

TITLE: Relazione Idrologica-idraulica

AVAILABLE LANGUAGE: IT

RELAZIONE IDRAULICA

Progetto di un impianto agrivoltaico della potenza complessiva di 103.314,00 kW_p con sistema di accumulo di capacità pari a 20 MW e relative opere di connessione alla rete.

Da realizzarsi nei Comuni di Foggia, Manfredonia (FG) e Zapponeta (FG)

File: FOM.ENG.REL.013.00_RELAZIONE IDRAULICA.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	07/02/2023	Emissione Definitiva	D.Sacchi	L.Spaccino A.Fata	V.Bretti

CLIENT VALIDATION

Name	Discipline	PE
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATE BY

CLIENT CODE

IMP.			GROUP.			TYPE			PROGR.			REV	
F	O	M	E	N	G	R	E	L	0	1	3	0	0

CLASSIFICATION For Information or For Validation

UTILIZATION SCOPE Basic Design

This document is property of Foggia Solar S.R.L. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Foggia Solar S.R.L.

Indice

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELLE AREE INTERESSATE DAL PROGETTO	3
3. PERIMETRAZIONE DELLE CANALETTE DI SCOLO SU IGM E RETICOLO IDROGRAFICO DELLA REGIONE PUGLIA 4	
4. PERIMETRAZIONE REALE DELLE CANALETTE DI SCOLO TRAMITE RILIEVO TOPOGRAFICO	12
5. PERIMETRAZIONE DEI NUOVI CANALI DI SCOLO	18
6. VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA	22
6.1. Premessa	22
6.1. Criteri progettuali adottati	22
6.2. Modello concettuale idrologico	24
6.3. Coefficiente di deflusso Ante - Operam	26
6.4. Coefficiente di deflusso Ante - Operam	30
6.5. Stima delle portate di progetto Ante - Operam e Post - Operam per il mantenimento di condizioni di Invarianza Idraulica	32
6.6. Individuazione dei bacini e sottobacini di progetto	33
6.7. Sottostazione	47
7. VERIFICA IDRAULICA DELLA RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE E DIMENSIONAMENTO	49
8. CONCLUSIONI	64

1. Premessa

La presente relazione specialistica è parte integrante dell'analisi idrologica effettuata e descritta all'interno dell'elaborato "FOM.ENG.REL.012_RELAZIONE IDROLOGICA".

In questa relazione vengono riportati i risultati relativi allo studio della compatibilità idraulica del progetto proposto da Foggia Solar S.r.l. per la realizzazione di un impianto agrivoltaico con sistema di accumulo denominato "Foggia-Manfredonia". Le aree interessate dal progetto ricadono nei Comuni di Foggia (FG), Manfredonia (FG) e Zapponeta (FG) in Provincia di Foggia. L'impianto, installato a terra, con potenza nominale massima pari a 100 MWAC ed integrato da un sistema di accumulo da 20 MW sarà collegato in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica a 380/150 kV della RTN di Manfredonia.

L'obiettivo dello studio idraulico è quello di verificare la compatibilità e sicurezza idraulica delle opere in progetto rispetto al territorio di inserimento, prevedendo interventi migliorativi volti a ridurre la formazione di aree allagabili a seguito di eventi alluvionali.

2. Inquadramento territoriale delle aree interessate dal progetto

L'area interessata dal progetto agrivoltaico denominato "Foggia-Manfredonia" ricade nei Comuni di Foggia (FG), Manfredonia (FG) e Zapponeta (FG) in Provincia di Foggia. Si riporta un inquadramento su base ortofoto della localizzazione del progetto rispetto i limiti comunali.

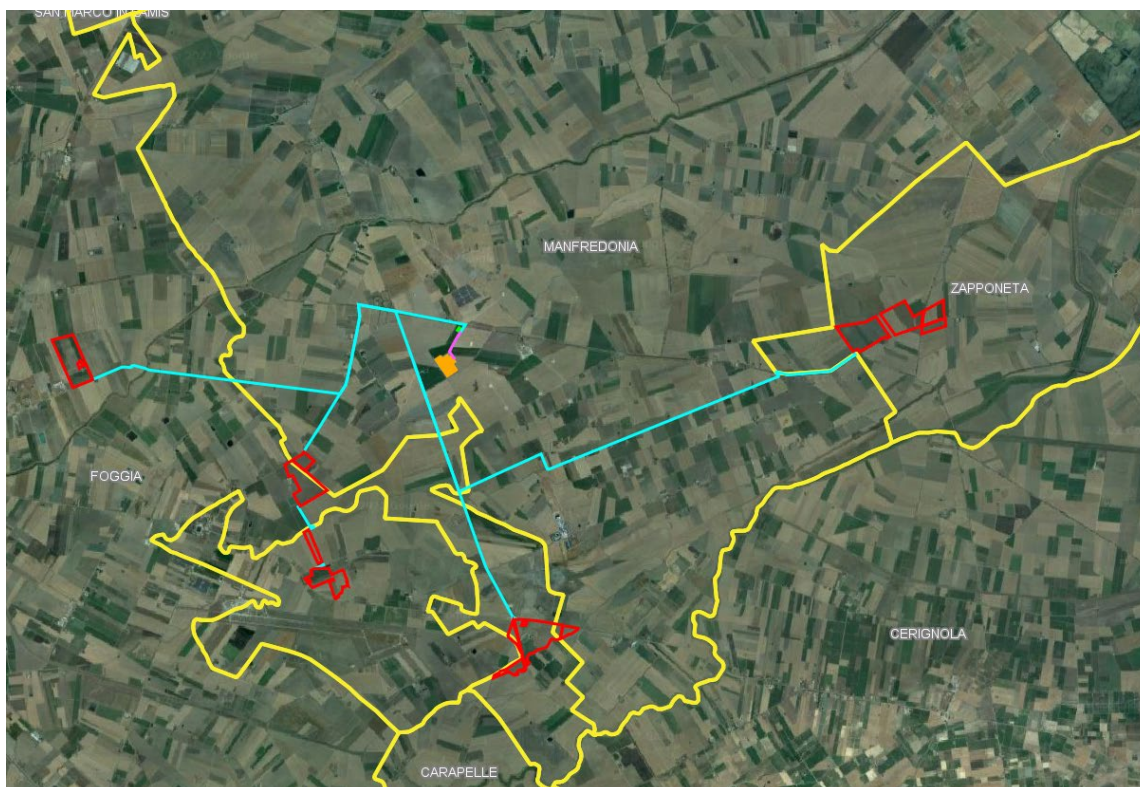


Figura 1 – Inquadramento dell'impianto Agrivoltaico Foggia-Manfredonia sui limiti comunali (in giallo). In rosso le aree di impianto, in ciano il cavidotto MT, in magenta il cavidotto AT, in verde la Sottostazione Utente 150/30 kV e in arancione, la Stazione Elettrica Manfredonia 380/150 kV

L'intera area di impianto risulta suddivisa in n.6 lotti, come evidenziato in Figura 2.



Figura 2 – Suddivisione dell'area di impianto in lotti indicati in rosso. In bianco, il numero identificativo per ogni lotto.

3. Perimetrazione delle canalette di scolo su IGM e Reticolo idrografico della Regione Puglia

I canali di scolo che interferiscono con l'area di impianto sono state individuate tramite cartografia IGM in scala 1: 25.000 (fonte WMS: http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/raster/IGM_25000.map) e il reticolo idrografico della Regione Puglia (Fonte: Sistema Informativo Territoriale della Regione Puglia). Si riportano di seguito degli inquadramenti di dettaglio su entrambe le cartografie.

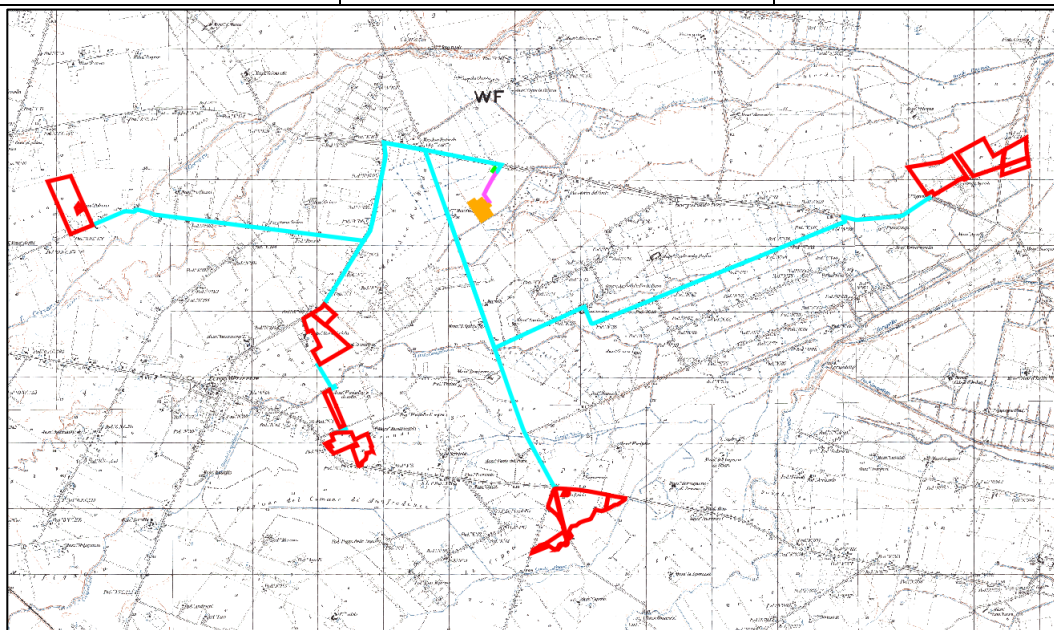


Figura 3 – Inquadramento su IGM dell’impianto agrivoltaico “Foggia-Manfredonia”. In rosso le aree di impianto, in ciano il cavidotto MT, in magenta il cavidotto AT, in verde la Sottostazione Utente 150/30 kV e in arancione la Stazione Elettrica Manfredonia 380/150 kV

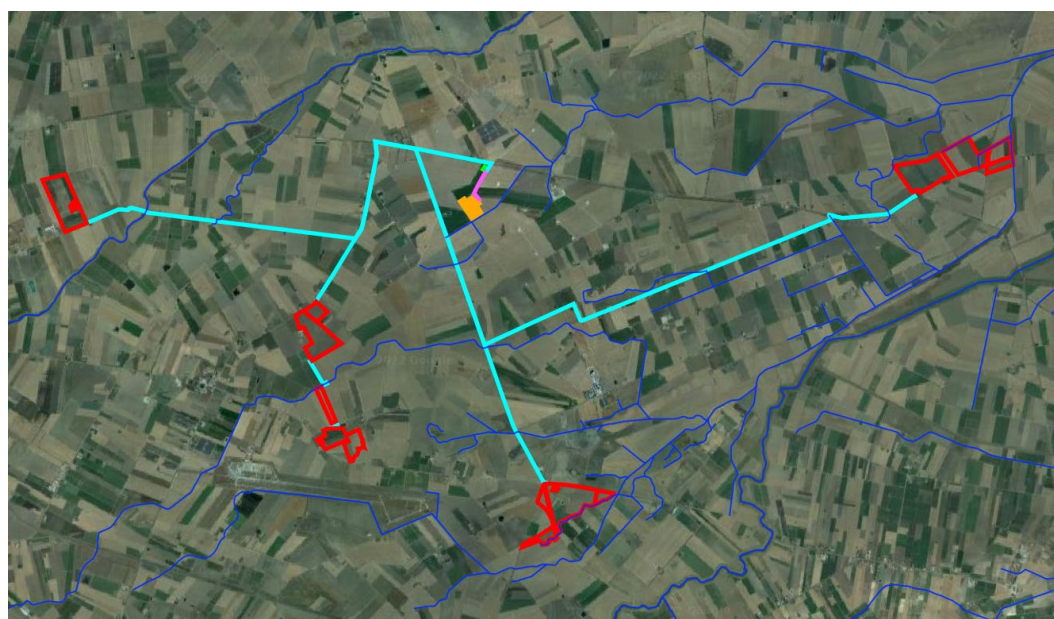


Figura 4 – Inquadramento dell’impianto agrivoltaico “Foggia-Manfredonia” su ortofoto e perimetrazioni del reticolo idrografico della Regione Puglia (in blu). In ciano il cavidotto MT, in magenta il cavidotto AT, in verde la Sottostazione Utente 150/30 kV e in arancione la Stazione Elettrica Manfredonia 380/150 kV

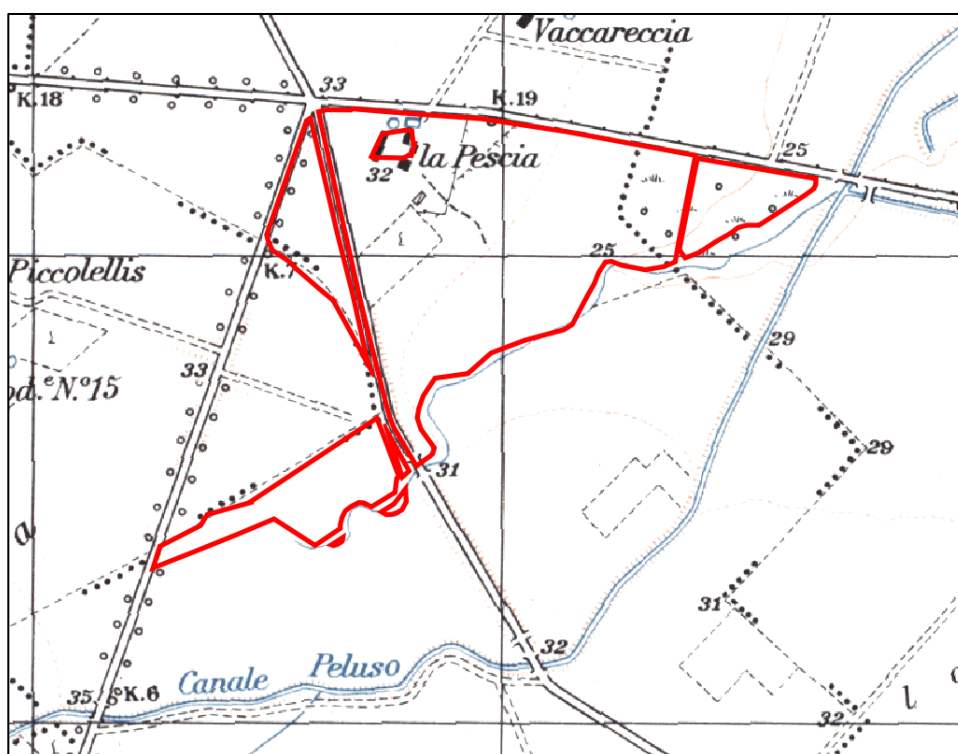
LOTTO 1

Figura 5 – Inquadramento di dettaglio su IGM del lotto 1 (in rosso)

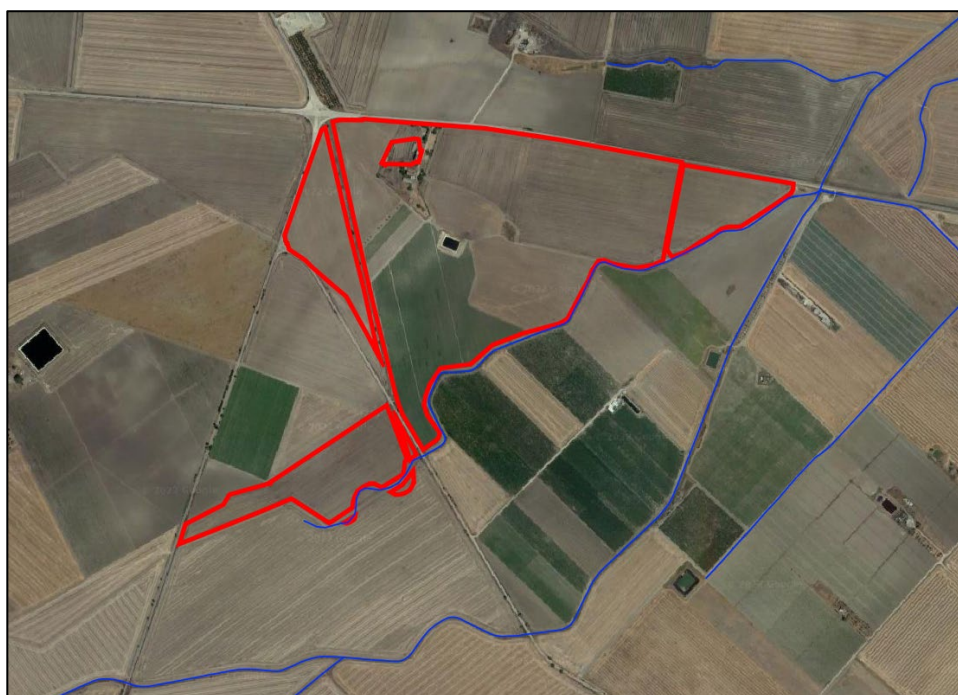


Figura 6 – Inquadramento di dettaglio del lotto 1 (in rosso) su ortofoto e perimetrazioni del reticolo idrografico della Regione Puglia (in blu)

Dalla Figura 5 si evince la presenza del “Canale Peluso” al di fuori dell’area di impianto in direzione sud. Mentre, l’area di impianto è lambita da un canale secondario. Gli stessi canali sono presenti nella Figura 6, dalla quale si può notare la presenza di una vasca di accumulo delle acque meteoriche interna all’area di

impianto.

LOTTO 2

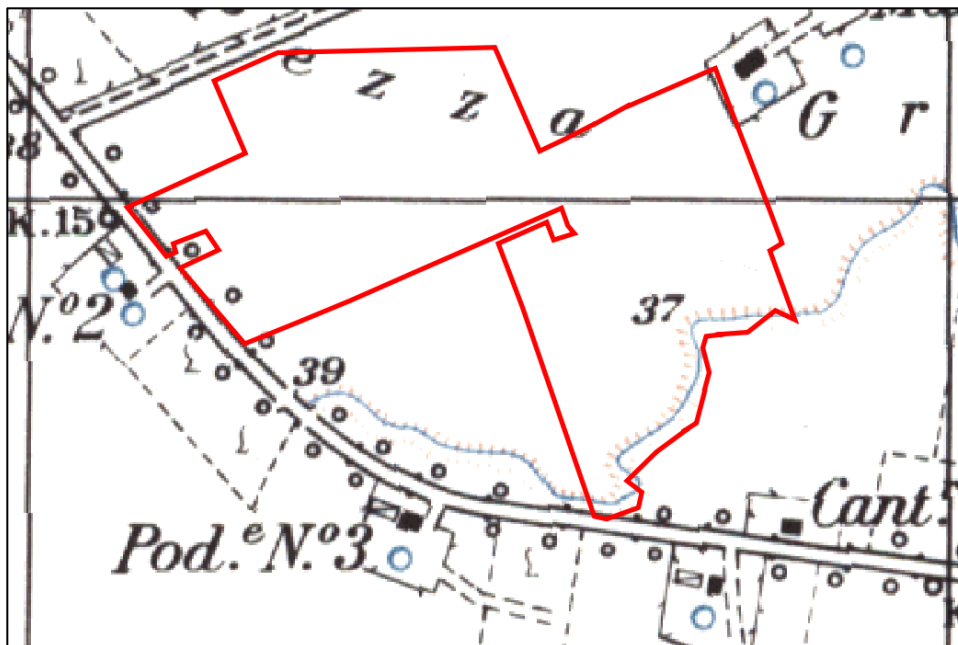


Figura 7 – Inquadramento su IGM del lotto 2 (in rosso)



Figura 8 – Inquadramento di dettaglio del lotto 2 (in rosso) su ortofoto e perimetrazioni del reticolo idrografico della Regione Puglia (in blu).

In Figura 7 dall'inquadramento IGM 25:000 è riportata la perimetrazione di un canale che taglia il limite sud – est dell'area di impianto. Tuttavia, nella Figura 8 non si ha evidenza di alcun canale idrico in corrispondenza o in prossimità del lotto 2. Inoltre, al di fuori dell'area del lotto 2 in direzione nord – est è presente una vasca di accumulo delle acque meteoriche.

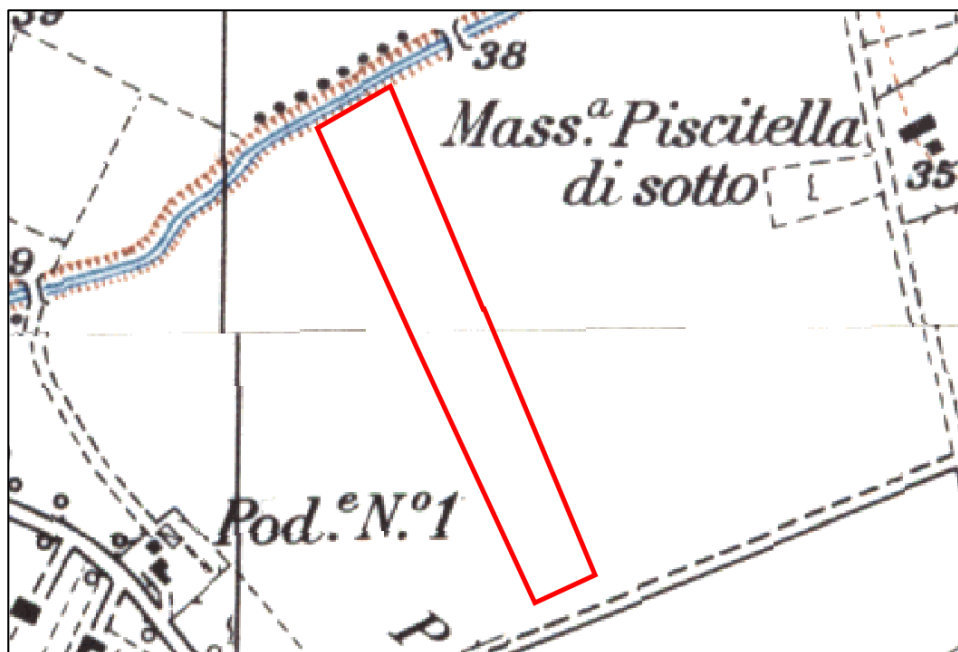
LOTTO 3

Figura 9 – Inquadramento su IGM del lotto 3 (in rosso)



Figura 10 – Inquadramento di dettaglio del lotto 3 (in rosso) su ortofoto e perimetrazioni del reticolo idrografico della Regione Puglia (in blu).

Nella Figura 9 e Figura 10 è presente un canale denominato “Canale Carapelluzzo” da IGM, che lambisce il limite nord del lotto 3. In direzione sud – est è presente una vasca di accumulo delle acque meteoriche.

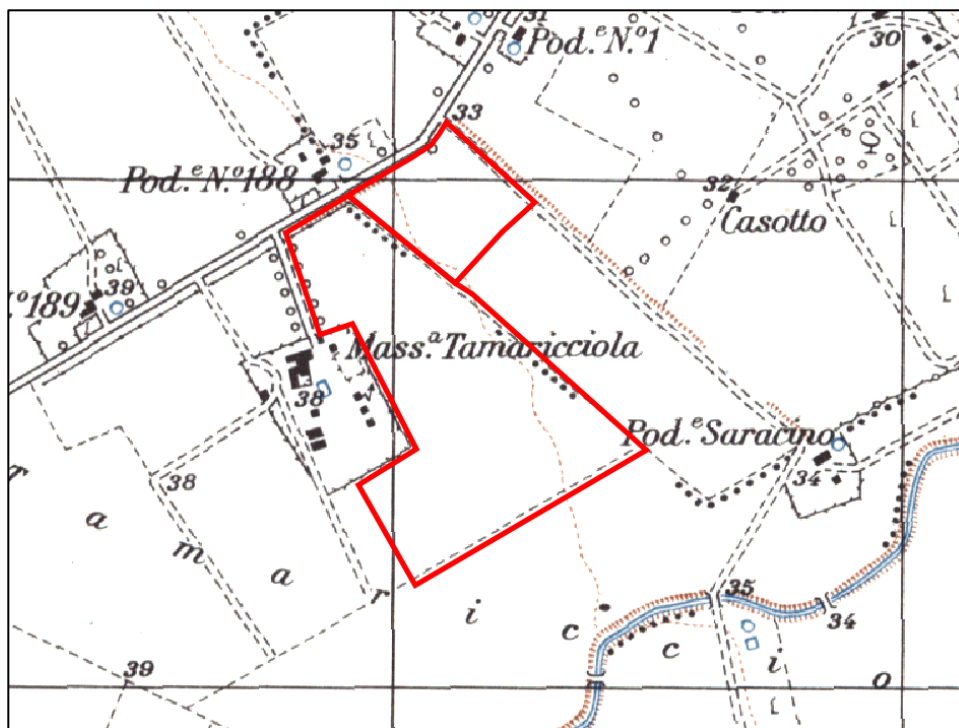
LOTTO 4

Figura 11 – Inquadramento su IGM del lotto 4 (in rosso)



Figura 12 – Inquadramento di dettaglio del lotto 4 (in rosso) su ortofoto e perimetrazioni del reticolo idrografico della Regione Puglia (in blu).

Nella Figura 11, al di fuori dell'area del lotto 4 in direzione sud – est, è presente il “Canale Carapelluzzo”. Invece, in Figura 12 si evince la presenza di una vasca di accumulo delle acque meteoriche in prossimità del limite sud – ovest del lotto 4.

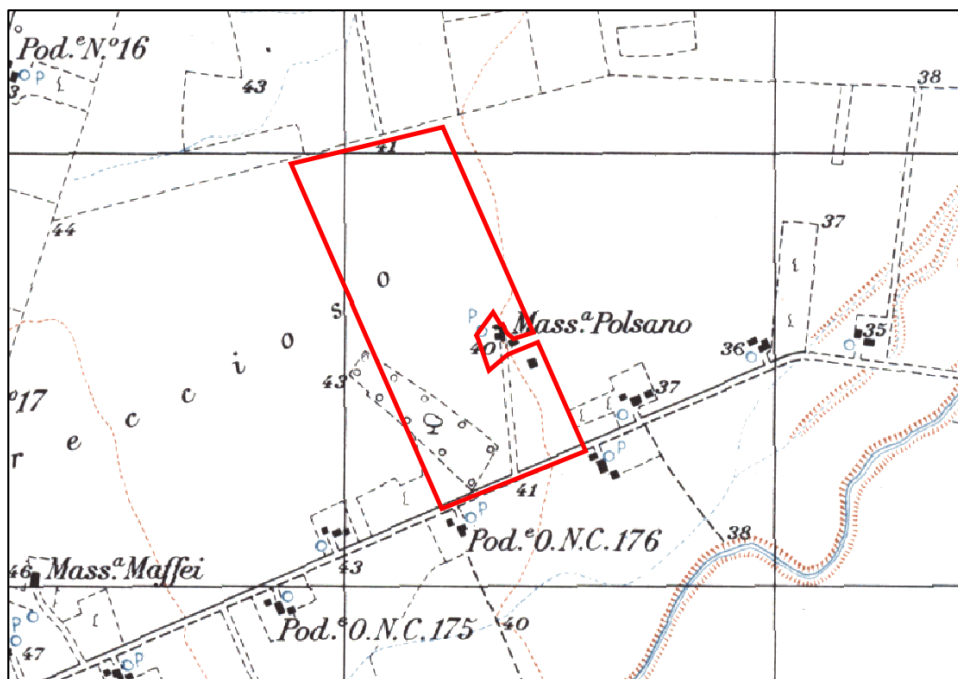
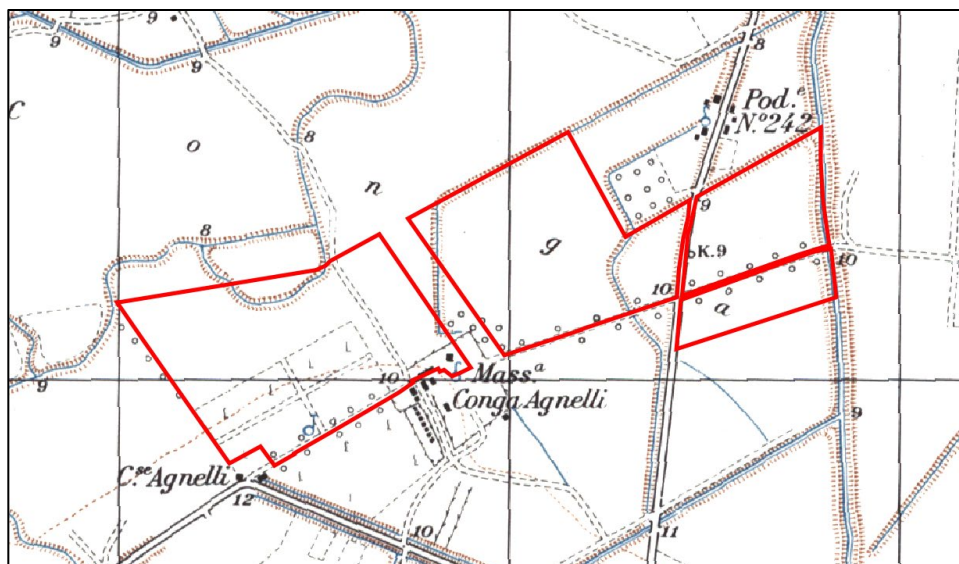
LOTTO 5

Figura 13 – Inquadramento su IGM del lotto 5 (in rosso)



Figura 14 – Inquadramento di dettaglio del lotto 5 (in rosso) su ortofoto e perimetrazioni del reticolo idrografico della Regione Puglia (in blu).

Nella Figura 13, al di fuori del lotto 5 in direzione sud – est, è presente il “Torrente Cervaro”. Mentre, in Figura 14 è possibile notare vasche di accumulo di acque meteoriche all’interno dell’area di impianto e in prossimità del limite sud – est.

LOTTO 6**Figura 15 – Inquadramento su IGM del lotto 6 (in rosso)****Figura 16 – Inquadramento di dettaglio del lotto 6 (in rosso) su ortofoto e perimetrazioni del reticolo idrografico della Regione Puglia (in blu).**

In Figura 15 è possibile notare la presenza del “Canale Peluso” che lambisce il limite est del lotto 6. Inoltre, sono presenti diversi canali sia all’interno che in prossimità dell’area di impianto. Si noti come alcuni canali riportati nell’inquadramento IGM non sono presenti in Figura 16 e dunque non identificati dal reticolo idrografico della Regione Puglia.

4. Perimetrazione reale delle canalette di scolo tramite rilievo topografico

Nel mese di dicembre 2022 è stato effettuato un sopralluogo nelle aree interessate dal progetto agrivoltaico “Foggia-Manfredonia” al fine di verificare la correttezza delle perimetrazioni delle linee di impluvio da cartografia IGM 1:25.000 e Reticolo idrografico della Regione Puglia, nonché determinare le dimensioni attuali dei canali di scolo esistenti.

Si precisa che le perimetrazioni dei canali di scolo rilevate in sito corrispondono grossomodo alle perimetrazioni del Reticolo idrografico della Regione Puglia, riportate nel paragrafo 3. Le uniche differenze sono dovute a lievi difformità nel percorso o la sparizione dei canali a causa delle attività agricole condotte negli anni nei terreni interessati dal progetto. Per tale motivo, sarà necessario riprofilare i canali esistenti ed aprirne di nuovi per avere una corretta regimazione, raccolta e smaltimento delle acque meteoriche interne alle aree interessate dal progetto.

Negli inquadramenti successivi si riportano le perimetrazioni dei canali di scolo esistenti e relative dimensioni rilevate in sito su ortofoto e curve di livello con risoluzione di 25 cm ottenute dal rilievo topografico effettuato nelle aree in esame.

Tutte le sezioni trasversali rilevate in sito hanno forma pseudo-trapezoidale.

Nelle tabelle successive relative alle grandezze dimensionali dei canali vengono indicate nel modo seguente:

- **H (m)**: profondità della canaletta espressa in metri;
- **b (m)**: larghezza del fondo dell'alveo espressa in metri;
- **B (m)**: Base maggiore della sezione trasversale dell'alveo espressa in metri

LOTTO 1

Nella Figura 17 si riportano i punti di campionamento in corrispondenza dei quali sono state rilevate le dimensioni delle sezioni trasversali dei canali di scolo all'interno o in prossimità del Lotto 1.

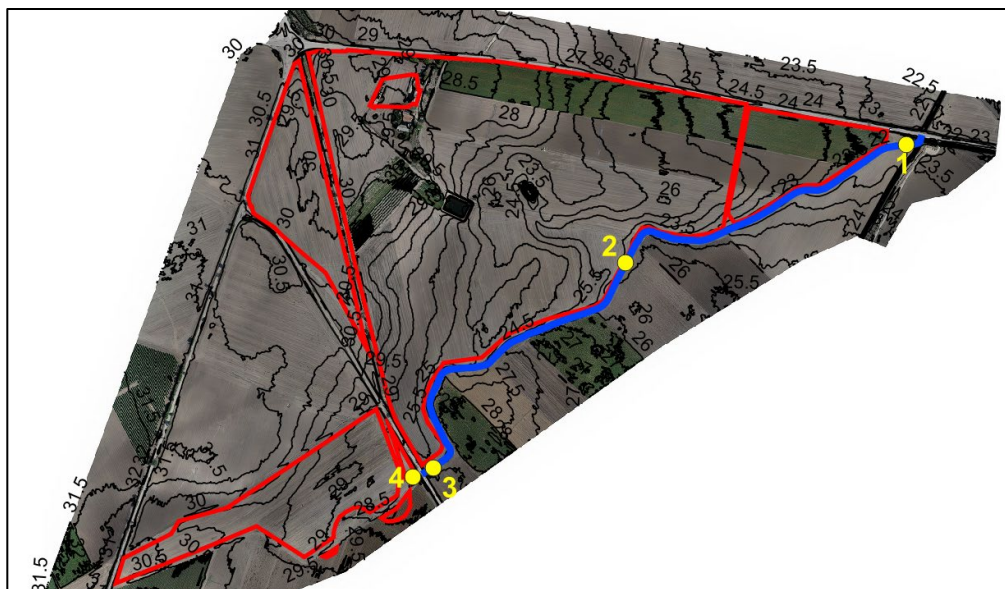


Figura 17 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In nero le curve di livello con risoluzione di 25 cm e in giallo i punti in cui sono state rilevate le dimensioni dei canali. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 1

SEZIONE 1			SEZIONE 2		
H (m)	b (m)	B (m)	H (m)	b (m)	B (m)
2	1.5	7	1.7	1.0	5.5
SEZIONE 3			SEZIONE 4		
H (m)	b (m)	B (m)	Canale non esistente		
1.8	1.0	5			

Tabella 1 - Dimensioni rilevate in sito – Lotto 1

LOTTO 2

Nel lotto 2, come si evince dalla Figura 18, non sono presenti canali di scolo. Pertanto, si riporta un inquadramento dell'area di impianto su curve di livello a risoluzione 25 cm e ortofoto di dettaglio. Si rimanda al paragrafo 5 per dettagli in merito alla realizzazione di nuovi canali per la regimazione delle acque meteoriche in sito.

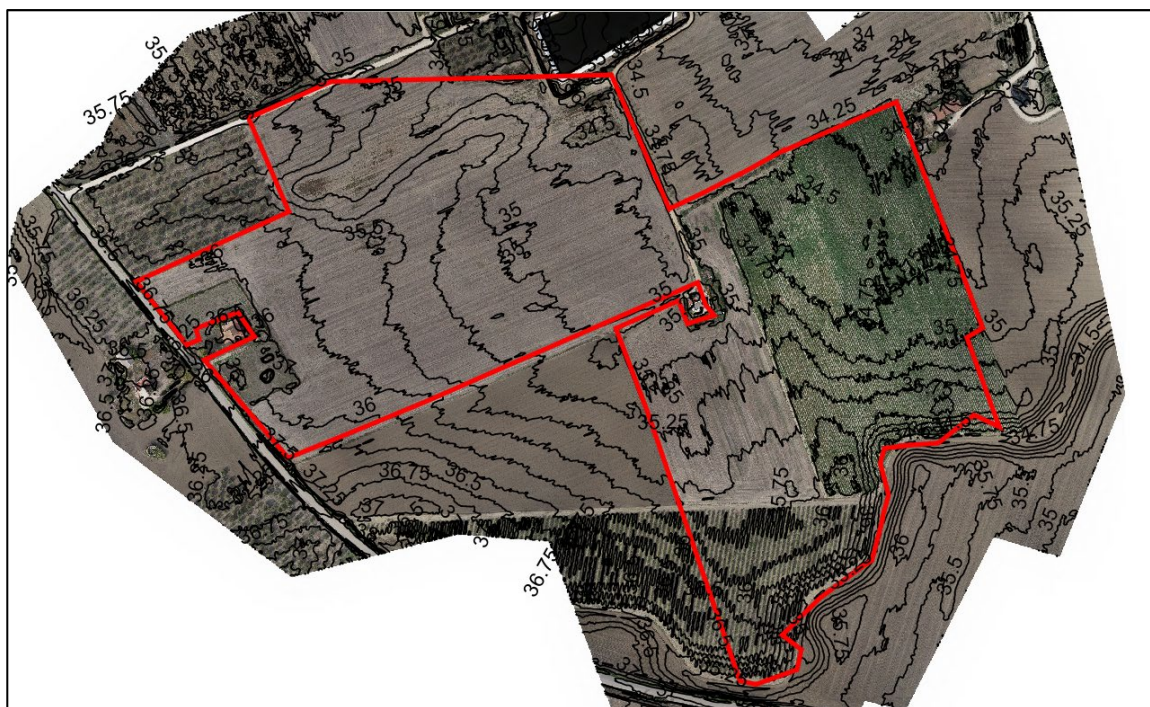


Figura 18 - Inquadramento dei limiti del Lotto 2 (in rosso) su ortofoto e curve di livello con risoluzione a 25 cm rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 2

LOTTO 3

Nella Figura 19 si riportano i punti di campionamento in corrispondenza dei quali sono state rilevate le dimensioni delle sezioni trasversali dei canali di scolo all'interno o in prossimità del Lotto 3.

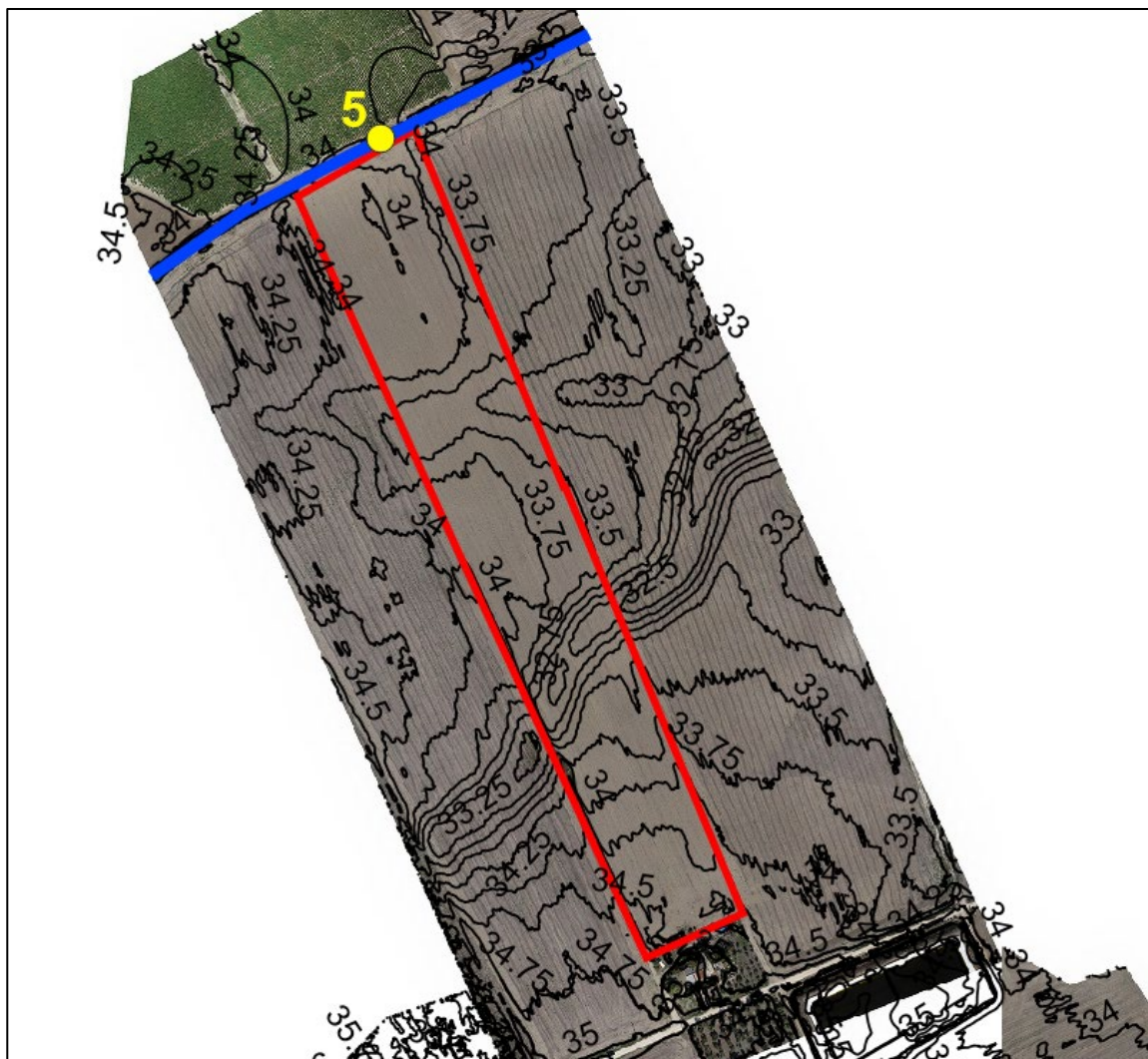


Figura 19 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In giallo, i punti in cui sono state rilevate le dimensioni dei canali. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 3

SEZIONE 5		
H (m)	b (m)	B (m)
1.5	2.5	3

Tabella 2 - Dimensioni rilevate in sito – Lotto 3

LOTTO 4

Nel lotto 4, come si evince dalla Figura 20, non sono presenti canali di scolo. Pertanto, si riporta un inquadramento dell'area di impianto su curve di livello a risoluzione 25 cm e ortofoto di dettaglio. Si rimanda al paragrafo 5 per dettagli in merito alla realizzazione di nuovi canali per la regimazione delle acque meteoriche in sito.



Figura 20 - Inquadramento dei limiti del Lotto 4 (in rosso) su ortofoto e curve di livello con risoluzione a 25 cm rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 4

LOTTO 5

Nel lotto 5, come si evince dalla Figura 21, non sono presenti canali di scolo. Pertanto, si riporta un inquadramento dell'area di impianto su curve di livello a risoluzione 25 cm e ortofoto di dettaglio. Si rimanda al paragrafo 5 per dettagli in merito alla realizzazione di nuovi canali per la regimazione delle acque meteoriche in sito.

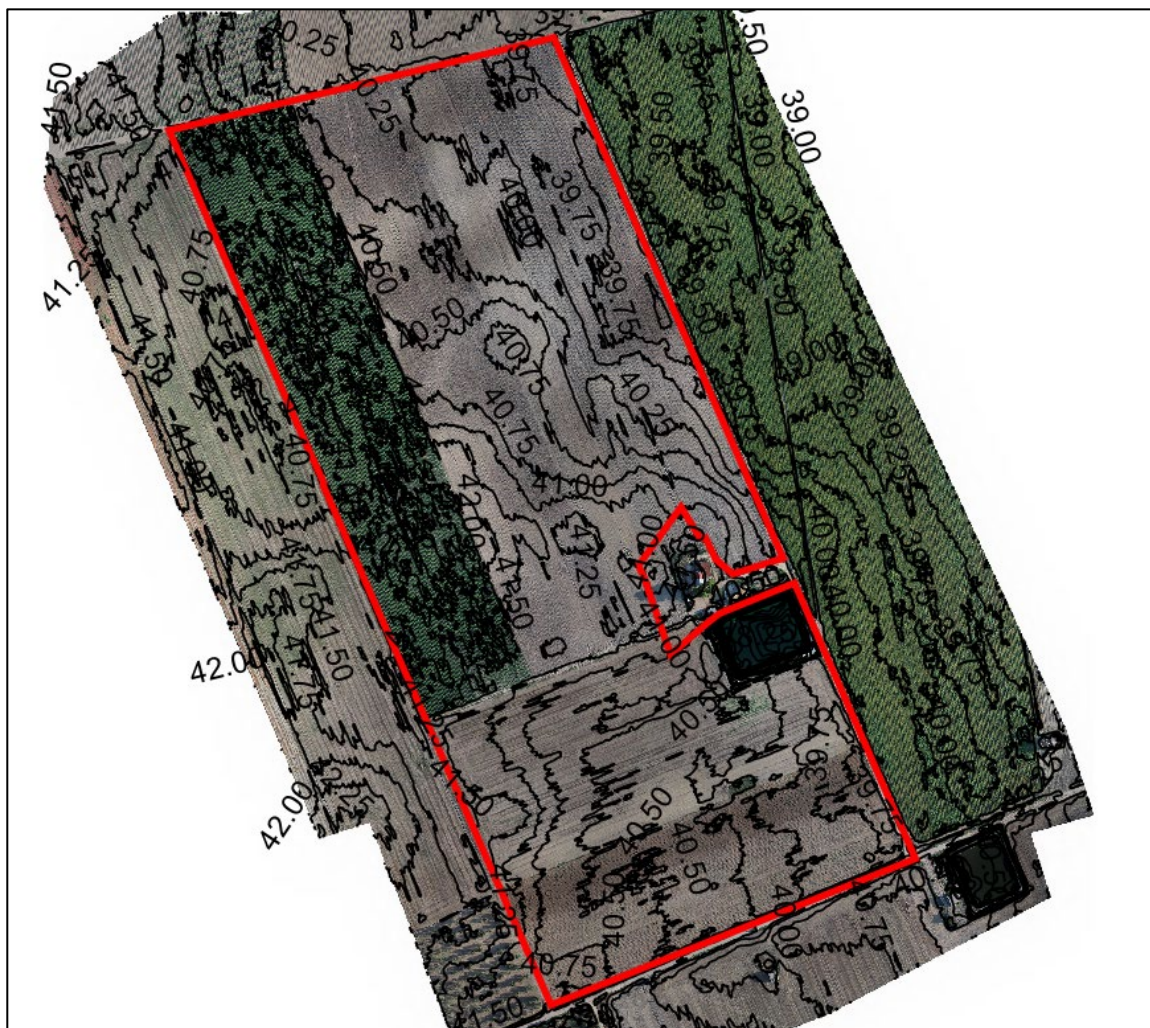


Figura 21 - Inquadramento dei limiti del Lotto 5 (in rosso) su ortofoto e curve di livello con risoluzione a 25 cm rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 5

LOTTO 6

Nella Figura 22 si riportano i punti di campionamento in corrispondenza dei quali sono state rilevate le dimensioni delle sezioni trasversali dei canali di scolo all'interno o in prossimità del Lotto 6.

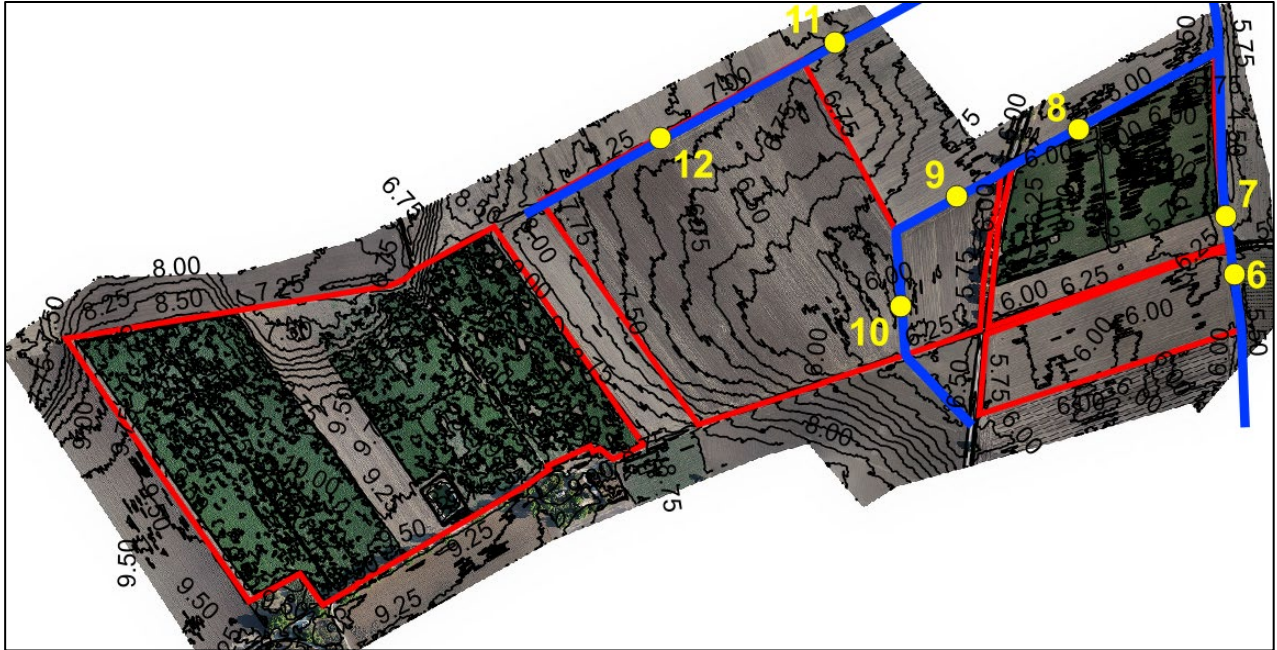


Figura 22 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In giallo, i punti in cui sono state rilevate le dimensioni dei canali. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 6

SEZIONE 6			SEZIONE 7		
H (m)	b (m)	B (m)	H (m)	b (m)	B (m)
2.5	1.5	7	2.5	1.5	7
SEZIONE 8			SEZIONE 9		
H (m)	b (m)	B (m)	H (m)	b (m)	B (m)
1.5	1	5	1.5	1	5
SEZIONE 10			SEZIONE 11		
H (m)	b (m)	B (m)	H (m)	b (m)	B (m)
1.5	0.5	3	1.8	1	4
SEZIONE 12					
H (m)	b (m)	B (m)			
1.5	0.5	3			

Tabella 3 - Dimensioni rilevate in sito – Lotto 6

5. Perimetrazione dei nuovi canali di scolo

I canali di scolo attualmente presenti in sito non garantiscono una corretta regimazione delle acque meteoriche. Pertanto, saranno realizzati nuovi canali di scolo al fine di realizzare una rete di drenaggio per garantire un adeguato convogliamento e smaltimento delle acque meteoriche nelle aree di interesse.

I nuovi canali saranno realizzati in corrispondenza di percorsi preferenziali di scorrimento delle acque meteoriche e tali da convogliare tutte le acque di scorrimento superficiale nelle aree interessate dall'impianto agrivoltaico "Foggia-Manfredonia" sulla base del rilievo topografico e DTM.

Si precisa che i nuovi canali saranno tali da convogliare acque non regimate e facilitarne l'arrivo verso i canali già esistenti. Pertanto, intercetteranno tutte le acque di scorrimento superficiali presenti nelle aree interessate dal progetto e in parte anche quelle che derivano dai terreni limitrofi, in funzione degli sbarramenti idraulici presenti. Infatti, nella determinazione dei bacini e sottobacini di progetto, per la quale si rimanda al Paragrafo 6.6, sono state considerate le strade perimetrali, in rilevato rispetto le aree interessate dal progetto, come sbarramenti idraulici per le acque, tale da rendere idraulicamente indipendenti le aree di progetto rispetto i terreni limitrofi, convogliando le acque di scorrimento superficiali esclusivamente nei canali oggetto di studio. Per il dimensionamento dettagliato di opere di collettamento minori quali griglie, tombini sotto strada, canalette di scolo lungo le strade di progetto, si rimanda ad una fase esecutiva e uno studio dettagliato a scale minori.

Durante la fase realizzativa dell'impianto agrivoltaico saranno eseguite operazioni di regolarizzazione del terreno in modo da favorire lo scorrimento delle acque meteoriche verso i canali dimensionati.

Si riportano di seguito inquadramenti per ogni lotto delle perimetrazioni dei canali esistenti e dei canali di nuova realizzazione.

LOTTO 1

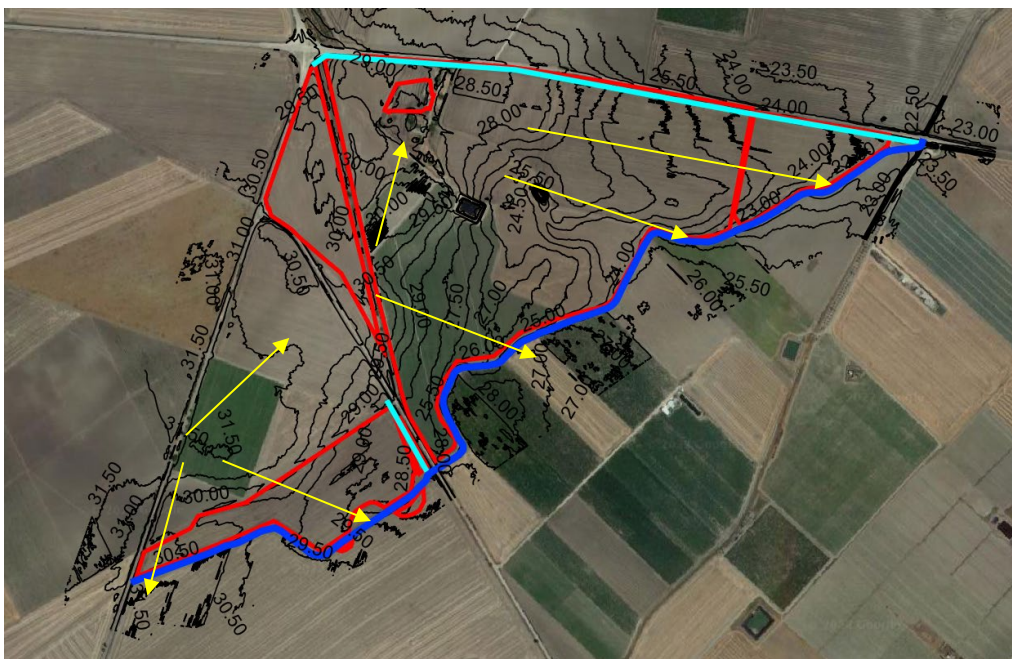


Figura 23 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo esistenti (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In ciano, le perimetrazioni dei canali da realizzare ex-novo. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In giallo, le direzioni principali di deflusso.

In rosso, l'area di impianto - LOTTO 1

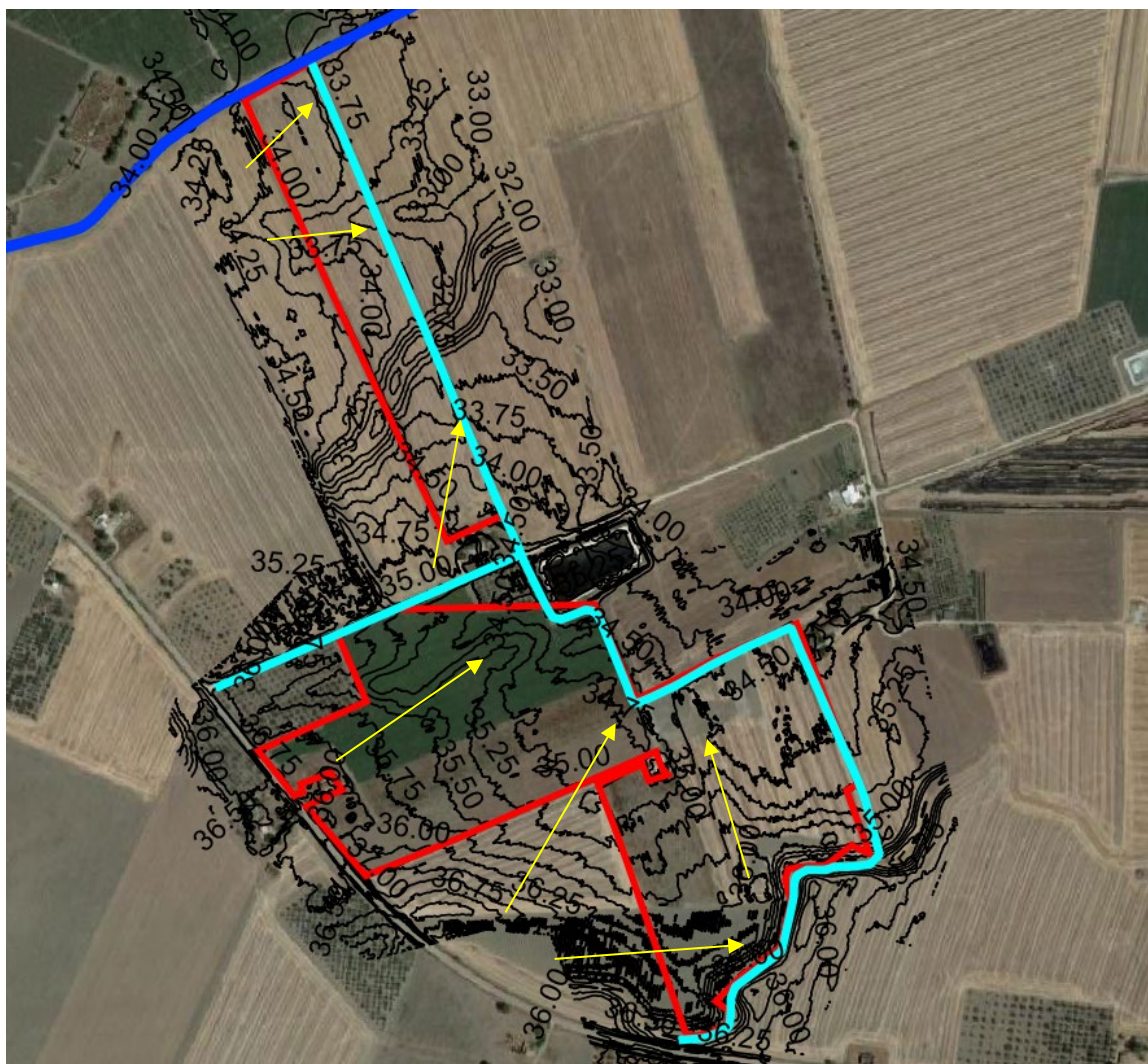
LOTTO 2 e 3

Figura 24 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo esistenti (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In ciano, le perimetrazioni dei canali da realizzare ex-novo. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In giallo, le direzioni principali di deflusso. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 2 e 3

LOTTO 4

Figura 25 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo esistenti (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In ciano, le perimetrazioni dei canali da realizzare ex-novo. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In giallo, le direzioni principali di deflusso.

In rosso, l'area di impianto - LOTTO 4

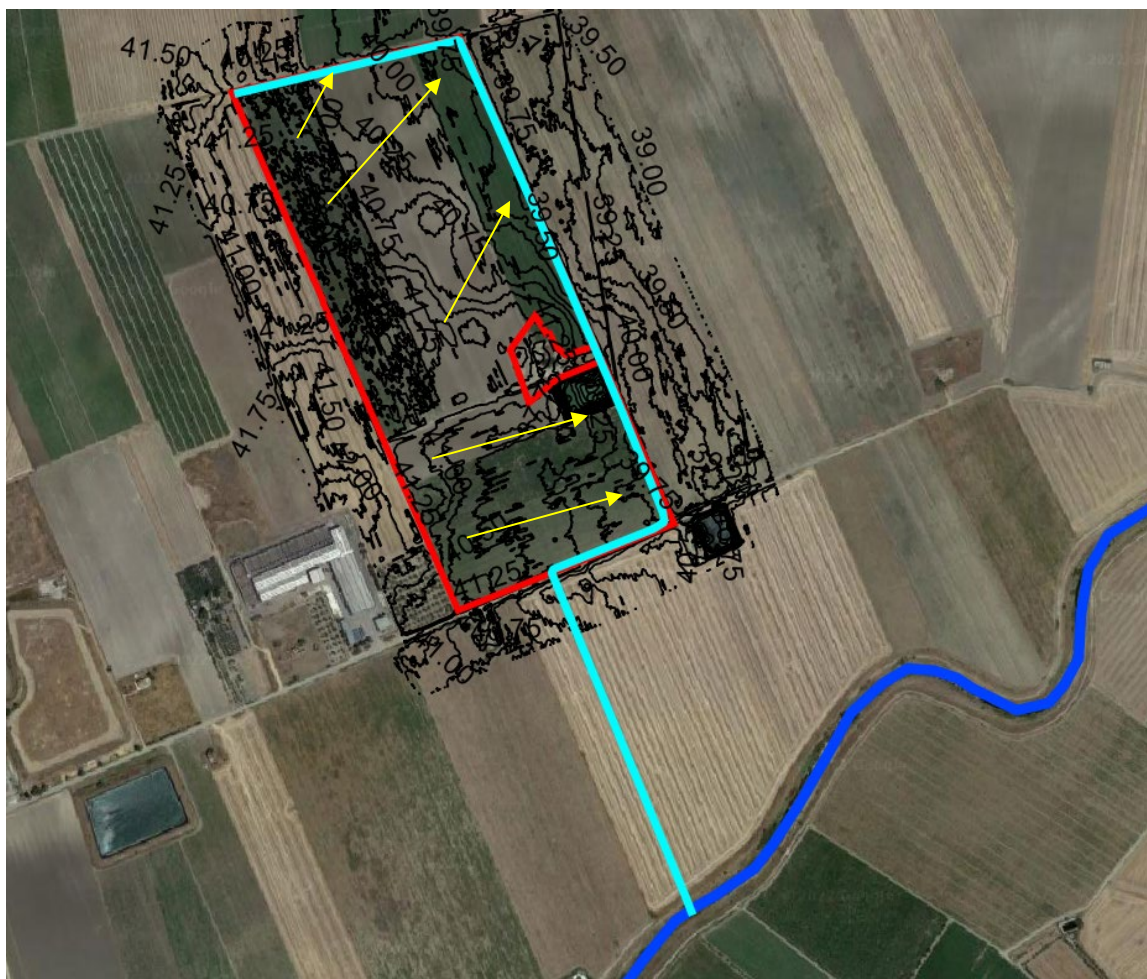
LOTTO 5

Figura 26 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo esistenti (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In ciano, le perimetrazioni dei canali da realizzare ex-novo. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In giallo, le direzioni principali di deflusso. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 5

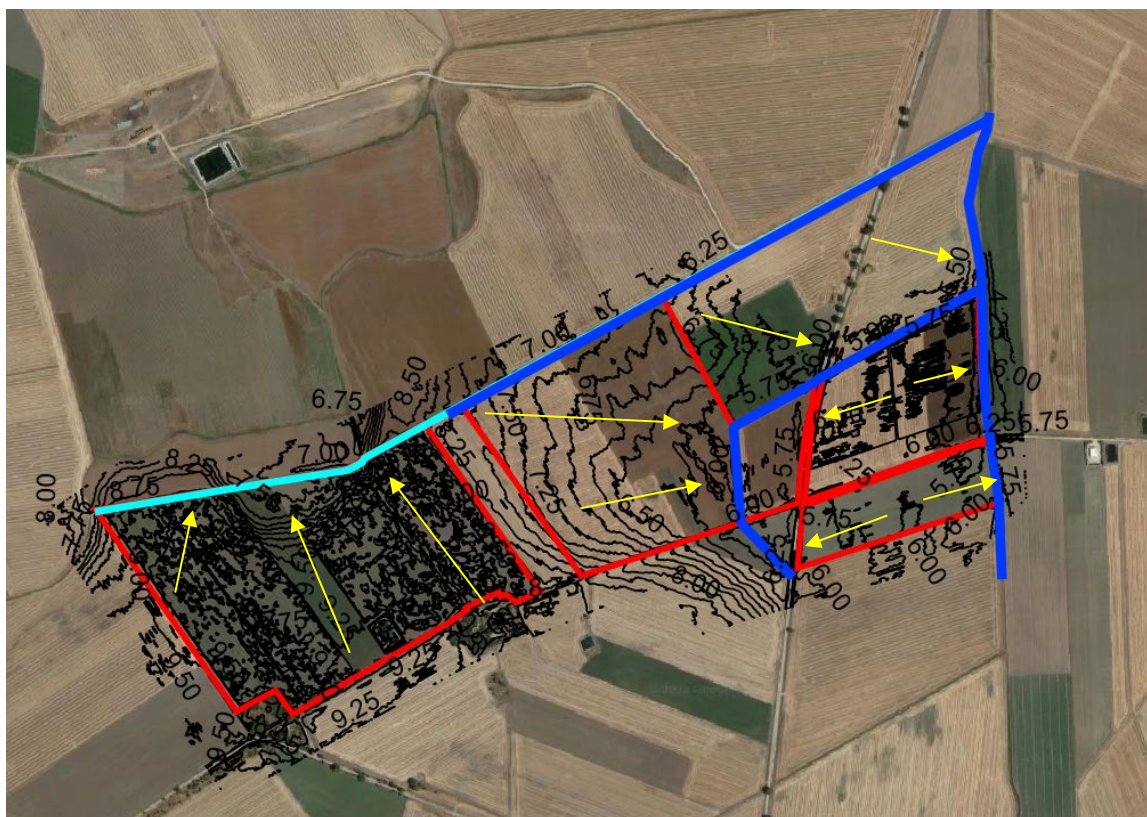
LOTTO 6

Figura 27 - Inquadramento su ortofoto delle perimetrazioni dei canali di scolo esistenti (in blu) rilevate in sito nel mese di dicembre 2022. In ciano, le perimetrazioni dei canali da realizzare ex-novo. In nero, le curve di livello con risoluzione di 25 cm. In giallo, le direzioni principali di deflusso. In rosso, l'area di impianto - LOTTO 6

6. Verifica dell'invarianza idraulica

6.1. Premessa

Al fine di garantire l'invarianza idraulica nei canali recettori attorno le aree interessate dal progetto è stato effettuato uno studio di verifica dell'invarianza idraulica che comporta una maggiorazione nel coefficiente di deflusso delle acque tale da avere un sovradimensionamento dei canali da realizzare ex-novo e dei canali esistenti. In questo modo, i canali rappresenteranno un volume di invaso tale da contenere le acque di ruscellamento superficiale che si generano nei lotti di impianto, mantenendo invariata la portata in ingresso nei canali recettori, che hanno dimensioni tali da drenare già tutte le acque provenienti dai terreni prospicienti.

6.1. Criteri progettuali adottati

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.

Per un'area di nuovo intervento è necessario verificare che le opere proposte non aggravino l'esistente livello di rischio idraulico né pregiudichino la possibilità di una futura riduzione di tale livello. In pratica è necessario

verificare che, modificando le caratteristiche e l'uso del suolo, sia verificata la compatibilità dei deflussi con i corpi recettori.

Nel rispetto degli obiettivi dell'invarianza idraulica, quindi, a chi effettua trasformazioni di uso del suolo viene imposto l'onere di realizzare azioni compensative al fine di mantenere inalterata la capacità di un bacino di regolare le piene.

A tal proposito, la realizzazione di un impianto agrivoltaico non comporta opere di impermeabilizzazioni di aree in vasta scala.

Infatti, le strutture tracker saranno posizionate su pali infissi nel terreno ed elevate mediamente di circa 3 m e distanziate di 10.5 m rispetto l'asse centrale. Si riporta a titolo esplicativo un tipologico delle strutture tracker estratto dagli elaborati "FOM.ENG.TAV.036_DISEGNI DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO E DELLE OPERE DI FONDAZIONE_TRACKER 2x30" e "FOM.ENG.TAV.036_DISEGNI DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO E DELLE OPERE DI FONDAZIONE_TRACKER 2x15"

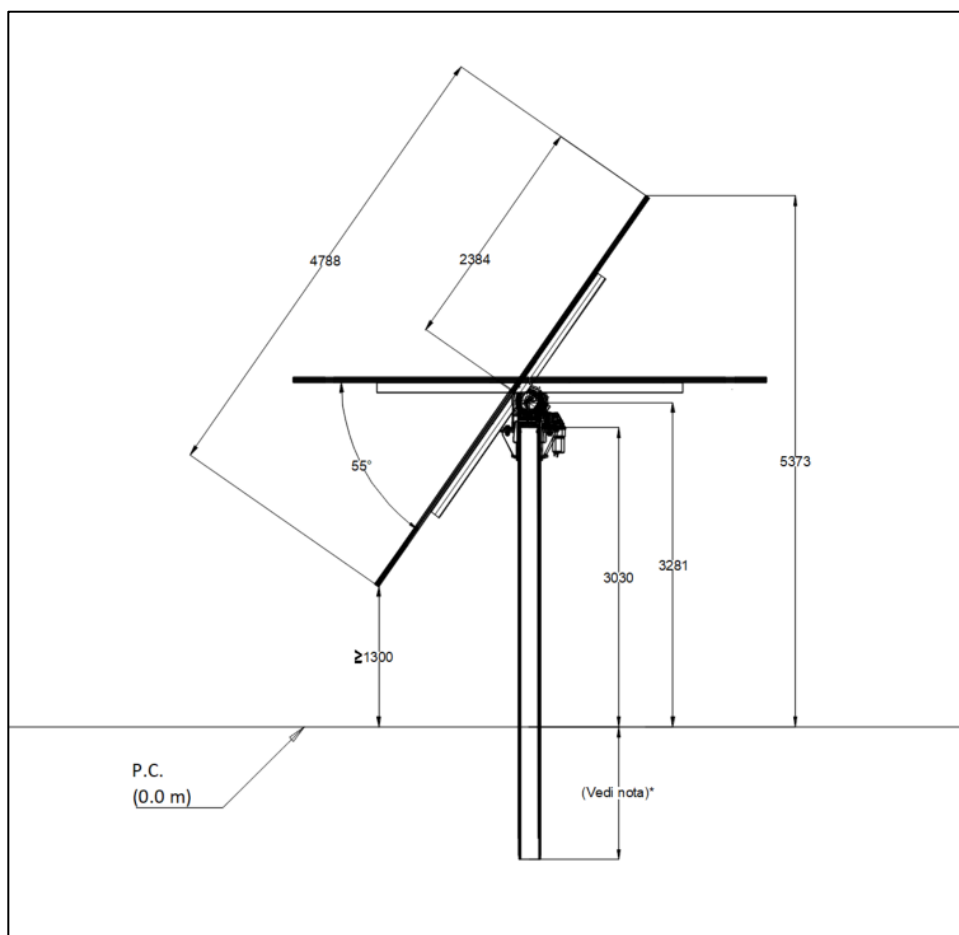


Figura 28 - Tipologico strutture tracker

Per strutture tracker si intende strutture fotovoltaiche mobili dotate di un sistema di inseguimento solare e tali che la proiezione in pianta sul terreno non sarà fissa, ma varierà in funzione dell'angolo di rotazione.

La porzione di terreno al di sotto delle strutture fotovoltaiche manterrà le caratteristiche del terreno nella condizione Ante - Operam, per le quali si rimanda al paragrafo 6.3, mentre il terreno presente tra una struttura e la successiva sarà interessato da attività agricole come coltivazioni di colture foraggere. Maggiori dettagli

in merito sono presenti nell'elaborato "FOM.ENG.REL.024_RELAZIONE PEDO-AGRONOMICA" allegata in prima istanza.

I cabinati elettrici saranno posizionati su platee di fondazioni che occuperanno una porzione di terreno trascurabile rispetto la totalità dell'area interessata dall'impianto agrivoltaico. Si specifica che le platee saranno tali da rendere la superficie impermeabile per la sola estensione della platea stessa, ma in fase esecutiva saranno progettate griglie o opere di canalizzazione delle acque superficiali tali da impedire formazioni di aree allagabili e garantire un corretto deflusso delle acque meteoriche.

Le strade di progetto saranno realizzate in materiale granulare tale da mantenere inalterate la attuale capacità drenante del terreno e saranno in rilevato rispetto le aree di installazione delle strutture tracker.

Pertanto, la capacità di infiltrazione delle acque piovane nel terreno subirà modifiche trascurabili a seguito della realizzazione dell'impianto agrivoltaico.

Tutti i coefficienti di permeabilità relativi alle opere di progetto saranno dettagliati in fase esecutiva a seguito della scelta dei materiali da impiegare per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico e in funzione della disponibilità degli stessi.

Per ogni dettaglio in merito ai valori di permeabilità del terreno si rimanda agli elaborati: "FOM.ENG.REL.010_RELAZIONE GEOLOGICA" e "FOM.ENG.REL.011_RELAZIONE GEOTECNICA".

6.2. Modello concettuale idrologico

Per verificare che sussistano condizioni di invarianza idraulica, in assenza di una metodologia unica per gli impianti agrivoltaici, è stata condotta una valutazione secondo un modello idrologico concettuale che simula la risposta idrologica dei parchi solari, prendendo a riferimento lo studio descritto nel saggio scientifico "Hydrologic response of solar farm" del 2013 di Cook, Lauren, Richard (rif. Cook, L. M., & McCuen, R. H. (2013). Hydrologic response of solar farms. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(5), 536-541).

Questo modello consente di valutare arealmente l'impatto causato dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico sulla capacità di infiltrazione delle acque di ruscellamento superficiale nelle aree interessate dall'intervento.

Il modello schematizza l'impianto come composto da un'area destinata all'installazione delle strutture fotovoltaiche e un'area di separazione delle strutture fotovoltaiche denominata "area interfila" (Spacer section). La prima ha una capacità di infiltrazione che viene influenzata dall'installazione delle strutture fotovoltaiche, mentre la seconda non subisce alterazioni. Si tiene a sottolineare che, nel caso specifico trattandosi di un impianto agrivoltaico, l'area interfila continuerà ad essere interessata da attività agricole di coltivazione e raccolta di piante autoctone e/o storicizzate.

Il modello schematizza l'area destinata all'installazione delle strutture fotovoltaiche come composta da una "sezione bagnata" (Wet section) che non subisce modificazioni ed è collegata alla precedente area interfila (Spacer section) attraverso la "sezione asciutta" (Dry section) per la quale si assume a scopo cautelativo un coefficiente di deflusso pari ad 1, ovvero si considera la superficie completamente impermeabile. Si riporta di seguito lo schema del modello concettuale idrologico appena discusso.

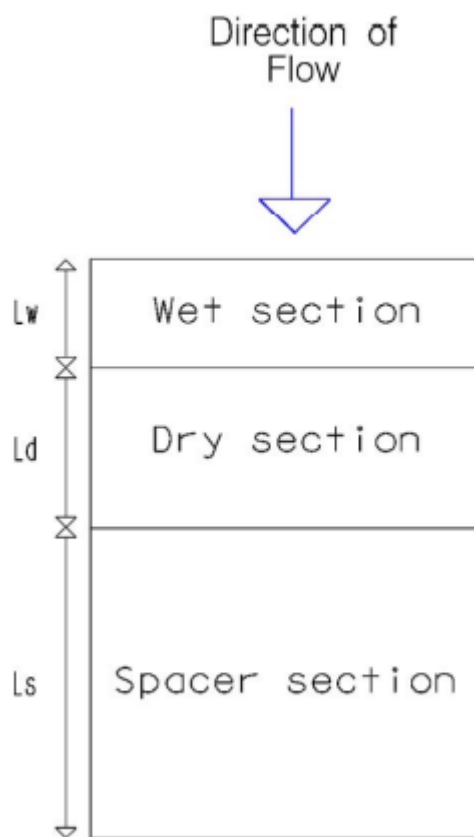


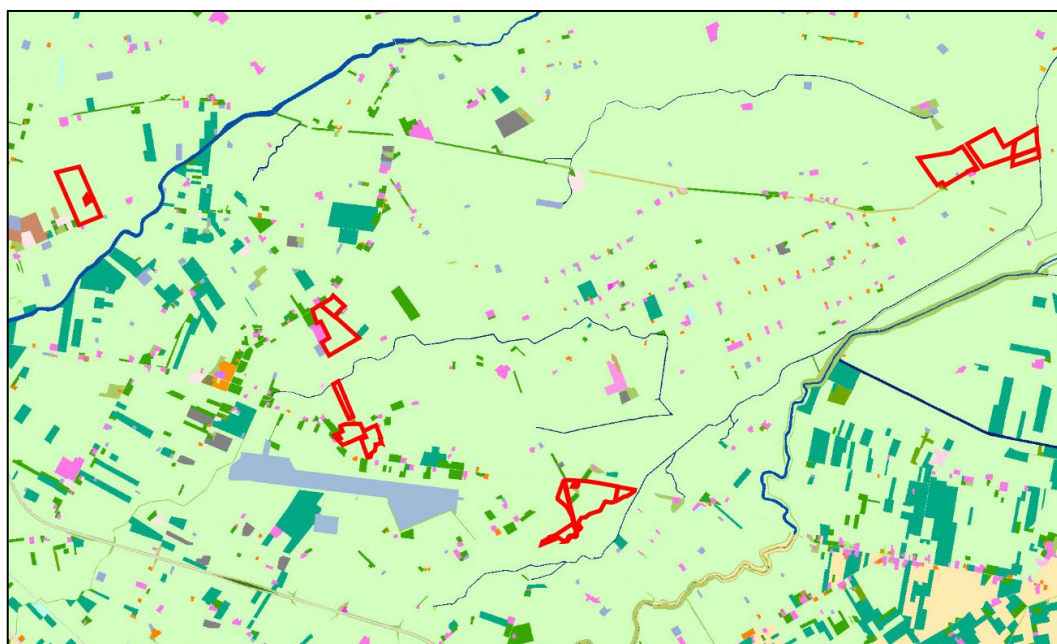
Figura 29 - Modello concettuale idrologico di un impianto fotovoltaico (Fonte: Cook, L. M., & McCuen, R. H. (2013). Hydrologic response of solar farms. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(5), 536-541.)

Come precedentemente accennato, le strutture tracker assumono diversi gradi di inclinazione, pertanto, la proiezione in pianta non sarà fissa, ma varierà durante tutta la giornata in funzione della traiettoria solare. Volendo assumere la condizione più cautelativa sarà considerata un'area ottenuta sommando le proiezioni in pianta delle strutture fotovoltaiche con angolo di rotazione (tilt) pari a 0° , ovvero quando le strutture hanno la massima proiezione in pianta sul terreno sottostante. Così facendo, a fini cautelativi è stata assunta una "dry section" pari al 50% dell'area utile di installazione dei pannelli.

È stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale relativo ad una situazione "Ante - Operam", prima della realizzazione dell'impianto agrivoltaico e una situazione "Post - Operam", dopo la realizzazione dell'impianto agrivoltaico.

6.3. Coefficiente di deflusso Ante – Operam

Al fine di stimare il coefficiente di deflusso Ante – Operam, sono stati determinati gli usi di suolo per le aree in esame. In particolare, si riporta un inquadramento dei lotti di impianto sulla Carta dell'Uso del Suolo del 2011 del Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) della Regione Puglia.



- 223 - uliveti
- 321 - aree a pascolo naturale, praterie, incolti
- 1123 - tessuto residenziale sparsa
- 2121 - seminativi semplici in aree irrigue
- 5122 - bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui

Figura 30: Inquadramento dell'area di impianto (in rosso) su Carta dell'Uso del Suolo. (Fonte: S.I.T. Puglia)

Dalla Figura 30 emerge che il principale uso di suolo delle aree interessate dal progetto è "Seminativo semplice in aree irrigue". Tuttavia, sono presenti altri usi che interessano piccole porzioni delle aree di impianto. Per tale motivo si riportano di seguito inquadramenti di dettaglio per ogni lotto.






-  223 - uliveti
-  321 - aree a pascolo naturale, praterie, incolti
-  2121 - seminativi semplici in aree irrigue

Figura 31: Inquadramento del lotto 1 (in rosso) su Carta dell'Uso del Suolo. (Fonte: S.I.T. Puglia)





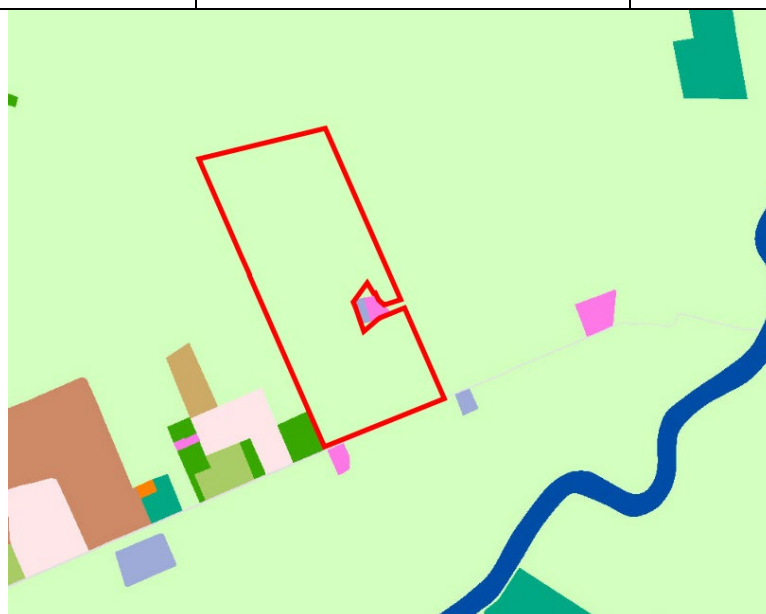
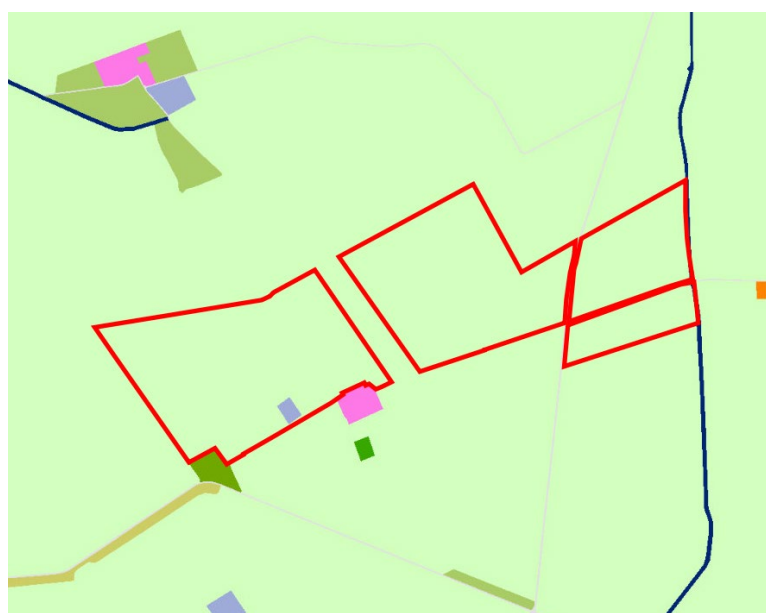
-  2121 - seminativi semplici in aree irrigue
-  1123 - tessuto residenziale sparsa

Figura 32: Inquadramento dei lotti 2, 3 e 4 (in rosso) su Carta dell'Uso del Suolo. (Fonte: S.I.T. Puglia)



2121 - seminativi semplici in aree irrigue

Figura 33: Inquadramento del lotto 5 (in rosso) su Carta dell'Uso del Suolo. (Fonte: S.I.T. Puglia)



2121 - seminativi semplici in aree irrigue

5122 - bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui

Figura 34: Inquadramento del lotto 6 (in rosso) su Carta dell'Uso del Suolo. (Fonte: S.I.T. Puglia)

In base alle evidenze riscontrate in materia di uso del suolo dalla Cartografia presentata nelle figure precedenti, si può affermare che il terreno risulta prevalentemente "COLTIVATO". Alcune porzioni di terreno sono destinate ad altri usi, ma hanno un'estensione tali da essere trascurabili rispetto l'estensione superficiale di ogni lotto. I valori del coefficiente di deflusso sono stati oggetto di studio e classificati da diversi autori. Sono riportati nelle tabelle quelli individuati da Ven Te Chow (1964) e Benini (1990).

Uso del suolo	Tipo di suolo	Valore
COLTIVATO	Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20
	Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40
	Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50
BOSCO	Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,10
	Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,30
	Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,40

Tabella 4 - Valori del coefficiente di deflusso secondo Ven Te Chow (1964). In verde, è evidenziato il valore assunto per il coefficiente di deflusso.

Uso del suolo	Tipo di suolo	Valore
COLTIVATO	Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20
	Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla) e terreni di medio impasto o simili	0,40
	Suoli poco permeabili, suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie, suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50
PASCOLO	Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,15
	Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla) e terreni di medio impasto o simili	0,35
	Suoli poco permeabili, suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie, suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0,45
BOSCO	Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,10
	Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla) e terreni di medio impasto o simili	0,30
	Suoli poco permeabili, suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie, suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0,40

Tabella 5 - Valori del coefficiente di deflusso secondo Benini (1990). In verde, è evidenziato il valore assunto per il coefficiente di deflusso.

In base ai valori riportati, è stato assunto un coefficiente di deflusso per la condizione dei terreni Ante-Operam pari a 0,40.

Per ulteriori dettagli in merito alle caratteristiche del terreno si rimanda all'elaborato "FOM.ENG.REL.010_RELAZIONE GEOLOGICA".

6.4. Coefficiente di deflusso Ante – Operam

Sulla base del modello concettuale idrologico è stato calcolato il coefficiente di deflusso "Post- Operam". In particolare, è stata calcolata l'area totale di impianto compresa all'interno della recinzione in progetto che è pari a circa 134 ha ed è stata determinata l'area in pianta occupata dalle strutture fotovoltaiche con angolo di rotazione pari a 0°, ovvero nella condizione in cui si ha la massima proiezione in pianta della struttura fotovoltaica. Dunque, a fini cautelativi è stata considerata l'area occupata dai pannelli come se fosse al 50% impermeabile, secondo quanto contenuto nel modello concettuale idrologico di Cook, McCuen e Richard. Ipotesi molto cautelativa in quanto per effetto della rotazione dei tracker questo valore sarebbe diviso al 50% in un'area "Wet" (permeabile), un'area "Dry" (impermeabile) e al 50% in un'area "interfila" (permeabile). Pertanto, con queste assunzioni è stato calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale della condizione Post – Operam. Si riportano nella tabella seguente i principali valori utilizzati nel calcolo.

LOTTO 1								
Uso del suolo allo stato attuale	Area di impianto (ha)	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x30	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x15	Area struttura tracker con tilt 0° (mq)	Area totale occupata dalle strutture (ha)	Area Dry* (ha)	C _d Ante (-)	C _d Post (-)
Seminativo	24.91	429	52	196.07	8.67	4.34	0.4	0.49

LOTTO 2								
Uso del suolo allo stato attuale	Area di impianto (ha)	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x30	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x15	Area struttura tracker con tilt 0° (mq)	Area totale occupata dalle strutture (ha)	Area Dry* (ha)	C _d Ante (-)	C _d Post (-)
Seminativo	8.53	135	29	196.07	2.79	1.40	0.4	0.48

LOTTO 3								
Uso del suolo allo stato attuale	Area di impianto (ha)	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x30	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x15	Area struttura tracker con tilt 0° (mq)	Area totale occupata dalle strutture (ha)	Area Dry* (ha)	C _d Ante (-)	C _d Post (-)
Seminativo	2.48	20	10	196.07	0.44	0.22	0.4	0.45

LOTTO 4

Uso del suolo allo stato attuale	Area di impianto (ha)	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x30	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x15	Area struttura tracker con tilt 0° (mq)	Area totale occupata dalle strutture (ha)	Area Dry* (ha)	C _d Ante (-)	C _d Post (-)
Seminativo	20.24	358	50	196.07	7.27	3.64	0.4	0.49

LOTTO 5

Uso del suolo allo stato attuale	Area di impianto (ha)	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x30	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x15	Area struttura tracker con tilt 0° (mq)	Area totale occupata dalle strutture (ha)	Area Dry* (ha)	C _d Ante (-)	C _d Post (-)
Seminativo	25.62	502	30	196.07	9.99	5.00	0.4	0.50

LOTTO 6

Uso del suolo allo stato attuale	Area di impianto (ha)	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x30	N° Strutture Fotovoltaiche Tracker 2x15	Area struttura tracker con tilt 0° (mq)	Area totale occupata dalle strutture (ha)	Area Dry* (ha)	C _d Ante (-)	C _d Post (-)
Seminativo	52.31	995	91	196.07	19.97	9.98	0.4	0.50

*Area Dry calcolata come area occupata in pianta dalle strutture tracker con tilt 0° (ipotizzata 50% impermeabile)

Tabella 6 - Principali parametri di infiltrazione e coefficienti di deflusso – Modello concettuale idrologico (Fonte: Cook, L. M., & McCuen, R. H. (2013). Hydrologic response of solar farms. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(5), 536-541.)

Per semplicità e maggiore chiarezza si riporta di seguito una tabella contenente i valori del coefficiente di deflusso ante – operam (C_d Ante) e i valori del coefficiente di deflusso Post- Operam (C_d Post).

Area di impianto	C _d Ante	C _d Post
LOTTO 1	0.4	0.49
LOTTO 2	0.4	0.48
LOTTO 3	0.4	0.45
LOTTO 4	0.4	0.49
LOTTO 5	0.4	0.50
LOTTO 6	0.4	0.50
LOTTO 7	0.4	0.49
LOTTO 8	0.4	0.48

Tabella 7 – Valori del coefficiente di deflusso Ante e Post – Operam

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo per ogni asta fluviale presente nei pressi o all'interno di tutti i lotti di impianto nella condizione Ante - Operam e Post - Operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto. Si precisa che il calcolo nella condizione Ante – Operam è stato effettuato per tutte le canalette di scolo in prossimità o in corrispondenza di tutti i lotti di impianto.

6.5. Stima delle portate di progetto Ante - Operam e Post - Operam per il mantenimento di condizioni di Invarianza Idraulica

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo negli scenari ante-operam e post-operam, al fine di valutare la capacità idraulica dei canali di scolo esistenti e da realizzare ex-novo. Si precisa che i dati idrologici utilizzati in questo paragrafo e le metodologie utilizzate per il calcolo delle curve di possibilità pluviometriche e idrogramma di progetto sono stati già riportati e commentati nell'elaborato "FOM.ENG.REL.012_ RELAZIONE IDROLOGICA" e nei relativi allegati, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

In particolare, si riportano di seguito la formula principale utilizzate per la determinazione della pioggia di progetto già presentata e commentata nell'elaborato "FOM.ENG.REL.012_ RELAZIONE IDROLOGICA".

Per le **piogge di progetto** è stata ottenuta la seguente espressione per un **Tempo di ritorno pari a 50 anni**, sulla base di:

$$h(t) = K_T \cdot a \cdot t^n$$

dove:

- $h(t)$ è l'altezza di pioggia espressa in mm in funzione del tempo;
- t è il tempo espresso in ore;
- K_T è il coefficiente probabilistico di crescita, desunto dalla metodologia VAPI dettagliata nell'elaborato "FOM.ENG.REL.012_ RELAZIONE IDROLOGICA";
- $a=22.23$ e $n=0.247$, la cui metodologia di calcolo è stata discussa nell'elaborato "FOM.ENG.REL.012_ RELAZIONE IDROLOGICA".

Per il calcolo delle portate, oltre la determinazione dei caratteri dimensionali dei bacini di progetto e dei canali sono state utilizzate le formule riportate in seguito per il tempo di corrivazione e il calcolo della portata.

Per il **tempo di corrivazione** è stata considerata valida l'espressione ottenuta con il metodo del Curve Number:

$$t_c = 24 \cdot 0.045 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{t_{map} \cdot 100}}$$

dove:

- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;
- A è l'area del bacino in kmq;

- L è la lunghezza dell'asta principale in km;
- i_{map} è la pendenza media dell'asta principale adimensionale.

per il **calcolo della portata** si è ritenuta valida la formula di **Turazza** (1880) o Formula Razionale:

$$Q_{max} = \frac{1}{3.6} \cdot C_d \cdot i_c \cdot A$$

dove:

- Q_{max} è la portata espressa in mc/s;
- A è l'area del bacino considerata espressa in kmq;
- C_d è il coefficiente di deflusso adimensionale (desunti da Ven Te Cho e Benini);
- i_c è l'intensità di pioggia critica espressa in mm/h.

6.6. Individuazione dei bacini e sottobacini di progetto

Per il calcolo delle verifiche idrauliche sono stati individuati i bacini e sottobacini di progetto sui quali è stata condotta la verifica idraulica e sono state determinate le portate di progetto. In particolare, le aste principali sono state dimensionate considerando l'intera area del bacino che si estende oltre la sola area di impianto, mentre i canali secondari sono stati dimensionati considerando il rispettivo sottobacino di riferimento.

I bacini di progetto sono stati ricostruiti in funzione delle curve di livello rilevate con risoluzione a 25 cm e considerando le strade perimetrali alle aree di impianto come limiti del bacino, tali da separare idraulicamente le aree oggetto di studio. Tale assunzione è valida in quanto durante il sopralluogo è stato rilevato che le strade perimetrali ai lotti di impianto sono in rilevato. Si riporta a titolo di esempio, una foto rappresentativa effettuata in corrispondenza del Lotto 1.



Figura 35: Foto a sinistra: Inquadramento del punto di scatto rispetto il lotto 1 (in rosso).

Foto a destra: strada in rilevato, con dislivello pari a circa 50 cm.

(Coordinate del punto di scatto: 41° 24.007'N, 15° 46.428'E)

Si precisa che, data la numerosità dei canali e dei bacini di progetto presenti, sono stati denominati in modo da rendere intuitiva e ordinata la presentazione dei risultati nel modo seguente:

I bacini di progetto e le rispettive aste fluviali principali sono denominati come "Bacino 1" e "Canale principale 1", "Bacino 2" e "Canale principale 2" e così via.

I bacini secondari e canali secondari invece, sono denominati come “Sottobacino 1.1” e “Canale secondario 1.1”, “Sottobacino 1.2” e “Canale secondario 1.2” e così via.

I bacini terziari e canali terziari sono denominati come “Sottobacino 1.1.1” e “Canale terziario 1.1.1”, “Sottobacino 1.1.2” e “Canale terziario 1.1.2” e così via.

Si precisa inoltre che se un bacino di progetto contiene più sottobacini allora i sottobacini presenteranno come primo numero identificativo il numero del bacino di riferimento.

Si riportano di seguito i calcoli effettuati per ogni bacino e sottobacino in funzione del Lotto di impianto a cui afferiscono. Si riportano di seguito i dati utilizzati e i risultati ottenuti dal calcolo della portata Post -Operam per diversi tempi di ritorno: 10, 50, 100 e 200 anni utilizzando il modello concettuale “Hydrologic response of solar farm” precedentemente descritto nel paragrafo 6.2.

Lotto 1

Nel territorio di inserimento del lotto 1 è stato individuato un bacino principale a servizio dell’asta principale, denominata “Canale principale 1”.

Si riporta di seguito un inquadramento del bacino di progetto su cartografia IGM 1:25.000 con indicazione delle curve di livello e asta principale.

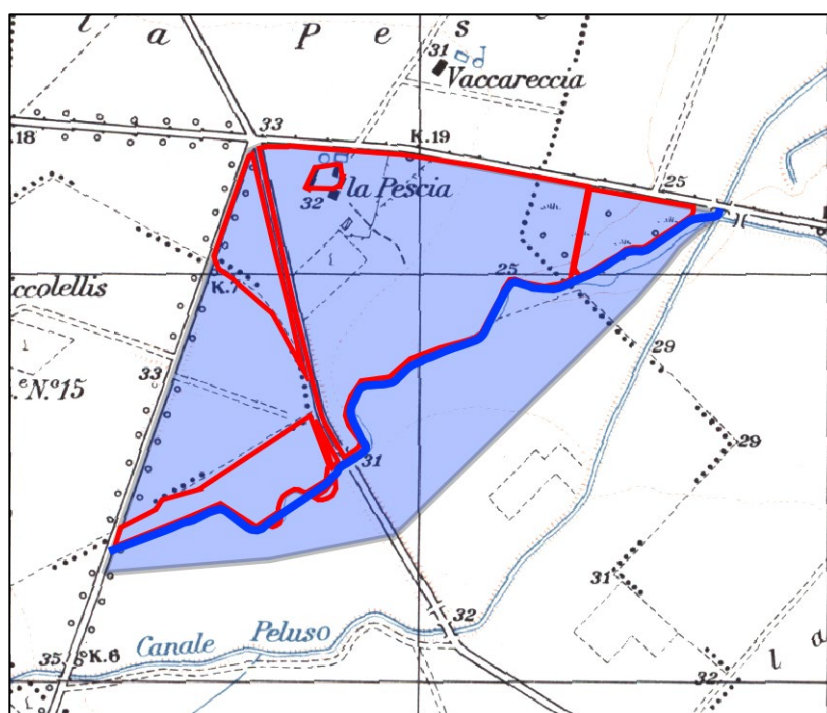


Figura 36 – Inquadramento del bacino di progetto del Lotto 1 su IGM 1:25.000. Il retino blu indica l’estensione del Bacino 1. In blu l’asta principale a servizio del bacino 1 denominata “Canale principale 1”. In rosso, i limiti dell’area di impianto.

Si riportano nella tabella di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti per le portate ante – operam e post- operam per il canale principale 1 del Lotto 1.

Area bacino di progetto [kmq]	0.910			
i_{map} [m/m]	0.006			
L [km]	1.938			
t_c [ore]	1.684			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	45.77	55.37	62.71	70.04
$i(t_c)$ [mm/h]	27.17	32.88	37.23	41.59
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.49	0.49	0.49	0.49
Q Ante Operam [m ³ /s]	2.75	3.32	3.76	4.20
Q Post Operam [m ³ /s]	3.36	4.06	4.60	5.14

Tabella 8 – Lotto 1: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale principale 1

Per ogni asta secondaria che confluisce in un canale principale è stato individuato un sottobacino di progetto ed è stata calcolata la portata post-Operam. Si riporta nel seguito l'inquadratura dei canali secondari e relativi sottobacini su cartografia IGM in scala 1:25.000 e i risultati effettuati per la verifica dell'invarianza idraulica.

Canali secondari e relativi sottobacini - Lotto 1

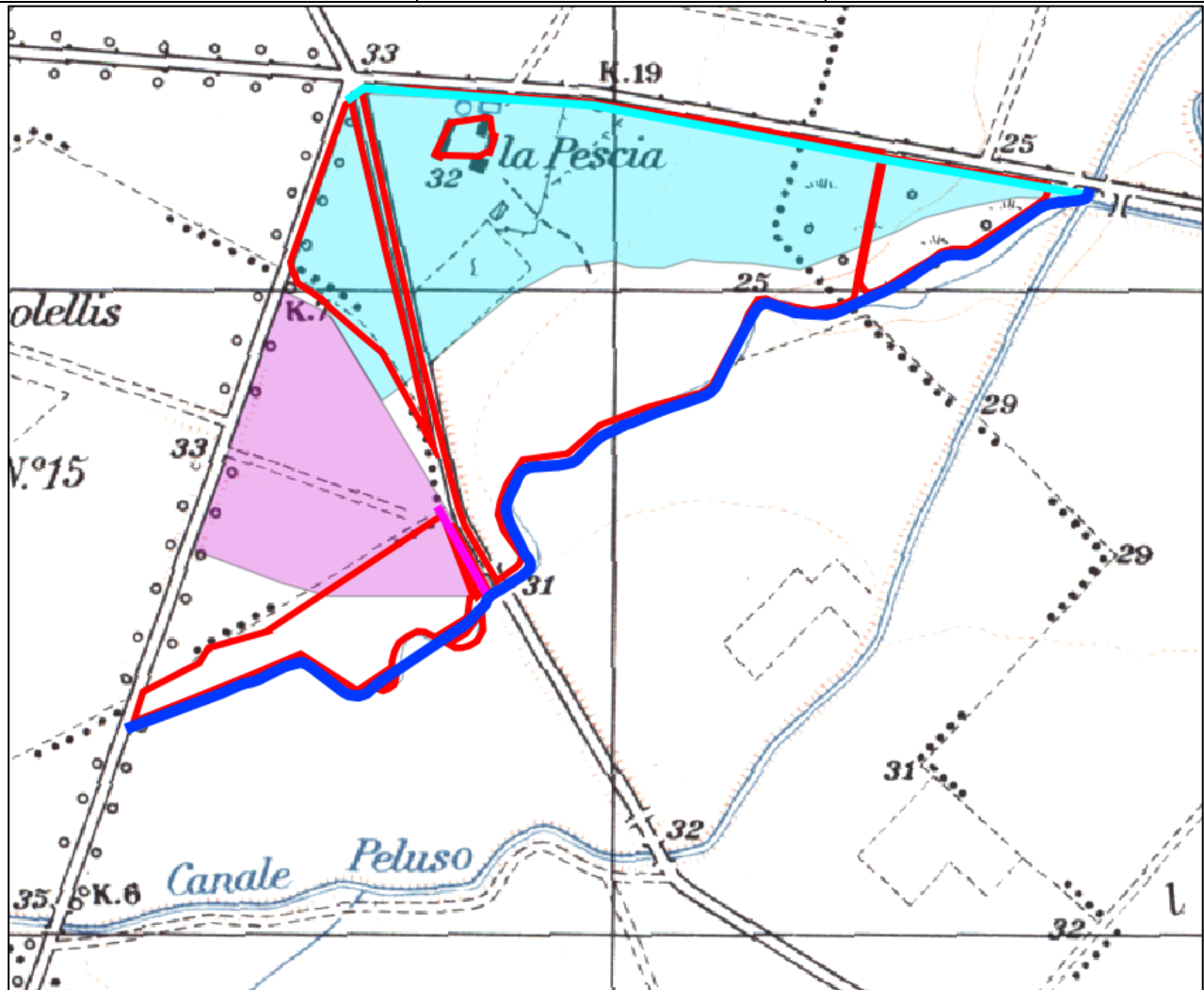


Figura 37 – Inquadramento dei sottobacini di progetto del Lotto 1 su IGM 1:25.000. Il retino ciano indica l'estensione del Sottobacino 1.1. Il retino magenta indica l'estensione del Sottobacino 1.2. In ciano, il canale secondario 1.1. In magenta, il canale secondario 1.2. In blu, il canale principale 1. In rosso, i limiti dell'area di impianto. – Lotto 1

Si riporta nella tabelle di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti per i canali secondari.

LOTTO 1 - Canale secondario 1.1				
Area bacino di progetto [kmq]	0.257			
i_{map} [m/m]	0.010			
L [km]	1.160			
t_c [ore]	0.721			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	37.12	44.91	50.86	56.81
$i(t_c)$ [mm/h]	51.45	62.25	70.49	78.74
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.49	0.49	0.49	0.49
Q Ante Operam [m ³ /s]	5.20	6.29	7.12	7.96
Q Post Operam [m ³ /s]	6.36	7.69	8.71	9.73

Tabella 9 – Lotto 1: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale secondario 1.1

LOTTO 1 - Canale secondario 1.2				
Area bacino di progetto [kmq]	0.121			
i_{map} [m/m]	0.009			
L [km]	0.144			
t_c [ore]	0.295			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	29.77	36.01	40.78	45.55
$i(t_c)$ [mm/h]	41.26	49.92	56.53	63.14
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.49	0.49	0.49	0.49
Q Ante Operam [m ³ /s]	4.17	5.04	5.71	6.38
Q Post Operam [m ³ /s]	5.10	6.17	6.98	7.80

Tabella 10 – Lotto 1: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale secondario 1.2

Lotto 2 e 3

Nel territorio di inserimento dei lotti 2 e 3, è stato individuato un unico bacino a servizio dell’asta principale, denominata “Canale principale 1” per la quale è stata determinata la portata Post - Operam.

Si riporta di seguito un inquadramento dei bacini di progetto su cartografia IGM 1:25.000 con indicazione delle curve di livello e asta principale.

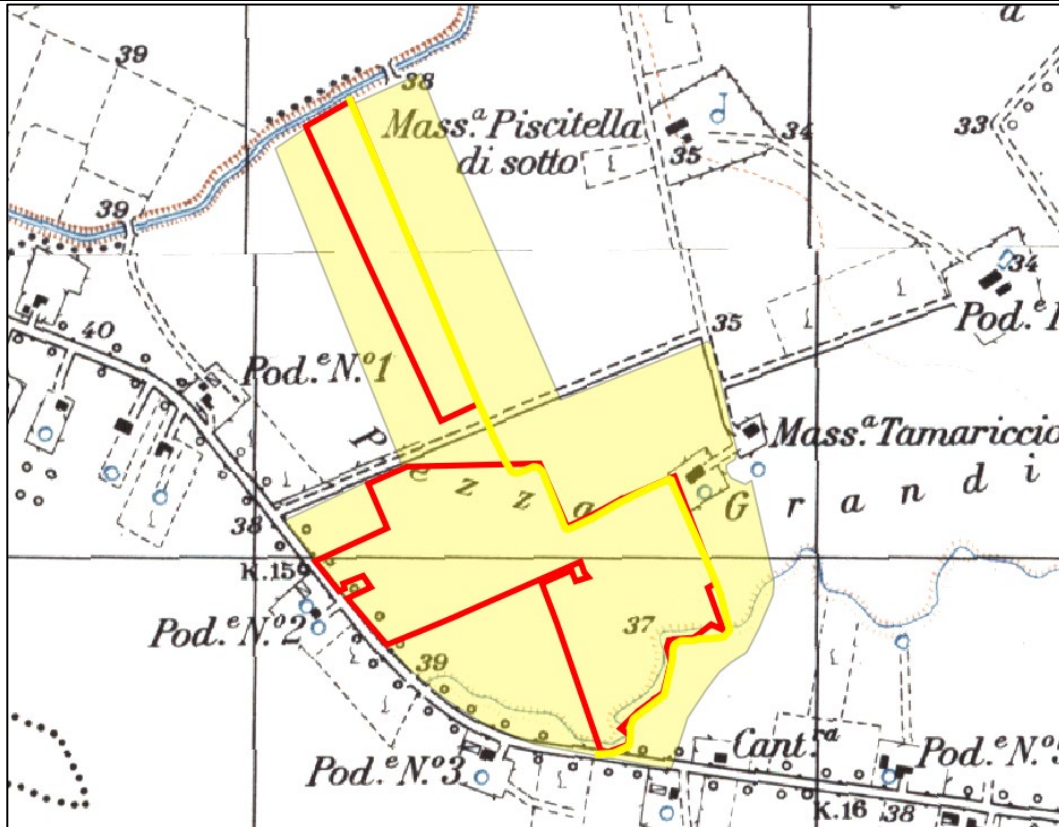


Figura 38 – Inquadramento del bacino di progetto dei Lotti 2 e 3 su IGM 1:25.000. Il retino in giallo indica l'estensione del Bacino 1. In giallo, l'asta principale a servizio del bacino 1 denominata "Canale principale 1". In rosso, i limiti dell'area di impianto.

La verifica dell'invarianza idraulica per i canali in esame è stata effettuata considerando l'area del rispettivo bacino e la lunghezza del canale. Si precisa che, nel paragrafo 6.5, sono stati determinati due coefficienti di deflusso post- operam diversi per il lotto 2 e il lotto 3. Siccome in questo paragrafo sono considerati uniti, verrà assunto come valido, in via cautelativa, il coefficiente di deflusso maggiore, ovvero quello del Lotto 2 pari a 0.49. Si riporta nella tabelle di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti.

LOTTI 2 e 3 - Canale principale 1				
Area bacino di progetto [kmq]	0.582			
i_{map} [m/m]	0.003			
L [km]	1.765			
t_c [ore]	1.990			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	47.69	57.70	65.34	72.98
$i(t_c)$ [mm/h]	28.31	34.26	38.80	43.33
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.48	0.48	0.48	0.48
Q Ante Operam [m ³ /s]	2.86	3.46	3.92	4.38

LOTTE 2 e 3 - Canale principale 1

Q Post Operam [m ³ /s]	3.47	4.19	4.75	5.30
-----------------------------------	------	------	------	------

Tabella 11 – Lotti 2 e 3: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale principale 1

Per ogni asta secondaria che confluisce nel canale principale è stato individuato un sottobacino di progetto ed è stata calcolata la portata Post-Operam. Si riportano nel seguito l'inquadratura del canale secondario individuato e relativo sottobacino su cartografia IGM in scala 1:25.000 e i risultati effettuati per la verifica dell'invarianza idraulica.

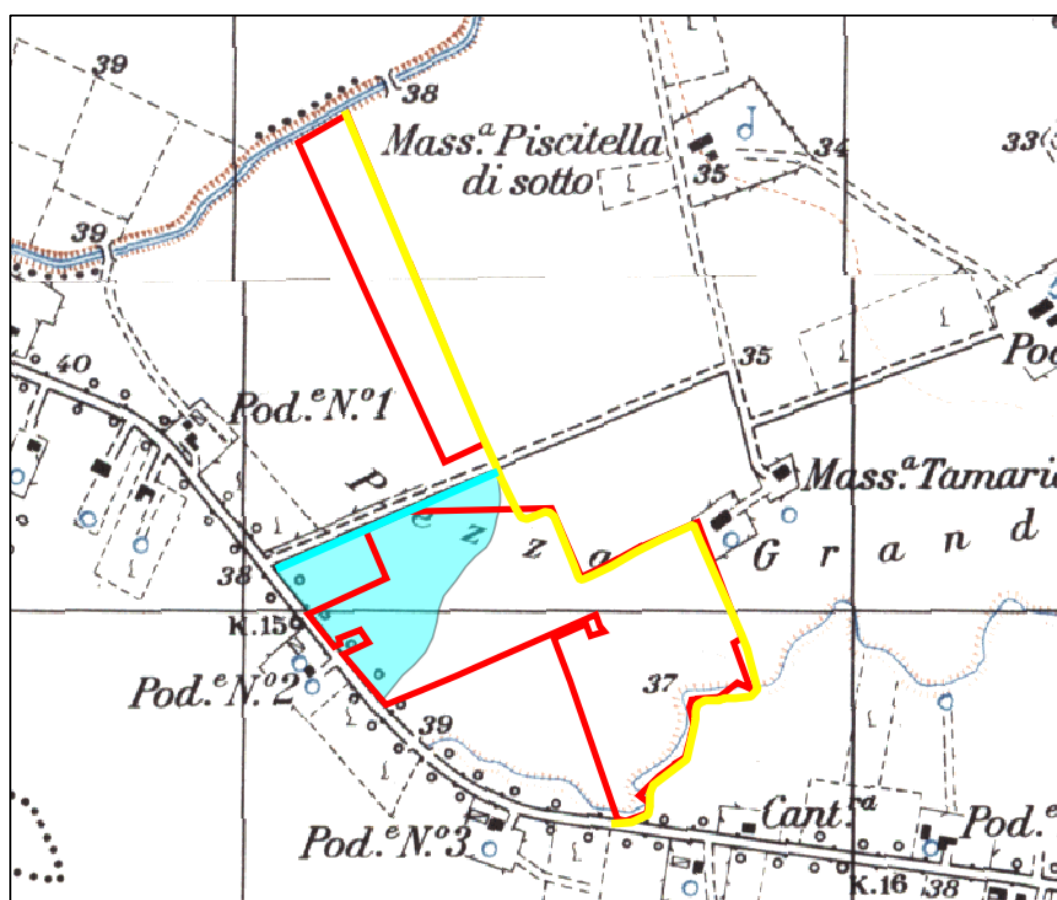


Figura 39 – Inquadratura dei sottobacini di progetto dei Lotti 2 e 3 su IGM 1:25.000. Il retino ciano indica l'estensione del Sottobacino 1.1. In giallo, il canale principale 1. In rosso, i limiti dell'area di impianto. – Lotti 2 e 3

Si riporta nella tabella di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti per i canali secondari.

LOTTE 2 e 3 - Canale secondario 1.1

Area bacino di progetto [kmq]	0.063
i_{map} [m/m]	0.005
L [km]	0.384

t_c [ore]	0.442			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	32.88	39.79	45.06	50.32
$i(t_c)$ [mm/h]	19.52	23.62	26.75	29.88
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.48	0.48	0.48	0.48
Q Ante Operam [m ³ /s]	1.97	2.39	2.70	3.02
Q Post Operam [m ³ /s]	2.39	2.89	3.27	3.66

Tabella 12 – Lotti 2 e 3: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale secondario 1.1

Lotto 4

Nel territorio di inserimento del lotto 4, è stato individuato un unico bacino a servizio dell’asta principale, denominata “Canale principale 1” per la quale è stata determinata la portata Post - Operam.

Si riporta di seguito un inquadramento dei bacini di progetto su cartografia IGM 1:25.000 con indicazione delle curve di livello e asta principale.

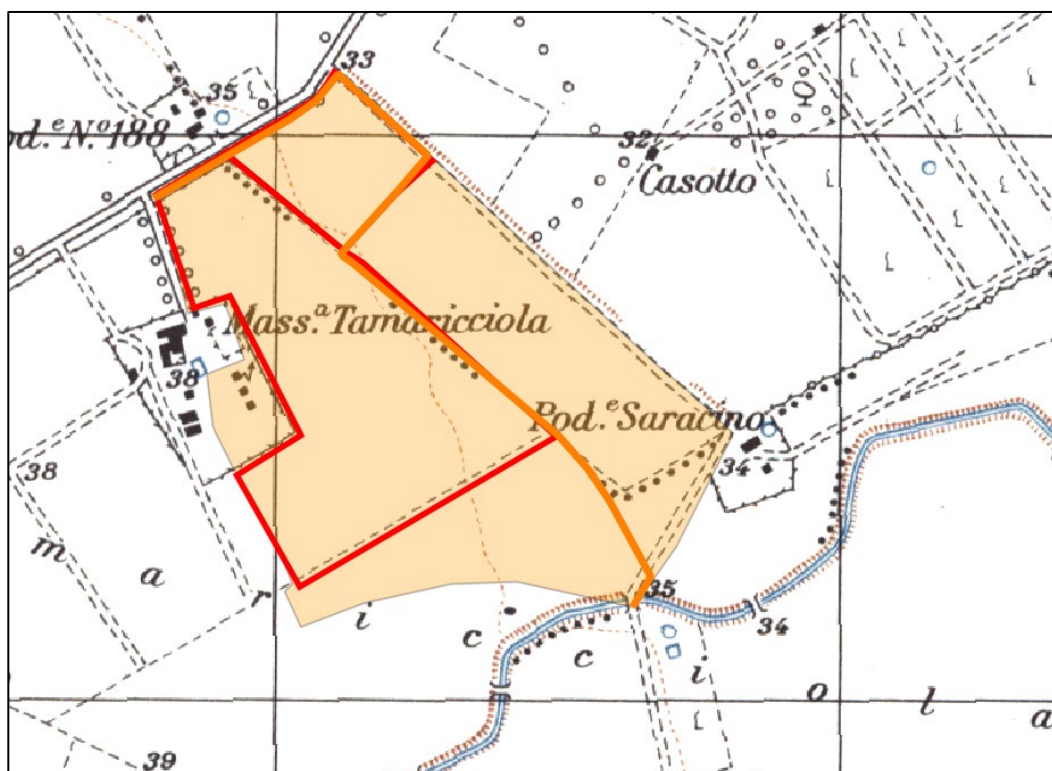


Figura 40 – Inquadramento del bacino di progetto del Lotto 4 su IGM 1:25.000. Il retino in arancione indica l’estensione del Bacino 1. In arancione, l’asta principale a servizio del bacino 1 denominata “Canale principale 1”. In rosso, i limiti dell’area di impianto – Lotto 4

La verifica dell'invarianza idraulica per i canali in esame è stata effettuata considerando l'area del rispettivo bacino e la lunghezza del canale. Si riportano nella tabella di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti.

LOTTO 4 - Canale principale 1				
Area bacino di progetto [kmq]	0.583			
i_{map} [m/m]	0.005			
L [km]	1.700			
t_c [ore]	1.523			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	44.64	54.01	61.17	68.32
$i(t_c)$ [mm/h]	26.51	32.07	36.32	40.56
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.49	0.49	0.49	0.49
Q Ante Operam [m³/s]	2.68	3.24	3.67	4.10
Q Post Operam [m³/s]	3.29	3.98	4.51	5.04

Tabella 13 – Lotto 4: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale principale 1

Per ogni asta secondaria che confluisce nel canale principale è stato individuato un sottobacino di progetto ed è stata calcolata la portata post-Operam. Si riportano nel seguito l'inquadratura del canale secondario individuato e relativo sottobacino su cartografia IGM in scala 1:25.000 e i risultati effettuati per la verifica dell'invarianza idraulica.

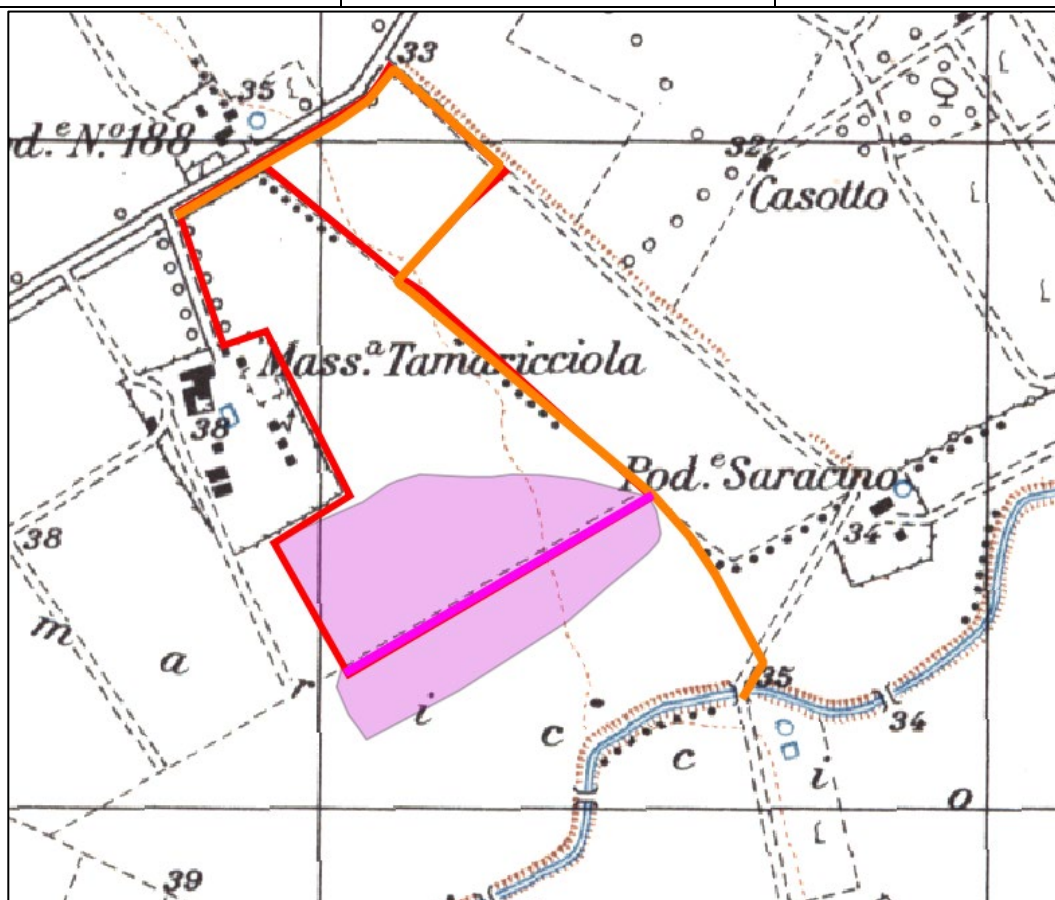


Figura 41 – Inquadramento dei sottobacini di progetto del Lotto 4 su IGM 1:25.000. Il retino magenta indica l'estensione del Sottobacino 1.1. In magenta, il canale secondario 1.1. In arancione, il canale principale 1. In rosso, i limiti dell'area di impianto. – Lotto 4

Si riporta nella tabella di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti per i canali secondari.

LOTTO 4 - Canale secondario 1.1				
Area bacino di progetto [kmq]	0.136			
i_{map} [m/m]	0.002			
L [km]	0.521			
t_c [ore]	0.999			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	40.23	48.68	55.12	61.57
$i(t_c)$ [mm/h]	23.89	28.90	32.73	36.55
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.49	0.49	0.49	0.49
Q Ante Operam [m ³ /s]	2.41	2.92	3.31	3.69
Q Post Operam [m ³ /s]	2.97	3.59	4.06	4.54

Tabella 14 – Lotto 4: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale secondario 1.1

Lotto 5

Nel territorio di inserimento del lotto 5, è stato individuato un unico bacino a servizio dell'asta principale, denominata "Canale principale 1" per la quale è stata determinata la portata Post - Operam.

Si riporta di seguito un inquadramento dei bacini di progetto su cartografia IGM 1:25.000 con indicazione delle curve di livello e asta principale.

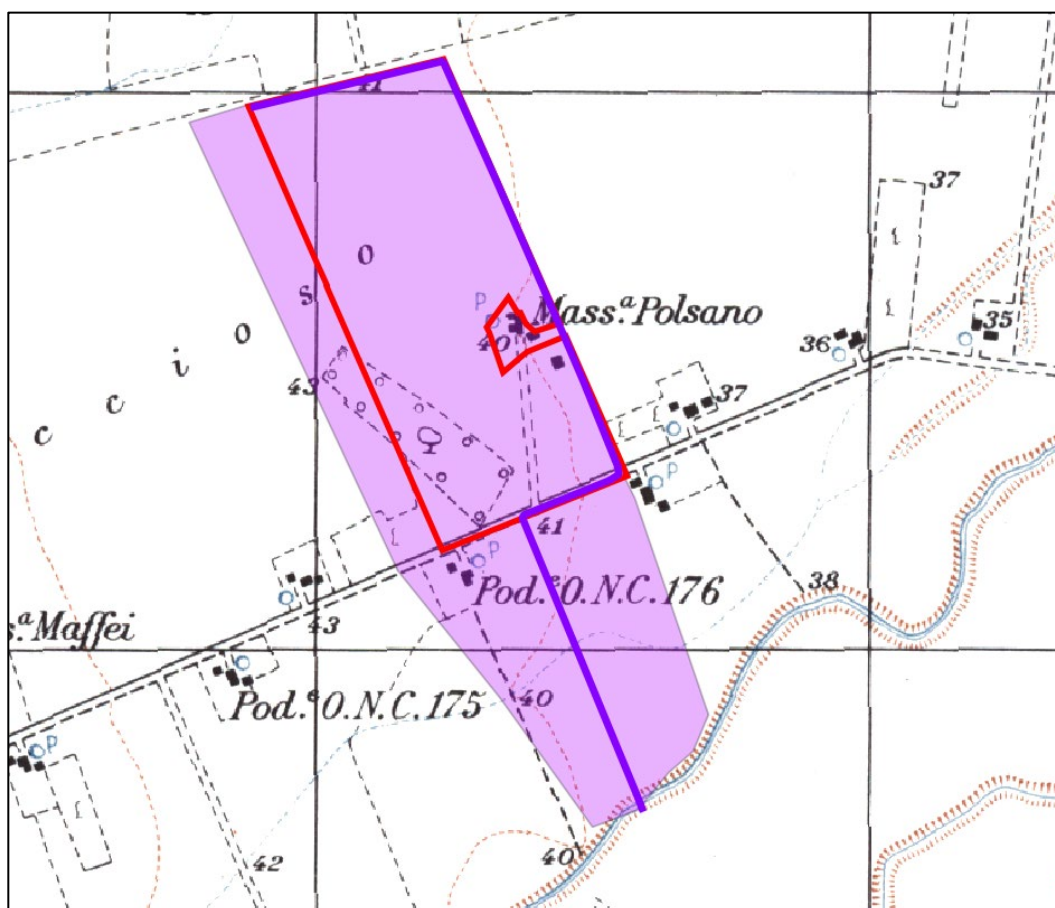


Figura 42 – Inquadramento del bacino di progetto del Lotto 5 su IGM 1:25.000. Il retino in magenta indica l'estensione del Bacino 1. In viola, l'asta principale a servizio del bacino 1 denominata "Canale principale 1". In rosso, i limiti dell'area di impianto – Lotto 5

La verifica dell'invarianza idraulica per i canali in esame è stata effettuata considerando l'area del rispettivo bacino e la lunghezza del canale. Si riportano nella tabella di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti.

LOTTO 5 - Canale principale 1				
Area bacino di progetto [kmq]	0.580			
i_{map} [m/m]	0.003			
L [km]	1.920			
t_c [ore]	2.044			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23

n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	48.01	58.08	65.78	73.47
i(t _c) [mm/h]	28.50	34.49	39.05	43.62
C _d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C _d Post Operam [-]	0.50	0.50	0.50	0.50
Q Ante Operam [m ³ /s]	2.88	3.49	3.95	4.41
Q Post Operam [m ³ /s]	3.59	4.34	4.91	5.49

Tabella 15 – Lotto 4: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale principale 1

Lotto 6

Nel territorio di inserimento del lotto 6, sono stati individuati due bacini a servizio delle rispettive aste principali, denominate rispettivamente “Canale principale 1” e “Canale principale 2” per le quali è stata determinata la portata Post - Operam.

Si riporta di seguito un inquadramento dei bacini di progetto su cartografia IGM 1:25.000 con indicazione delle curve di livello e asta principale.

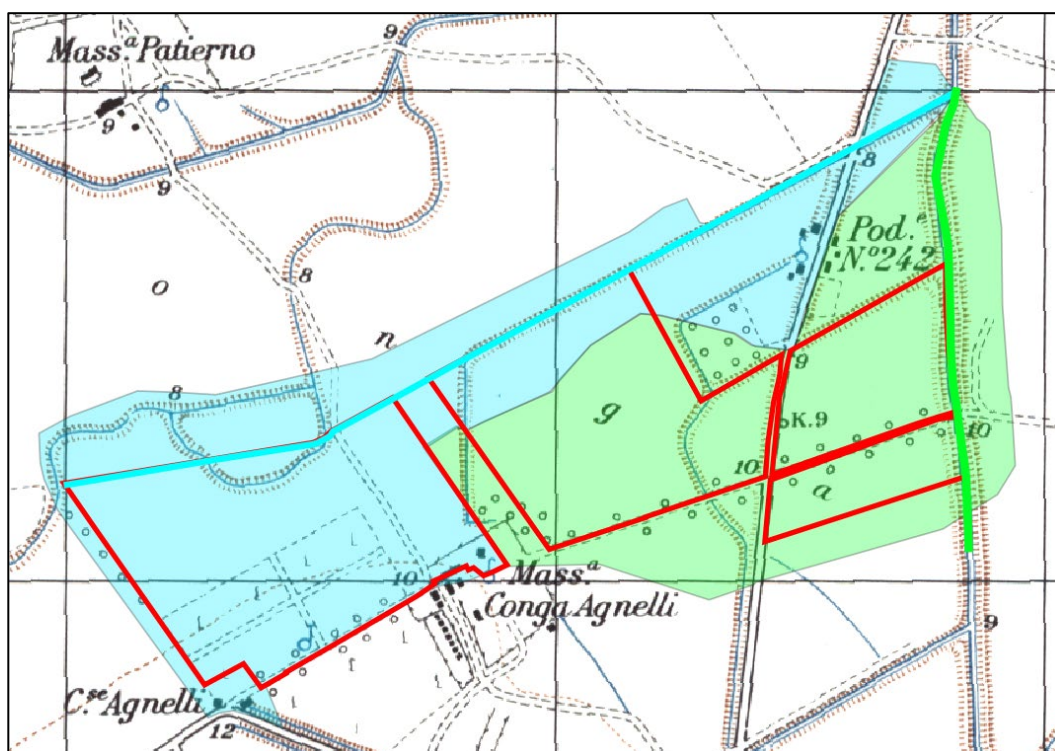


Figura 43 – Inquadramento del bacino di progetto del Lotto 6 su IGM 1:25.000. Il retino ciano indica l'estensione del Bacino 1. In ciano, l'asta principale a servizio del bacino 1 denominata “Canale principale 1”. Il retino verde indica l'estensione del Bacino 2. In verde, l'asta principale a servizio del bacino 2 denominata “Canale principale 2”. In rosso, i limiti dell'area di impianto – Lotto 6

La verifica dell'invarianza idraulica per i canali in esame è stata effettuata considerando l'area del rispettivo bacino e la lunghezza del canale. Si riportano nella tabella di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti.

LOTTO 6 - Canale principale 1				
Area bacino di progetto [kmq]	0.660			
i_{map} [m/m]	0.001			
L [km]	2.000			
t_c [ore]	3.746			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	55.76	67.46	76.40	85.33
$i(t_c)$ [mm/h]	33.11	40.06	45.36	50.66
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.50	0.50	0.50	0.50
Q Ante Operam [m ³ /s]	3.35	4.05	4.58	5.12
Q Post Operam [m ³ /s]	4.15	5.02	5.69	6.35

Tabella 16 – Lotto 6: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale principale 1

LOTTO 6 - Canale principale 2				
Area bacino di progetto [kmq]	0.622			
i_{map} [m/m]	0.004			
L [km]	0.942			
t_c [ore]	1.429			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	43.94	53.17	60.21	67.25
$i(t_c)$ [mm/h]	26.09	31.57	35.75	39.93
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.50	0.50	0.50	0.50
Q Ante Operam [m ³ /s]	2.64	3.19	3.61	4.04
Q Post Operam [m ³ /s]	3.27	3.96	4.48	5.01

Tabella 17 – Lotto 6: Verifica invarianza idraulica e calcolo della “portata Post – Operam” per differenti tempi di ritorno – Canale principale 2

Per ogni asta secondaria che confluisce nel canale principale è stato individuato un sottobacino di progetto ed è stata calcolata la portata post-Operam. Si riportano nel seguito l'inquadramento del canale secondario individuato e relativo sottobacino su cartografia IGM in scala 1:25.000 e i risultati effettuati per la verifica dell'invarianza idraulica.

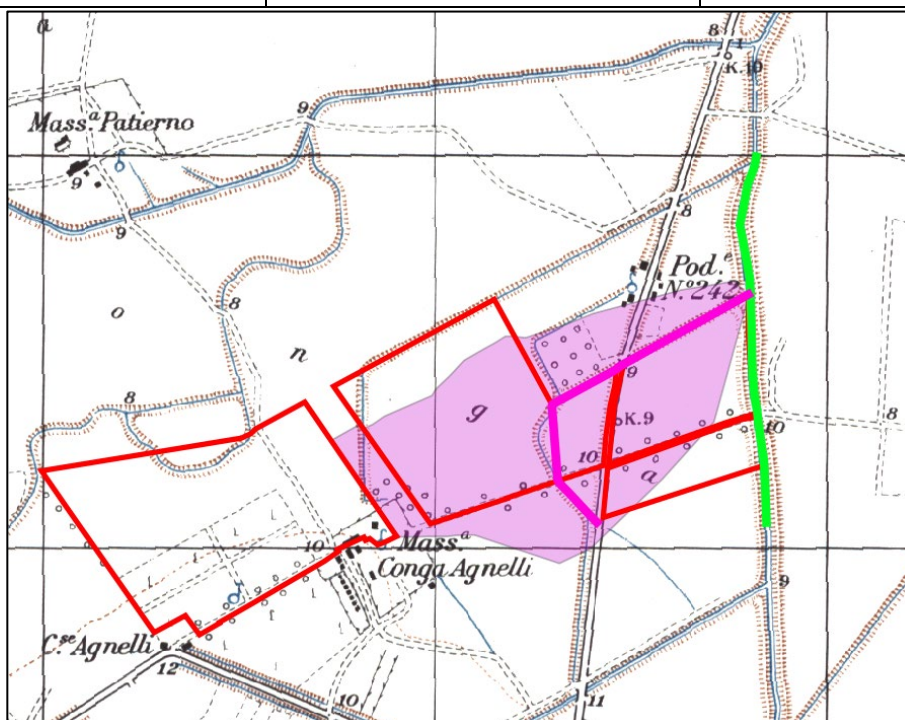


Figura 44 – Inquadramento dei sottobacini di progetto del Lotto 6 su IGM 1:25.000. Il retino magenta indica l'estensione del Sottobacino 2.1. In magenta, il canale secondario 2.1. In verde, il canale principale 2. In rosso, i limiti dell'area di impianto. – Lotto 6

Si riportano nella tabella di seguito i principali dati utilizzati e i risultati ottenuti per i canali secondari.

LOTTO 6 - Canale secondario 2.1				
Area bacino di progetto [kmq]	0.434			
i_{map} [m/m]	0.004			
L [km]	0.907			
t_c [ore]	1.251			
Tempo di ritorno [anni]	20	50	100	200
a	22.23	22.23	22.23	22.23
n	0.247	0.247	0.247	0.247
h [mm]	42.53	51.46	58.27	65.09
$i(t_c)$ [mm/h]	25.25	30.55	34.60	38.64
C_d Ante Operam [-]	0.40	0.40	0.40	0.40
C_d Post Operam [-]	0.50	0.50	0.50	0.50
Q Ante Operam [m ³ /s]	2.55	3.09	3.50	3.91
Q Post Operam [m ³ /s]	3.17	3.83	4.34	4.84

Tabella 18 – Lotto 6: Verifica invarianza idraulica e calcolo della "portata Post – Operam" per differenti tempi di ritorno – Canale secondario 2.1

Tali incrementi di portata saranno contenuti all'interno dei canali già esistenti e sarà effettuata una verifica complessiva nel capitolo 7, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

6.7. Sottostazione

Anche in questo caso, al fine di evitare effetti negativi sul coefficiente di deflusso delle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al principio dell'invarianza idraulica. La sottostazione ricade su un'area perimetrata a media pericolosità idraulica e il lotto di riferimento presenta una superficie totale permeabile ante-operam di 2000 mq, mentre post-operam la superficie impermeabile è di 900 mq. Il calcolo è stato realizzato prendendo a riferimento il D.G.R N.53 del 27/01/2014 della regione Marche, che ha sviluppato una specifica metodologia di calcolo. Il volume necessario per compensare le superfici impermeabilizzate risulta essere pari a circa **58.65 m³**, così come si evince dall'output del foglio di calcolo (Figura 45).

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014			
<p>Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:</p> $W = W^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)} - 15 I - W^* P$ $\phi^* = 0.9 Imp^* + 0.2 Per^* \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p>$W^* = 50$ mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione ϕ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ^* = coefficiente di deflusso ante trasformazione $n = 0.48$ I e P espressi come frazione dell'area trasformata Imp e Per espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice*) o dopo (se non c'è l'apice*) VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento.</p>			
Oggetto:			
<i>(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)</i>			
ANTE OPERAM	Superficie fondiaria-lotto (mq)	= 2000,00	mq Inserire la superficie totale dell'intervento
	Superficie impermeabile esistente	= 0,00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Imp*	= 0,00	
	Superficie permeabile esistente (mq)	= 2000,00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Per*	= 1,00	
	Imp* + Per*	= 1,00	
POST OPERAM	Superficie impermeabile trasformata o di progetto	= 900,00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Imp	= 0,45	
	Superficie permeabile di progetto	= 1100,00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Per	= 0,55	
	Imp + Per	= 1,00	
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA	Superficie trasformata/livellata	= 2000,00	mq superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola
	I	= 1,00	
	Superficie agricola inalterata	= 0,00	mq superficie inalterata
	P	= 0,00	
	I + P	= 1,00	
CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM			
ϕ^*	$0,9 \times Imp^* + 0,2 \times Per^*$	=	$0,9 \times 0,00 + 0,2 \times 1,00 = 0,20$
ϕ	$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per$	=	$0,9 \times 0,45 + 0,2 \times 0,55 = 0,52$
W	$W = W^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)} - 15 I - W^* P$	=	$50 \times 6,17 - 15 \times 1,00 - 50 \times 0,00 = 293,27$ mc/ha
W^*	50 mc/ha		
$(\phi / \phi^*)^{1/(1-n)}$	2,58		
	1,92		
VOLUME MINIMO DI INVASO		$293,27 : 10.000,00 \times 2.000,00 =$	58,65 mc
Q	Portata ammissibile sul corpo ricettore 20 l/s/ha	4,00	l/sec

Figura 45- Foglio di calcolo Volume Minimo di Invaso metodo regione Marche

Per soddisfare tale volume di invaso la rete di drenaggio sarà così composta:

- 200 m di tubazione in PVC con diametro nominale $\phi 250$
- 20 caditoie
- 12 pozzetti di dimensione 0.5x0.5x1.20 m
- 1 pozzetto di arrivo e grigliatura delle acque meteoriche
- 1 vasca di dissabatura e oliatura
- 1 vasca di laminazione di area pari a 32 mq

Considerando le dimensioni e il numero dei pozzetti, il volume invasato sarà pari a 3 m³, mentre la condotta, a sezione circolare, con area pari a $4\pi D^2$ e di lunghezza pari a 200 m, avrà un volume totale invasato di 8.82 m³ (Tabella 19 e Tabella 20).

CONDOTTA	
Lunghezza Condotta (m)	200
Diametro di progetto $\phi 250$ D(m)	0,237
Area sezione circolare A (m ²)	0,044
Volume Invasato AxL (m ³)	8,82

Tabella 19- Dati di progetto condotta rete di drenaggio

POZZETTI	
Lunghezza L (m)	0,5
Larghezza B (m)	0,5
Altezza H (m)	1
Volume invasato LxBxH (m ³)	0,25
Numero pozzetti	12
Volume invasato (m ³)	3

Tabella 20- Dati di progetto pozzetti

Per verificare il volume minimo invasato nella vasca di laminazione calcolato con il metodo della regione Marche, sono stati sommati i volumi dei pozzetti e della condotta con il prodotto tra l'area della vasca e l'altezza, la quale è stata fatta variare iterativamente. L'iterazione è stata arrestata in corrispondenza di un'altezza della vasca pari a 1.5 m, dove è risultato un volume di 59 m³ e pertanto la vasca di laminazione risulta verificata. In maniera cautelativa è stata considerata un'altezza della vasca di laminazione pari a 2 m ed è bene specificare che quest'ultima andrà nuovamente calcolata e verificata in fase esecutiva.

VASCA DI LAMINAZIONE	
Altezza H (m)	Volume totale Invasato (m ³)
0,1	15
0,2	18,2
0,3	21,4
0,4	24,6
0,5	27,8
0,6	31
0,7	34,2

VASCA DI LAMINAZIONE	
Altezza H (m)	Volume totale Invasato (m ³)
0,8	37,4
0,9	40,6
1	43,8
1,1	47
1,2	50,2
1,3	53,4
1,4	56,6
1,5	59,8
1,6	63
1,7	66,2
1,8	69,4
1,9	72,6
2	75,8

Tabella 21- Volume totale invasato vasca di laminazione

7. Verifica idraulica della rete di drenaggio delle acque meteoriche e dimensionamento

Nel precedente capitolo sono state determinate le portate con diversi tempi di ritorno che le canalette devono smaltire per garantire il mantenimento di condizioni di invarianza idraulica.

Pertanto, in questo paragrafo, viene effettuata una verifica complessiva della rete di drenaggio delle acque meteoriche in maniera che siano garantite condizioni di sicurezza idraulica per il progetto agrivoltaico “Foggia - Manfredonia”.

La verifica idraulica per i canali esistenti ed eventuale riprofilatura e il dimensionamento dei canali da realizzare ex-novo sono stati effettuati considerando come portate di progetto le “Portate Post – Operam” per un tempo di ritorno pari a 200 anni determinate per ogni lotto nel paragrafo 6.6.

Si precisa che sono state utilizzate le caratteristiche dimensionali rilevate in sito per ogni canale esistente. Dato l'andamento irregolare con allargamenti e restringimenti lungo tutta l'estensione delle canalette sono stati utilizzati i valori medi delle dimensioni dei canali riportate nel paragrafo 4.

Per ogni lotto di impianto, è stata effettuata una verifica del tirante idraulico in corrispondenza di una sezione rappresentativa, ipotizzata di forma pseudo trapezoidale.

Le verifiche idrauliche sono state condotte con l'ipotesi di moto uniforme utilizzando la formula di Chezy:

$$V = \chi \sqrt{R \cdot i}$$

Dove:

- R è il raggio idraulico;
- i è la pendenza del canale;

- il coefficiente χ è determinato in funzione del numero di Manning, con la seguente equazione:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R_h^{1/6} \quad \text{dove: } n \left(\frac{s}{m^3} \right) \text{ è un coefficiente che dipende dalla scabrezza delle pareti.}$$

È previsto di realizzare canali con pareti naturali, pertanto il coefficiente di scabrezza, detto coefficiente di Manning è pari a $0.033 \frac{s}{m^3}$ (da Chow V. T., 1959).

Il modello adottato permette di valutare la portata con la seguente relazione:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{3.60}$$

in cui:

- φ = coefficiente di deflusso relativo alla condizione Post – Operam = 0.46;
- i = intensità di pioggia per $T_R = 200$ anni
- A = superficie dell'area colante (kmq)
- 3.60 è un fattore di conversione delle unità di misura che permette di ottenere Q in m^3/s .

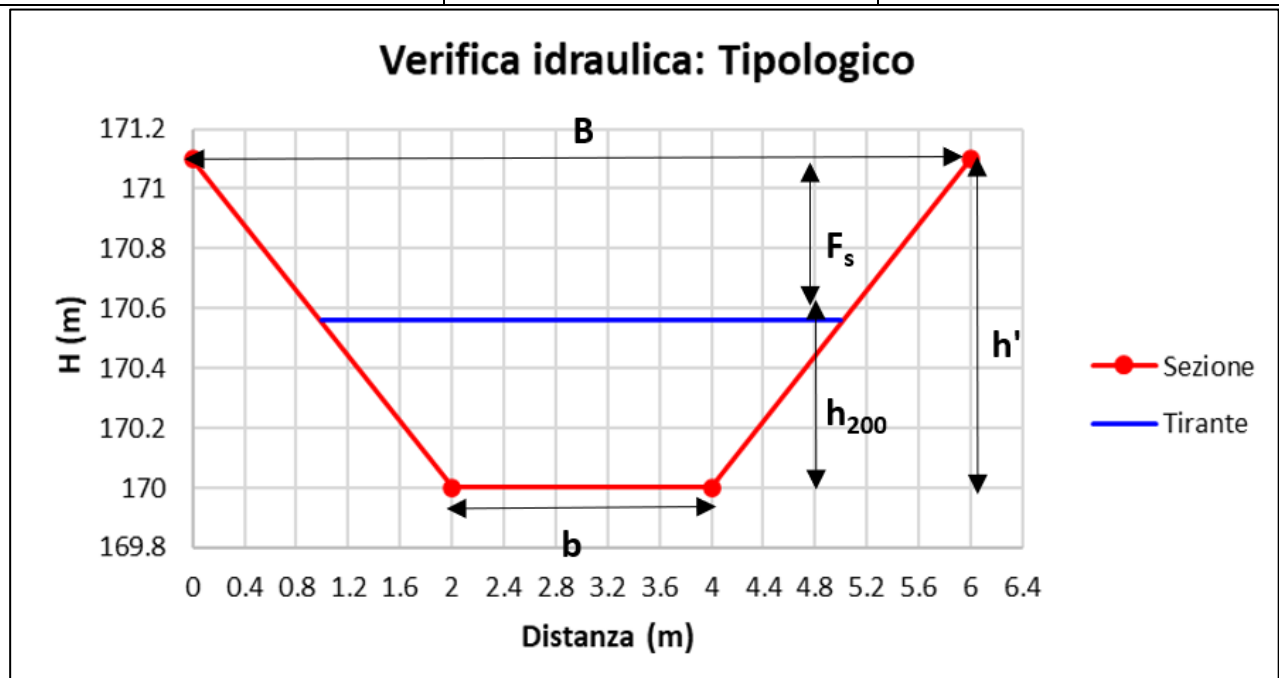
Si precisa che essendo le aree prevalentemente pianeggianti, è stato necessario modificare anche il profilo longitudinale dei canali aumentando la pendenza per ottenere delle sezioni fluviali di larghezza minore. Tuttavia, non sono state alterate le direzioni di deflusso delle acque meteoriche.

È prevista la realizzazione di canali ex-novo per consentire una corretta regimazione delle acque meteoriche. Le opere necessarie alla realizzazione dei nuovi canali non dovranno interferire con elementi che costituiscono l'impianto agrivoltaico e saranno considerate all'interno degli elaborati di progetto.

Si rimanda a una fase di progettazione esecutiva per maggiori dettagli sulle opere di collettamento delle acque superficiali in prossimità di strade, piazzole e accessi, nonché le modalità di realizzazione dei canali e dimensionamento di dettaglio.

Si riporta di seguito un inquadramento dei lotti di impianto su ortofoto rilevata tramite rilievo drone con i risultati ottenuti.

Si precisa che tutti i dati nelle tabelle successive rappresenteranno le caratteristiche dimensionali e idrauliche come riportato nella Figura 46.



Dove:

- h' è la profondità complessiva del canale;
- b è la larghezza del fondo del canale;
- B è la larghezza massima alla sommità del canale;
- h_{200} è il tirante idraulico verificato nella sezione a seguito di un evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni;
- F_s è il franco di sicurezza di progetto.

Si riporta di seguito un inquadramento dei lotti di impianto con i risultati ottenuti.

Lotto 1

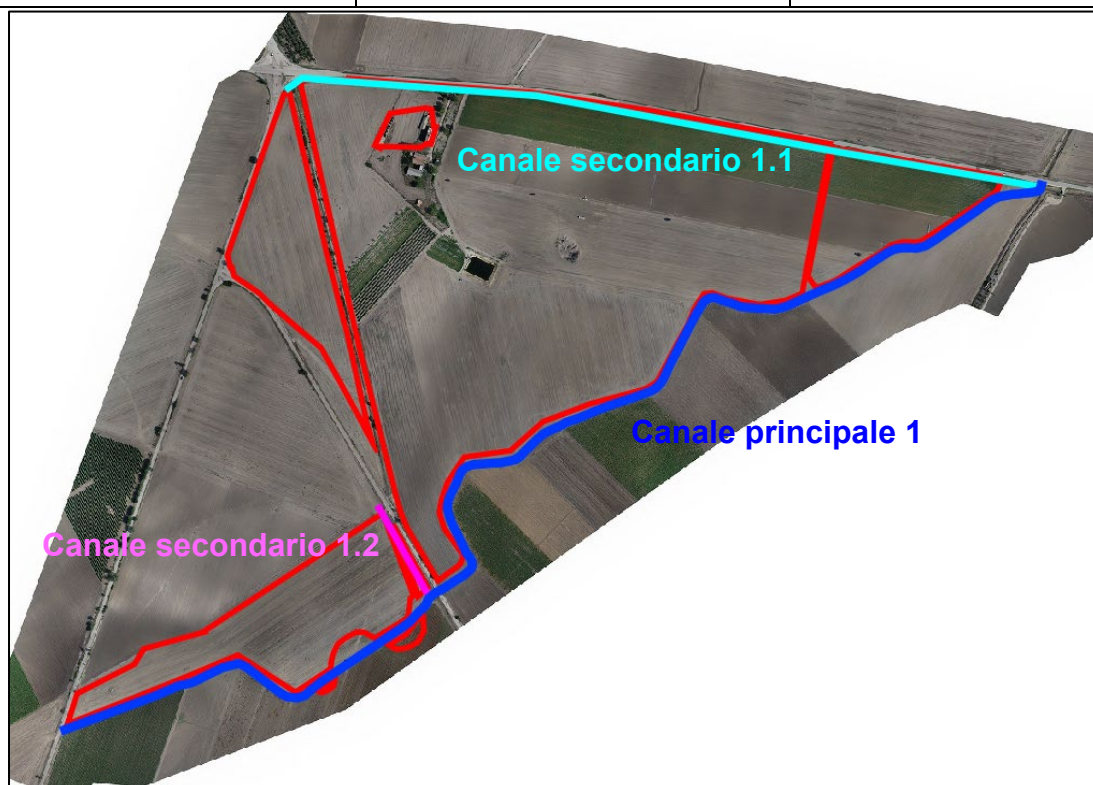


Figura 47: Inquadramento su ortofoto dei canali principali e secondari. In blu, il canale principale 1. In ciano, il canale secondario 1.1. In magenta, il canale secondario 1.2. In rosso la perimetrazione dell'area di impianto – Lotto 1

Canale principale 1 - Lotto 1

LOTTO 1 - Canale principale 1		
Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.70
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.00
Larghezza massima del canale (B)	m	5.00
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	4.85
Area di deflusso	m ²	3.01
Raggio idraulico	m	0.62
Coefficiente χ	-	27.99
Velocità di deflusso	m/s	1.71
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	5.15
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	5.14
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.21
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.50
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	10.45

Tabella 22 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Principale 1 – Lotto 1

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.21 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.70 m, con franco di sicurezza pari a 0.50 m.

Si precisa che le dimensioni delle sezioni trasversali del canale principale 1 appena riportate, sono già garantite dal canale, in quanto, come riportato nel Paragrafo 4, in fase di sopralluogo sono state rilevate diverse sezioni, ognuna con dimensioni uguali o superiori a quelle di progetto. Pertanto, saranno necessarie solo opere di riprofilatura e manutenzione del canale tale da garantire il mantenimento delle dimensioni di progetto per tutta la vita nominale dell'impianto.

Canale secondario 1.1 - Lotto 1

LOTTO 1 - Canale secondario 1.1		
Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.70
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.50
Larghezza massima del canale (B)	m	4.50
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	5.30
Area di deflusso	m ²	3.93
Raggio idraulico	m	0.74
Coefficiente χ	-	28.83
Velocità di deflusso	m/s	2.48
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	9.77
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	9.73
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.43
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.27
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	13.82

Tabella 23 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Secondario 1.1 – Lotto 1

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.43 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.70 m, con franco di sicurezza pari a 0.27 m.

Canale secondario 1.2 - Lotto 1

LOTTO 1 - Canale secondario 1.2

Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.70
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.50
Larghezza massima del canale (B)	m	4.50
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	5.06
Area di deflusso	m ²	3.49
Raggio idraulico	m	0.69
Coefficiente χ	-	28.48
Velocità di deflusso	m/s	2.24
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	7.84
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	7.80
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.27
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.43
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	13.11

**Tabella 24 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Secondario 1.1 –
Lotto 1**

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.27 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.70 m, con franco di sicurezza pari a 0.43 m.

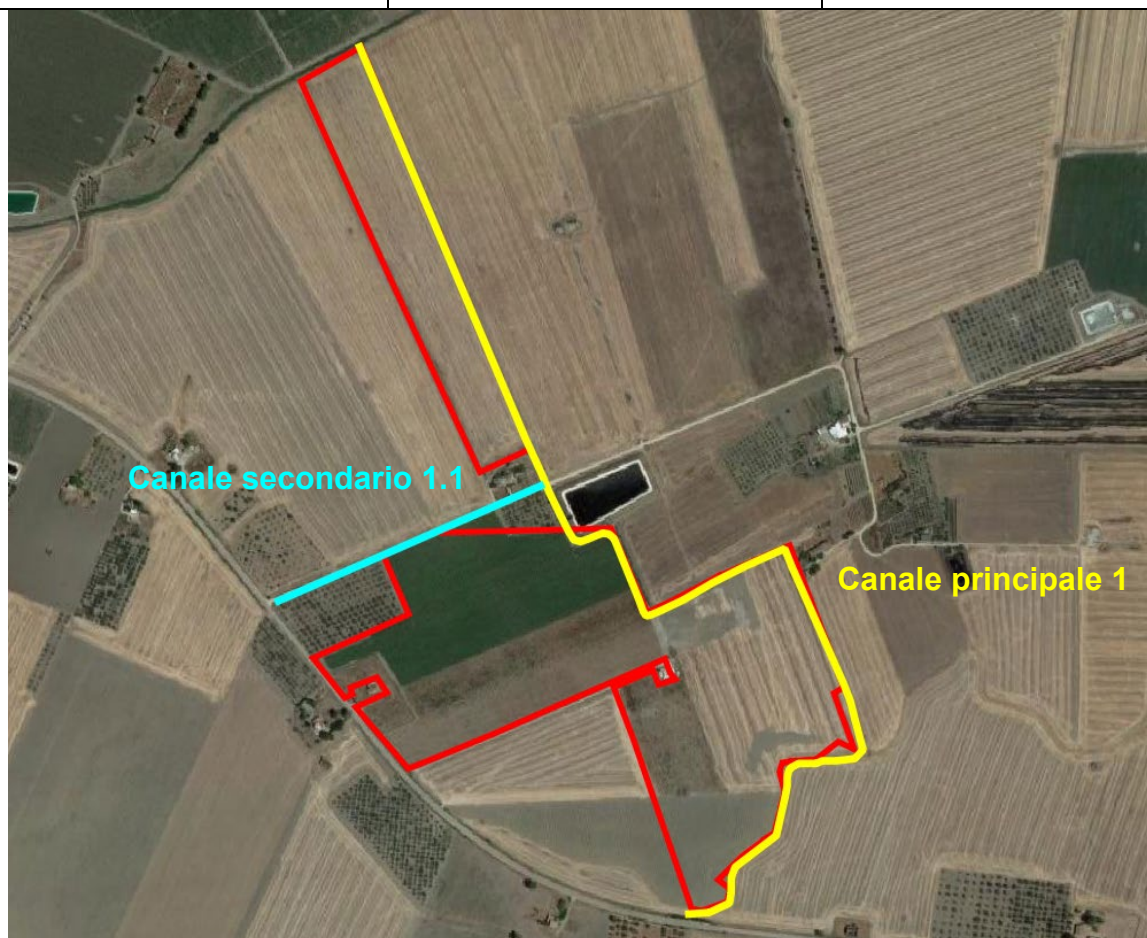


Figura 48: Inquadramento su ortofoto dei canali principali e secondari. In giallo, il canale principale 1. In ciano, il canale secondario 1.1. In rosso la perimetrazione dell'area di impianto – Lotti 2 e 3

Canale principale 1 – Lotti 2 e 3

LOTTO 2 e 3 - Canale principale 1		
Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.50
Larghezza di fondo del canale (b)	m	2.00
Larghezza massima del canale (B)	m	6.00
Pendenza del canale	-	0.00
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	5.79
Area di deflusso	m ²	4.06
Raggio idraulico	m	0.70
Coefficiente χ	-	28.56
Velocità di deflusso	m/s	1.31
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	5.32
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	5.30
Tirante idraulico (h200)	m	1.16

LOTTO 2 e 3 - Canale principale 1

Franco di sicurezza (F_s)	m	0.34
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	8.99

Tabella 25 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Principale 1 – Lotti 2 e 3

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.16 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.50 m, con franco di sicurezza pari a 0.34 m.

Canale secondario 1.1 – Lotti 2 e 3**LOTTO 2 e 3 - Canale secondario 1.1**

Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.30
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.00
Larghezza massima del canale (B)	m	5.00
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	4.63
Area di deflusso	m ²	2.55
Raggio idraulico	m	0.55
Coefficiente χ	-	27.44
Velocità di deflusso	m/s	1.44
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	3.67
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	3.66
Tirante idraulico (h_{200})	m	1.02
Franco di sicurezza (F_s)	m	0.28
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	6.44

Tabella 26 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Secondario 1.1 – Lotti 2 e 3

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.02 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.30 m, con franco di sicurezza pari a 0.28m.

Lotto 4

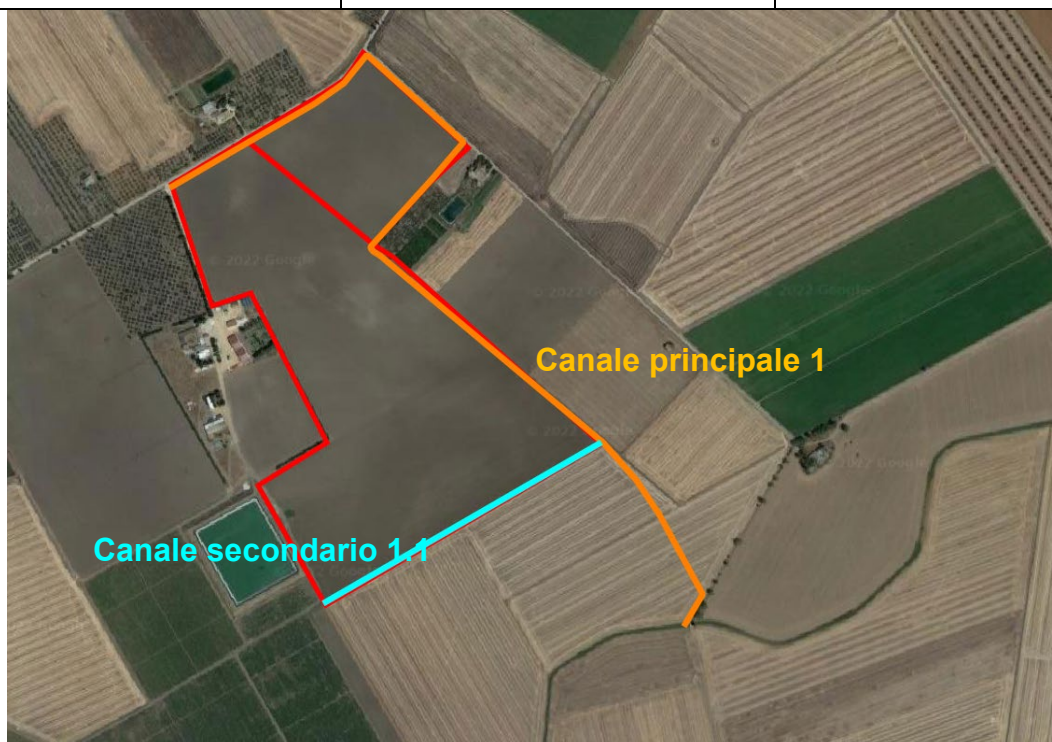


Figura 49: Inquadratura su ortofoto dei canali principali e secondari. In arancione, il canale principale 1. In ciano, il canale secondario 1.1. In rosso la perimetrazione dell'area di impianto – Lotto

Canale principale 1 – Lotto 4

LOTTO 4 - Canale principale 1		
Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.50
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.50
Larghezza massima del canale (B)	m	5.00
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	4.90
Area di deflusso	m ²	3.16
Raggio idraulico	m	0.65
Coefficiente χ	-	28.17
Velocità di deflusso	m/s	1.60
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	5.06
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	5.04
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.15
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.35
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	8.99

Tabella 27 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Principale 1 – Lotto 4

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.15 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella

tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.50 m, con franco di sicurezza pari a 0.35 m.

Canale secondario 1.1 – Lotto 4

LOTTO 4 - Canale secondario 1.1		
Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.50
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.50
Larghezza massima del canale (B)	m	4.50
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	4.79
Area di deflusso	m ²	2.94
Raggio idraulico	m	0.61
Coefficiente χ	-	27.94
Velocità di deflusso	m/s	1.55
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	4.56
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	4.54
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.07
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.43
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	8.20

Tabella 28 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Secondario 1.1 – Lotto 4

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.07 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.50 m, con franco di sicurezza pari a 0.35 m.

Lotto 5

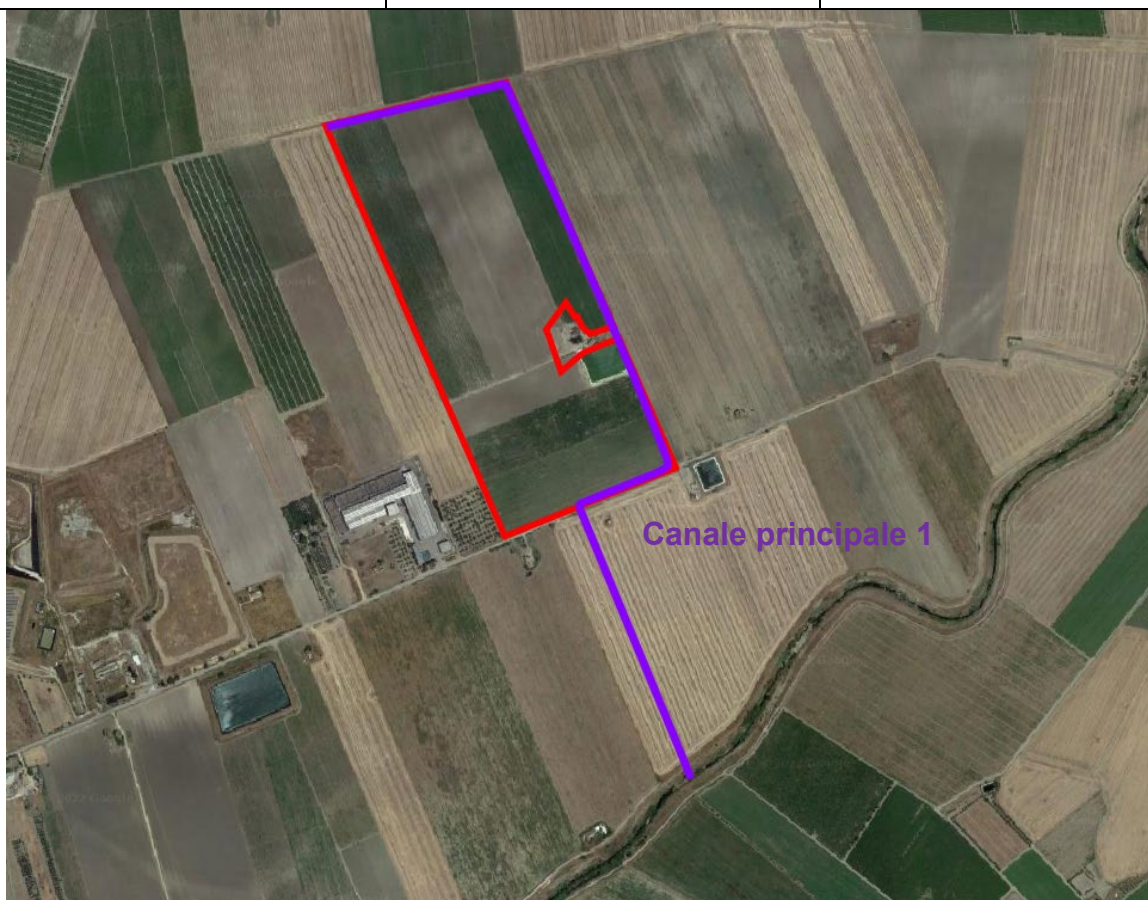


Figura 50: Inquadramento su ortofoto dei canali principali e secondari. In viola, il canale principale 1. In rosso la perimetrazione dell'area di impianto – Lotto 5

Canale principale 1 – Lotto 5

LOTTO 5 - Canale principale 1		
Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.50
Larghezza di fondo del canale (b)	m	2.00
Larghezza massima del canale (B)	m	6.00
Pendenza del canale	-	0.00
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	5.83
Area di deflusso	m ²	4.17
Raggio idraulico	m	0.71
Coefficiente χ	-	28.65
Velocità di deflusso	m/s	1.33
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	5.52
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	5.49
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.19
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.31

LOTTO 5 - Canale principale 1

Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	8.99
-----------------------------	-------------------	------

Tabella 29 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Principale 1 – Lotto 5

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.19 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.50 m, con franco di sicurezza pari a 0.31 m.

Lotto 6

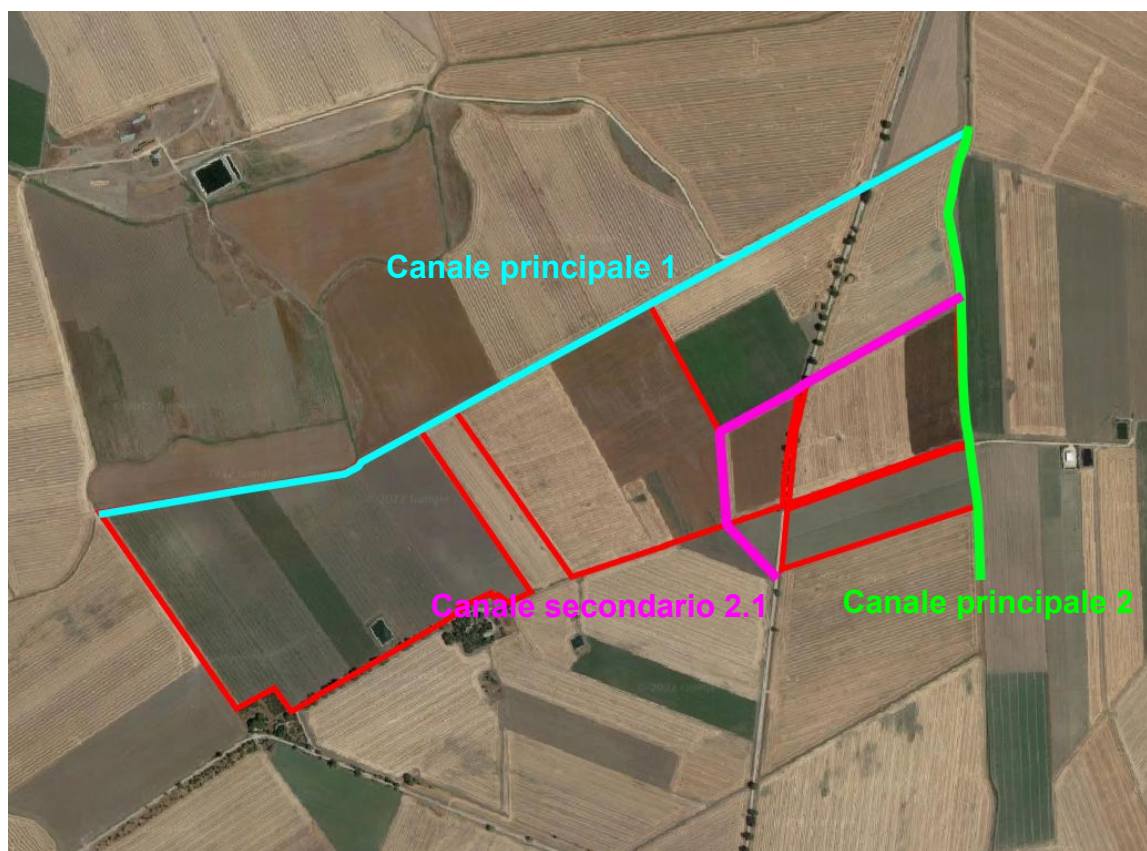


Figura 51: Inquadramento su ortofoto dei canali principali e secondari. In ciano, il canale principale 1. In verde, il canale principale 2. In magenta, il canale secondario 2.1. In rosso la perimetrazione dell'area di impianto – Lotto 6

Canale principale 1 – Lotto 6

LOTTO 6 - Canale principale 1

Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.50
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.50
Larghezza massima del canale (B)	m	6.00

LOTTO 6 - Canale principale 1

Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	5.66
Area di deflusso	m ²	3.64
Raggio idraulico	m	0.64
Coefficiente χ	-	28.16
Velocità di deflusso	m/s	1.75
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	6.37
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	6.35
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.12
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.38
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	11.51

Tabella 30 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Principale 1 – Lotto 6

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.12 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.50 m, con franco di sicurezza pari a 0.38 m.

Canale principale 2 – Lotto 6**LOTTO 6 - Canale principale 2**

Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	2.50
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.50
Larghezza massima del canale (B)	m	7.00
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	7.18
Area di deflusso	m ²	2.98
Raggio idraulico	m	0.42
Coefficiente χ	-	26.17
Velocità di deflusso	m/s	1.69
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	5.02
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	5.01
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	0.70
Franco di sicurezza (F _s)	m	1.80
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	36.14

Tabella 31 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Principale 2 – Lotto 6

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 0.70 m, per un tempo di ritorno di 200 anni.

Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 2.50 m, con franco di sicurezza pari a 1.80 m.

Si precisa che le dimensioni delle sezioni trasversali del canale principale 2 appena riportate, sono già garantite dal canale, in quanto, come riportato nel Paragrafo 4, in fase di sopralluogo sono state rilevate diverse sezioni, ognuna con dimensioni superiori a quelle di progetto. Pertanto, saranno necessarie solo opere di riprofilatura e manutenzione del canale tale da garantire il mantenimento delle dimensioni di progetto per tutta la vita nominale dell'impianto.

Canale secondario 2.1 – Lotto 6

LOTTO 6 - Canale secondario 2.1		
Parametro	Unità di misura	Valore
Profondità del canale (h')	m	1.50
Larghezza di fondo del canale (b)	m	1.00
Larghezza massima del canale (B)	m	5.00
Pendenza del canale	-	0.01
n di Manning	s/m ^{1/3}	0.03
Contorno bagnato	m	4.62
Area di deflusso	m ²	2.53
Raggio idraulico	m	0.55
Coefficiente χ	-	27.40
Velocità di deflusso	m/s	1.92
Portata smaltita (Q)	m ³ /s	4.85
Portata di progetto (Q)	m ³ /s	4.84
Tirante idraulico (h ₂₀₀)	m	1.01
Franco di sicurezza (F _s)	m	0.49
Portata smaltita (Q) con h'	m ³ /s	10.68

Tabella 32 - Parametri di dimensionamento per la verifica idraulica del Canale Secondario 2.1 – Lotto 6

La sezione rappresentativa risulta verificata per un tirante di 1.01 m, per un tempo di ritorno di 200 anni. Pertanto, il canale dovrà essere riprofilato in modo da garantire in ogni punto le dimensioni riportate nella tabella precedente, con profondità complessiva del canale pari a 1.50 m, con franco di sicurezza pari a 0.49 m.

Si precisa che in ogni sezione è garantito un franco di sicurezza superiore a 20 cm, pertanto, i canali risultano verificati anche per eventi di pioggia con tempi di ritorno superiori a 200 anni e sono tali da impedire la formazione di aree allagabili.

Il volume in eccesso all'interno dei canali svolge anche una funzione di laminazione tale da garantire

l'invarianza idraulica. In prossimità dei punti di confluenza tra i canali in progetto e i canali recettori saranno realizzate apposti sbocchi volti a evitare la formazione di fenomeni erosivi sugli argini e a garantire la portata in immissione nei canali recettori.

Tuttavia, si sottolinea che allo stato attuale le acque che cadono all'interno di progetto non sono attualmente regimate e le opere qui esaminate sono tali da consentire un corretto drenaggio anche di acque superficiali non drenate.

8. CONCLUSIONI

La presente relazione riporta i risultati ottenuti in merito alle verifiche sulla compatibilità idraulica dell'area costituita dai terreni interessati dall'iniziativa proposta dalla Società Committente in merito alla realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Foggia-Manfredonia". Le aree interessate dal progetto ricadono nei Comuni di Foggia (FG), Manfredonia (FG) e Zapponeta (FG) in Provincia di Foggia. L'impianto, installato a terra, con potenza nominale massima pari a 100 MWAC ed integrato da un sistema di accumulo da 20 MW sarà collegato in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica a 380/150 kV della RTN di Manfredonia.

Tale relazione ha permesso di analizzare le caratteristiche idrauliche dell'area nonché le condizioni di compatibilità idraulica dell'intervento tramite il confronto con i risultati dello studio.

Seppur la vita nominale di un impianto fotovoltaico possa essere stimata in 25-30 anni e di conseguenza confrontata con eventi con Tempi di ritorno di 50 anni, cautelativamente si è proceduto ad effettuare ulteriori verifiche a step di controllo progressivi e per un tempo di ritorno di 200 anni. Per ulteriori dettagli in merito allo studio idrologico dell'area e le metodologie impiegate per i calcoli idrologici si rimanda all'elaborato "FOM.ENG.REL.012_RELAZIONE IDROLOGICA".

Si è dunque analizzato l'assetto idrologico ed idrogeologico dell'area stimando la portata di ruscellamento ad un T_R di 200 anni in sezioni rappresentative dei canali individuate per ogni lotto di impianto, in modo di determinare le caratteristiche dimensionali delle sezioni idrauliche per ogni lotto, tale che sia garantita la compatibilità idraulica dell'impianto agrivoltaico, che la rete di canali permetta di convogliare acque di ruscellamento superficiali per tempi di ritorno superiori alla vita nominale dell'impianto agrivoltaico e che venga rispettata l'invarianza idraulica a seguito della realizzazione dell'impianto. Pertanto, in fase esecutiva saranno effettuate opere di riprofilatura dei canali esistenti, dove necessario, tali da garantire le dimensioni riportate nel paragrafo 7. Se le dimensioni dei canali al momento della realizzazione soddisferanno già le dimensioni di progetto, come per il canale principale 1 del lotto 1 e il canale principale 2 del lotto 6, saranno comunque effettuate opere di pulizia degli alvei e argini dei canali in esame.

Per il posizionamento dell'impianto potranno essere richiesti interventi di spianamento di porzioni di terreno più acclive, che potrebbero apportare variazioni alla morfologia attuale. In ogni caso, tutte le opere connesse alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico saranno realizzate in maniera tale da non creare ostruzione al normale deflusso delle acque di ruscellamento convogliate dai canali presenti nell'area da adeguare. Infatti, nessuno dei canali o perimetrazioni del Reticolo Idrografico della Puglia interferisce con l'area di impianto e sono state mantenute opportune fasce di rispetto.

L'eventuale sistema di drenaggio di dettaglio, e/o le relative opere di collettamento nel punto di scarico individuato, verranno dimensionate, in fase esecutiva, secondo le correnti specifiche tecniche della Committente.

Pertanto, si tiene a specificare che la riprofilatura delle sezioni effettuata in questo studio può subire mutamenti in funzione di evidenze riscontrate in sito in fasi successive ed esigenze pratiche, come l'infissione dei pali di supporto per le strutture fotovoltaiche, i cablaggi e tutti gli elementi che compongono l'impianto nonché eventuali opere di spianamento delle aree più acclivi per il posizionamento delle strutture fotovoltaiche e cabinati elettrici. Tutti i lavori annessi alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico dovranno

essere realizzati in maniera tale da non comportare ostruzioni o variazioni di alcun genere al normale deflusso delle acque superficiali.

Inoltre, dovranno essere previste opere di manutenzione periodiche di pulizia dei canali per garantire il normale deflusso delle acque meteoriche e il mantenimento delle condizioni di progetto.

Per evitare fenomeni di erosione dovuti allo scarico delle acque da un canale sulla sponda del canale ricevente si prevederanno delle protezioni nei punti critici costituiti da gabbioni o blocchi di roccia tale da impedire la formazione di fenomeni erosivi, per la cui progettazione si rimanda ad una fase esecutiva.

Per quanto concerne gli scavi da realizzare per la riprofilatura dei canali dovranno essere adoperate tutte le misure cautelative ed eventuali opere di sostegno delle pareti degli scavi atti alla salvaguardia delle persone e mezzi. Per analisi di maggiore dettaglio si rimanda ai piani di coordinamento e sicurezza in fase esecutiva.

Il Progettista
Ing. Vito Bretti