

Progetto per la costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico a terra e relative Opere di Connessione e alla rete AT di Terna

Grifoni PV [FG02]
[22855,68 kWp]

Regione Puglia, Provincia di Foggia,
Comune di Ascoli Satriano

Titolo Elaborato
Relazione di compatibilità idraulica

Valutazione di Impatto ambientale
(artt. 23 -24 -25 D.Lgs.152/2005)
Commissione Tecnica PNRR - PNIEC
(artt.17 D.Lgs. 77/2021)

PROPONENTE

GRIFONI PV SRL

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02446730513
grifonipv@legalmail.it

PROGETTAZIONE



Solarys I.S. srl

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02326770514
info@solarysnrg.it

Arch. Mariagela Pugliese

Ordine degli Architetti, Provincia di Venezia n.5124 sez A
mariangela.pugliese@solarysis.it

Ing. Andrea Coradeschi

Ordine degli Ingegneri, Provincia di Arezzo n.1741 sez. A
andrea.coradeschi@solarysis.it

CONTRIBUTI
SPECIALISTICI



Ambiente s.p.a.

Via Frassina 21 - 54033 Carrara (MS)
P.IVA 00262540453
home@ambientesc.it

Scala	Formato	Codice Elaborato	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
-	A4	SOLARYS_INT_VIA_REL_18	E. M.		M.P.
Revisione	Data	Descrizione			
00	22/02/2024	PROGETTO DEFINITIVO			

2023 Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della Solarly I.S. srl
Al ricevimento di questo documento la stessa diffida di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivalerne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

Relazione di compatibilità idraulica

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
3	APPROCCIO METODOLOGICO	5
4	DATI DI INPUT DEL MODELLO	6
4.1	Definizione del bacino idrologico	6
4.2	Dati pluviometrici di progetto	8
4.3	Classi di permeabilità del bacino	8
4.4	Analisi idrologica	9
4.4.1	Analisi idrografica e morfometrica	9
4.4.2	Tempo di corrivazione	9
4.4.3	Coefficiente di deflusso	11
4.4.4	Legge di pioggia	12
4.4.5	Stima della portata di massima piena	16
5	VERIFICHE IDRAULICHE	17
5.1	Sezioni in condizioni di moto uniforme	17
5.2	Sezione INTUBAMENTO FOSSO_CONFINE SUD AREA DI PROGETTO	19
6	Conclusioni	21

Relazione di compatibilità idraulica

1 **PREMESSA**

Su incarico della ditta Grifoni PV s.r.l., proponente delle opere in progetto è stato redatto il presente documento di “Relazione di compatibilità idraulica” a corredo del “progetto per la costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico a terra e relative opere di connessione alla rete AT di Terna” da eseguire su di un’area estesa circa 46 ettari nel Comune di Ascoli Satriano (FG).

Il presente documento è stato redatto per il bacino idrologico di alimentazione del corpo idrico superficiale, privo di toponimo, che attraversa il confine sud dell’area di progetto.

L’obiettivo del presente documento è quello di verificare la compatibilità idraulica degli interventi in progetto attraverso la determinazione della massima portata di piena attesa in corrispondenza della sezione di chiusura di valle, individuata lungo il settore sud dell’area di progetto, per la conseguente definizione delle condizioni di pericolosità idraulica, espressa in termini di tirante idrico generabile per il Tr di verifica, nella sezione di alveo artificiale, previa realizzazione di opera di intubamento in progetto, del fosso oggetto di studio.

Il tempo di ritorno assunto nell’analisi idrologica ed idraulica è pari a 200 anni. Il presente documento è stato articolato nelle seguenti sezioni:

- Inquadramento dell’area d’interesse
- Approccio metodologico
- Dati di input dell’analisi
- Analisi idrologica ed idraulica
- Risultati

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di nuovi campi fotovoltaici su di un'area che si estende per circa 46 ettari in comune di Ascoli Satriano, in provincia di Foggia, a sud-ovest del centro abitato cittadino, in area extraurbana a destinazione prevalentemente agricola.

In particolare, il territorio di Ascoli Satriano si sviluppa entro l'estera pianura alluvionale conosciuta come "Tavoliere della Puglia" e l'area di intervento da un punto di vista geomorfologico, si dispone debolmente ondulata tra le quote altimetriche di 320 e 270 m s.l.m. Da un punto di vista litologico l'area di intervento ricade nella sua porzione nord-orientale entro le sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei che costituiscono l'unità della Fossa Bradanica e nella sua porzione occidentale entro i depositi terrazzati Pleistocenici sull'alveo attuale dell'Ofanto con ghiaie e argille nerastre.



Fig. 1 Immagine satellitare Google Earth rappresentante l'ubicazione e l'estensione dell'area di intervento

L'area di progetto è attraversata da un corpo idrico superficiale, privo di toponimo, il cui bacino idrologico di alimentazione, con sezione di chiusura posizionata in corrispondenza del muro perimetrale di confine sud dell'area di progetto, sviluppa una superficie di circa 3,18 km² totalmente all'interno dei confini amministrativi del comune di Ascoli Satriano. Il bacino idrologico in esame, degradante morfologicamente verso Sud-Ovest, risulta caratterizzato principalmente da una consistente copertura agricola con campi adibiti alla coltivazione. Viene riportata, nella successiva immagine, la localizzazione del bacino idrologico su foto aerea.

Relazione di compatibilità idraulica

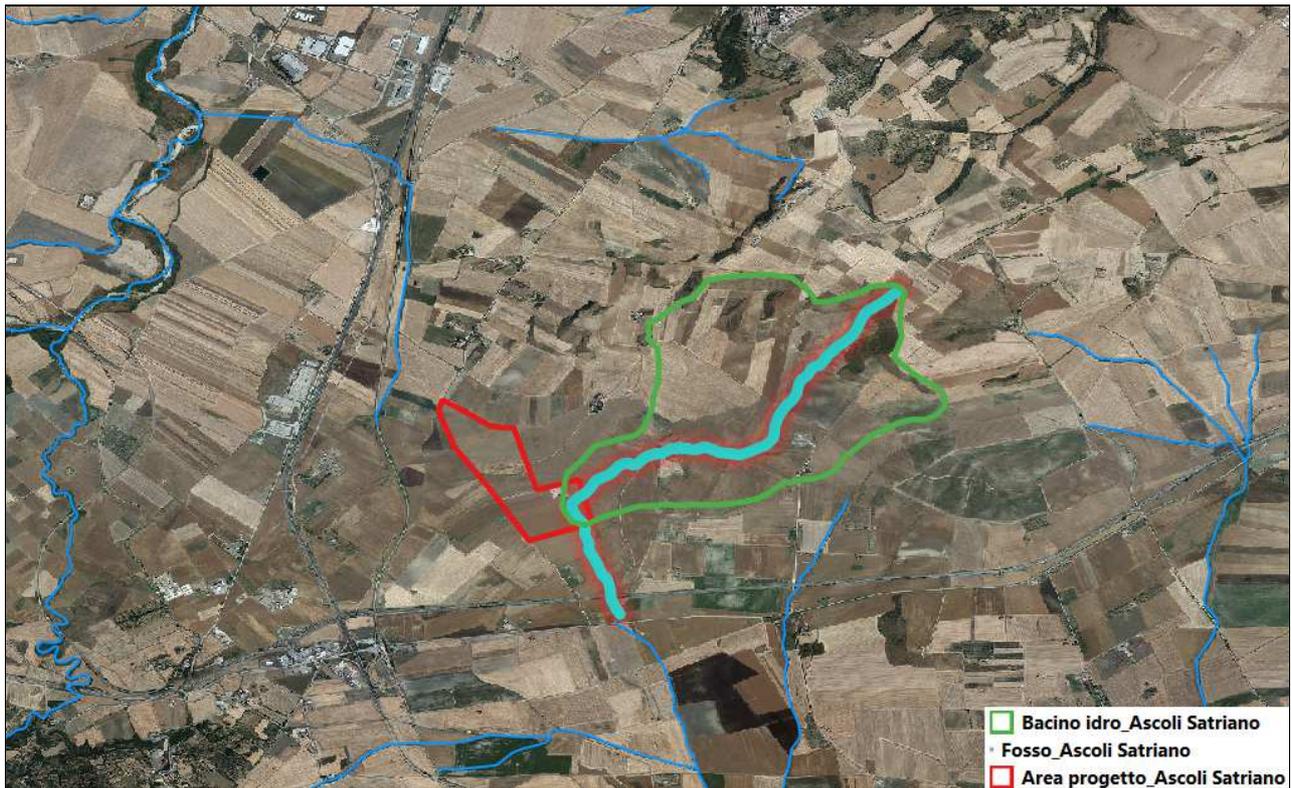


Fig. 2 Sviluppo del bacino idrologico e reticolo idrografico di studio su foto aerea

Le quote assolute del bacino idrologico di studio risultano variabili da circa 510 m s.l.m. a circa 283 m s.l.m.

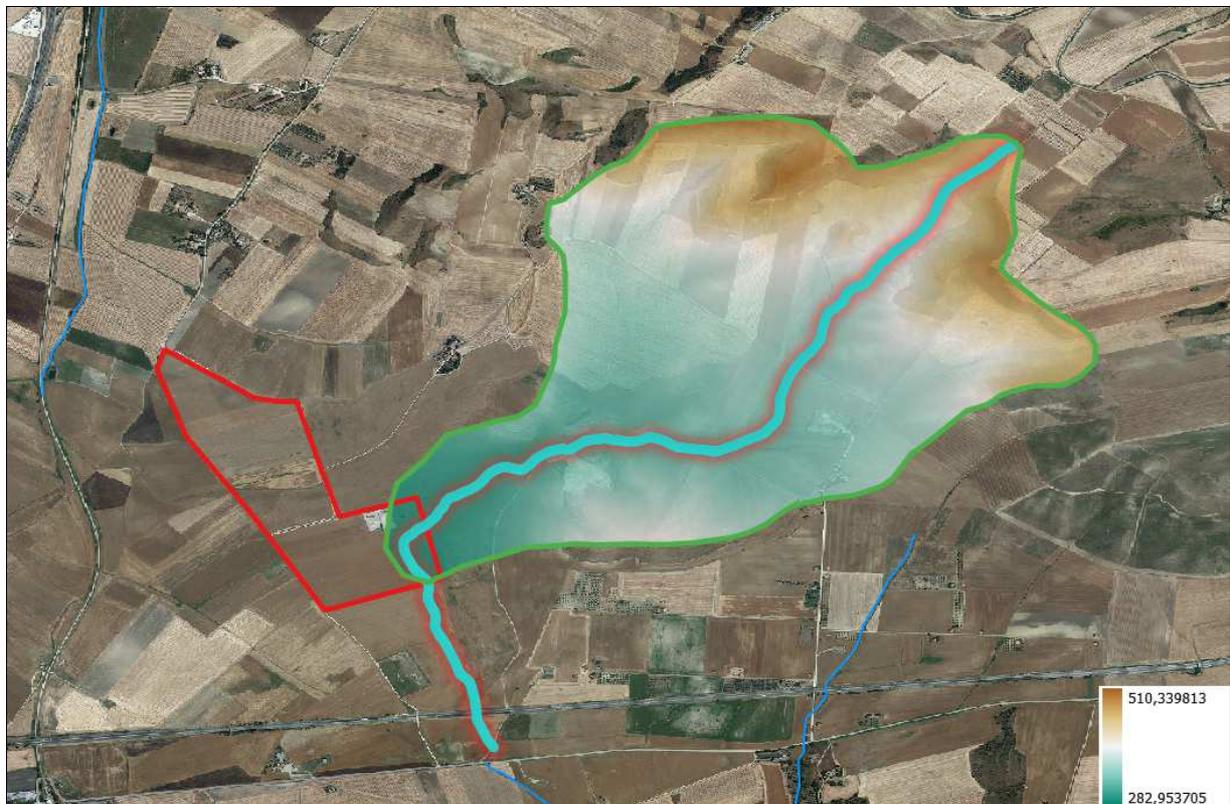


Fig. 3 Immagine satellitare del territorio occupato da bacino idrologico di studio con sovrapposizione di DTM 10 x 10 m

Relazione di compatibilità idraulica

3 APPROCCIO METODOLOGICO

L'approccio metodologico utilizzato nello studio idrologico del corpo idrico superficiale di studio ha previsto i seguenti step consecutivi:

1. Dati di input del modello consistenti in:
 - importazione in ambiente GIS del DEM (Digital Elevation Model) con risoluzione 10 m;
 - definizione del bacino idrologico del fosso in oggetto mediante approccio sviluppato in ambiente GIS;
 - determinazione dei dati pluviometrici di riferimento mediante elaborazione di analisi di probabilità pluviometrica eseguita con l'applicazione del metodo Va.Pi;
 - individuazione delle classi di permeabilità associate alle superfici appartenenti al bacino idrologico individuato.
2. analisi idrologica ed idraulica del corso d'acqua, volto alla determinazione, con riferimento al tempo di ritorno (T_r) pari a 200 anni, di:
 - portata di piena
 - tirante idrico generato nella sezione di verifica
 - velocità della corrente nella sezione di verifica
3. Risultati dello studio idrologico ed idraulico

Relazione di compatibilità idraulica

4 DATI DI INPUT DEL MODELLO

4.1 DEFINIZIONE DEL BACINO IDROLOGICO

La definizione del bacino idrologico di alimentazione dell'area di progetto è stata effettuata mediante approccio sviluppato in ambiente GIS articolato nelle seguenti operazioni consecutive di Spatial Analyst:

- importazione in ambiente GIS del DEM (Digital Elevation Model) con risoluzione 10 m (Tarquini S., I. Isola, M. Favalli, A. Battistini, G. Dotta (2023). TINITALY, un modello di elevazione digitale dell'Italia con una dimensione della cella di 10 metri (versione 1.1). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/tinality/1.1>) della porzione di territorio regionale comprendente il bacino idrologico in esame;

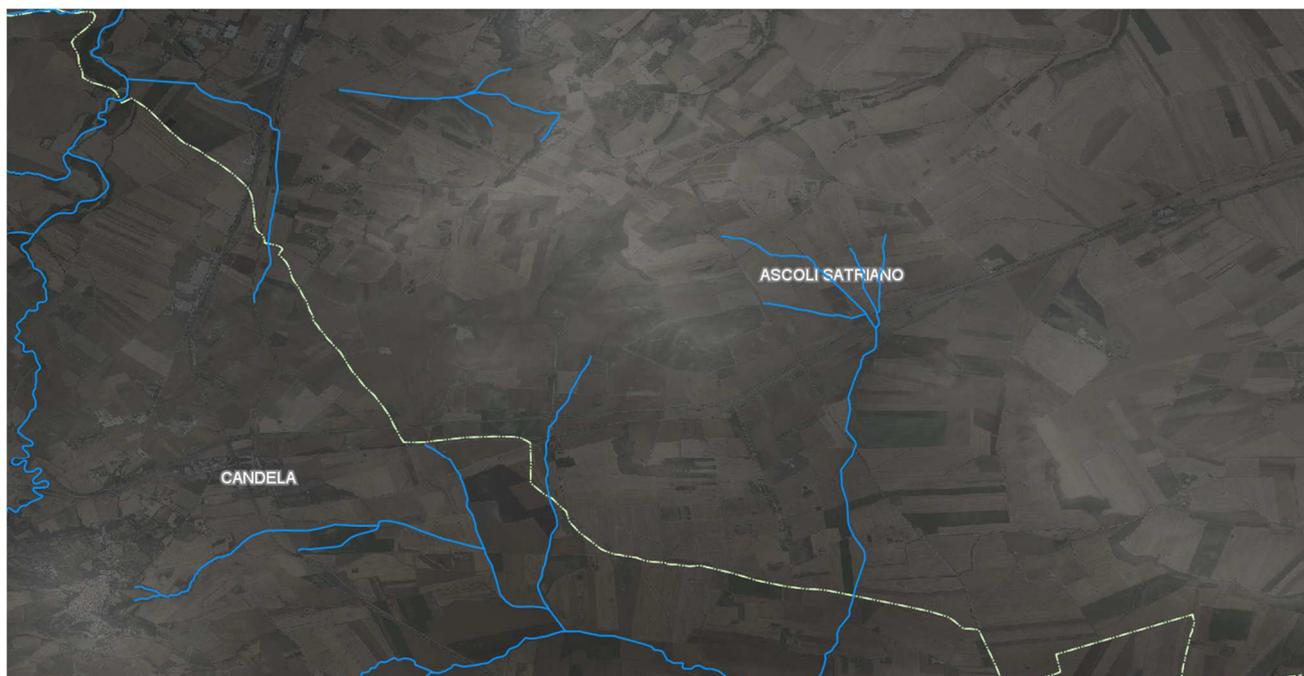


Fig. 4 DEM (Digital Elevation Model) relativo al territorio di studio (Tarquini S., I. Isola, M. Favalli, A. Battistini, G. Dotta (2023). TINITALY, un modello di elevazione digitale dell'Italia con una dimensione della cella di 10 metri (versione 1.1). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/tinality/1.1>)

- applicazione idrologica di algoritmi consecutivi in ambiente GIS che ha permesso la definizione del bacino idrologico di alimentazione della sezione di chiusura d'interesse con relativo DEM

Relazione di compatibilità idraulica

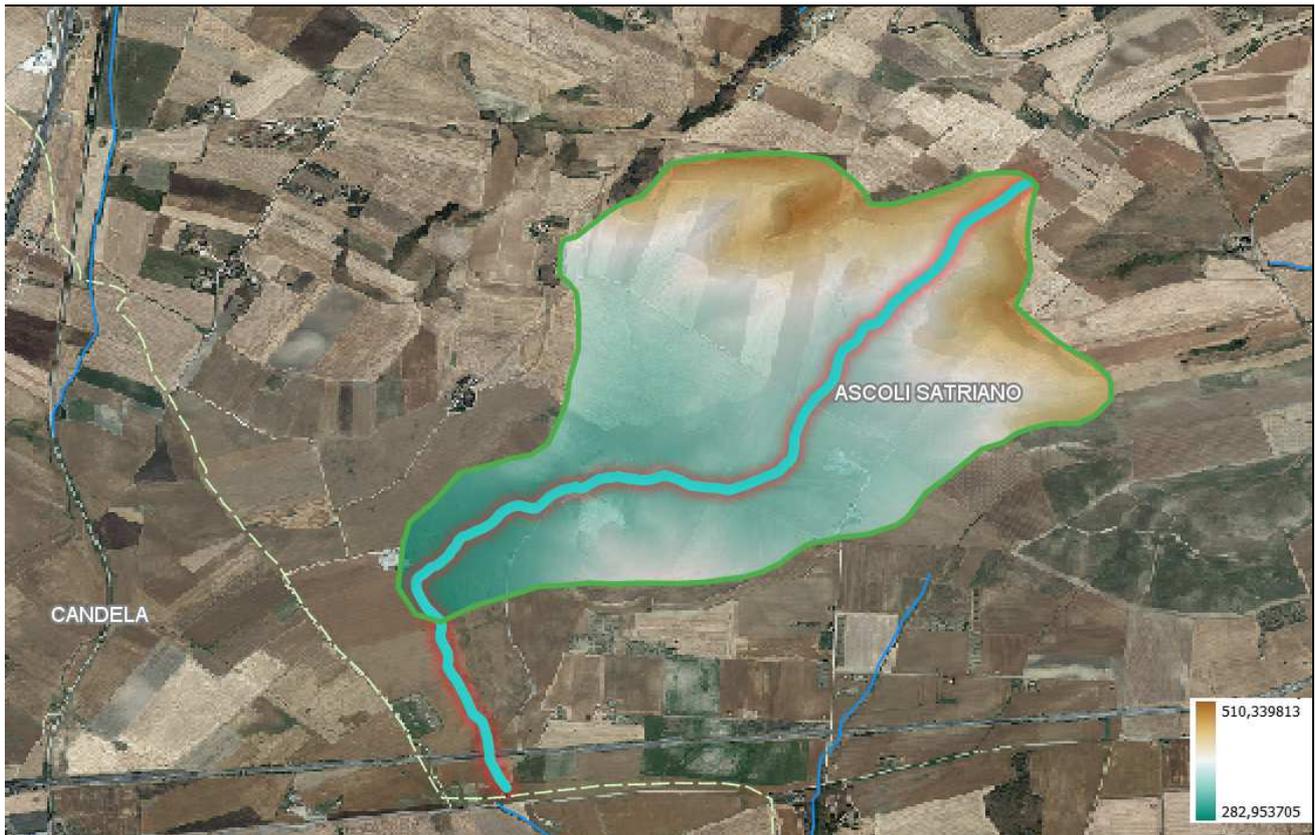


Fig. 5 DEM relativo al bacino idrologico di alimentazione del corso d'acqua in esame

- applicazione dell'algoritmo "*Raster layer statistics*" per la determinazione delle statistiche dei valori di elevazione del bacino di studio e di altre caratteristiche morfometriche determinanti per le successive analisi.

Valore minimo: 282.9537048339844
Valore massimo: 510.3398132324219
Intervallo: 227.3861083984375:
Somma: 12079793.18713379:
Valore medio: 378.0251349439458
Deviazione standard: 52.12781711817907
Somma dei quadrati: 86828901.93159704

Fig. 6 Principali statistiche, in termini di caratteristiche morfometriche, del bacino idrologico di alimentazione del fosso di studio

Relazione di compatibilità idraulica

4.2 DATI PLUVIOMETRICI DI PROGETTO

La definizione dei dati pluviometrici di riferimento è consistita nella determinazione della intensità dell'evento meteorico, che sarà ipotizzata all'origine del fenomeno di piena, utilizzando la metodologia del progetto VAPI (VALutazione Plene) sviluppato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche [CNR, 1994] che ha per obiettivo la regionalizzazione delle piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei.

Sul territorio italiano la rete dei pluviometri registratori è molto più rada di quella che include anche i pluviometri ordinari e, benché questi ultimi vengano gradualmente sostituiti con apparecchi registratori, gran parte dell'informazione pluviometrica del passato è purtroppo fornita da pluviometri ordinari. D'altra parte, per l'accidentata morfologia del territorio italiano le caratteristiche pluviometriche sono molto variabili nello spazio. Inoltre, le singole serie pluviografiche hanno spesso una durata limitata e sono poco attendibili per le elaborazioni statistiche. La regionalizzazione delle piogge mira a superare questi limiti, utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

Si rimanda al successivo capitolo per la trattazione della legge di pioggia adottata dalla metodologia sopra descritta.

4.3 CLASSI DI PERMEABILITÀ DEL BACINO

La determinazione delle varie classi di permeabilità appartenenti al bacino idrologico di studio e dei relativi coefficienti di afflusso è stata effettuata mediante la consultazione, in ambiente GIS, della Carta d'Uso del suolo - Corine Land Cover anno 2018, il cui stralcio è riportato nella successiva immagine.

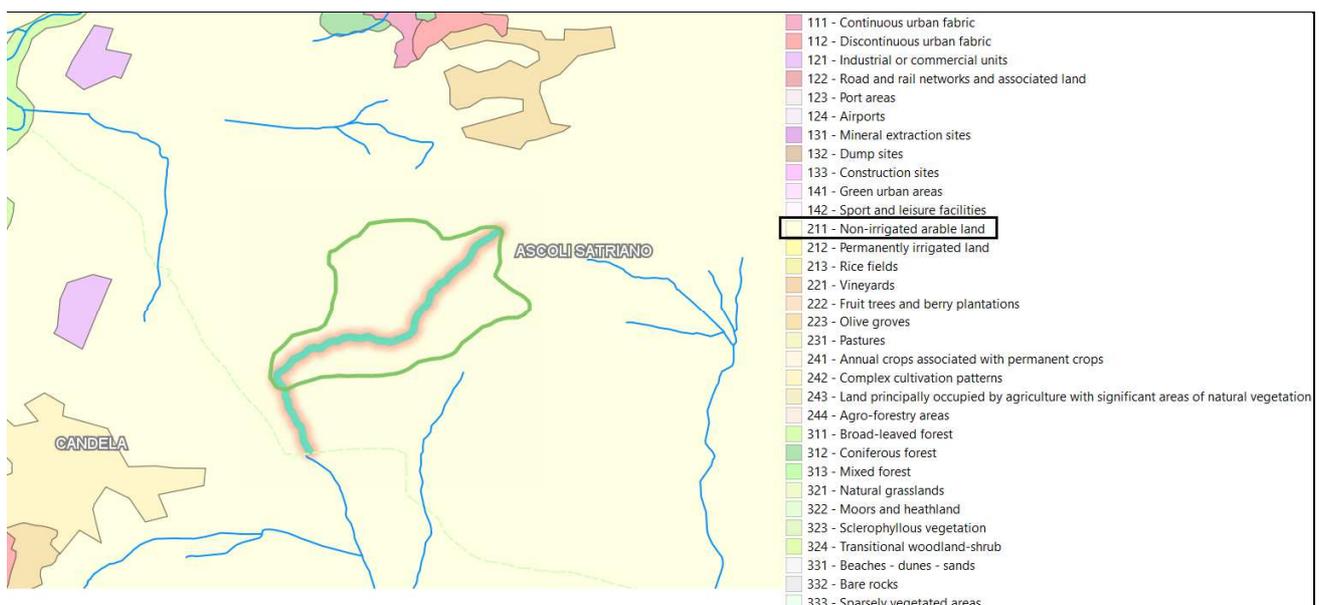


Fig. 7 Carta d'Uso del suolo - Corine Land Cover anno 2018, e relativa legenda

Relazione di compatibilità idraulica

4.4 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologia ed idraulica è stata eseguita con l'ausilio del software di modellazione Hydrologic Risk di Geostru Software, mediante il quale, inserendo le portate di piena generate a seguito della modellazione del bacino e degli eventi di pioggia di progetto per Tr 200 anni, è stato possibile effettuare la verifica idraulica lungo la sezione trasversale di intubamento del fosso in prossimità del confine sud dell'area di progetto.

Nei successivi paragrafi vengono riportate le considerazioni teoriche e le formulazioni adottate per svolgere l'analisi idrologia ed idraulica del bacino con associate le relative elaborazioni.

4.4.1 ANALISI IDROGRAFICA E MORFOMETRICA

L'analisi idrografica e morfometrica del bacino del fosso in esame è stata finalizzata all'ottenimento dei dati geometrici e morfologici utili alla scelta della relazione da utilizzare per la successiva determinazione del tempo di corrivazione del bacino e dei relativi parametri richiesti che vengono di seguito riportati:

- Superficie Bacino: 3,175 km²;
- Quota massima bacino: 510 m s.l.m.;
- Quota media bacino: 378 m s.l.m.;
- Quota minima bacino: 283 m s.l.m.;
- Lunghezza asta principale: 4,26 km;
- Pendenza media asta: 0,042 (m/m);
- Pendenza media bacino: 0,185 (m/m)

4.4.2 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio naturale è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame. Esso varia in funzione delle caratteristiche topografiche, pedologiche e geologiche del bacino e degli usi del suolo attuati sullo stesso.

Il tempo di corrivazione t_c , espresso in ore, si determina essenzialmente con l'utilizzo di diverse formule empiriche, quelle utilizzate nella seguente applicazione sono:

Formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (Q_{med} - Q_{min})^{0.5}}$$

Formula di Kirpick

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

Formula di Johnstone Cross

Relazione di compatibilità idraulica

$$t_c = \frac{3.258 \cdot \sqrt{\frac{D_{\max}}{i_b}}}{60}$$

Formula California Culvert Practice

$$t_c = \frac{2.855 \cdot L^3}{(3.28084 \cdot (Q_{\max} - Q_{\min}))^{0.385}}$$

Formula Pezzoli

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

Formula di Puglisi

$$t_c = \frac{6 \cdot \sqrt[3]{L^2}}{\sqrt[3]{Q_{\max} - Q_{\min}}}$$

Formula di Ventura

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

Formula di Tournon

$$t_c = 0.396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{i_a}{i_b}} \right)^{0.72}$$

Formula di Pasini

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

Formula di Viparelli

$$t_c = \frac{L}{3.5 \cdot V}$$

dove:

A [Km ²]	Area del bacino idrografico
L [Km]	Lunghezza dell'asta principale
Qmax [m]	Quota massima del bacino idrografico
Qmed [m]	Quota media del bacino idrografico
Qmin [m]	Quota minima del bacino idrografico
Dmax [Km]	Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura

Relazione di compatibilità idraulica

ib [m/m]	Pendenza media del bacino idrografico
ia [m/m]	Pendenza media dell'asta principale
V	Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra [1;1.5] m/s, nell'applicazione online si assume il limite superiore.
P[Km]	Perimetro del bacino idrografico

Input dati:

Superficie Bacino: 3,175 km²;

Quota massima bacino: 510 m s.l.m.;

Quota media bacino: 378 m s.l.m.;

Quota minima bacino: 283 m s.l.m.;

Lunghezza asta principale: 4,26 km;

Pendenza media asta: 0,042 (m/m);

Pendenza media bacino: 0,185 (m/m)

TEMPO DI CORRIVAZIONE IN ORE

Giandotti: 1,73

Pezzoli: 1,14

Puglisi: 2,61

Ventura: 1,11

Pasini: 1,24

Viparelli: 0,94

Kirpic: 0,39

Nel caso in esame è stato ritenuto opportuno il calcolo del tc con le formule proposte da Pezzoli, Ventura, Viparelli e Kirpic che meglio si adattano alle caratteristiche geometriche e morfometriche del bacino idrologico di studio: il tempo di corrivazione medio risultante è pari a circa 0,97 ore.

4.4.3 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Non tutto il volume d'acqua che precipita sulla superficie del bacino contribuisce alla formazione dei deflussi superficiali perché parte di esso si infiltra nel terreno o si invasa momentaneamente nelle depressioni superficiali.

Relazione di compatibilità idraulica

Sono stati proposti diversi metodi per stimare il coefficiente di deflusso, ossia il rapporto tra la quantità d'acqua defluita da una sezione di chiusura e la quantità d'acqua affluita nel bacino sottoforma di precipitazione. Nel caso in esame il coefficiente di deflusso medio è stato determinato suddividendo il bacino in aree A_i aventi il medesimo grado di impermeabilizzazione ed applicando la seguente relazione:

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{A_t}$$

in cui:

C_i è il coefficiente di deflusso specifico dell' i -esima sotto-area

A_i è la i -esima superficie della sotto-area

A_t è la superficie totale del bacino

I valori del coefficiente C_i sono desumibili dalla successiva tabella.

Tipo di suolo	Copertura del bacino			
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi	
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10	
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30	
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su sub-strato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40	
Tipo di suolo				
Copertura del bacino	Pendenza dei Versanti	Terreni Leggeri	Terreni di medio Impasto	Terreni compatti
Boschi	>10%	0.13	0.18	0.25
	<10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	>10%	0.16	0.36	0.56
	<10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	>10%	0.40	0.60	0.70
	<10%	0.52	0.72	0.82

Tabella. 1 Valori del coefficiente di deflusso C (fonte Benini G. – 1990 – Sistemazioni Idraulico-Forestali, UTET, Torino)

Con riferimento alle caratteristiche di uso del suolo ed idrogeologiche del bacino idrologico in esame, il coefficiente di deflusso medio C_m è pari a 0,3.

4.4.4 LEGGE DI PIOGGIA

Come già anticipato nei precedenti capitoli, per la determinazione del regime pluviometrico del bacino idrologico di studio e della relativa curva di possibilità pluviometrica (CPP) si è fatto riferimento alla metodologia del Progetto Va.Pi, metodologia di riferimento delle N.T.A. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Puglia.

L'analisi pluviometrica è stata dunque svolta sulla base dell'Analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 24 ore. Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987) in cui per l'individuazione delle

Relazione di compatibilità idraulica

regioni omogenee di primo e secondo livello è stato fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

Il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia dal punto di vista dell'approccio pluviometrico, sulla base dei risultati ottenuti è stato pertanto suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica.

L'area in cui ricade l'intervento in oggetto è nella sottozona omogenea A4 della Puglia settentrionale, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

$$h(t,z) = 24,70 T_c^{0,256}$$

Dove:

$h(t,z)$ = Altezza della pioggia (mm) per fissata durata t e quota z ;

T_c = durata dell'evento meteorico (ore).

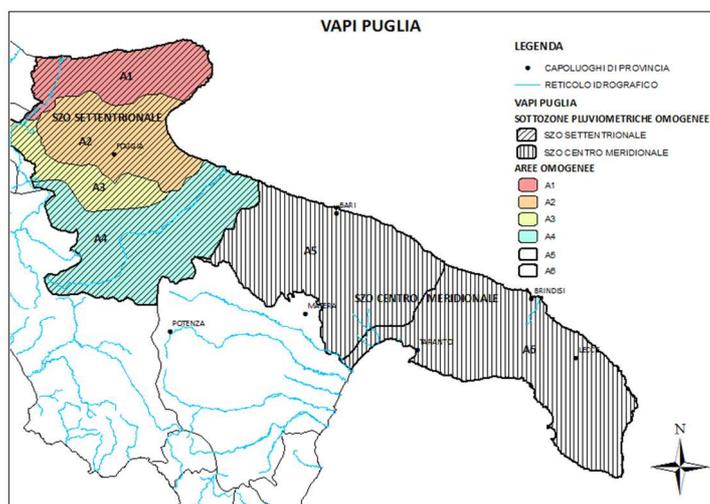


Fig. 8 Cartografia sottozona omogenee Va.Pi. Puglia

La Curva di Possibilità pluviometrica permette di stimare le altezze di precipitazione relative ad eventi pluviali con durate superiori ad 1h, in quanto i parametri di tale equazione vengono ottenuti mediante l'analisi di eventi pluviometrici di lunga durata ($t > 60$ minuti). Nel caso di eventi brevi ($t < 60$ minuti) è possibile stimare le altezze di precipitazione mediante la legge di Bell:

$$h_{t,T}/h_{60,T} = (t/60)^s$$

Dove:

$h_{60,T}$ = Altezza di precipitazione (mm) con durata pari a 60 min e fissato T ;

s = coefficiente dipendente dalla regione in esame, per la Puglia assunto pari a 0,227.

A tali altezze di precipitazione vanno applicati inoltre coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areale K_A (funzione della superficie del bacino espressa in km^2 , e della durata dell'evento di progetto espressa in ore).

Relazione di compatibilità idraulica

Per le zone A1-A2-A3-A4 (Puglia Settentrionale):

$$K_T = 0,5648 + 0,415 \ln T$$

dove T è il Tempo di Ritorno di progetto considerato.

Nel caso in cui si debba condurre uno studio idrologico in un'area estesa, la precipitazione deve essere ragguagliata alla superficie del bacino idrografico considerato per tener conto del fatto che la precipitazione, calcolata come descritto in precedenza, è un valore puntuale e quindi va opportunamente ridotta di un valore (Fattore di Riduzione Areale) che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento. Per quanto concerne il Fattore di Riduzione Areale KA:

$$K_A = 1 - (1 - e^{-0.0021A}) \cdot e^{-0.53d^{0.25}}$$

Tale fattore di correzione è stato trascurato nel contesto di progetto in quanto il bacino idrologico di riferimento risulta di estensione limitata.

Di seguito si riporta un prospetto riepilogativo dei parametri idrologici e pluviometrici relativi all'area di progetto appartenente alla sottozona omogenea A4 del Va.Pi.

Relazione di compatibilità idraulica

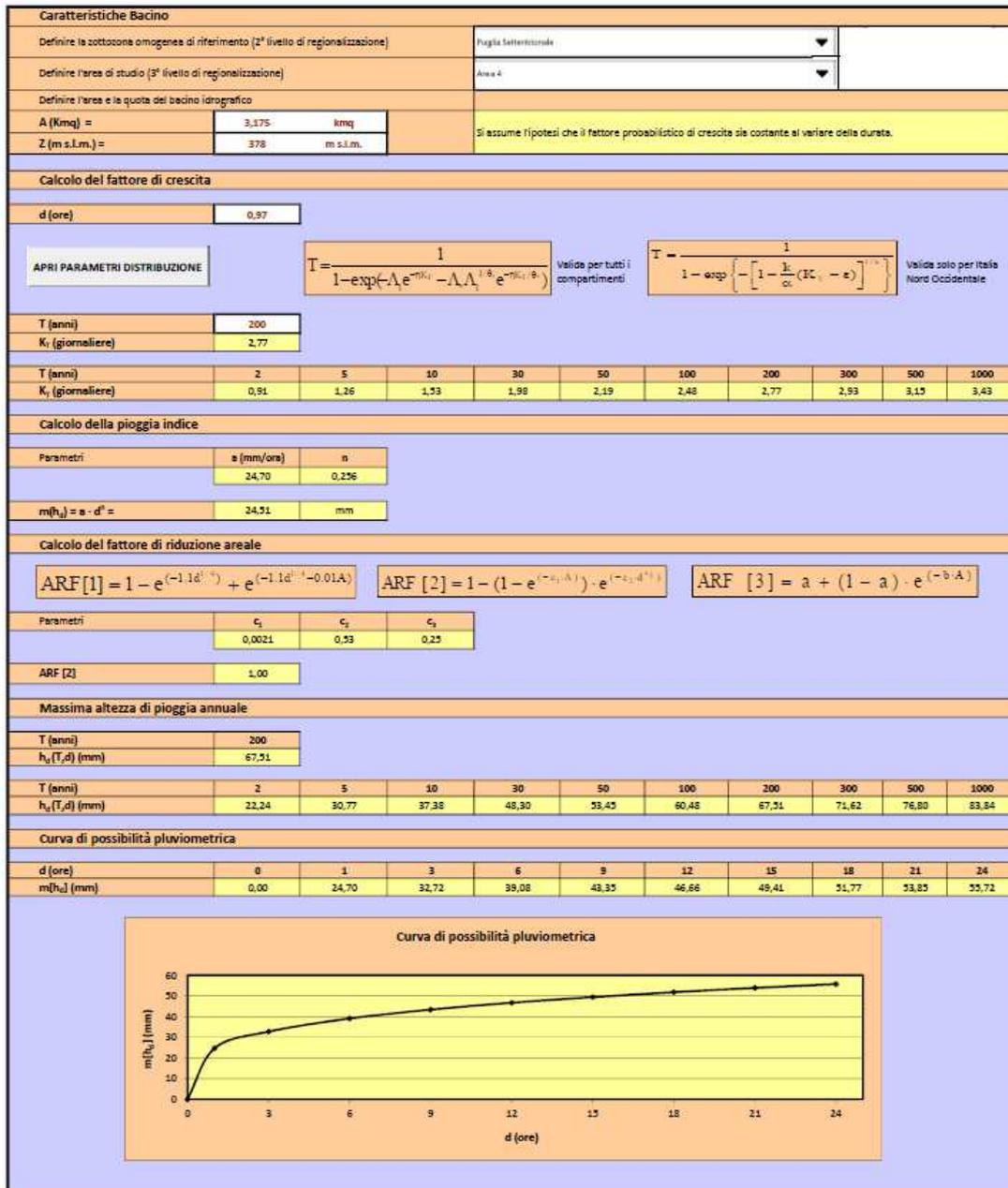


Fig. 9 Parametri idrologici e pluviometrici relativi all'area di progetto appartenente alla sottozona omogenea A4 del Va.Pi.

La conseguente intensità di pioggia i(t,T) per t=tc è determinata tramite la relazione:

$$i(t, T) = \frac{h_{t,T}}{t}$$

in cui:

- i(t,T)= intensità di pioggia [mm/h];
- h(t,T)= altezza di precipitazione probabile su superficie orizzontale e impermeabile [mm];
- t= durata dell'evento [ore];
- T= tempo di ritorno [anni].

Si riporta nella successiva tabella il prospetto riepilogativo della i(t,T) determinata per i tempi di ritorno analizzati.

Relazione di compatibilità idraulica

BACINO IDROLOGICO FOSSO IN ESAME					
Tr (anni)	a(T)	n	KT	h (t,T) (mm)	i(t,T) (mm/h)
200	24,70	0,256	2,77	67,90	69,96

Tabella. 2 Valori di intensità di precipitazione in funzione del tempo di ritorno

4.4.5 STIMA DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

La portata di massima piena $Q(T)$ è stata calcolata con la seguente formula:

$$Q(T) = 278 \cdot \phi(T) \cdot A_b \cdot i(\tau_b, T) \cdot r(A_b, \tau_b)$$

in cui:

T è il tempo di ritorno medio, in anni

$Q(T)$ è la massima portata al colmo dell'anno relativa al tempo di ritorno T , in m^3/s

A_b è l'area del bacino, in km^2

t_b è il tempo di concentrazione, in ore (h), parametro che regola la concentrazione dei deflussi

$i(t_b, T)$ è l'intensità di pioggia di durata t_b con tempo di ritorno T , in m/h

$F(T)$ è il coefficiente di deflusso relativo al tempo di ritorno T , parametro che rappresenta le perdite idrologiche

$r(A_b, t_b)$ è il coefficiente di ragguaglio dell'area delle piogge determinato con la seguente formula:

$$r = 1 - e^{-1,1 \cdot t^{0,25}} + e^{-1,1 \cdot t^{0,25} - 0,00386 A_b}$$

in cui t è assunto pari a t_b , in ore.

BACINO IDROLOGICO FOSSO IN ESAME IN CORRISPONDENZA DI SEZIONE DI CONFINE SUD					
Tr (anni)	$\phi(T)$	A_b (kmq)	$i_c(t, T)$ (m/h)	$r(A_b, t)$	$Q(T)$ (mc/s)
200	0,30	3,175	0,0700	0,9959	18,45

Tabella. 3 Portata di massima piena per Tr_{200} del bacino idrologico del corpo idrico superficiale oggetto di studio

Relazione di compatibilità idraulica

5 VERIFICHE IDRAULICHE

5.1 SEZIONI IN CONDIZIONI DI MOTO UNIFORME

La verifica idraulica della sezione in condizioni di moto uniforme può essere condotta nei canali artificiali, caratterizzati da una sezione geometrica trasversale di forma regolare (rettangolare, trapezia, etc.) che si mantiene inalterata per lunghi tratti e non sono presenti perturbazioni tali da formare a monte e/o a valle della stessa dei profili di rigurgito.

Negli alvei naturali, teoricamente, il moto della corrente non è uniforme ma, possono esistere dei tronchi più o meno lunghi in cui la pendenza del pelo libero, la sezione idrica e la velocità sono soggette a variazioni trascurabili, è quindi lecito trattare il moto della corrente come uniforme.

La situazione di moto uniforme, da un punto di vista matematico, viene descritta dalle seguenti equazioni:

$$Q = V \cdot A(h) = cost$$

$$\frac{dH}{ds} = i_f$$

La prima esprime la condizione di continuità del moto permanente a densità costante, la seconda invece che la pendenza della linea dei carichi totali sia coincidente con quella di fondo alveo.

Si indica con h l'altezza del pelo libero, in una generica sezione, rispetto al punto più depresso del suo contorno (vedi Figura successiva).

In condizioni di moto uniforme la legge di resistenza è espressa dall'equazione di Chezy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{R_H \cdot i_f}$$

dove:

V = velocità media in condizioni di moto uniforme [m/s];

χ = coefficiente di Chezy [$m^{1/2}/s$];

R_H = raggio idraulico[m], pari al rapporto tra l'area della sezione idrica $A(h)$ ed il perimetro bagnato $P(h)$

Facendo riferimento, per il coefficiente di Chezy, all'indice di scabrezza di Strickler:

$$\chi = K_{GS} \cdot R_H^{1/6}$$

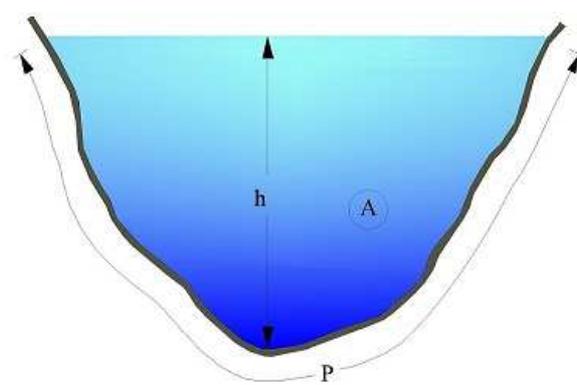
dove:

K_{GS} = indice di scabrezza di Strickler [$m^{1/3}/s$];

R_H = raggio idraulico [m].

Relazione di compatibilità idraulica

Il problema della verifica idraulica di una sezione fluviale equivale ad affermare che nella sezione progettata possa transitare la portata di progetto, ovvero:

$$Q = A^{5/3} \cdot K_{GS} \cdot P^{-2/3} \cdot i_f^{1/2} \geq Q_p$$


The diagram shows a cross-section of a channel with a water surface. The water level is indicated by a vertical double-headed arrow labeled 'h'. The area of the water surface is labeled 'A'. The perimeter of the channel bed is labeled 'P'. The water is shaded in a gradient from light blue at the surface to dark blue at the bottom.

Fig. 10 Individuazione delle dimensioni significative di una sezione generica di un alveo

Il software Hydrologic Risk consente di controllare il funzionamento idraulico di un assegnato canale effettuando la verifica in condizione di moto uniforme della sezione trasversale di un alveo.

In particolare data la forma e le dimensioni della sezione trasversale di un alveo di nota scabrezza e pendenza, il software calcola l'altezza del pelo libero h relativo alla corrente di moto uniforme di nota portata Q_p (la portata nota può variare in funzione del periodo di ritorno T assegnato).

La verifica idraulica risulta soddisfatta quando il livello idrico della corrente calcolato, risulta inferiore a quello imposto in fase di progetto; l'esempio rappresentato nella successiva figura consente di chiarire il concetto.

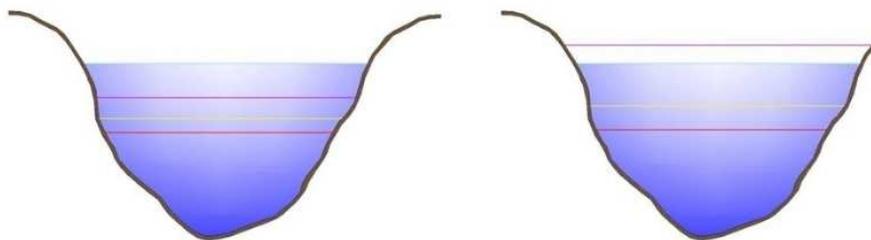


Fig. 11 Esempio di verifica idraulica in condizioni di moto uniforme in cui la sezione di sinistra risulta verificata per portate di $T=10, 50, 100$ anni mentre quella a destra per le portate di $T=10, 50$ anni

Le elaborazioni della verifica idraulica in moto uniforme ed i relativi tabulati di calcolo vengono riportati nel successivo sottoparagrafo per la sezione trasversale artificiale di intubamento fosso in progetto lungo il confine sud dell'area d'intervento.

Relazione di compatibilità idraulica

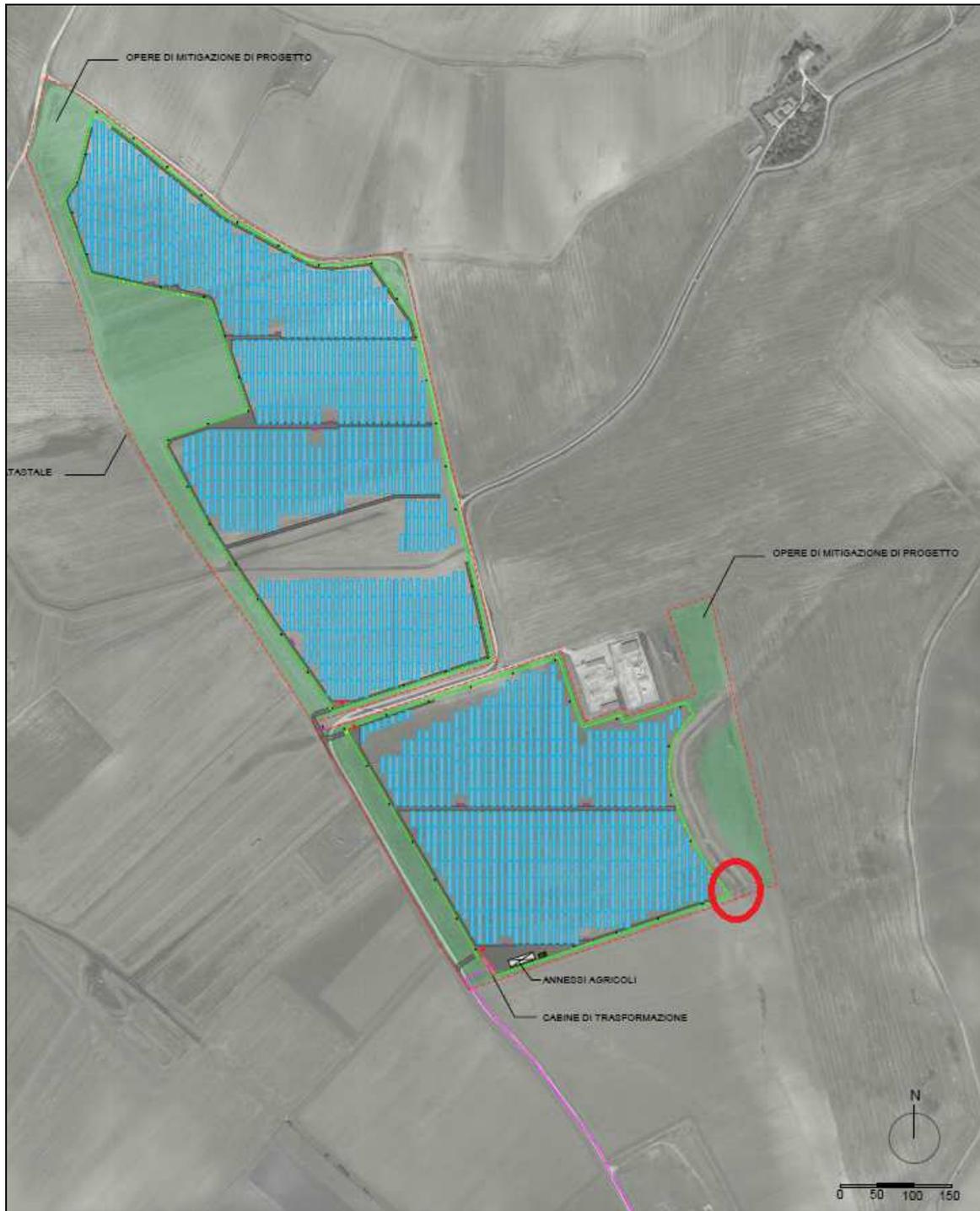


Fig. 12 Localizzazione sezione trasversale di verifica intubamento corpo idrico superficiale

5.2 SEZIONE INTUBAMENTO FOSSO_CONFINE SUD AREA DI PROGETTO

• Coordinate profilo in mt

Nr.	X	Y
1	11,02	284,53
2	9,53	284,53
3	9,53	284,53

Relazione di compatibilità idraulica

4	9,53	283,03
5	11,03	283,03
6	12,53	283,03
7	12,53	284,53
8	12,53	284,53
9	11,03	284,53

• Coordinate contorno bagnato in mt

Nr.	X	Y
1	12,53	284,53
2	12,53	283,03
3	11,03	283,03
4	9,53	283,03
5	9,53	284,53
6	12,53	284,53

Area	4,5 m ²
Contorno bagnato	6 m
Raggio idraulico	0,75 m

• Verifica sezione (moto uniforme)

Coefficiente scabrezza Ks (Strickler)	55
Pendenza alveo	0,0200
Velocità media	6,42 m/s
Portata	28,89 m ³ /s
Energia specifica	3,6 m
Altezza critica	1,4 m
Velocità critica	6,42 m/s

xi, xf, yf, h: intersezione tra la sezione dell'alveo e la retta che individua l'esondazione, h altezza di acqua. Tutte le coordinate sono in mt

Tempo di ritorno Q (m ³ /s)	Ver.	xi	xf	ym	Altezza moto uniforme	
200	18,45	S	9,53	12,53	284,03	1,00

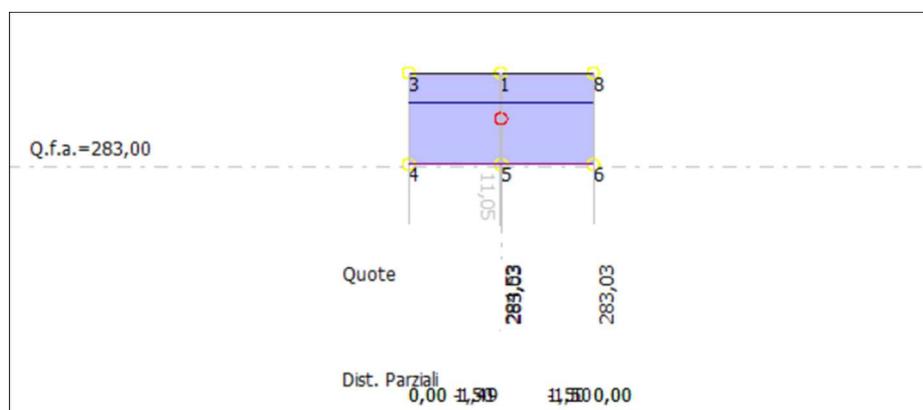


Fig. 13 Verifica idraulica scatolare in c.a. per Tr=200 anni

6 CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente documento è stato la verifica della compatibilità idraulica degli interventi in progetto mediante determinazione delle massime portate di piena attese in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino idrologico del corpo idrico superficiale, privo di toponimo, individuata lungo il confine sud dell'area di progetto per la conseguente definizione delle condizioni di pericolosità idraulica dell'area, espressa in termini di tirante idrico generabile, per il Tr di verifica, nelle sezioni di alveo artificiale in progetto (intubamento) per il fosso di studio.

Lo studio idrologico eseguito ha dunque consentito di determinare la portata massima di piena, per Tr pari a 200 anni, in corrispondenza della suddetta sezione di verifica considerata. La relativa portata massima di piena stimata, in corrispondenza della suddetta sezione di chiusura è pari a 18,45 m³/s per Tr 200 anni.

Lo scatolare in c.a. a sezione rettangolare considerato per l'opera di intubamento, avente dimensioni interne pari a 300x150 cm, è in grado di garantire il deflusso ordinario della portata massima di piena stimata per un Tr pari a 200 anni.

Alla luce delle suddette considerazioni, si ritiene che nel complesso per l'intervento proposto sussistano condizioni di sicurezza idraulica, ai sensi delle NTA del PAI Puglia, garantendo le condizioni di deflusso sia a monte che a valle dei terreni di interesse con conseguente compatibilità idraulica degli interventi in progetto.