

Regione Veneto

Comune di Bagnoli di Sopra

Provincia di Padova

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Titolo:

Lotto di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica

"BAGNOLI 1" - "BAGNOLI 2" - "BAGNOLI 3" - "BAGNOLI 4"

Via Goffredo Mameli snc

Oggetto:

**RELAZIONE DEL CALCOLO DI CONFORMITA'
IDRAULICA**

Num. Rif. Lista:

-

Codifica Elaborato:

R - VCI

Studio di progettazione:



Servizi Integrati Gestionali Ambientali srl
Circonvallazione Piazza d'Armi, 130 48122
Ravenna (RA)
C.F. e P.IVA 01465700399

Incarico professionale ricevuto dalla Chiron Energy Asset Management S.r.l. società facente parte del Gruppo Chiron Energy

Progettista:

Dott. Geol. Michela Lavagnoli



Cod. File:

FILE

Scala:

-

Formato:

A4

Codice:

PD

Rev.:

00

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	03/2022	Prima emissione	Dott. geol. M. Lavagnoli	Dott. geol. M. Lavagnoli	Dott. geol. M. Lavagnoli
1	03/2023	Seconda emissione	Dott. geol. M. Lavagnoli	Dott. geol. M. Lavagnoli	Dott. geol. M. Lavagnoli
2	DATA				

INDICE

1	PREMESSA GENERALE	2
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO	4
3	CONTESTO AMBIENTALE DI RIFERIMENTO	6
3.1	Assetto geomorfologico	6
3.2	Assetto geologico e litostratigrafico.....	8
3.3	Acque superficiali.....	9
3.4	Assetto idrogeologico locale	18
4	INVARIANZA IDRAULICA	21
4.1	Curva di possibilità pluviometrica.....	21
4.2	Coefficienti di deflusso	22
4.3	DETERMINAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO	22
4.3.1	Stato Ante Operam	23
4.3.2	Stato Post Operam.....	24
5	ASPETTI CONCLUSIVI	26

Allegato

1 PREMESSA GENERALE

La presente relazione riporta la valutazione di compatibilità idraulica relativa al progetto di realizzazione di un lotto di impianti fotovoltaici in comune di Bagnoli di Sopra, in provincia di Padova il cui intervento interesserà una superficie complessiva di circa 29,23 ha.

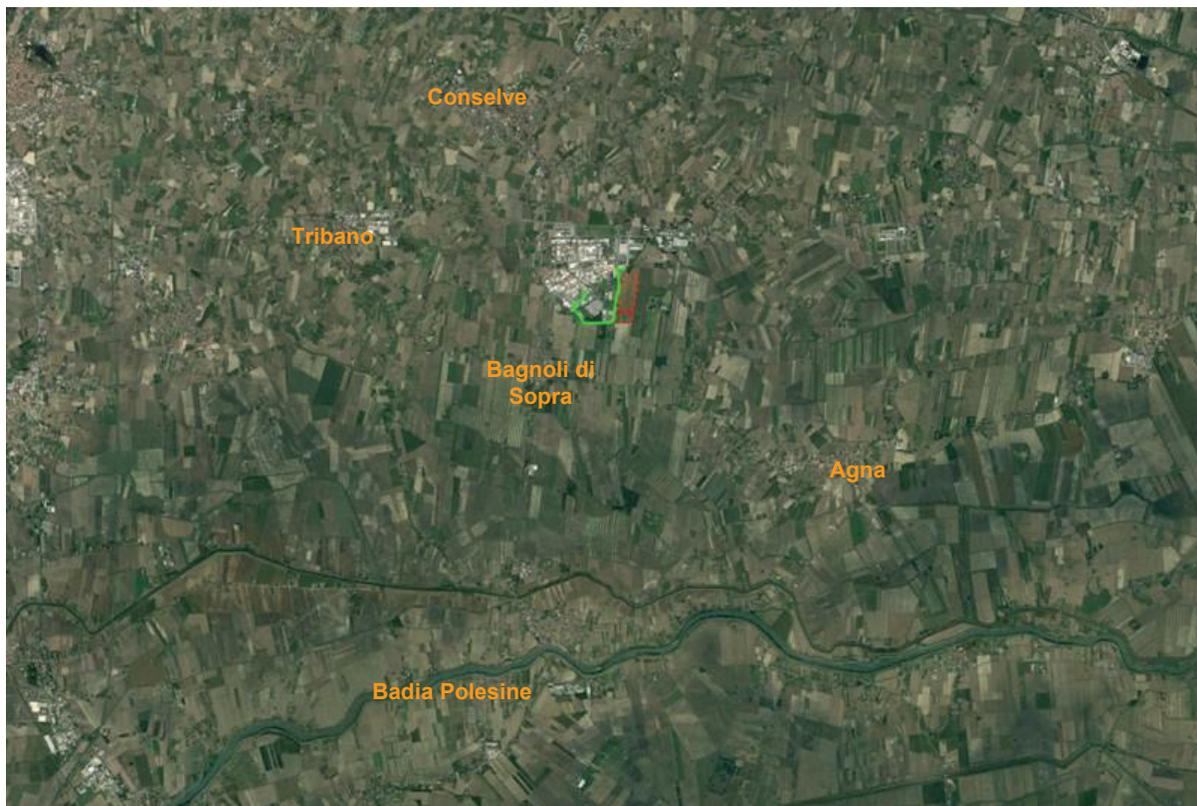


Figura 1-1 Ubicazione del campo fotovoltaico in progetto

La Regione del Veneto ha emesso alcune norme che disciplinano la pianificazione urbanistica in relazione alla regimazione dei deflussi idrici.

Nel dicembre 2002, con D.G.R.V. 3637/02, è stato istituito l'obbligo di redigere una Valutazione di Compatibilità Idraulica per ogni variante agli strumenti urbanistici.

Le disposizioni regionali in materia di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico e le indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici, approvate con la Delibera G.R. n. 3637 del 13.12.2002, successivamente aggiornata con la D.G.R.V. 1322/06 (integrata successivamente dalla D.G.R.V. 2948/09), pongono dei vincoli stringenti all'attività di pianificazione urbanistica.

Tali disposizioni subordinano l'approvazione di nuovi strumenti urbanistici o di loro varianti, al parere di conformità idraulica espresso dalla competente autorità idraulica, individuata dalla Regione Veneto nella unità complessa del Genio Civile Regionale.

Con delibera di G.R. n. 1322 del 10.05.2006, dopo l'esperienza acquisita negli anni di applicazione della D.G.R. 3637/02, è stata recepita la necessità di garantire omogeneità di approccio agli studi di compatibilità idraulica.

Questi si concretizzano sostanzialmente in elaborazioni idrologiche ed idrauliche finalizzate a definire progettualmente gli interventi che hanno funzione compensativa per garantire l'"invarianza idraulica", laddove il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio viene così definito: *"per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa."*

In tal senso le misure compensative consistono sostanzialmente nella individuazione e progettazione di volumi e modalità di gestione di essi in modo che l'area interessata da intervento di trasformazione del suolo non modifichi la propria risposta idrologico-idraulica in termini di portata generata¹.

L'Allegato A della su indicata Delibera, fornisce "Modalità operative e indicazioni tecniche" delle nuove Valutazioni di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici.

In particolare, l'allegato introduce la seguente classificazione dimensionale degli interventi urbanistici in base alla quale scegliere il tipo di indagine idraulica da svolgere e le tipologie dei dispositivi da adottare (la superficie di riferimento è quella per la quale è prevista la modificazione di uso del suolo):

Classe di Intervento		Definizione
Trascurabile potenziale	impermeabilizzazione	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta potenziale	impermeabilizzazione	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa potenziale	impermeabilizzazione	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata potenziale	impermeabilizzazione	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Nel 2009 è stata emanata la D.G.R.V. n. 2948 del 6 ottobre: L. 3 agosto 1998, n. 267 – Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.

Nell'allegato A alla D.G.R.V. 2948/09 sono contenute le modalità operative e le indicazioni tecniche per la redazione della Valutazione di Compatibilità Idraulica.

¹ Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto, VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA Linee guida, Venezia 2009

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

L'area di intervento risulta situata nella porzione settentrionale del territorio comunale di Bagnoli di Sopra, nelle immediate vicinanze della S.R. n. 104 Monselice-Mare, ad est della Zona industriale-artigianale, a ridosso di Viale Europa. L'area risulta suddivisa in due lotti separati da via Goffredo Mameli che la attraversa.

L'impianto sarà realizzato, su un terreno di proprietà, individuato catastalmente al Foglio n.11, Part. n. 45, 46, 48, 49 e Foglio 14, Part. 33, 34, 40, 41, 42, 50, 51, 80, 105, 107, 114, 253, 255, 288, 290, 124 e 307 del Comune di Bagnoli di Sopra.

L'area è inquadrata dal vigente PRG del Comune di Bagnoli di Sopra come Zone D.1.2 Industriali, artigianali ed a magazzini di espansione.

Il lotto posto a nord della via Mameli confina a nord, nord-ovest con un'area a destinazione industriale e lo scolo consortile "Sardellon" (facente parte del "Consorzio di Bonifica Adige Euganeo"), a ovest con Viale Europa, a est con terreno agricolo e a sud con via Goffredo Mameli. Il lotto risulta attraversato nella parte centrale da un fosso lungo la direttrice nord-sud. Il lotto a sud confina a nord con via Goffredo Mameli, a est e a sud con terreni agricoli coltivati e a ovest con Via Goffredo Mameli.

Attualmente il terreno, di conformazione regolare e pianeggiante, è utilizzato a fini agricoli e non risulta recintato. L'area complessiva, intesa come area, recintata, che ospiterà il campo fotovoltaico a terra interessa una superficie di 292.260 m²; l'impianto fotovoltaico avrà potenza complessiva di 22.843,6 kW.



Figura 2-1 Ubicazione del campo fotovoltaico in progetto

I moduli fotovoltaici saranno esposti a sud-ovest (orientamento di 8°) e con inclinazione rispetto al piano orizzontale di 25° (tilt), su strutture fisse. Le strutture di sostegno saranno realizzate in profili metallici (in alluminio o acciaio zincato) e fissate al terreno.

In sintesi si riportano di seguito i dati salienti dell'intervento (cfr. l'elaborato di progetto "Relazione tecnica generale") distinti per le due aree a nord e a sud rispetto alla via Goffredo Mameli.

Area nord

- superficie: 217.554 m²;
- superficie pannelli proiettata a terra: 64.593 m²;
- superfici impermeabili (fondazioni cabine): 165 m²;
- superfici semipermeabili (viabilità e piazzali in stabilizzato): 4.921 m².

Area sud

- superficie: 74.706 m²;
- superficie pannelli proiettata a terra: 28.256 m²;

- superfici impermeabili (fondazioni cabine): 63 m;
- superfici semipermeabili (viabilità e piazzali in stabilizzato): 1.578 m².

Le strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici saranno costituite da un sistema per installazione in campo aperto di tipo bipalo modulare, e saranno formate da:

- corpo di sostegno;
- traverse fissate al sostegno, costituite da profili integrati da scanalature;
- fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo infisso nel terreno.

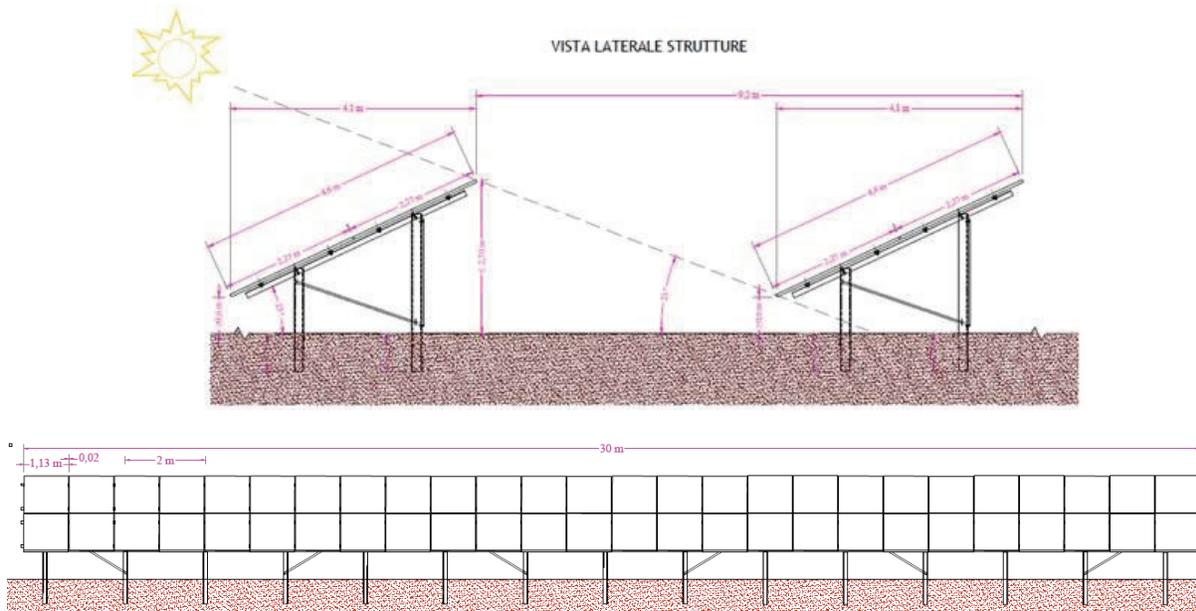


Figura 2-2 – Profilo delle file dei pannelli fotovoltaici

In fase di esercizio le aree di impianto non saranno interessate da copertura o pavimentazione impermeabile, a meno delle aree occupate dalle cabine, piazzali e strade.

3 CONTESTO AMBIENTALE DI RIFERIMENTO

3.1 Assetto geomorfologico

Il territorio, nel suo complesso, è caratterizzato da una morfologia pianeggiante con quote sul livello del mare che degradano dolcemente da nord-ovest verso sud-est. In questo contesto l'aspetto del territorio di area vasta è quello tipico di pianura, con estese aree adibite alla coltivazione delimitate da una fitta rete di canali ad uso irriguo.

In Figura 3-1 è riportato uno stralcio della Carta del microrilievo elaborata per il PATI del Conselvano: dall'analisi dell'andamento altimetrico, si possono individuare alcune strutture naturali a forma di dosso ed in corrispondenza delle quali sono state realizzate le infrastrutture storiche, essendo per lo più zone non soggette a periodici allagamenti. Ne sono un esempio le aree rilevate lungo le quali scorrono la SP14 a nord dell'area di intervento e la SP 5 che attraversa l'abitato di Bagnoli di sopra.

Questi elementi morfologici hanno tutti direzione nord-ovest sud-est, ad indicare la direzione degli eventi deposizionali fluviali. Storicamente queste strutture, per la loro minore propensione ad essere sommersi, rappresentavano siti ideali per gli insediamenti e per le relative vie di comunicazione. Si osserva infatti che gli attuali capoluoghi si sono sviluppati proprio in corrispondenza di queste strutture.

In riferimento all'area ove verrà realizzato il campo fotovoltaico essa risulta pianeggiante con quote comprese tra circa 1,2 e 3,0 m slm (Figura 3-2).

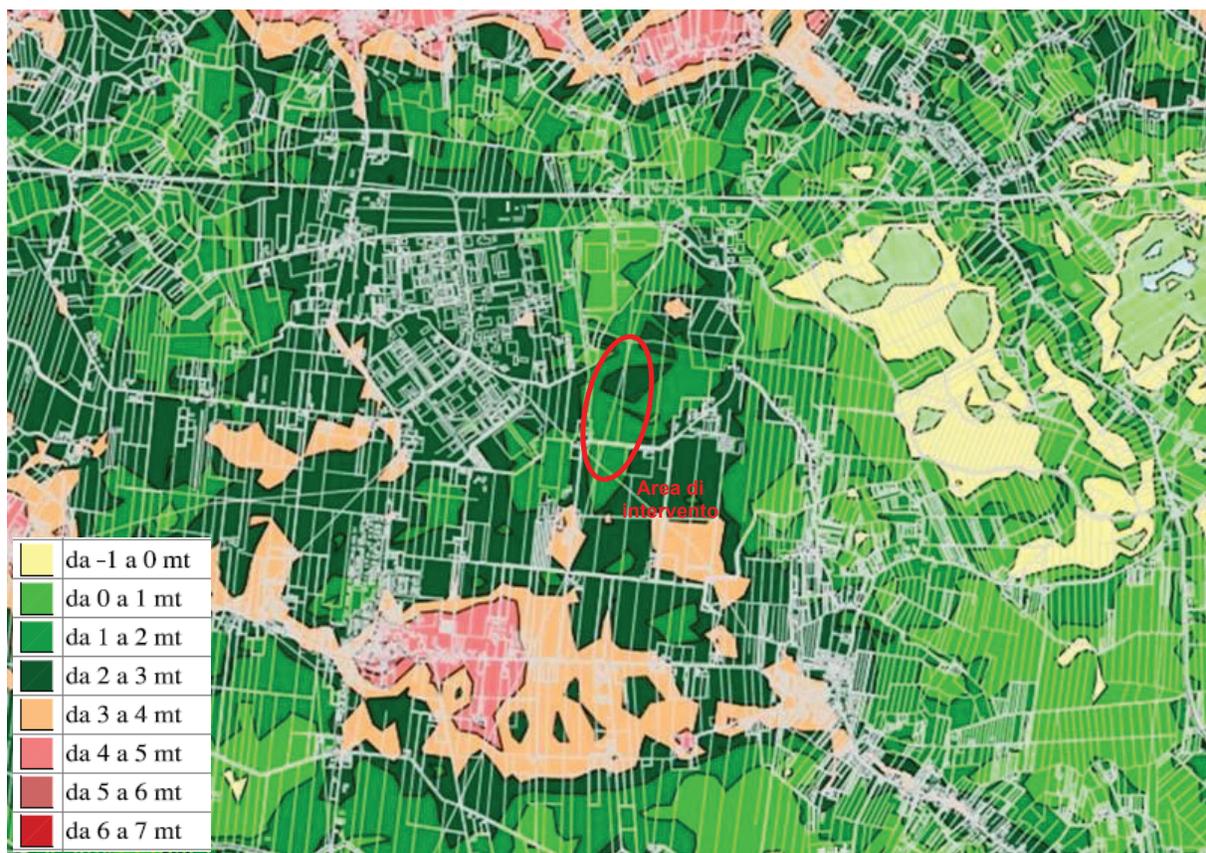


Figura 3-1 – Microrilievo dell'area di intervento (Fonte: Fonte: PATI del Conselvano, Carta del microrilievo)

In Figura 3-4 è riportato lo stralcio della Carta geomorfologica redatta per il PATI del Conselvano che evidenzia con maggior dettaglio la distribuzione delle aree depresse e dei dossi fluviali in prossimità del sito ove verrà realizzato l'impianto.

Sull'area non sono state cartografate strutture morfologiche di rilievo. Anche l'analisi sull'assetto morfologico locale non ha evidenziato la presenza di elementi morfologici, come evidenziato in Figura 3-3.

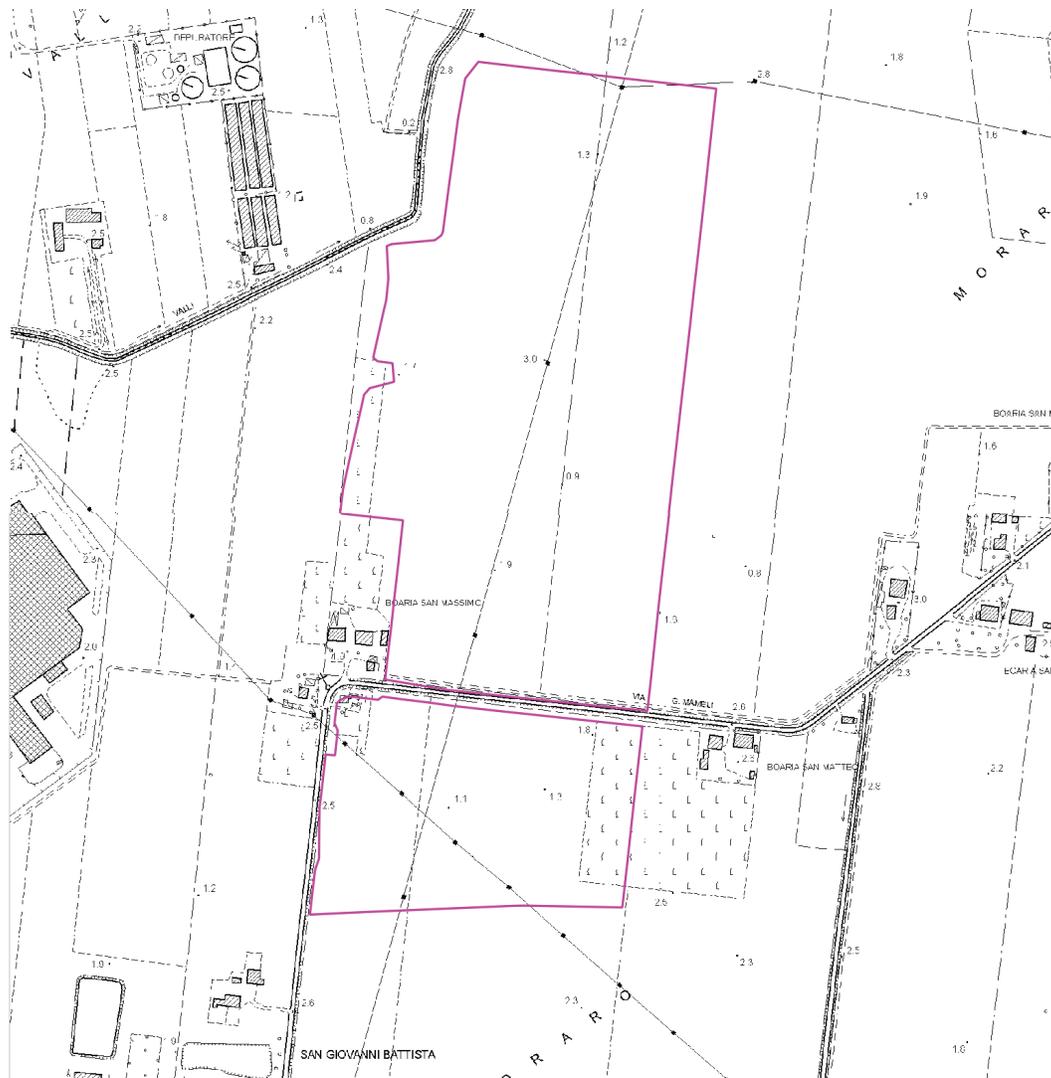


Figura 3-2 – Quote topografiche in prossimità dell'area di intervento tratte dalla CTR 168030 e 147150 alla scala 1:10.000



Figura 3-3 – panoramica delle aree di intervento

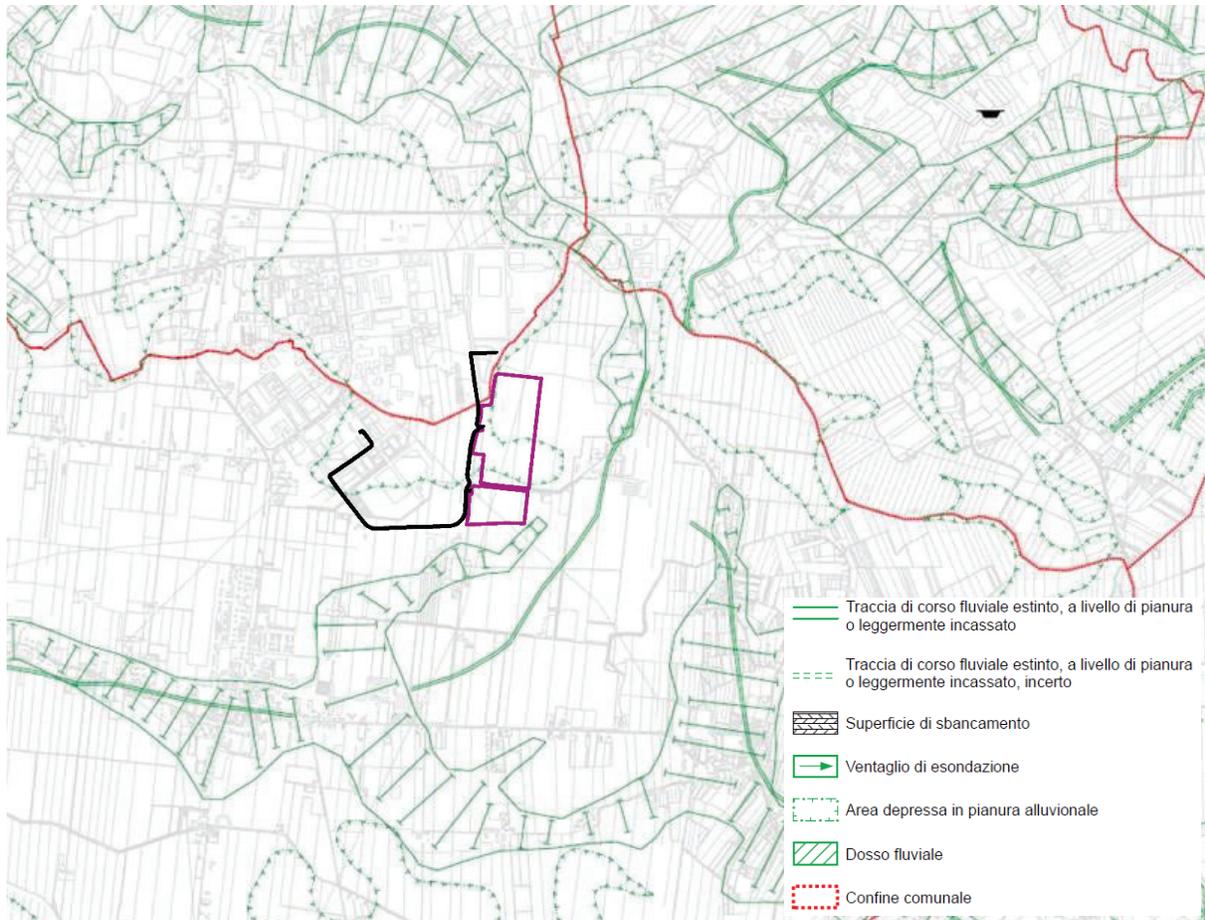


Figura 3-4 – Geomorfologia dell'area di intervento (Fonte: PATI del Conselvano – Carta Geomorfologica)

3.2 Assetto geologico e litostratigrafico

L'area è caratterizzata, nei primi metri di profondità, dalla presenza di terreni afferibili ai depositi geologici recenti: si tratta di sedimenti alluvionali costituiti in prevalenza da argille, sabbie limose e limi sabbiosi, rappresentativi di facies di canale attivo, argine e bacino interfluviale. Lo stato di addensamento può variare fra l'addensato ed il mediamente addensato. Questi sedimenti sono tipici di un sistema complesso, qual è la piana alluvionale, dove la caratteristica principale è quella di avere una superficie ripetutamente emersa e sommersa (Ricci Lucchi, 1980). Durante eventi di piena si ha tracimazione con fenomeni di erosione, allagamento, approfondimento dei canali di rotta, distruzione e sradicamento di piante. Allontanandosi dagli argini la velocità dell'acqua diminuisce, come pure la velocità di sedimentazione e la granulometria dei depositi. Terminata la fase di piena la velocità del flusso rallenta, ristagnando nei bacini dove decantano i materiali in sospensione; rimangono ampie aree di fango e lingue di sabbia (Ricci Lucchi, 1980).

Ne consegue che in questi tipi di depositi si può assistere ad una sensibile variabilità litostratigrafica sia in senso laterale che verticale, con presenza di lenti anche piuttosto discontinue.

In Figura 3-5 è riportato l'assetto litologico dell'area di intervento tratto dalla Carta Litologica del P.A.T.I. del Conselvano dalla quale si evince che l'area è caratterizzata dalla presenza di sedimenti di natura alluvionale prevalentemente sabbiosa.

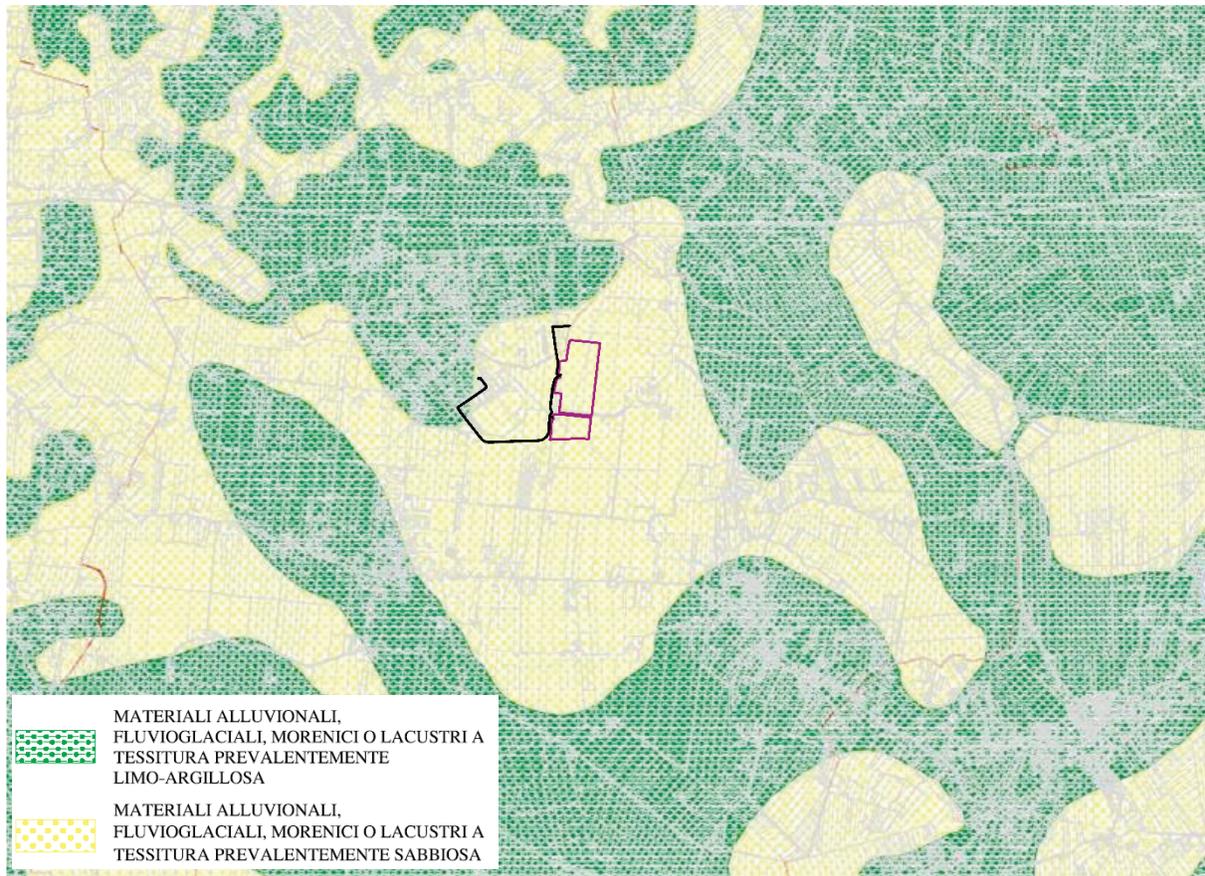


Figura 3-5 – Litologia dell’area di intervento (Fonte: Fonte: PATI del Conselvano, Carta litologica)

3.3 Acque superficiali

L’area di intervento, a larga scala, è compresa tra il Fiume Bacchiglione posto a circa 7,2 km a nord e il Fiume Adige, a sud, ad una distanza di circa 6 km.

Il Fiume Adige è un corso d’acqua lungo circa 409 km, che nasce in alta Val Venosta, a 1.550 m slm, e percorre, fino a Verona, la Val Venosta, la Val d’Adige e la Vallagarina, per continuare poi in Pianura Padana. La foce si trova sul Mar Adriatico pochi chilometri a sud di Chioggia e a pochi chilometri a nord del Po, a cui è collegato tramite diversi canali. Il bacino tributario dell’Adige copre una superficie di circa 12.100 km².

Il fiume Bacchiglione è lungo circa 119 km ed ha un bacino di raccolta che si estende per 1.400 km². Il regime idrologico del fiume Bacchiglione è di tipo “misto” ed è caratterizzato da rapide transizioni, dallo stato di magra a quello di piena. I periodi di massima portata del fiume sono i mesi di novembre e maggio mentre i valori minimi si registrano generalmente ad agosto e gennaio.

Nell’area sono inoltre presenti alcuni corsi d’acqua di importanza minore rispetto a quelli citati, ma che rivestono un ruolo rilevante nello smaltimento e gestione delle acque superficiali, come il Canale di Bovolenta, lo Scolo Rebosola, la Fossa Monselesana e il Canale Gorzone, lo scolo Sorgaglia solo per citare i principali.



Figura 3-6 – Principali corsi d'acqua

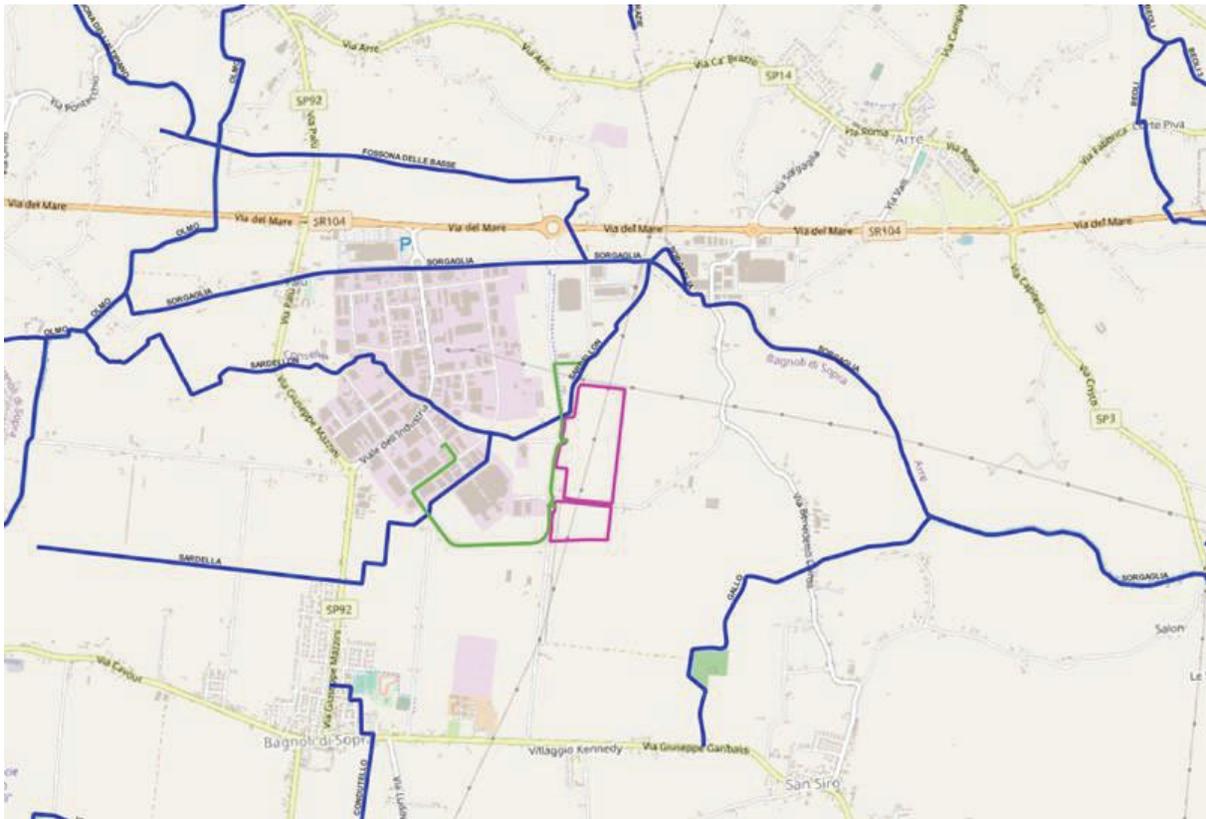


Figura 3-7 – Idrografia dell'area di intervento

Per una valutazione della pericolosità idraulica delle aree di intervento si può fare riferimento al Piano Gestione del Rischio Alluvioni 2015-2021 dell'Autorità di bacino del Distretto delle Alpi Orientali. La cartografia elaborata prevede tre scenari di allagabilità (frequente = TR 30 anni; medio = TR 100 anni; raro = TR 300 anni) relativamente alle altezze idriche nelle aree potenzialmente allagabili ed alla conseguente classificazione del rischio totale. Nelle figure sottostanti sono riportati gli stralci delle carte di pericolosità idraulica nelle aree di intervento. L'area dove verrà realizzato il campo fotovoltaico non rientra nelle aree allagabili in nessuno dei tre scenari considerato, (Figura 3-8+Figura 3-13).

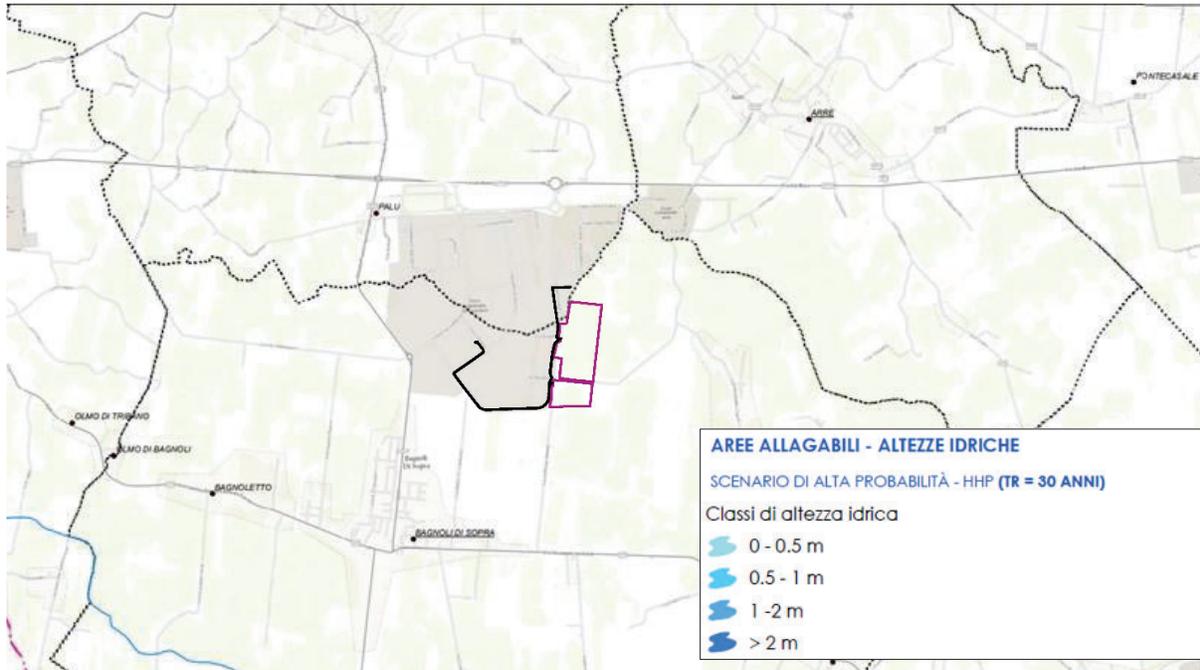


Figura 3-8 – Aree allagabili scenario di alta probabilità (TR=30 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

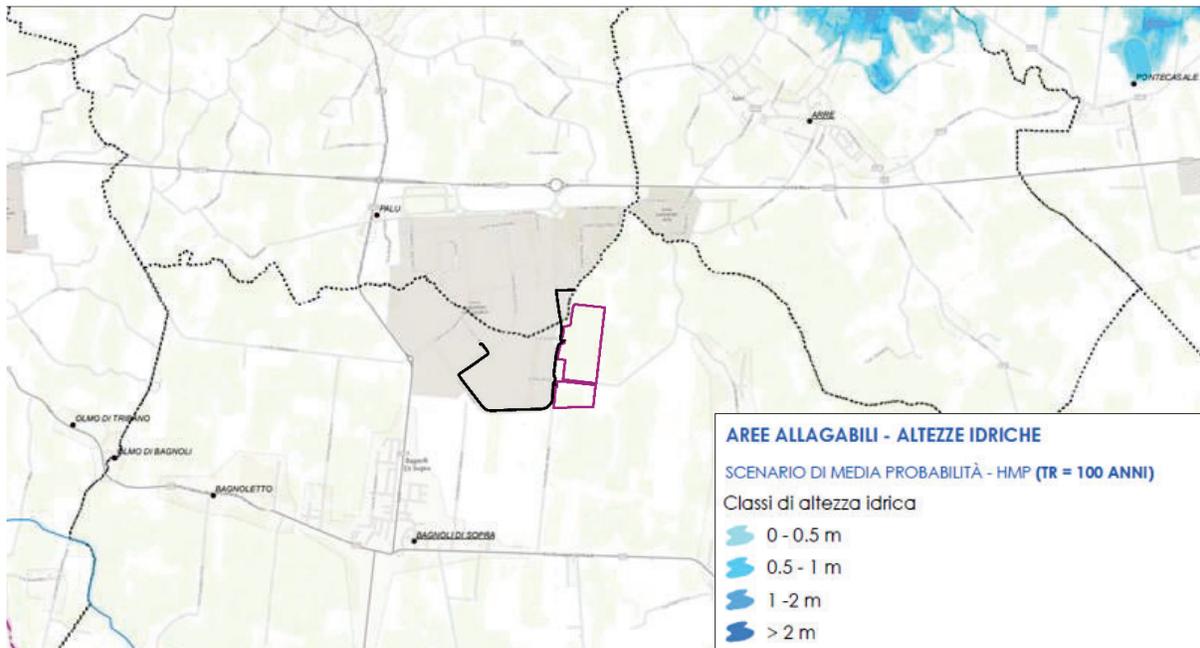


Figura 3-9 – Aree allagabili scenario di media probabilità (TR=100 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

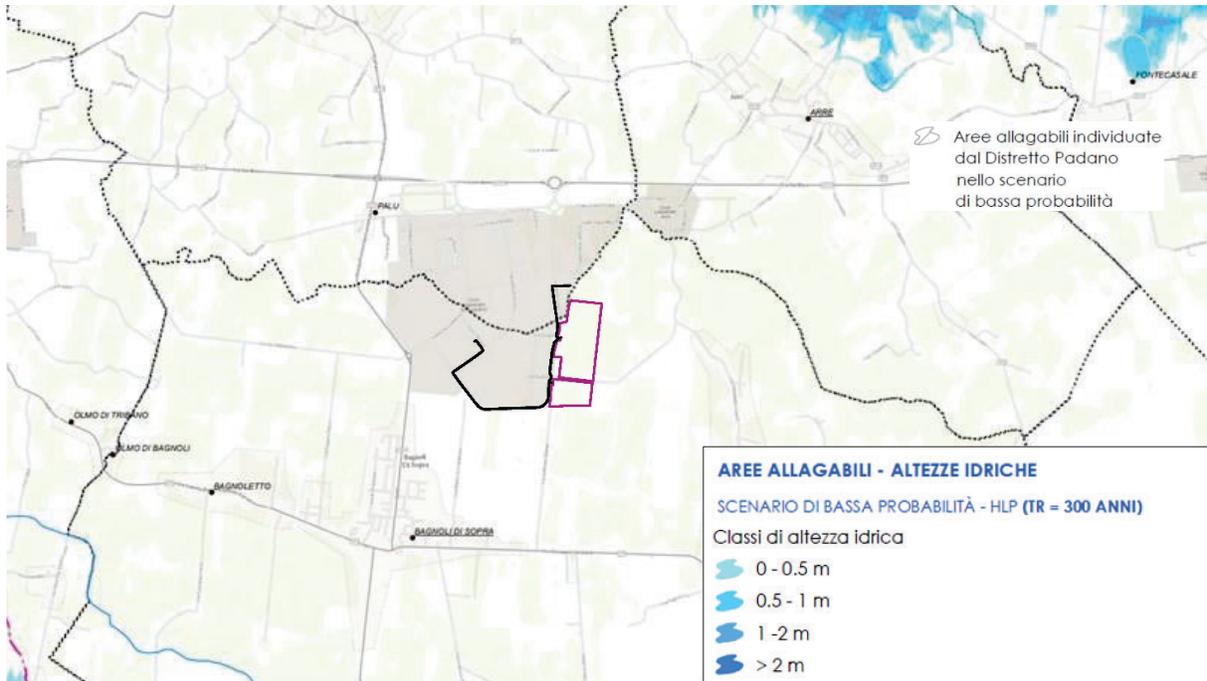


Figura 3-10 – Aree allagabili scenario di bassa probabilità (TR=300 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

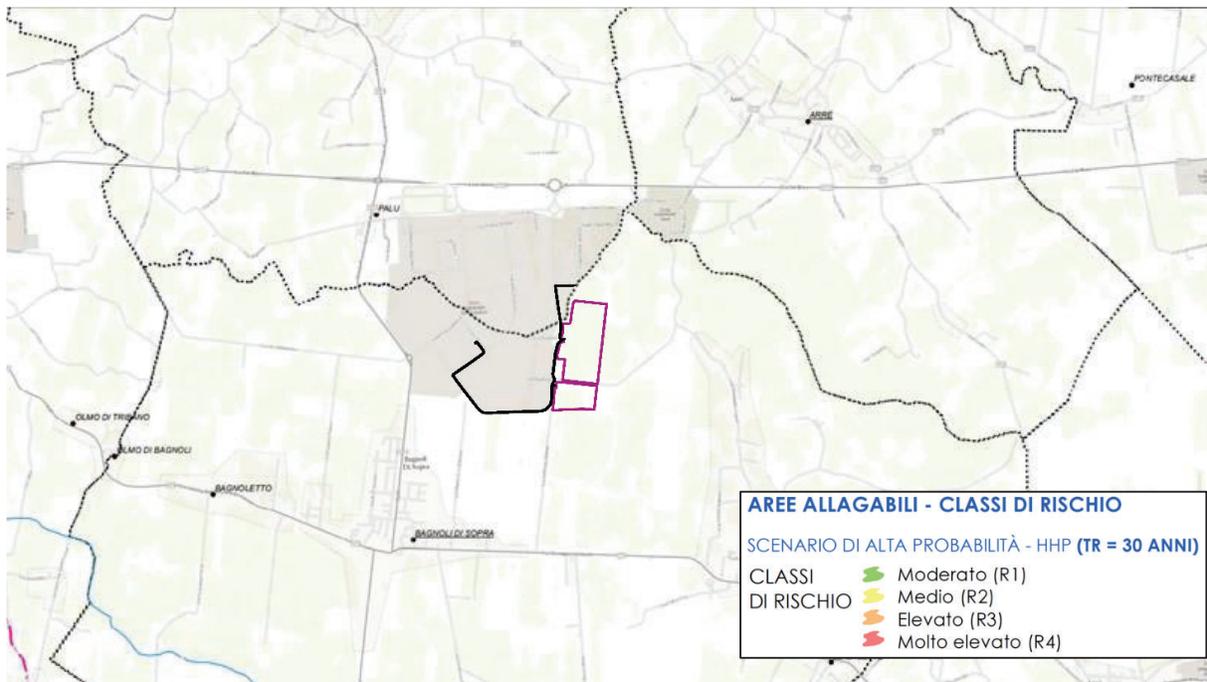


Figura 3-11 – Aree allagabili – Classi di Rischio (TR=30 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

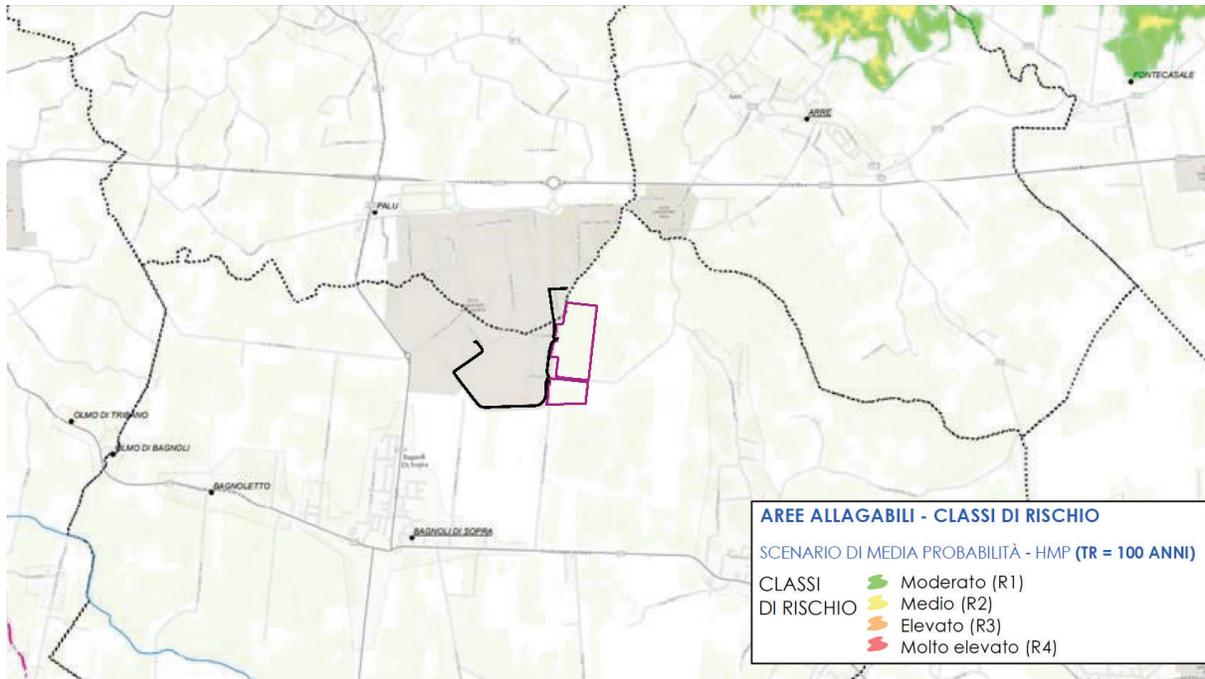


Figura 3-12 – Aree allagabili – Classi di Rischio (TR=100 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

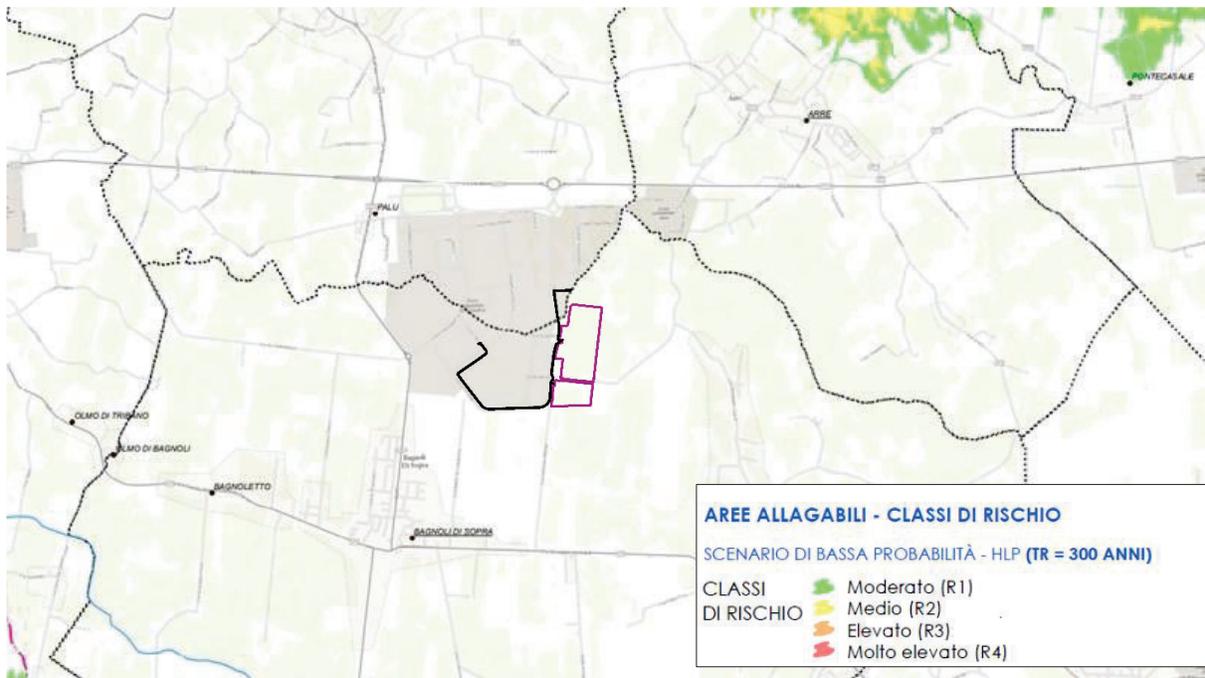


Figura 3-13 – Aree allagabili – Classi di Rischio (TR=300 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

A fine 2021 è stato adottato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio alluvioni. La cartografia inerente il rischio idraulico tratta dal web gis dell’Autorità evidenzia che le opere di progetto rientrano quasi totalmente nel rischio idraulico R1, la cui Classe è definita Rischio moderato (R1), solo la parte finale delle linee elettriche che attraversa la zona industriale è interessata dalla classe di Rischio medio (R2), Figura 3-14. In riferimento alla pericolosità idraulica il PGRA ascrive tutte le opere di progetto alla classe P1 Pericolosità idraulica moderata (P1), Figura 3-15. Le Norme di Piano all’art. 14 prescrivono che: *Tutti gli interventi e le trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia che comportano la realizzazione di nuovi edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, infrastrutture, devono in ogni caso essere collocati a una quota di sicurezza idraulica*

pari ad almeno 0,5 m sopra il piano campagna. Tale quota non si computa ai fini del calcolo delle altezze e dei volumi previsti negli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del Piano.

Quanto detto sopra è confermato dalle tavole inerenti il tirante idrico, calcolato negli scenari con tempi di ritorno di 30, 100, 300 anni, rappresentativi rispettivamente di alta, media e bassa probabilità. Le mappe confermano che le opere di progetto rientrano in area con altezze idriche di riferimento fino a 50 cm, negli scenari di media e bassa pericolosità, Figura 3-16 e Figura 3-17.

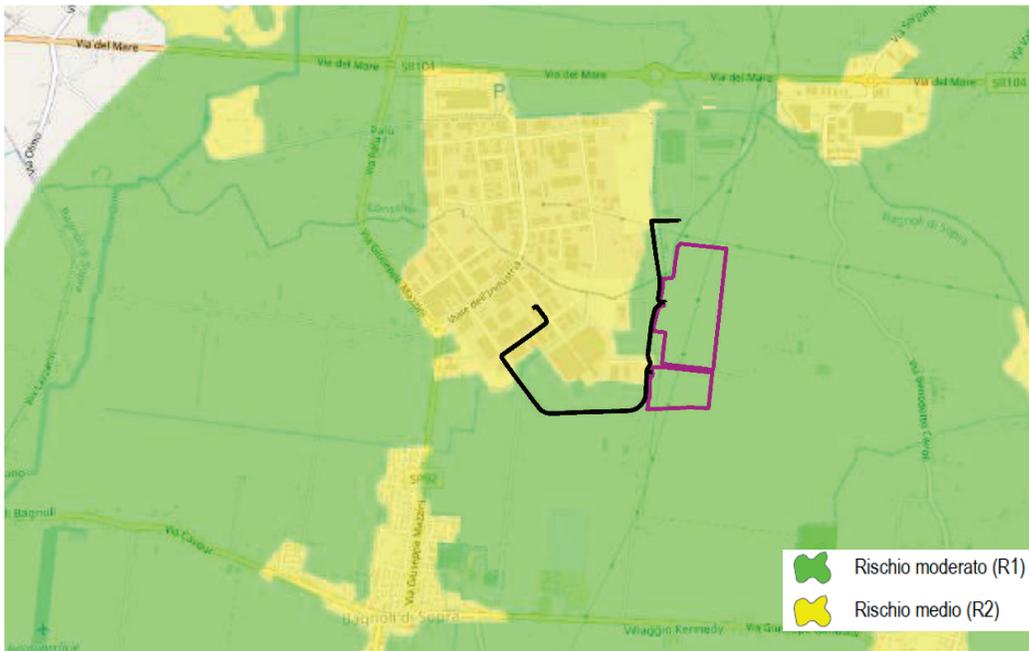


Figura 3-14 – Rischio Idraulico (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)

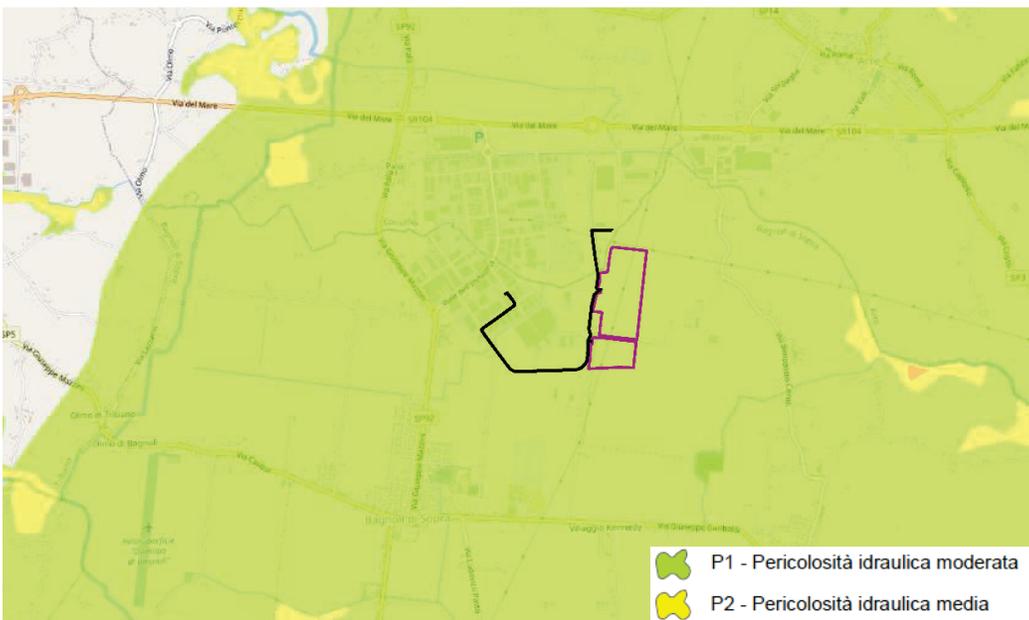


Figura 3-15 – Pericolosità idraulica (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)

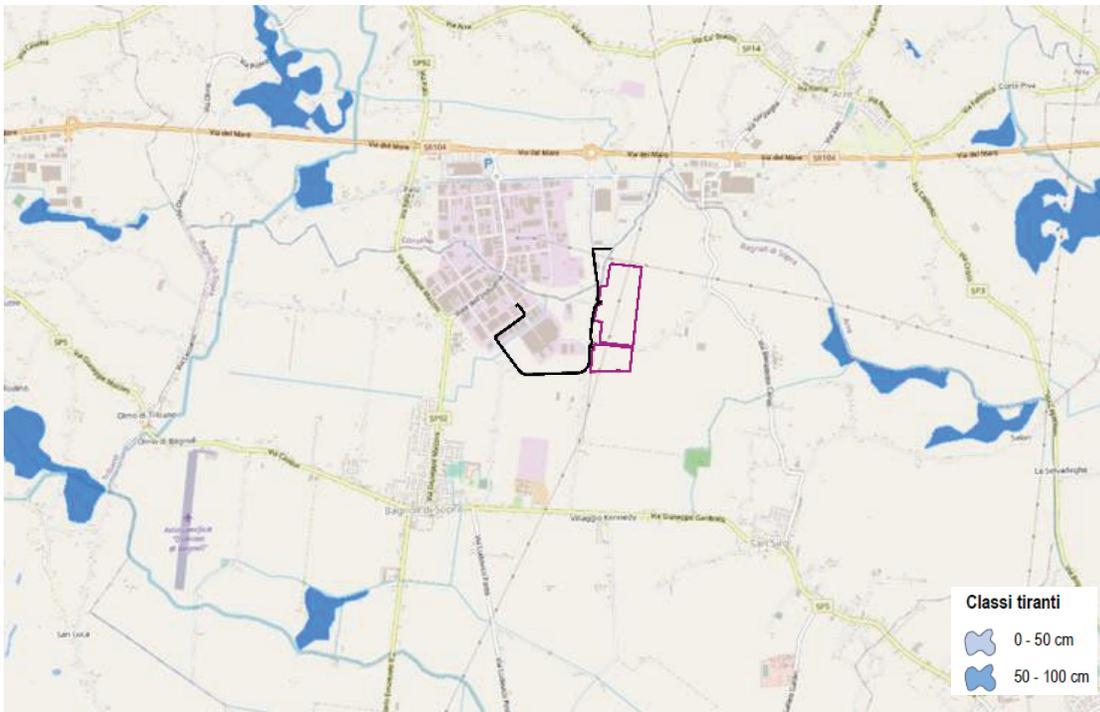


Figura 3-16 – Tiranti idrici di riferimento HPH 30 (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)

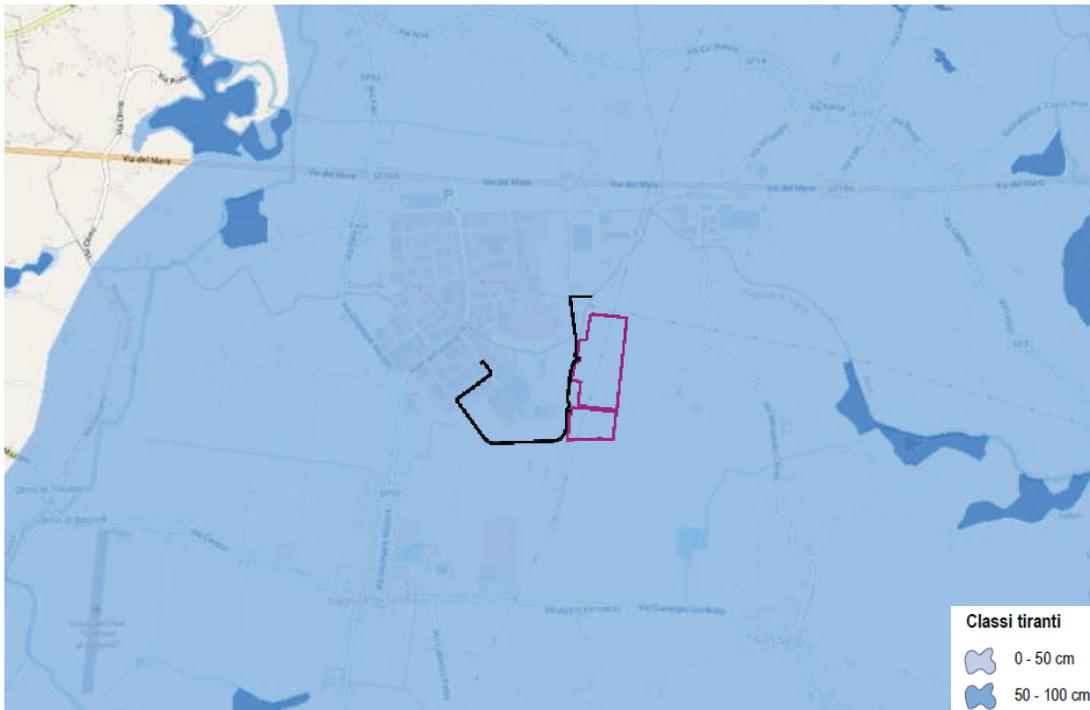


Figura 3-17 – Tiranti idrici di riferimento HMH 100 e LPH 300 (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)

L'area di intervento è prossima, lungo il confine ovest, allo scolo Sardellon che confluisce a nord dell'area nello scolo Sorgaglia. L'acqua dello scolo Sorgaglia, attraverso l'idrovora Sorgaglia, viene sollevata entro un tratto tombinato per sboccare nuovamente a vista nella parte sud dell'abitato di Agna. Qui il Sorgaglia confluisce nello scolo Canale Vitella venendo a costituire l'origine del Canale dei Cuori.

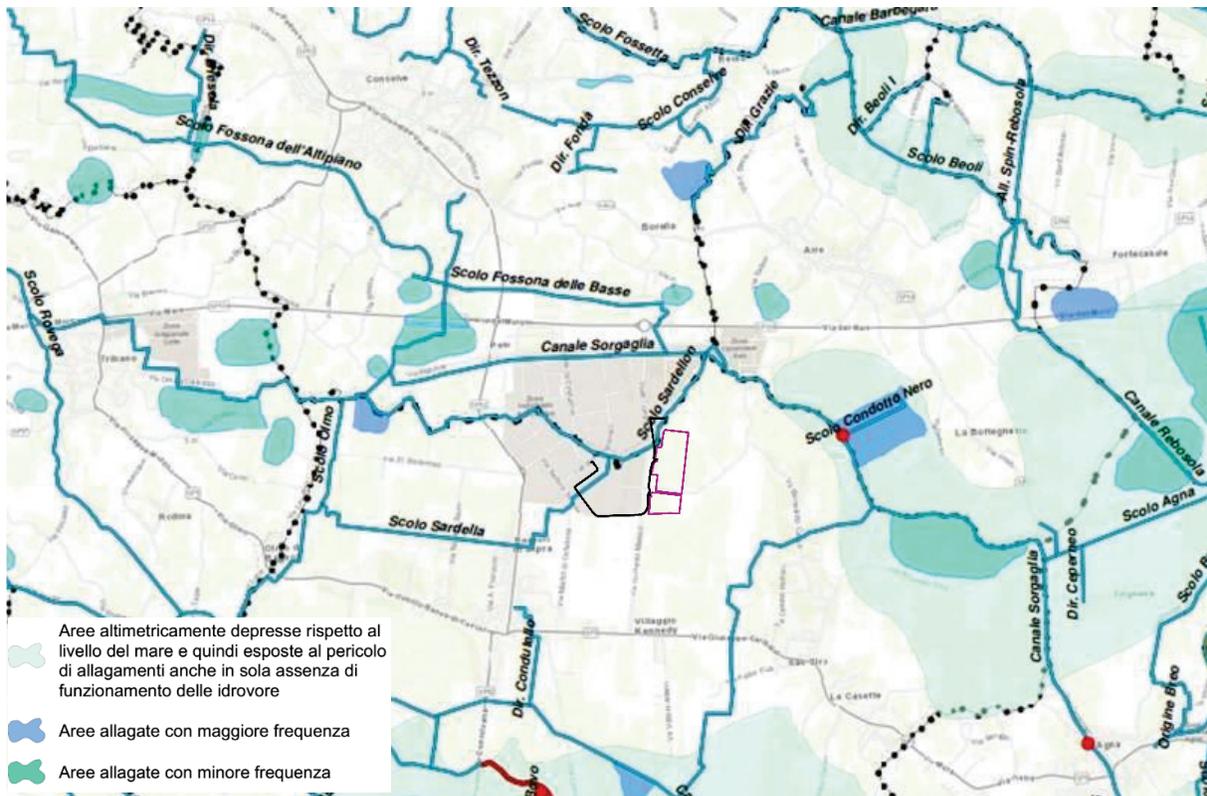


Figura 3-21 – Carta del rischio idraulico del comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo (Fonte: Consorzio di bonifica Adige Euganeo, Piano di Emergenza -Tavola 5)

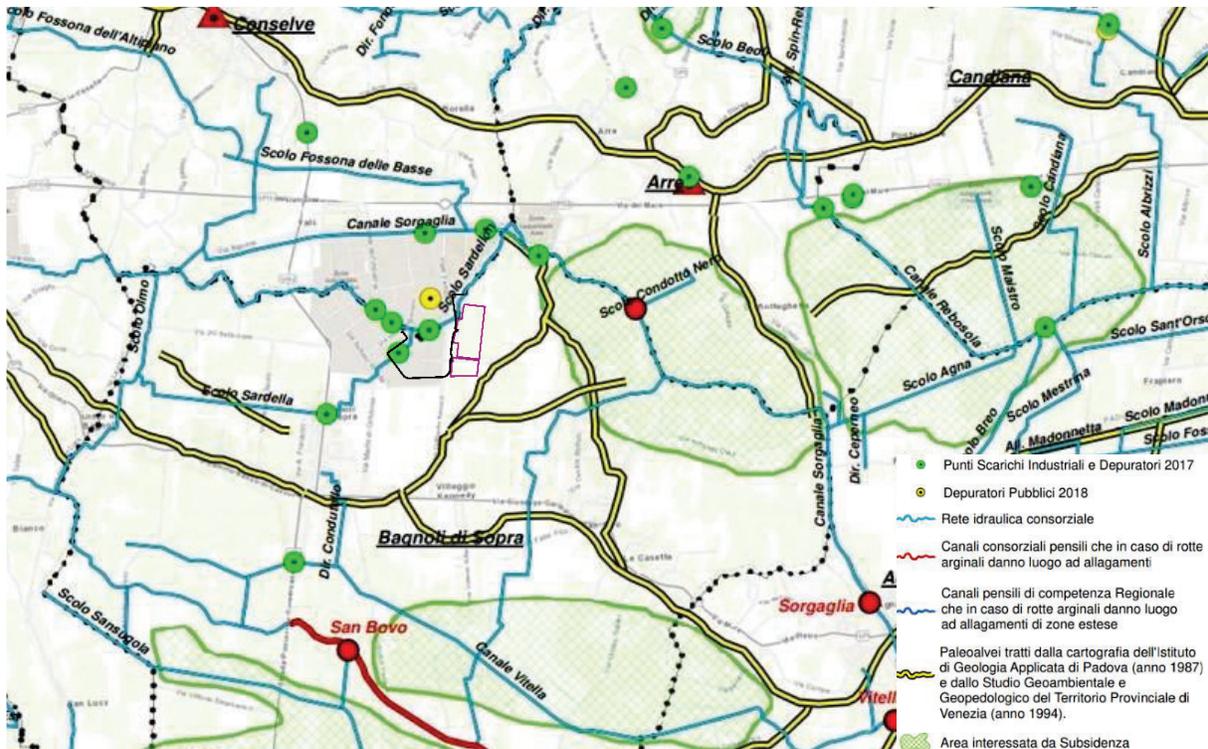


Figura 3-22 – Carta delle aree sensibili del comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo (Fonte: Consorzio di bonifica Adige Euganeo, Piano di Emergenza -Tavola 6)

3.4 Assetto idrogeologico locale

L'apporto dei sedimenti alluvionali che costituiscono il substrato del territorio in esame è legato principalmente al corso dell'Adige. La potenza e l'eterogeneità dei materiali, coinvolti di volta in volta nei vari eventi alluvionali, hanno determinato condizioni stratigrafiche caratterizzate da spiccata variabilità dei litotipi, sia in senso orizzontale che in senso verticale: si tratta piuttosto di un insieme di lenti di materiali più permeabili, parzialmente comunicanti tra loro, confinate tra materiali più fini.

Tale sistema 'multifalde' è un complesso caratterizzato da livelli acquiferi, costituiti da terreni prevalentemente sabbiosi, intercalati da livelli impermeabili prevalentemente argillosi.

Le falde idriche sono contenute nei livelli sabbiosi, mentre gli strati limoso-argillosi fungono da separatori tra una falda e l'altra. In linea generale si può affermare che, in accordo all'andamento che si riscontra nella Pianura Padana, il deflusso avviene lentamente da nord-ovest verso sud-est, con un gradiente generalmente nell'ordine di 1/1000.

Nell'ambito del PRAC della regione Veneto è stata redatta la carta idrogeologica della falda freatica sul territorio regionale riportata in Figura 3-23: la carta elaborata alla scala 1:250.000 certamente non rileva gli aspetti di dettaglio, ma permette di evidenziare l'andamento della superficie freatica che presenta un andamento generale nord/ovest-sud/est, con quote comprese tra 0 e -1 m slm.

Per quanto riguarda la profondità della tavola d'acqua si può fare riferimento alla Carta Idrogeologica (elaborato B23b) del P.A.T.I. del Conselvano, riportato in Figura 3-24 dal quale si evince che l'area rientra tra quelle con profondità compresa tra 1 e 1,5 m da p.c. Non si evidenziano aree a deflusso difficoltoso (Figura 3-25).

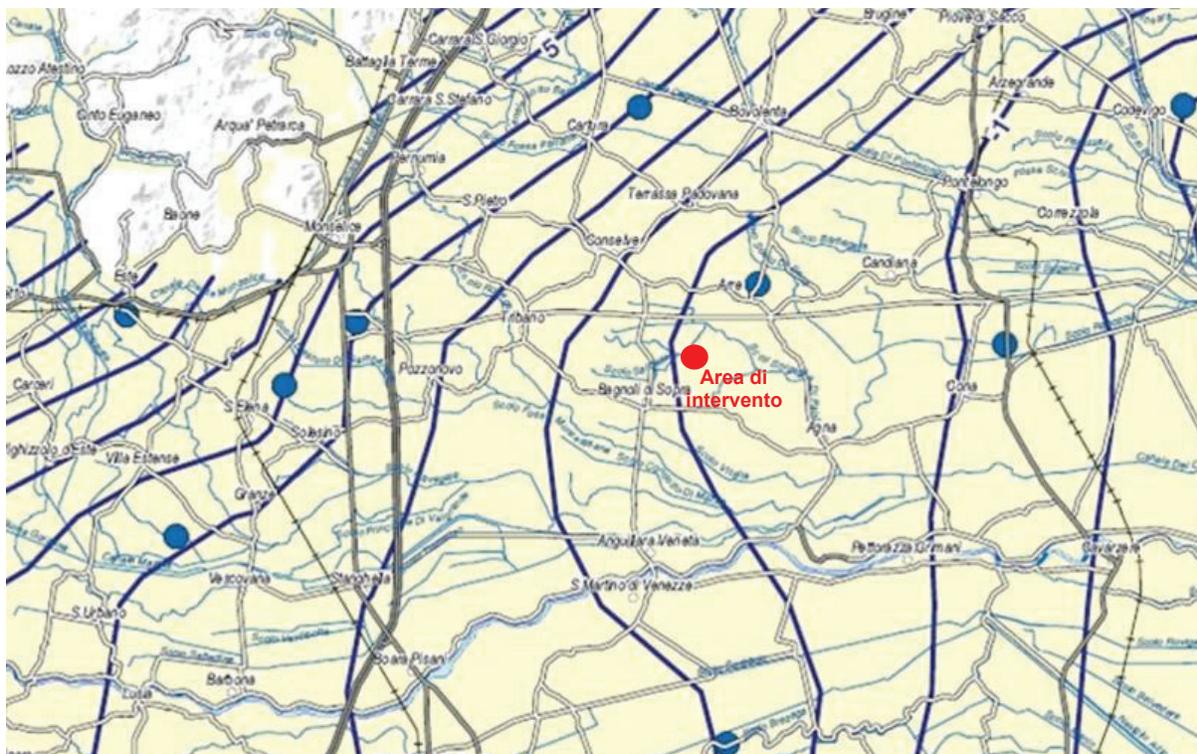


Figura 3-23 – Carta Idrogeologica in m slm (Fonte: Regione Veneto)

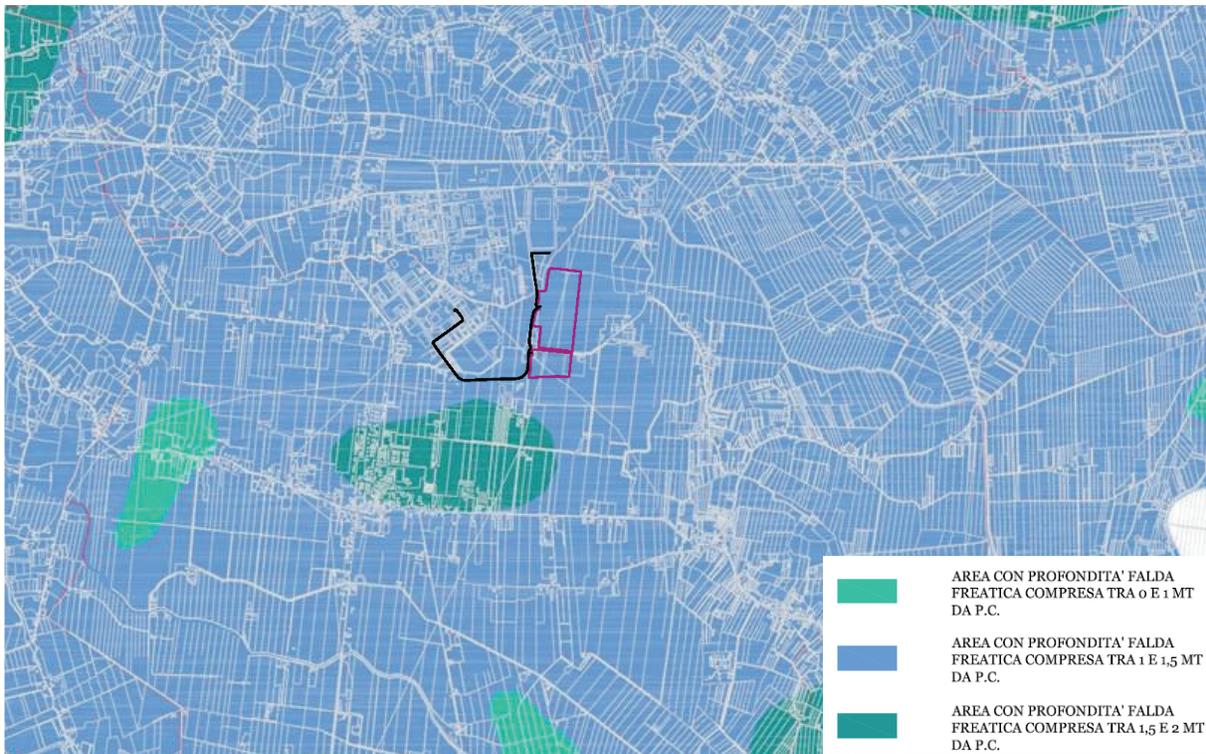


Figura 3-24 – Carta della profondità della tavola d'acqua, m da p.c. (Fonte: P.A.T.I. del Conselvano, elaborato B23b)

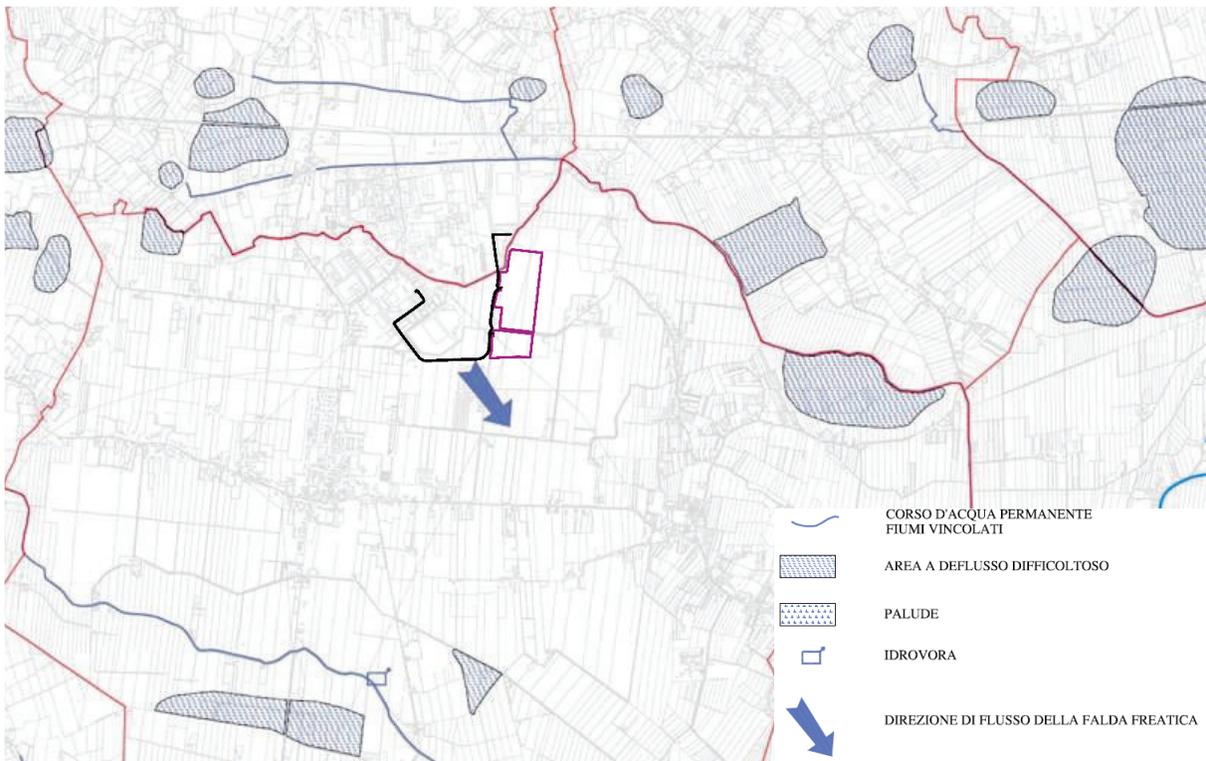
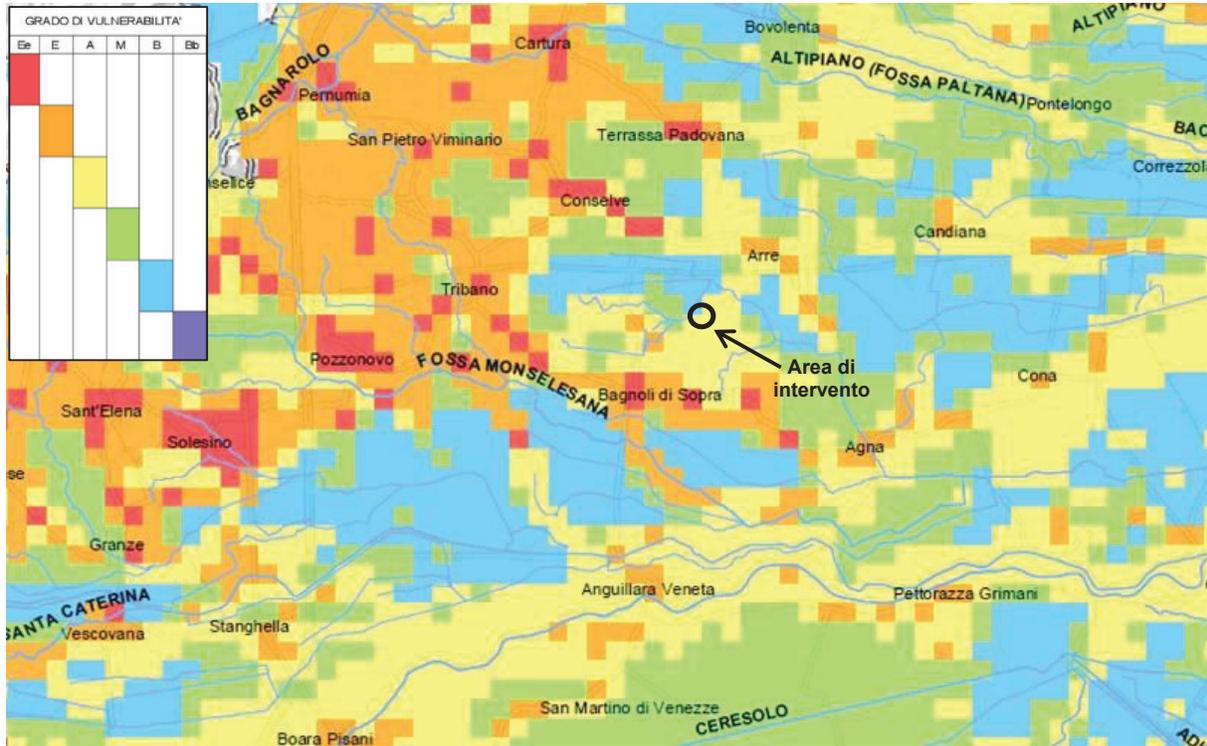


Figura 3-25 – Aree a deflusso difficoltoso. (Fonte: P.A.T.I. del Conselvano, elaborato B23a)

Per quello che concerne la vulnerabilità della falda freatica si può fare riferimento alla 'Carta della Vulnerabilità intrinseca della falda freatica della Pianura Veneta' redatta nell'ambito del Piano Tutela Acque (PTA) della Regione Veneto riportata in Figura 3-26: per l'area di intervento il rischio si può definire 'alto'.



Nota: Ee: estremamente elevato, E: elevato; A: alto; M: medio; B: basso; Bb: bassissimo

Figura 3-26 – Carta della Vulnerabilità intrinseca della falda freatica della Pianura Veneta (Fonte: PTA della Regione Veneto)

4 INVARIANZA IDRAULICA

L'invarianza idraulica prevede di dimensionare le opere idrauliche sulla base dei parametri idrologici dell'area oggetto di intervento, in modo che per ogni durata della precipitazione a prefissato tempo di ritorno, la curva di piena generata dal bacino, dopo le modifiche all'uso del suolo, sviluppi una portata massima dello stesso ordine di grandezza di quella ante modifica dello stesso uso del suolo.

Secondo l'allegato A alla DGR n. 2948/2009, il tempo di ritorno cui fare riferimento viene assunto pari a 50 anni.

4.1 Curva di possibilità pluviometrica

Per il calcolo dei volumi di progetto utili ai fini del dimensionamento della rete, sono state utilizzate le indicazioni del "Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto".

In riferimento a quanto riportato dalle "Linee Guida per la Valutazione della Compatibilità Idraulica", per il calcolo dell'altezza della precipitazione, sono state utilizzate le curve di possibilità pluviometrica a tre parametri. L'altezza di precipitazione è data dalla seguente relazione:

$$h = \frac{a \cdot t}{(b + t)^c}$$

dove a, b, c sono tre parametri ricavati dall'elaborazione dei dati di pioggia.

Per la stima dei parametri da utilizzare, sulla base delle indicazioni forniti dal Consorzio di Bonifica Adige Euganeo, si è fatto riferimento allo Studio delle curve pluviometriche aggiornato all'anno 2019. Il Comune di Bagnoli di Sopra rientra nella sottozona omogenea 1, della quale di seguito si riportano i parametri a, b e c validi per la curva di possibilità pluviometrica a tre parametri (con t espresso in minuti) al variare del tempo di ritorno:

TR (anni)	a	b	c
2	19,1	9,6	0,841
5	25,8	11,2	0,849
10	31,3	12,6	0,852
20	37,4	14,3	0,853
30	41,2	15,4	0,854
50	46,4	17	0,854
100	54,5	19,4	0,855
200	63,9	22,3	0,856

Tabella 4-1 - Parametri della curva segnalatrice

In Tabella 4-2 sono riportate le altezze di pioggia ricavate per vari tempi di ritorno e varie durate di pioggia.

t (min)	TR2 (h (mm))	TR5 h (mm)	TR10 h (mm)	TR20 h (mm)	TR30 h (mm)	TR50 h (mm)	TR100 h (mm)	TR200 h (mm)
5	9,8	11,9	13,4	14,8	15,7	16,7	18	19,2
10	15,7	19,2	21,8	24,3	25,7	27,4	29,7	31,9
15	20	24,7	28,2	31,6	33,6	36,1	39,4	42,6
30	26,8	33,8	39,3	44,9	48,3	52,5	58,5	64,6
45	29,8	38,2	45	52,3	56,8	62,6	71	80
60	32	41,3	49	57,2	62,3	69,1	78,9	89,5
180	40,6	52,3	62,4	73,5	80,6	90,2	104,5	120,4
360	46,2	59,3	70,6	83,4	91,6	102,8	119,7	138,7
720	53,4	68,3	81,5	96,6	106,4	119,9	140,4	163,9
1440	62,4	79,3	93,8	110	120,4	134,5	155,6	179,2

Tabella 4-2 - Altezze di pioggia ottenute con le curve a tre parametri per varie durate e diversi tempi di ritorno

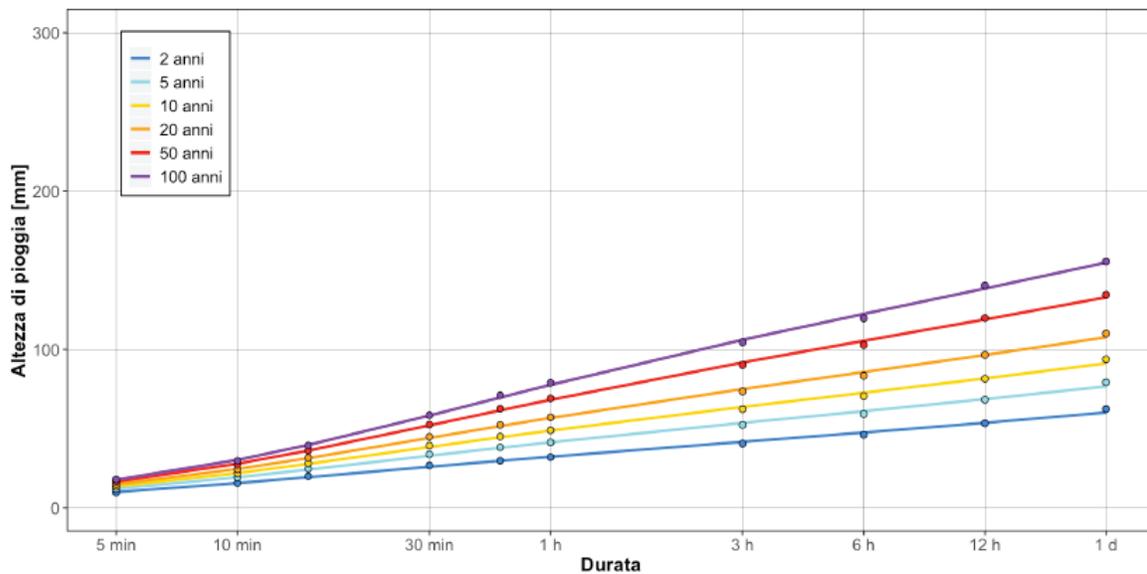


Figura 4-1 - Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate sub-giornaliere per alcuni valori del tempo di ritorno
(Fonte: Consorzio di Bonifica Adige Euganeo)

4.2 Coefficienti di deflusso

Il comportamento dei suoli viene caratterizzato in funzione del coefficiente di deflusso che, in linea generale, può essere rappresentato dai valori convenzionali riportati in Tabella 4-3 e riferiti alla DGR n. 2948/2009. Rispetto alla situazione in essere le superfici che subiscono una modifica riguardano le aree interessate dall'installazione dei pannelli fotovoltaici e le aree destinate alla realizzazione della viabilità interna. Si assume, a favore di sicurezza, come superficie interessata dai pannelli fotovoltaici la corrispondente proiezione in pianta dei pannelli e, su indicazioni dell'Ufficio Tecnico del Consorzio di Bonifica Adige Euganeo, un coefficiente di deflusso da utilizzare pari a 0,6. Anche per i piazzali (finitura in stabilizzato o analogo) viene utilizzato un coefficiente di 0,6 (Tabella 4-3).

Superficie scolante	φ
Aree agricole	0,10
Aree verdi	0,20
Superfici semipermeabili (stabilizzato, grigliati drenanti, terra battuta)	0,60
Superfici impermeabili (strade, coperture ecc.)	0,90

Tabella 4-3 - Coefficienti di deflusso indicati dalla DGR n° 2948 del 10/2009

4.3 DETERMINAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO

Come previsto dal concetto di "invarianza idraulica", sancito dalle citate Delibere Regionali, si rende necessario determinare quale sia la portata in uscita dall'area allo stato antecedente il progetto, così da assumerla a riferimento per la progettazione degli invasi. Per comodità tale valore viene esplicitato in letteratura per unità di superficie, ovvero come coefficiente udometrico u , espresso in $l/s \cdot ha$.

A questo scopo, nonostante il valore di u sia variabile caso per caso a seconda delle condizioni geomorfologiche, pedologiche ed idrauliche del sito specifico, ricordando che condizioni particolari possono richiedere l'assunzione di valori cautelativamente più bassi, si assume un coefficiente udometrico di $5 l/s \cdot ha$. Il calcolo dei volumi da rendere disponibili per l'invaso delle portate generate dall'assetto dell'area di intervento può essere con buona approssimazione condotto come differenza tra i volumi affluiti alla rete ed i volumi massimi ammessi alla rete idrografica ricettiva.

Si ha pertanto:

$$V_{\text{invaso}} = V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} \quad (1)$$

che diventa:

$$V_{\text{invaso}} = S \cdot \varphi \cdot h(t) - Q_{\text{out}} \cdot t$$

Essendo:

V_{IN} = Volume in ingresso = $S \cdot \varphi \cdot h(t)$;

S = Superficie di intervento;

φ = Coefficiente di deflusso medio dell'area in esame;

$h(t)$ = altezza di pioggia attesa al suolo secondo le curve di possibilità pluviometrica per TR= 50 anni;

V_{OUT} = volume in uscita pari al prodotto tra la portata ammessa in uscita e la durata dell'evento ($Q_{\text{out}} \cdot t$).

4.3.1 Stato Ante Operam

Area NORD

Per la stima dei volumi che attualmente afferiscono all'area, per una precipitazione con TR=50 anni l'area è stata cautelativamente considerata interamente come agricola, alla quale è stato attribuito un coefficiente di deflusso φ uguale a 0,1.

Superfici di riferimento		Coefficiente di deflusso	
Superficie agricola	217.554 m ²	φ	0,1

In Figura 4-2 è riportato l'andamento dei volumi d'acqua relativi ad una precipitazione con TR=50 anni e utilizzando un coefficiente idrometrico $u=5$ l/s-ha. All'aumentare del tempo di pioggia t , il volume in ingresso alla rete continua a crescere, ma la pendenza va diminuendo; il volume in uscita, invece, cresce con pendenza invariata, essendo la portata un valore assunto costante, determinato dal coefficiente idrometrico ammesso in uscita a garanzia dell'invarianza.

In allegato è riportato la tabella di calcolo, il volume di invaso risulta 1.102 m³, che corrisponde circa 51 m³/ha.

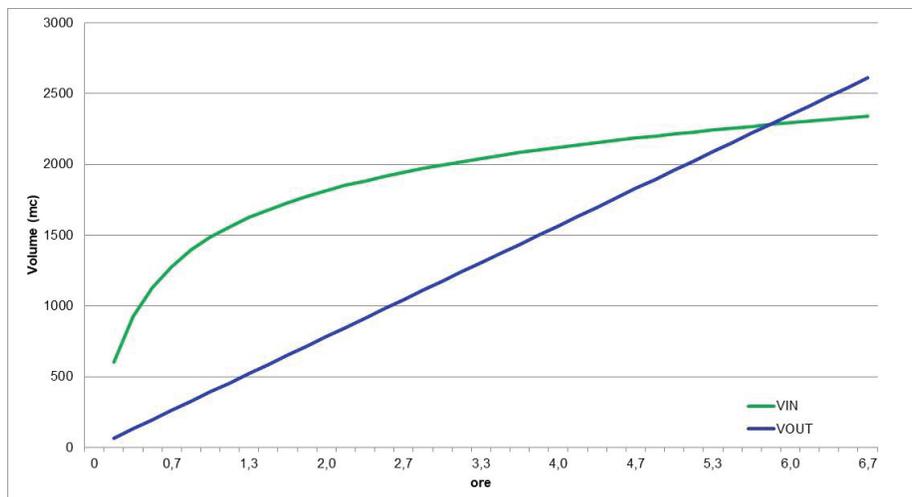


Figura 4-2 – Stato Ante Operam Area NORD: volumi in ingresso e uscita per precipitazioni con TR 50 anni e $u = 5$ l/s/ha

Area SUD

Per la stima dei volumi che attualmente afferiscono all'area, per una precipitazione con TR=50 anni l'area è stata cautelativamente considerata interamente come agricola, alla quale è stato attribuito un coefficiente di deflusso φ uguale a 0,1.

Superfici di riferimento		Coefficiente di deflusso	
Superficie agricola	74.706 m ²	φ	0,1

In Figura 4-2 è riportato l'andamento dei volumi d'acqua relativi ad una precipitazione con TR=50 anni e utilizzando un coefficiente idrometrico $u=5$ l/s·ha.

In allegato è riportato la tabella di calcolo, il volume di invaso risulta 378 m³, che corrisponde circa 51 m³/ha.

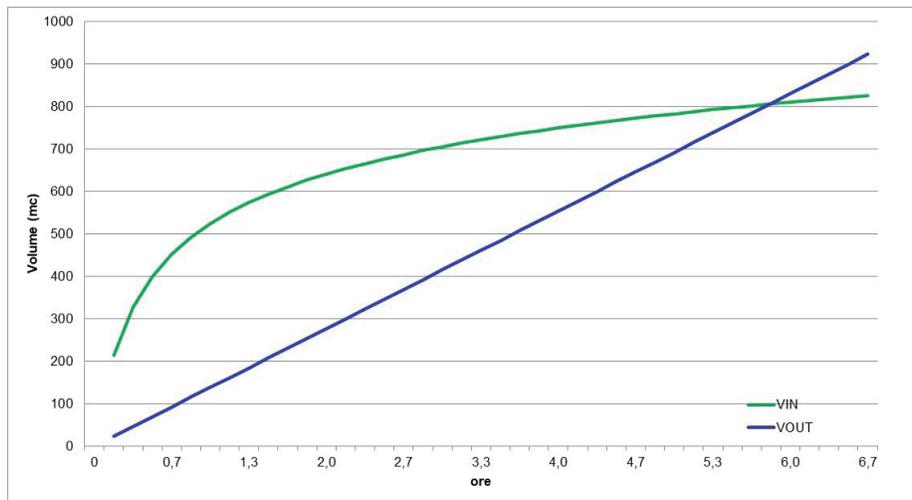


Figura 4-3 – Stato Ante Operam Area SUD: volumi in ingresso e uscita per precipitazioni con TR 50 anni e $u = 5$ l/s ha

4.3.2 Stato Post Operam

Area NORD

Nella tabella sottostante si riportano le superfici come vengono modificate dal progetto dell'impianto fotovoltaico nella porzione nord. Per la superficie occupata dai pannelli fotovoltaici si è considerata la superficie della proiezione a terra.

Superfici di riferimento		Coefficiente di deflusso	
Superficie agricola	0 m ²	φ	0,1
Superficie fotovoltaico	64.593 m ²	φ	0,6
Superficie semipermeabile	4.921 m ²	φ	0,6
Superficie impermeabile	165 m ²	φ	0,9
Superficie area verde	147.875 m ²	φ	0,2
Superficie totale	217.554 m ²	φ media.pond.	0,33

In allegato è riportata la tabella di calcolo. Il volume di invaso risulta circa 5.400 m³, che corrisponde a circa 248 m³/ha.

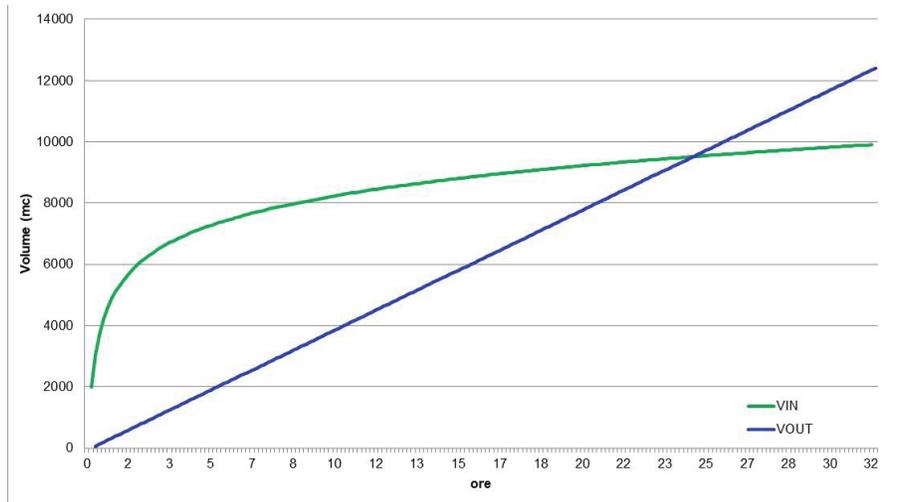


Figura 4-4 – Stato Post Operam Area NORD: volumi in ingresso e uscita per precipitazioni con TR 50 anni e $u = 5$ l/s ha

Area SUD

Nella tabella sottostante si riportano le superfici come vengono modificate dal progetto dell'impianto fotovoltaico nella porzione sud. Per la superficie occupata dai pannelli fotovoltaici si è considerata la superficie della proiezione a terra.

Superfici di riferimento		Coefficiente di deflusso	
Superficie agricola	0 m ²	φ	0,1
Superficie fotovoltaico	28.256 m ²	φ	0,6
Superficie semipermeabile	1.578 m ²	φ	0,6
Superficie impermeabile	63 m ²	φ	0,9
Superficie area verde	44.809 m ²	φ	0,2
Superficie totale		φ media.pond.	0,36

In allegato è riportata la tabella di calcolo. Il volume di invaso risulta circa 2.085 m³, che corrisponde a circa 280 m³/ha.

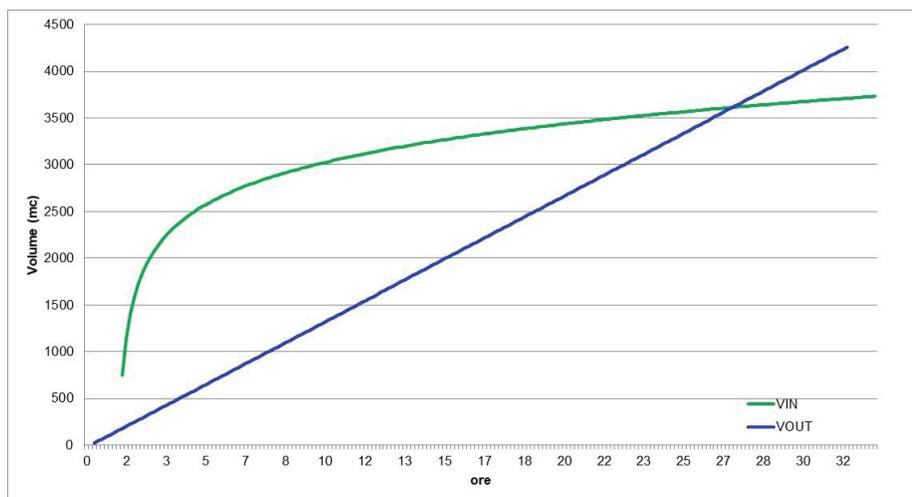


Figura 4-5 – Stato Post Operam Area SUD: volumi in ingresso e uscita per precipitazioni con TR 50 anni e $u = 5$ l/s ha

5 ASPETTI CONCLUSIVI

Lo studio ha riguardato la valutazione di compatibilità idraulica relativa al progetto per la realizzazione di un nuovo parco fotovoltaico a terra nel territorio comunale di Bagnoli di Sopra, in provincia di Padova. L'area complessiva, intesa come area, recintata, che ospiterà il campo fotovoltaico a terra interessa una superficie di 292.260 m²; l'impianto fotovoltaico avrà potenza complessiva di 22.843,6 kW. Sull'area è prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici montati su strutture metalliche infisse nel terreno, alcune cabine e tratti di viabilità interna in stabilizzato.

L'invarianza idraulica prevede di dimensionare le opere idrauliche sulla base dei parametri idrologici dell'area oggetto di intervento, in modo che per ogni durata della precipitazione a prefissato tempo di ritorno, la curva di piena generata dal bacino, dopo le modifiche all'uso del suolo, sviluppi una portata massima dello stesso ordine di grandezza di quella ante modifica dello stesso uso del suolo.

Il comportamento dei suoli viene caratterizzato in funzione del coefficiente di deflusso che, in linea generale, può essere rappresentato dai valori convenzionali riportati nella DGR n. 2948/2009.

Si è assunto, a favore di sicurezza, che la proiezione in pianta dei pannelli fotovoltaici abbia un coefficiente di deflusso pari a 0,6. Anche per le aree con finitura in stabilizzato si è associato un coefficiente di 0,6.

Dato che l'area è attraversata dalla via Goffredo Mameli si sono distinte due porzioni: una a nord di circa 21,76 ha e una a sud di circa 7,47 ha.

I volumi che attualmente afferiscono, per una precipitazione con tempo di ritorno TR=50 anni, sull'area NORD sono 1.102 m³, mentre quelli per l'area SUD corrispondono a circa 378 m³. Mentre la modifica che l'area subisce con la realizzazione del progetto porta ad un volume di invaso di circa 5.400 m³ per l'area NORD e di 2.085 m³ per l'area SUD.

ALLEGATO

Calcolo dei volumi ante operam

$$V_{\text{invaso}} = V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} \quad V_{\text{invaso}} = S \cdot \varphi \cdot h(t) - Q_{\text{out}} \cdot t$$

V_{IN} = Volume in ingresso = $S \cdot \varphi \cdot h(t)$;

S = Superficie di intervento;

φ = Coefficiente di deflusso medio dell'area in esame;

$h(t)$ = altezza di pioggia attesa al suolo secondo le curve di possibilità pluviometrica per TR= 50 anni;

V_{OUT} = volume in uscita pari al prodotto tra la portata ammessa in uscita e la durata dell'evento ($Q_{\text{out}} \cdot t$).

coefficiente udometrico di 5 l/s-ha.

Parametri pluviometrici		curva di possibilità pluviometrica
a	46,4	$h = \frac{a \cdot t}{(b + t)^c}$
b	17,0	
c	0,854	

Area NORD

Superfici di riferimento	
Superficie agricola	217.554 m ²
Superficie totale (S)	217.554 m ²

Coefficiente di deflusso	
φ	0,1
$\varphi_{\text{media.pond.}}$	0,1

t (min)	h (mm)	V _{IN} (m ³)	V _{OUT} (m ³)	DV (m ³)
10	27,81	605	65	540
20	42,49	924	131	794
30	51,96	1.130	196	935
40	58,76	1.278	261	1.017
50	63,98	1.392	326	1.066
60	68,17	1.485	392	1.092
70	71,66	1.559	457	1.102
80	74,63	1.624	522	1.101
90	77,21	1.680	587	1.092
100	79,49	1.729	653	1.077
110	81,52	1.773	718	1.056
120	83,36	1.813	783	1.030
130	85,03	1.850	848	1.001
140	86,57	1.883	914	970
150	87,99	1.914	979	935
160	89,30	1.943	1044	899
170	90,53	1.970	1110	860
180	91,69	1.995	1175	820
190	92,78	2.018	1240	778
200	93,80	2.041	1305	735
210	94,77	2.062	1371	691
220	95,70	2.082	1436	646
230	96,58	2.101	1501	600
240	97,42	2.119	1566	553
250	98,22	2.137	1632	505
260	99,00	2.154	1697	457
270	99,74	2.170	1762	408
280	100,45	2.185	1827	358
290	101,13	2.200	1893	308
300	101,80	2.215	1958	257

Area SUD

Superfici di riferimento	
Superficie agricola	74.706 m ²
Superficie totale (S)	74.706 m ²

Coefficiente di deflusso	
φ	0,1
$\varphi_{media.pond.}$	0,1

t (min)	h (mm)	V _{IN} (m ³)	V _{OUT} (m ³)	DV (m ³)
10	27,81	208	22	185
20	42,49	317	45	273
30	51,96	388	67	321
40	58,76	439	90	349
50	63,98	478	112	366
60	68,17	509	134	375
70	71,66	535	157	378
80	74,63	558	170	378
90	77,21	577	202	375
100	79,49	594	224	370
110	81,52	609	247	362
120	83,36	623	269	354
130	85,03	635	291	344
140	86,57	647	314	333
150	87,99	657	336	321
160	89,30	667	359	309
170	90,53	676	381	295
180	91,69	685	403	282
190	92,78	693	426	267
200	93,80	701	448	253
210	94,77	708	471	237
220	95,70	715	493	222
230	96,58	722	515	206
240	97,42	728	538	190
250	98,22	734	560	173
260	99,00	740	583	157
270	99,74	745	605	140
280	100,45	750	628	123
290	101,13	756	650	106
300	101,80	760	672	88

Calcolo dei volumi post operam

$$V_{\text{invaso}} = V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} \quad V_{\text{invaso}} = S \cdot \varphi \cdot h(t) - Q_{\text{out}} \cdot t$$

V_{IN} = Volume in ingresso = $S \cdot \varphi \cdot h(t)$;

S = Superficie di intervento;

φ = Coefficiente di deflusso medio dell'area in esame;

$h(t)$ = altezza di pioggia attesa al suolo secondo le curve di possibilità pluviometrica per TR= 50 anni;

V_{OUT} = volume in uscita pari al prodotto tra la portata ammessa in uscita e la durata dell'evento ($Q_{\text{out}} \cdot t$).
coefficiente udometrico di 5 l/s-ha.

Parametri pluviometrici		curva di possibilità pluviometrica
a	46,4	$h = \frac{a \cdot t}{(b + t)^c}$
b	17,0	
c	0,854	

Area NORD

Superfici di riferimento	
Superficie agricola	0 m ²
Superficie fotovoltaico	64.593 m ²
Superficie semipermeabile	4.921 m ²
Superficie impermeabile	165 m ²
Superficie area verde	147.875 m ²
Superficie totale	217.554 m ²

Coefficiente di deflusso	
φ	0,1
φ	0,6
φ	0,6
φ	0,9
φ	0,2
φ media.pond.	0,33

t (min)	h (mm)	V _N (m ³)	V _{OUT} (m ³)	DV (m ³)
10	27,81	1.986	65	1.921
20	42,49	3.035	131	2.905
30	51,96	3.712	196	3.516
40	58,76	4.197	261	3.936
50	63,98	4.570	326	4.244
60	68,17	4.870	392	4.478
70	71,66	5.119	457	4.662
80	74,63	5.331	522	4.809
90	77,21	5.515	587	4.928
100	79,49	5.678	653	5.025
110	81,52	5.823	718	5.105
120	83,36	5.954	783	5.171
130	85,03	6.074	848	5.225
140	86,57	6.184	914	5.270
150	87,99	6.285	979	5.306
160	89,30	6.379	1044	5.335
170	90,53	6.467	1110	5.358
180	91,69	6.550	1175	5.375
190	92,78	6.627	1240	5.387
200	93,80	6.700	1305	5.395
210	94,77	6.770	1371	5.400
220	95,70	6.836	1436	5.400
230	96,58	6.899	1501	5.398
240	97,42	6.959	1566	5.392
250	98,22	7.016	1632	5.385
260	99,00	7.071	1697	5.374
270	99,74	7.124	1762	5.362
280	100,45	7.175	1827	5.348
290	101,13	7.224	1893	5.332
300	101,80	7.272	1958	5.314

Area SUD

Superfici di riferimento	
Superficie agricola	0 m ²
Superficie fotovoltaico	28.256 m ²
Superficie semipermeabile	1.578 m ²
Superficie impermeabile	63 m ²
Superficie area verde	44.809 m ²
Superficie totale	74.706 m ²

Coefficiente di deflusso	
φ	0,1
φ	0,6
φ	0,6
φ	0,9
φ	0,2
φ media.pond.	0,36

t (min)	h (mm)	V _{in} (m ³)	V _{out} (m ³)	DV (m ³)
10	27,81	748	22	726
20	42,49	1.144	45	1.099
30	51,96	1.399	67	1.331
40	58,76	1.582	90	1.492
50	63,98	1.722	112	1.610
60	68,17	1.835	134	1.701
70	71,66	1.929	157	1.772
80	74,63	2.009	179	1.830
90	77,21	2.078	202	1.877
100	79,49	2.140	224	1.916
110	81,52	2.194	247	1.948
120	83,36	2.244	269	1.975
130	85,03	2.289	291	1.998
140	86,57	2.330	314	2.016
150	87,99	2.368	336	2.032
160	89,30	2.404	359	2.045
170	90,53	2.437	381	2.056
180	91,69	2.468	403	2.065
190	92,78	2.497	426	2.072
200	93,80	2.525	448	2.077
210	94,77	2.551	471	2.081
220	95,70	2.576	493	2.083
230	96,58	2.600	515	2.084
240	97,42	2.622	538	2.085
250	98,22	2.644	560	2.084
260	99,00	2.665	583	2.082
270	99,74	2.685	605	2.080
280	100,45	2.704	628	2.076
290	101,13	2.722	650	2.072
300	101,80	2.740	672	2.068