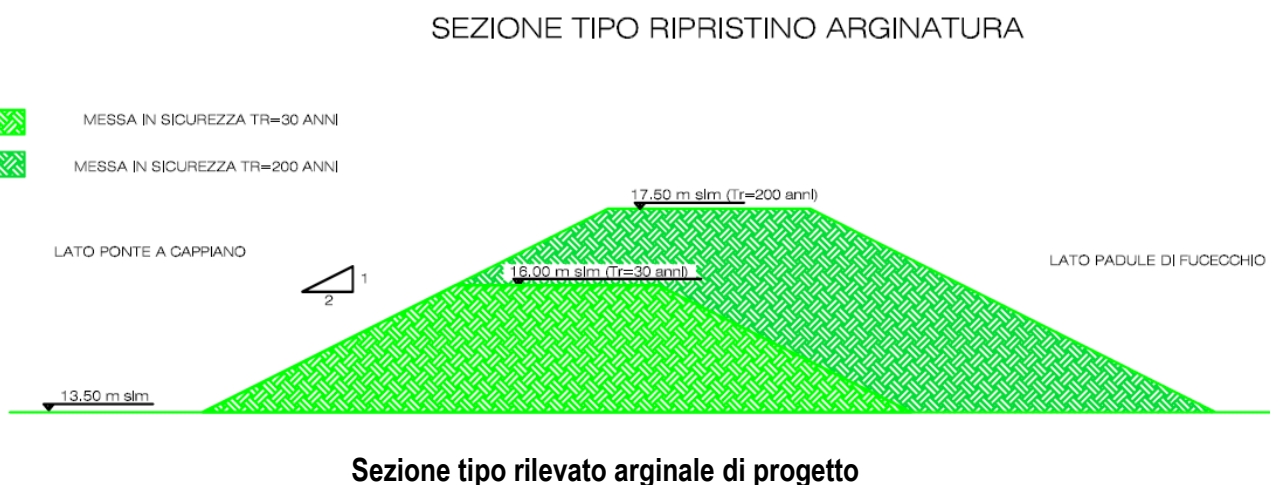
Come riportato nella relazione redatta a supporto del R.U., il battente massimo trentennale nelle celle VI_021-4 e VI_021-5 è pari a circa **14.7 m s.l.m.** Confrontando tale valore con il profilo del rilevato soprastante si evince che per eventi trentennali non si verifica sormonto del coronamento arginale, ma solamente deflusso attraverso le brecce esistenti.

Relativamente all'evento con tempo di ritorno duecentennale, invece, tutta la zona è interessata da esondazioni con battente massimo pari in quote assolute pari a circa **16.2 m s.l.m.**, pertanto l'argine suddetto viene sormontato lungo tutta la sua estensione e il deflusso non si limita alle brecce presenti. Si specifica che i massimi battenti duecentennali si verificano per gli scenari C e D dello studio del R.U., ovvero per eventi con **durata 24h e 36h**, associati quindi ad esondazione di notevoli volumi d'acqua dall'Arno, che arrivano ad allagare le celle di interesse, in parte per rigurgito attraverso il canale Usciana e in parte per sormonto da sud verso nord oltre viale Cristoforo Colombo.

3. GLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

In accordo con l'Amministrazione comunale, si prevede di ripristinare la funzionalità dell'argine esistente che separa la cella denominata VI-021_4 dalla cella VI-021_5 al fine di separare idraulicamente le due aree. Si prevede di realizzare quindi un risanamento di tutto il rilevato arginale, chiudendo le brecce presenti, portando ovunque il coronamento a quota **16.00 m s.l.m.** al fine di garantire oltre un metro di franco di sicurezza sul massimo battente trentennale.

Nella seguente immagine si riporta una sezione tipologica del rilevato arginale di progetto, dove si evidenzia in verde chiaro l'ipotesi di risanamento per la messa in sicurezza trentennale (1° fase) e in verde scuro l'eventuale successiva messa in sicurezza per gli eventi con $Tr=200$ anni. Al fine di realizzare la 2° fase, si dalla 1° fase (messa in sicurezza per $Tr=30$ anni) si prevede una fascia di rispetto di 10 m al piede dell'argine lato valle, per permetterne il rialzamento alla quota **17.50 m s.l.m.** e una adeguata manutenzione in futuro.

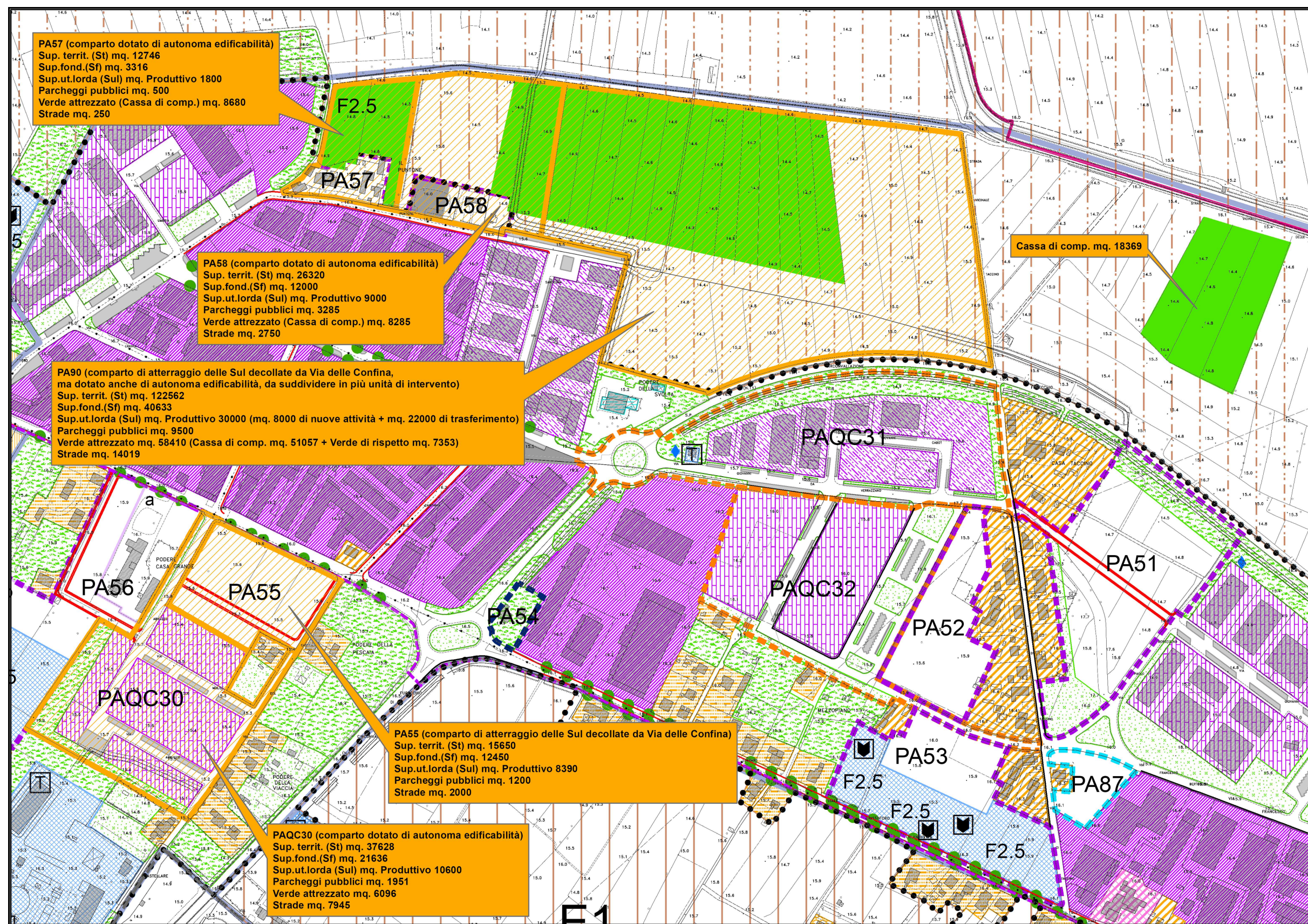


Si prevede inoltre di posizionare una valvola antiriflusso di tipo clapet sul corso d'acqua esistente, al fine di impedire il rigurgito attraverso il fosso stesso dalla cella VI-021_4 verso la cella VI-021_5.

Dato che, come detto in precedenza, l'intera zona è interessata da esondazione per eventi con tempo di ritorno duecentennale, con battenti pari a circa 16.2 m s.l.m., i comparti previsti nell'area dovranno essere posti a quota di sicurezza rispetto a tale battente (quota minima consigliata **16.75 m s.l.m.**), pertanto risulterà necessario scavare delle vasche per compensare i volumi sottratti alle esondazioni duecentennali. **Il materiale di scavo, almeno in parte, e previa valutazione delle caratteristiche geotecniche, potrà essere utilizzato per la ricalibratura del rilevato arginale o per il rialzamento delle aree destinate a nuova edificazione.**

Nell'immagine seguente si riportano in verde le aree destinate al compenso di tali volumi, in particolare nell'area di maggiore estensione al centro risulta necessario prevedere uno scavo di circa 1.3 m di profondità.

Estratto dalla relazione preliminare rischio idraulico di ponte a Cappiano con evidenziate in verde le aree destinate alle vasche di compenso



Come si vedrà nel paragrafo relativo alla compatibilità idraulica dell'intervento rispetto al reticolo secondario, la vasca principale svolge la seguente duplice funzione di compenso:

1. compenso dei volumi sottratti dalle nuove previsioni alle esondazioni con tempo di ritorno 200 anni,
2. compenso dei volumi in arrivo dal reticolo minore per eventi con tempo di ritorno 30 anni.

La seconda funzione risulta necessaria qualora si verifici esondazione trentennale nella cella VI_021-4 dal canale Usciana e dal Rio di Fucecchio (scenari A1 e B del R.U. - durata 3h e 4h), in quanto la portata in arrivo dal corso d'acqua minore non potrebbe scaricare a gravità nella cella VI_021-4, poiché troverebbe il clapet chiuso.

4. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO

4.1. Compatibilità rispetto al reticolo principale

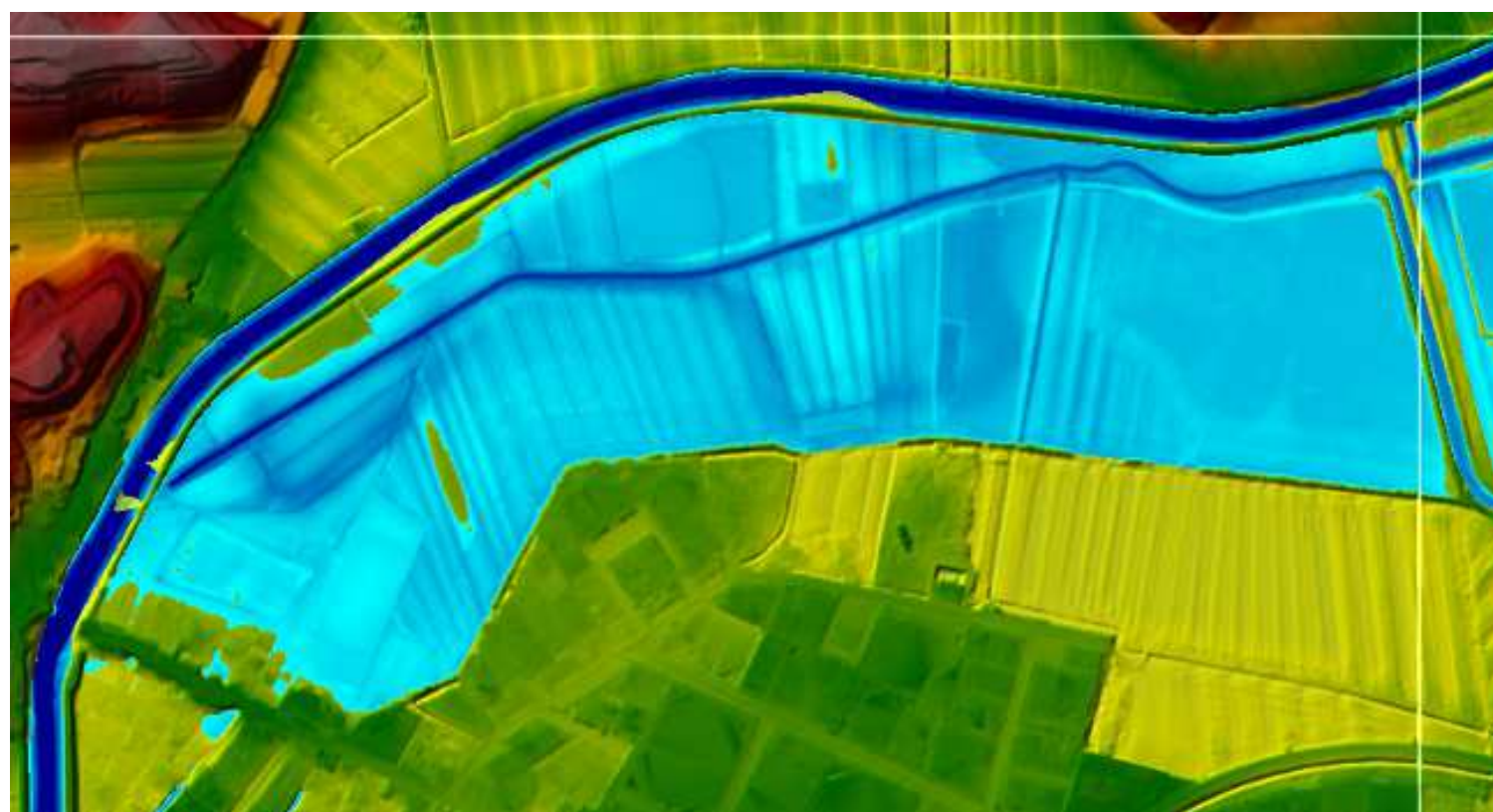
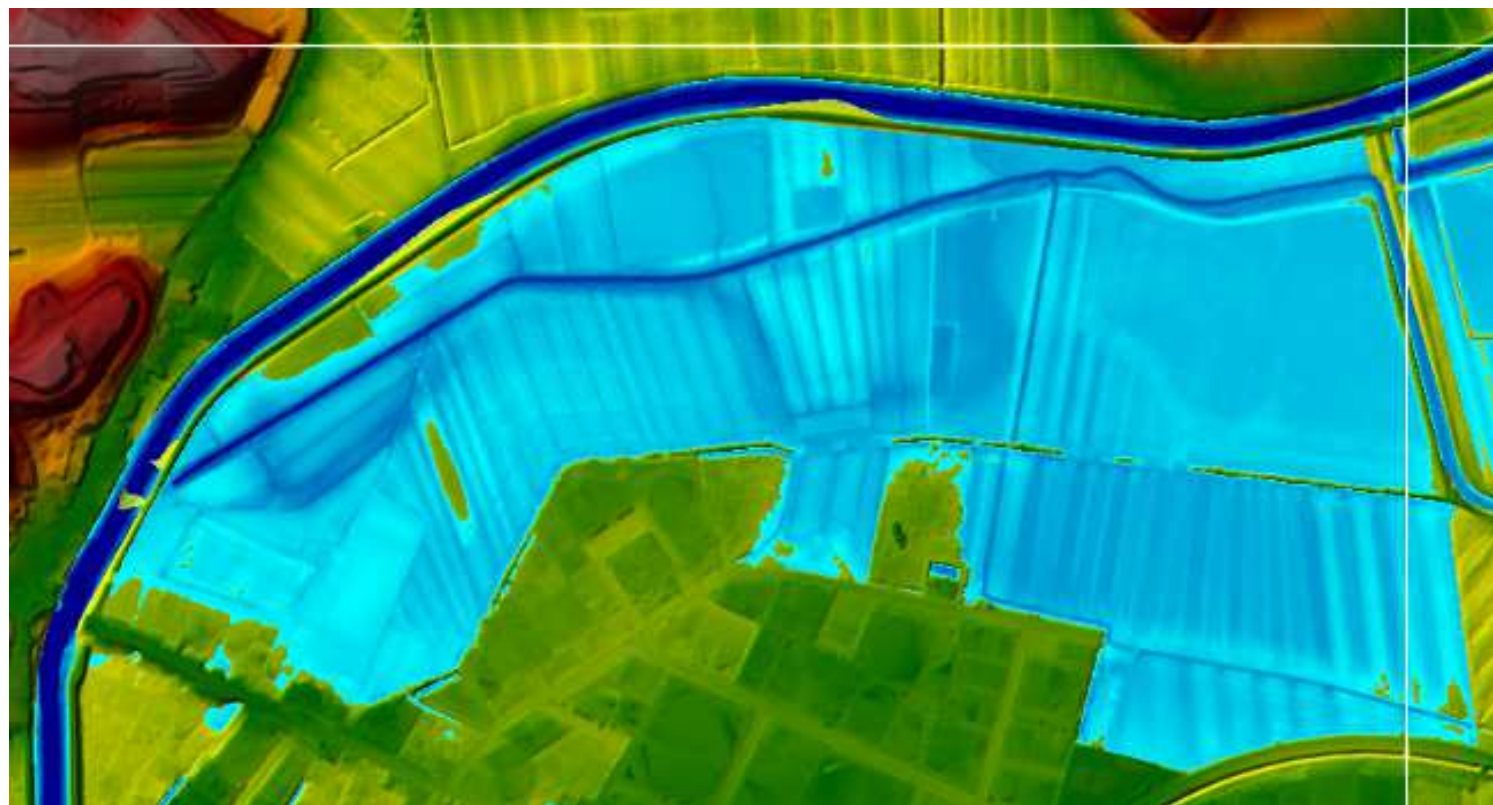
Le verifiche idrauliche sono state eseguite in moto vario attraverso il software Hec-ras 4.0.1 sul modello implementato nell'ambito dello studio eseguito a supporto del R.U. (verifiche eseguite all'epoca con la versione di Hec Ras 4.1)

Si ricorda che per la verifica svolta nell'ambito del R.U. è stato realizzato un modello unico comprensivo dell'asta del canale Usciana, del torrente Vincio (nel suo tratto terminale), del Rio di Fucecchio e, relativamente agli scenari critici per il fiume Arno (scenari C e D), dei contributi alle esondazioni del fiume Arno nelle celle del tratto tra la sezione n° 343 e la n° 327. Si rimanda alla relazione allegata al R.U. per un maggior dettaglio.

Nel presente studio è stata implementata la modellazione in tutti gli scenari suddetti, nell'ipotesi di riprofilatura arginale fino a quota 15.50 m s.l.m.

Nell'immagine seguente si riporta il confronto tra le aree allagabili allo stato attuale e allo stato di progetto, nel caso di evento trentennale e tempo di pioggia 24h (scenario C), estratto dal modello di verifica.

Confronto aree allagabili stato attuale (in lato) e di progetto (in basso) – Tr 30 anni – 24h



Variante al RU del comune di Fucecchio. - Interventi di compensazione e mitigazione del rischio idraulico nell'area produttiva di Ponte a Cappiano - Fucecchio (FI).

Dall'immagine sopra si può velocemente apprezzare come allo stato di progetto non si verifichi aggravio significativo per l'evento trentennale nella cella VI_021-4.

Per un maggior dettaglio dell'effetto indotto dall'intervento progettuale si riportano di seguito le tabelle dei battenti in tutti gli scenari di verifica per tempo di ritorno 200 e 30 anni, relative alla macrocella VI-021 e alla cella VI-027_3, che si trova sulla sponda destra del canale Usciana all'altezza della cella VI-021_4 e che pertanto potrebbe risentire di un incremento dei battenti nella cella VI-021_4.

Tr200

| Storage Area | Profile | Plan | W.S. Elev (m) | SA Min El (m) | Inflow (m3/s) | Outflow (m3/s) | Net Flux (m3/s) | SA Area (1000 m2) | SA Volume (1000 m3) |
|--------------|---------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| VI_021_1 | Max WS | Att_Tr200_Tp3h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | Att_Tr200_Tp4h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | Att_200_24h_SIMI | 16.15 | 13.50 | 0.00 | 69.57 | -69.57 | 448.74 | 258.23 |
| VI_021_1 | Max WS | Att_200_36h_SIMI | 16.23 | 13.50 | 0.00 | 92.85 | -92.85 | 448.74 | 294.07 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp3h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp4h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_24h_SIMI | 16.15 | 13.50 | 0.00 | 69.75 | -69.75 | 448.74 | 258.78 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_36h_SIMI | 16.23 | 13.50 | 0.00 | 93.19 | -93.19 | 448.74 | 295.16 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_Tr200_Tp3h | 14.03 | 13.50 | 0.78 | 0.00 | 0.78 | 46.79 | 1.69 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_Tr200_Tp4h | 14.05 | 13.50 | 0.80 | 0.00 | 0.80 | 46.79 | 2.55 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_200_24h_SIMI | 16.15 | 13.50 | 0.00 | 2.73 | -2.73 | 415.01 | 430.69 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_200_36h_SIMI | 16.23 | 13.50 | 0.00 | 6.05 | -6.05 | 415.01 | 463.70 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp3h | 13.73 | 13.50 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.36 | 0.08 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp4h | 13.73 | 13.50 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.36 | 0.08 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_24h_SIMI | 16.15 | 13.50 | 10.30 | 2.80 | 7.50 | 415.01 | 431.07 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_36h_SIMI | 16.23 | 13.50 | 10.64 | 6.19 | 4.45 | 415.01 | 464.59 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_Tr200_Tp3h | 17.43 | 16.00 | 2.32 | 0.77 | 1.55 | 23.77 | 10.51 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_Tr200_Tp4h | 17.43 | 16.00 | 1.94 | 0.79 | 1.15 | 23.77 | 10.53 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_200_24h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_200_36h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp3h | 17.24 | 16.00 | 1.69 | 0.00 | 1.69 | 23.77 | 6.10 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp4h | 17.22 | 16.00 | 1.30 | 0.00 | 1.30 | 23.77 | 5.69 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_24h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_36h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_Tr200_Tp3h | 14.51 | 11.50 | 201.66 | 0.00 | 201.66 | 455.88 | 252.40 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_Tr200_Tp4h | 14.58 | 11.50 | 166.10 | 0.00 | 166.10 | 455.88 | 285.61 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_200_24h_SIMI | 16.14 | 11.50 | 139.19 | 903.52 | -764.33 | 524.11 | 1043.16 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_200_36h_SIMI | 16.23 | 11.50 | 56.50 | 980.35 | -923.84 | 524.11 | 1085.34 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp3h | 14.65 | 11.50 | 934.39 | 0.00 | 934.39 | 455.88 | 315.20 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp4h | 14.73 | 11.50 | 1036.22 | 0.00 | 1036.22 | 455.88 | 353.14 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_24h_SIMI | 16.14 | 11.50 | 111.65 | 922.40 | -810.75 | 524.11 | 1041.88 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_36h_SIMI | 16.23 | 11.50 | 0.48 | 1017.78 | -1017.30 | 524.11 | 1085.81 |

Variante al RU del comune di Fucecchio. - Interventi di compensazione e mitigazione del rischio idraulico nell'area produttiva di Ponte a Cappiano - Fucecchio (FI).

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|-----------------------------------|-------|-------|---------|-------|---------|--------|--------|
| VI_021_5 | Max WS | Att_Tr200_Tp3h | 14.51 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 159.46 | 92.50 |
| VI_021_5 | Max WS | Att_Tr200_Tp4h | 14.58 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 159.46 | 104.12 |
| VI_021_5 | Max WS | Att_200_24h_SIMI | 16.15 | 13.00 | 1084.09 | 0.00 | 1084.09 | 452.58 | 550.73 |
| VI_021_5 | Max WS | Att_200_36h_SIMI | 16.23 | 13.00 | 1095.29 | 0.00 | 1095.29 | 452.58 | 586.73 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp3h | 13.00 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp4h | 13.00 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_24h_SIMI | 16.15 | 13.00 | 1080.86 | 10.30 | 1070.56 | 452.58 | 551.28 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_36h_SIMI | 16.23 | 13.00 | 1080.63 | 10.64 | 1069.99 | 452.58 | 587.84 |
| | | | | | | | | | |
| VI_027_3 | Max WS | Att_Tr200_Tp3h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | Att_Tr200_Tp4h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | Att_200_24h_SIMI | 16.12 | 11.50 | 10.86 | 0.00 | 10.86 | 713.49 | 755.66 |
| VI_027_3 | Max WS | Att_200_36h_SIMI | 16.21 | 11.50 | 5.89 | 0.00 | 5.89 | 713.49 | 820.68 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp3h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr200_Tp4h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_24h_SIMI | 16.12 | 11.50 | 7.76 | 0.00 | 7.76 | 713.49 | 752.83 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_200_36h_SIMI | 16.21 | 11.50 | 11.65 | 0.00 | 11.65 | 713.49 | 820.90 |

Variante al RU del comune di Fucecchio. - Interventi di compensazione e mitigazione del rischio idraulico nell'area produttiva di Ponte a Cappiano - Fucecchio (FI).

Tr30

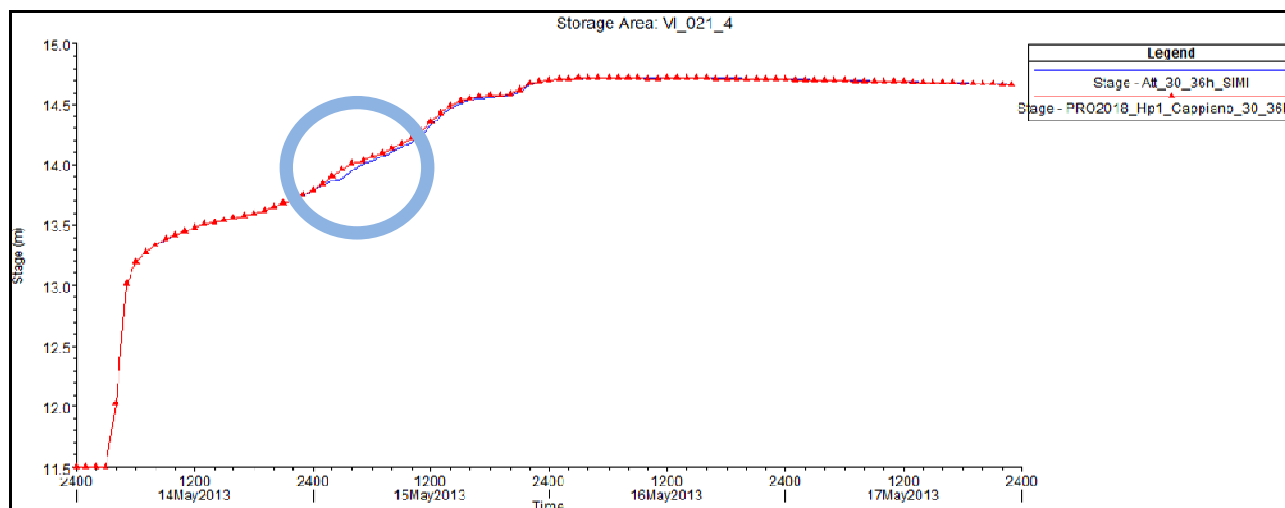
| Storage Area | Profile | Plan | W.S. Elev (m) | SA Min El (m) | Inflow (m3/s) | Outflow (m3/s) | Net Flux (m3/s) | SA Area (1000 m2) | SA Volume (1000 m3) |
|--------------|---------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| VI_021_1 | Max WS | Att_Tr30_T3h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | Att_Tr30_Tp4h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | Att_30_24h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | Att_30_36h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp3h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp4h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_24h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_1 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_36h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_Tr30_T3h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_Tr30_Tp4h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_30_24h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | Att_30_36h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp3h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp4h | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_24h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_2 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_36h_SIMI | 13.50 | 13.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_Tr30_T3h | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_Tr30_Tp4h | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_30_24h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | Att_30_36h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp3h | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp4h | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_24h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_36h_SIMI | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_Tr30_T3h | 14.08 | 11.50 | 228.13 | 0.00 | 228.13 | 377.35 | 88.65 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_Tr30_Tp4h | 14.10 | 11.50 | 386.01 | 0.00 | 386.01 | 377.35 | 98.54 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_30_24h_SIMI | 14.69 | 11.50 | 0.00 | 3.42 | -3.42 | 455.88 | 334.38 |
| VI_021_4 | Max WS | Att_30_36h_SIMI | 14.72 | 11.50 | 0.00 | 4.98 | -4.98 | 455.88 | 346.74 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp3h | 14.14 | 11.50 | 459.59 | 0.00 | 459.59 | 377.35 | 113.95 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp4h | 14.18 | 11.50 | 375.54 | 0.00 | 375.54 | 377.35 | 127.53 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_24h_SIMI | 14.69 | 11.50 | 0.00 | 3.49 | -3.49 | 455.88 | 334.10 |
| VI_021_4 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_36h_SIMI | 14.71 | 11.50 | 11.17 | 1.72 | 9.45 | 455.88 | 345.77 |
| VI_021_5 | Max WS | Att_Tr30_T3h | 14.08 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 129.89 | 36.12 |
| VI_021_5 | Max WS | Att_Tr30_Tp4h | 14.10 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 129.89 | 39.52 |
| VI_021_5 | Max WS | Att_30_24h_SIMI | 14.69 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 159.46 | 121.18 |
| VI_021_5 | Max WS | Att_30_36h_SIMI | 14.72 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 159.46 | 125.51 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp3h | 13.00 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp4h | 13.00 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_24h_SIMI | 13.00 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| VI_021_5 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_36h_SIMI | 13.00 | 13.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | Att_Tr30_T3h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | Att_Tr30_Tp4h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | Att_30_24h_SIMI | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | Att_30_36h_SIMI | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp3h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_Tr30_Tp4h | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_24h_SIMI | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| VI_027_3 | Max WS | PRO2018_Hp1_Cappiano_30_36h_SIMI | 11.50 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |

Dall'analisi delle tabelle sopra si evince come i massimi aggravati in termini di battenti si verifichino nella cella VI_021_4 per gli scenari critici dei corsi d'acqua minori (scenari 3h e 4h), con incremento **per Tr 200 anni e 30 anni rispettivamente di 15 cm e 8 cm.**

Si evidenzia tuttavia che, al di là del fatto che tale area è completamente adibita ad uso agricolo e pertanto di scarso interesse, il massimo battente in questa cella rimane quello associato ad eventi con tempi di pioggia maggiori (24h e 36h), che risulta il medesimo allo stato attuale e di progetto (a meno di minime differenze dovute alle tolleranze del modello di verifica).

Infatti tali massimi battenti si verificano per eventi di durata molto estesa e con notevoli volumi in gioco, dovuti all'esondazione dell'Arno, pertanto, data anche la presenza della vicina area di esondazione del padule, la piccola zona sottratta all'esondazione trentennale, in seguito alla riprofilatura dell'argine, risulta trascurabile rispetto alla dimensione complessiva dell'evento.

In particolare per tempo di ritorno trentennale e durate 24h e 36h il massimo battente nella cella VI_021-4 si raggiunge dopo la fase di transito dei volumi all'interno delle breccie presenti nell'argine. Si riporta a tal proposito un'immagine dell'andamento dei battenti nella cella V1_024-1 (nello scenario Tp36h - Tr30 anni) **dove si vede che la differenza nei livelli tra stato attuale e di progetto, dovuta all'intervento di chiusura delle breccie nell'argine (evidenziata in azzurro), risulta prima del raggiungimento del massimo battente.**



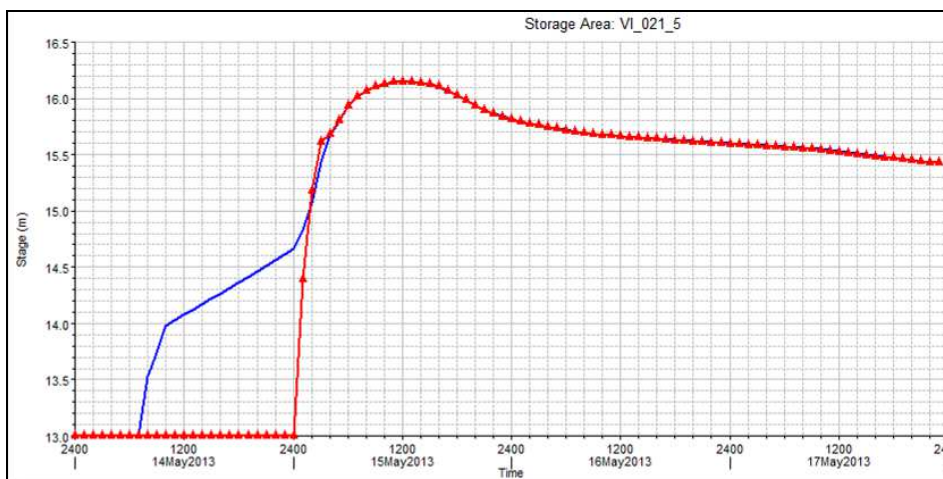
Confronto battenti nella cella VI_021-4 stato attuale (blu) e di progetto (rosso) – Tr 30 anni – 36h

Relativamente all'evento duecentennale, l'intervento permette inoltre di mitigare il rischio nelle celle poste a monte dell'argine oggetto di intervento in caso di scenari critici sul reticolo minore (durate 3h e 4h).

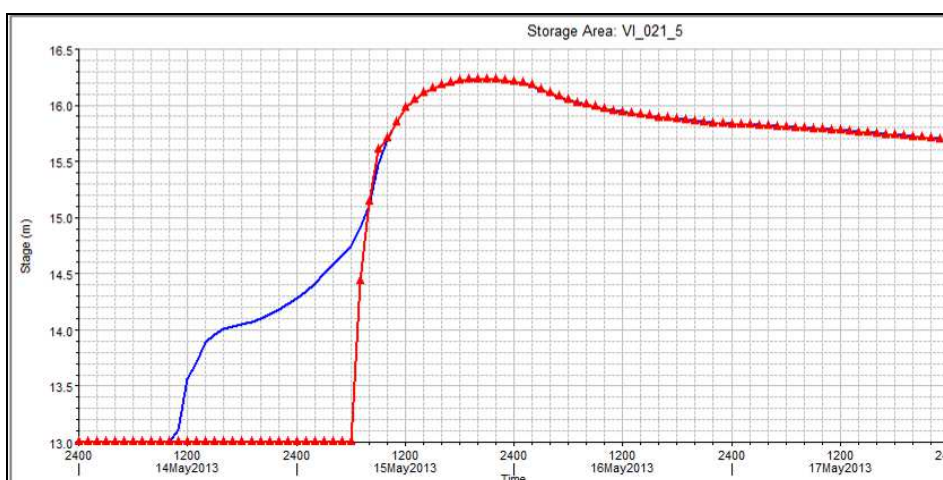
Mentre relativamente agli scenari duecentennali di durata maggiore (24h e 36h) i battenti nelle celle non risentono dell'intervento in quanto tutta la piana risulta allagata con battenti maggiori della quota del coronamento arginale che risulta pertanto sormontato. Si evidenzia inoltre come in tali scenari l'esondazione nella cella VI_021-5 avvenga allo stato attuale in due fasi:

1. una prima fase transitoria con volumi in esubero rigurgitati dal canale Usciana e dal rio di Fucecchio, che allagano la cella Vi_021-4 per poi passare nella cella VI-021_5.
2. una seconda fase con i volumi in arrivo da sud, che sormontano Viale Cristoforo Colombo e che comportano il massimo battente assoluto nella cella.

Come si evince dai grafici seguenti, dove si riporta l'andamento dei battenti nella cella VI_021-5 allo stato attuale e di progetto, la presenza dell'argine di progetto permette di impedire la prima fase di esondazione, ritardando quindi l'allagamento della cella VI_021-5.



Confronto battenti nella cella VI_021-5 stato attuale (blu) e di progetto (rosso) – Tr 200 anni – 24h



Confronto battenti nella cella VI_021-5 stato attuale (blu) e di progetto (rosso) – Tr 200 anni – 36h

Pertanto l'intervento previsto garantisce la messa in sicurezza per tempi di ritorno trentennali della cella VI_021_5, senza influire sull'inviluppo dei massimi battenti nella cella VI_021-4 e VI_027-3, risultando pertanto compatibile rispetto al reticolo principale.

4.2. Compatibilità rispetto al reticolo secondario

Come detto in precedenza, allo stato di progetto si prevede di porre una valvola antiriflusso tipo clapet sul fosso di drenaggio, che impedisce il rigurgito dell'acqua nella cella VI-021_5.

Tuttavia nel caso in cui si verificasse esondazione trentennale nella cella VI_021-4 dal canale Usciana e dal Rio di Fucecchio (scenari A1 e B del R.U. – durate 3h e 4h), la portata in arrivo dal corso d'acqua minore non potrebbe scaricare a gravità nella cella VI_021-4, poiché troverebbe il clapet chiuso. Pertanto risulta necessario prevedere un sistema di invaso della portata in arrivo dal fosso di drenaggio.

Nella zona prossima all'argine si prevede la realizzazione di una vasca di compenso che, oltre a servire da compensazione dei volumi sottratti dai nuovi comparti all'esondazione duecentennale, permette la laminazione della portata trentennale del corso d'acqua minore.

Nell'immagine seguente si riporta la geometria della vasca di compenso/laminazione su CTR.



Localizzazione area destinata a vasca di compenso/laminazione su CTR

L'area destinata al compenso ha un'estensione di circa 59'300 mq, si prevede di realizzare un abbassamento del piano di campagna attuale di circa 1.5 m, ottenendo pertanto un volume utile di quasi 88'950 mc.

Sono stati eseguiti dei sopralluoghi con i tecnici del Comune di Fucecchio al fine di determinare il reale funzionamento della rete di drenaggio delle acque basse nella zona di Ponte a Cappiano dove sono previsti gli interventi di urbanistici e le relative opere di compenso.

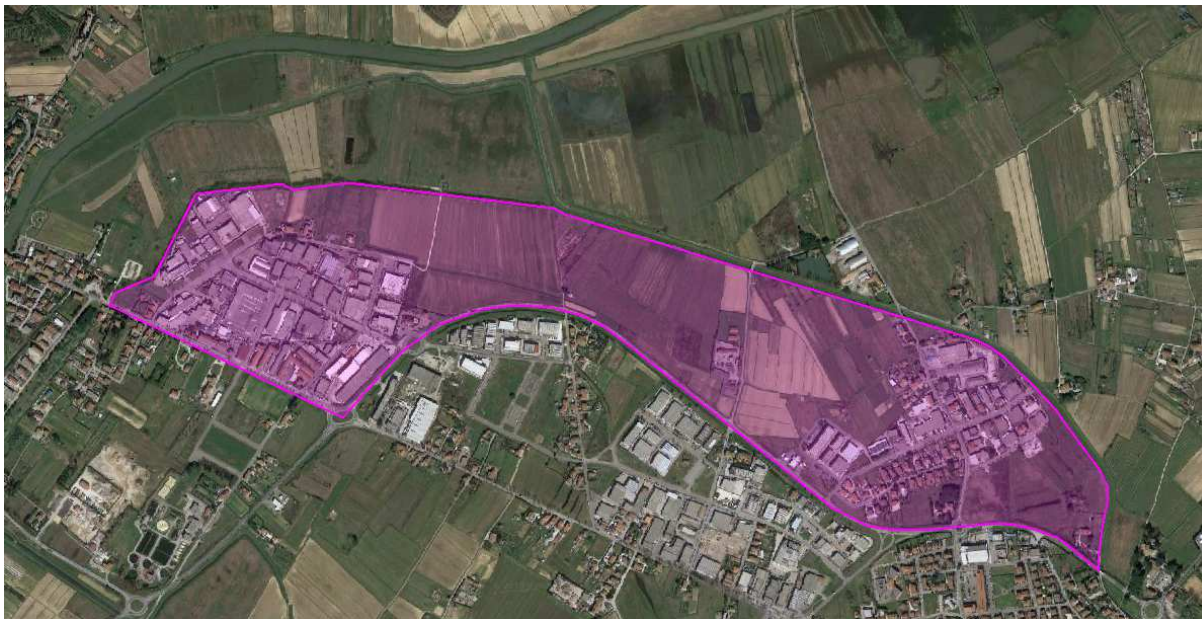
Attraverso l'analisi della cartografia e dei lavori eseguiti per la realizzazione della Circonvallazione con adeguamento della SP.11, è stato realizzato un grande fosso di drenaggio lato sud creando di fatto una discontinuità idraulica tra sud e nord della Circonvallazione stessa. Tutte le acque che stanno a sud della infrastruttura stradale vengono convogliate verso sud-ovest, verso l'Usciana. Esiste solo un troppo pieno, localizzato nella Tavola 2 - dove in caso di piena si trasferisce una quota parte di portata nella zona a nord.

Dal punto di vista progettuale si propone di deviare il fosso principale di drenaggio delle acque a nord della Circonvallazione in maniera da facilitarne il suo ingresso nella cassa di compenso prevista e contemporaneamente allontanarlo dalle aree di potenziale espansione urbanistica.

Si procede alla stima della portata trentennale al fine di dimensionare l'impianto di sollevamento necessario per lo svuotamento della vasca di compenso, in funzione della portata in arrivo e dei volumi di invaso a disposizione. Il bacino idrografico sotteso dal fosso, localizzato nelle seguenti immagini, è compreso tra la Circonvallazione e il rio di Fucecchio, per un'estensione complessiva con sezione di chiusura all'argine di circa 1.08 kmq.



Localizzazione bacino idrografico fosso di drenaggio su DTM Lidar



Localizzazione bacino idrografico fosso di drenaggio su immagine satellitare

Il calcolo della portata trentennale del corso d'acqua in arrivo al clapet è stato effettuato con il **metodo delle sole piogge**, a partire dai **coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica**, aggiornate nell'ambito del recente accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze. In particolare in tale studio, approvato nel 2014, al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano, è stato effettuato un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme rilevate fino all'anno 2012, che fornisce la mappa dei parametri a e n su tutto il territorio regionale con griglie di risoluzione 1 km.

Per il corso d'acqua in esame è stato quindi sovrapposto lo spartiacque del bacino idrografico come file vettoriale, in formato shape, alle mappe di h (mm) ricavate mediante software GIS a partire dai parametri aggiornati di a e n attraverso l'equazione standard:

$$h = a \cdot t^n.$$

con:

h = altezza di pioggia [mm]

t = durata [ore]

a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati:

$$a=53.77 \text{ e } n=0.25 \text{ per } Tr \text{ 30 anni}$$

Dato che il bacino idrografico ha una superficie edificata inferiore al 50% del totale, si stima un coefficiente di deflusso pari a 0.65, ottenuto cautelativamente come media tra il valore 0.9 assunto per l'area edificata e 0.4 assunto per le aree agricole.

Nella seguente tabella si riporta il calcolo delle portate in arrivo al clapet al variare del tempo di pioggia considerato e i volumi necessari per la laminazione assumendo la realizzazione di un impianto di sollevamento da 1.00 mc/s.

| Tempo di pioggia | Portata complessiva in arrivo al clapet (mc/s) | Portata impianto di sollevamento (mc/s) | Portata da invasare (mc/s) | Volume da invasare (mc) |
|-------------------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
| Tp15 min | 29.7 | 1.0 | 28.7 | 25790.8 |
| Tp 30 min | 17.6 | 1.0 | 16.6 | 29940.9 |
| Tp 1h | 10.5 | 1.0 | 9.5 | 34146.5 |
| Tp 2h | 6.2 | 1.0 | 5.2 | 37688.5 |
| Tp 3h | 4.6 | 1.0 | 3.6 | 38877.2 |
| Tp 4h | 3.7 | 1.0 | 2.7 | 38981.7 |
| Tp 6h | 2.7 | 1.0 | 1.7 | 37476.5 |
| Tp 9h | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 32978.9 |

Nella tabella si evidenzia che il tempo di pioggia che massimizza il volume da invasare è pari a 4h, che corrisponde proprio alla durata dell'evento pluviometrico che comporta allagamento della cella VI_021-4 (scenario B).

Tale volume, pari a circa **39'000 mc**, risulta nettamente inferiore al volume utile disponibile nella vasca pari a quasi 88'950 mc, **pertanto la vasca di compenso prevista, assumendo la taglia dell'impianto di sollevamento da 1.0 mc/s, risulta sufficiente ad invasare la portata del fosso di guardia con un grado di riempimento pari a circa il 50%, qualora il clapet risultasse chiuso.**

Relativamente all'impianto di sollevamento si prevede di posizionare 2 pompe da 1.0 mc/s (di cui una in funzione e una di riserva) che verranno avviate alternativamente per conservarne al meglio la funzionalità nel tempo.

5. IL DIMENSIONAMENTO DELLE CASSE DI COMPENSO

Di seguito si riportano le considerazioni, per ogni comparto di interesse, in relazione alle verifiche idrauliche eseguite nell'area di Ponte A Cappiano.

PA57 (comparto dotato di autonoma edificabilità)

Sup. territ. (St) mq. 12746

Sup.fond.(Sf) mq. 3316

Sup.ut.lorda (Sul) mq. Produttivo 1800

Parcheggi pubblici mq. 500

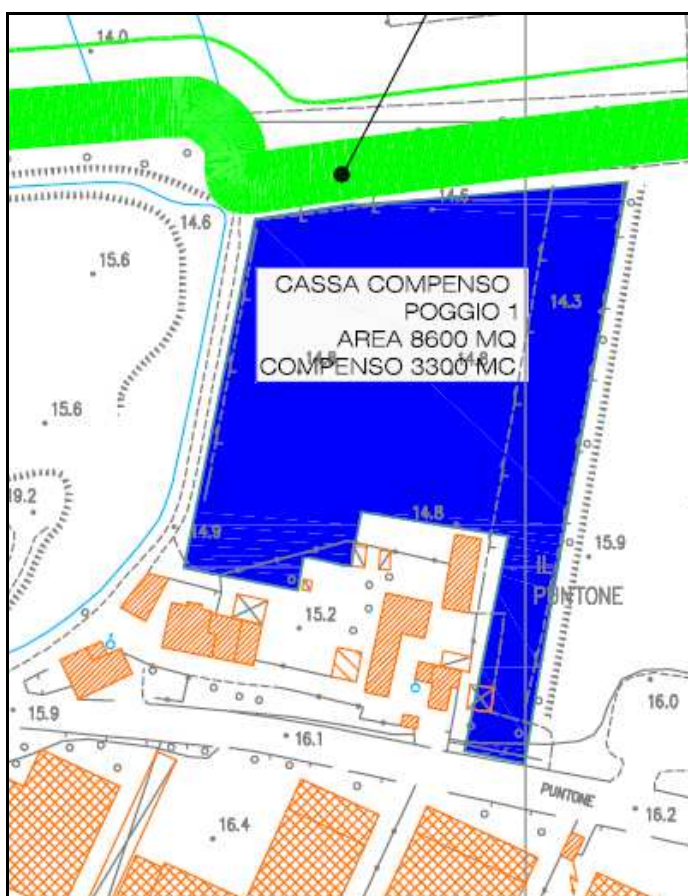
Verde attrezzato mq. 8680

In questo comparto , come su tutta l'area produttiva di Ponte A Cappiano, sono attesi battenti , per $Tr=200$ anni , in quota assoluta pari a **16.23 m slm.**

Il piano campagna, in questo comparto, varia tra 14.8 / 15.00 m slm (si assume cautelativamente 14.80 m slm)

I nuovi fabbricati (Sul 1800 mq + 500 mq di parcheggi) dovranno essere posizionati ad una quota minima di circa **16.75 m slm.**

Si dovrà operare un compenso non inferiore a **3300 mc** , attraverso un abbassamento dell'area destinata a verde pubblico di circa 40 cm.



Cassa di compenso Poggio 1

PA58 (comparto dotato di autonoma edificabilità)

Sup. territ. (St) mq. 26320
Sup.fond.(Sf) mq. 12000
Sup.ut.lorda (Sul) mq. Produttivo 9000
Parcheggi pubblici mq. 3285
Verde attrezzato mq. 8285
Strade mq. 2750

In questo comparto , sono attesi battenti , per $Tr=200$ anni , in quota assoluta pari a 16.23 m slm.

Il piano campagna, in questo comparto, è pari a 15.00 m slm .

I nuovi fabbricati (Sul 9000 mq + 3285mq) dovranno essere posizionati ad una quota minima di **16.75 m slm**.

Si dovrà operare un compenso non inferiore a **15.200 mc** : tale compenso potrà essere fatto insieme al comparto **PA90**, essendo tale aree a verde confinanti

PA55 (comparto di atterraggio delle Sul decollate da Via delle Confina)

Sup. territ. (St) mq. 15650
Sup.fond.(Sf) mq. 12450
Sup.ut.lorda (Sul) mq. Produttivo 8390
Parcheggi pubblici mq. 1200
Strade mq. 2000

In questo comparto , sono attesi battenti , per $Tr=200$ anni , in quota assoluta pari a 16.23 m slm.

Il piano campagna, in questo comparto, è pari a 15.50 m slm .

I nuovi fabbricati (Sul 8390 mq + 1200 mq) dovranno essere posizionati ad una quota minima di 16.75 m slm.

Si dovrà operare un compenso non inferiore a **7.100 mc** : tale compenso potrà essere fatto insieme al comparto **PA90**, essendo tale aree a verde confinanti

PA90 (comparto di atterraggio delle Sul decollate da Via delle Confina,ma dotato anche di autonoma edificabilità, da suddividere in più unità di intervento)

Sup. territ. (St) mq. 122562
Sup.fond.(Sf) mq. 40633
Sup.ut.lorda (Sul) mq. Produttivo 30000 (mq. 8000 di nuove attività + mq. 22000 di trasferimento)
Parcheggi pubblici mq. 9500
Verde attrezzato mq. 58410
Strade mq. 14019

In questo comparto , sono attesi battenti , per $Tr=200$ anni , in quota assoluta pari a 16.23 m slm.

Il piano campagna, in questo comparto, è pari a 14.00 m slm.

I nuovi fabbricati (Sul 30.000 mq + 9500 mq di parcheggi) dovranno essere posizionati ad una quota minima di circa 16.75 m slm, . Si dovrà quindi operare un compenso non inferiore a **88.100 mc**

Si dovrà operare un compenso di circa 88.000 mc a cui si aggiungono i 15.000 mc del comparto PA58 e i 7.000 mc del comparto PA55, a fronte di un'area a verde complessiva stimata in circa 66.500 mq.

Oltre tale aree a verde il comune mette a disposizione un'area di sua proprietà da utilizzare come cassa di compenso, pari ad una superficie di circa 18.000 mq e quota campagna variabile tra i 14 e 14.5 msl.

Quindi a fronte di 110.000 mc da recuperare, dovrò scavare, **nell'aree a verde circa 1.30 metri.**

Tale materiale di scavo, almeno in parte, e previa valutazione delle caratteristiche geotecniche potrà essere utilizzato per il rialzamento dell'area destinata ad edificazione.

PAQC30 (comparto dotato di autonoma edificabilità)

Sup. territ. (St) mq. 37628

Sup.fond.(Sf) mq. 21636

Sup.ut.lorda (Sul) mq. Produttivo 10600

Parcheggi pubblici mq. 1951

Verde attrezzato mq. 6096

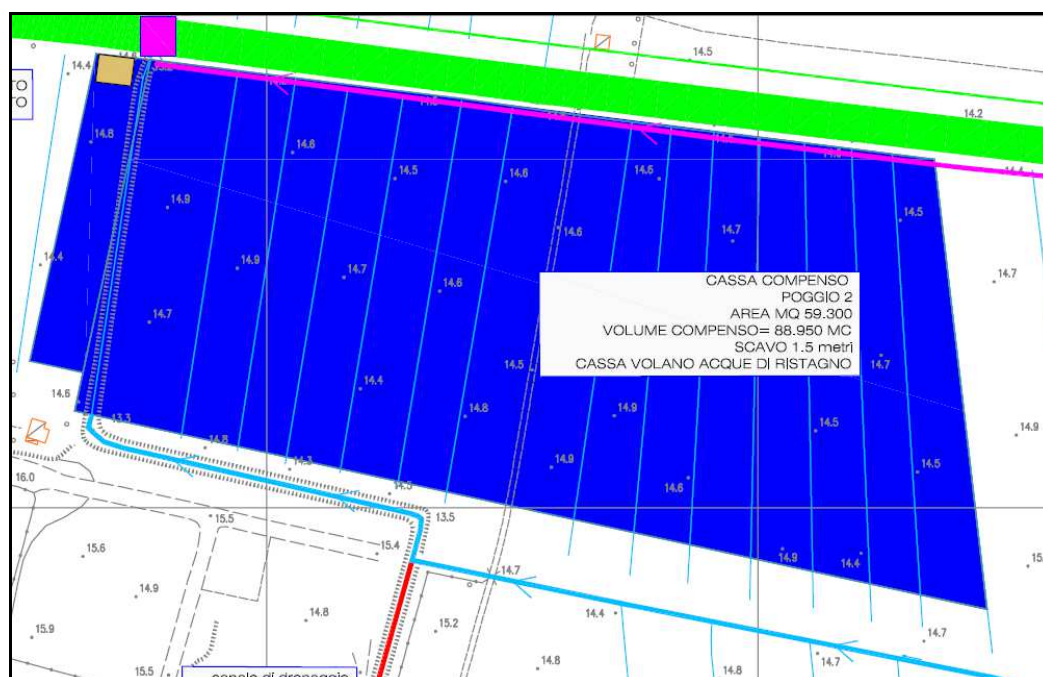
Strade mq. 7945

I battenti attesi , per $Tr=200$ anni , in quota assoluta pari a 16.2 m slm.

Il piano campagna, in questo comparto, è pari a circa 15.50 m slm .

I nuovi fabbricati (Sul 10600 mq + 1951 mq) dovranno essere posizionati ad una quota minima di circa 16.50 m slm.

Si dovrà operare un compenso di circa 8.800 mc : tale compenso potrà essere fatto abbassando le aree a verde previste (mq 6096) di circa 1.50 metri. In alternativa di potrà abbassare tali arre in maniera meno accentuata e recuperare il volume mancante nelle aree di compenso dell'area PA59.



Cassa di compenso Poggio 2

