

PROVINCIA DI MATERA

COMUNE DI SALANDRA E DI SAN MAURO FORTE

LOCALITA':

PROGETTO:

INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE"

TITOLO DOCUMENTO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

REFERENTE PER LO SVILUPPO DEL PROGETTO



ENERGY CONSULTING & SERVICES ITALY s.r.l.

N. REA 2639769 C.C.I.A.A. di Milano
Corso Matteotti, 1 - 20121 Milano (MI)
energyconsultingervicesitaly srl@legalmail.it
CF/P.IVA 12085480965

SOGGETTO RICHIEDENTE



CLEAN ENERGY BASILICATA S.R.L.

N. REA 2587685 C.C.I.A.A. di Milano
Via Santa Sofia, 22 - 20122 Milano (MI)
PEC: cleanenergyragosrl@legalmail.it
CF/P.IVA 11210080963

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



Ing. Carmen Martone
Geol. Raffaele Nardone

Via Verrastro 15/A, 85100 Potenza
P.Iva 02094310766



Ing. Domenico Ivan CASTALDO

Iscr. n°8630 Y Ordine Ingegneri di Torino
C.F. CST DNC 73M18 H355W -
Via Treviso n. 12 CAP 10144 - Torino
Tel. 011/217.0291

PEC: info@pec.studioingcastaldo.it

Codice lavoro	Livello projet	Cat. Op.	Tipologia	Numero	Rev.	Pag.	di	Nome file	Scala	Progressivo
C261	PD	I.FV_IF	R	A.3	/00	1	1	A.3_Relazione_idrologica_idraulica		
Rev.	Data	Descrizione						Redazione	Controllo	Approvazione
00	Aprile 2024	Emissione						ing. Domenico Castaldo EGM Project	ing. Domenico Castaldo EGM Project	ing. Domenico Castaldo EGM Project

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024</p> <p>Pag. 1 di 41</p>
--	--	--

Sommario

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	4
2.1	Sintesi delle attività.....	4
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
3.1	Analisi della vincolistica.....	8
3.1.1	Confronto con Piano stralcio per l'assetto idrogeologico	8
3.1.2	Confronto con Catasto delle Acque Pubbliche.....	11
3.1.3	Interferenze con aree a potenziale rischio alluvionale (APSFR).....	11
3.1.4	Compatibilità delle opere con le aree di salvaguardia delle sorgenti	12
3.1.5	Valutazione dell'interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi	14
4	ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO.....	15
5	ANALISI GEOMORFOLOGICA	18
5.1	Digital Terrain Model.....	18
5.2	Slope Model.....	18
5.3	Flow Accumulation.....	19
5.4	Perimetrazione dei bacini idrografici	20
6	ANALISI IDROLOGICA	21
6.1	Curve di Possibilità Pluviometrica	21
6.2	Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS	26
7	ANALISI IDRAULICA	33
7.1	Simulazione idraulica.....	33
7.2	Analisi dei risultati.....	40
8	CONCLUSIONI.....	41

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 2 di 41</p>
--	---	---

Indice delle figure

FIGURA 1 : INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DI UBICAZIONE DELL'IMPIANTO	5
FIGURA 2: INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA SU ORTOFOTO	6
FIGURA 3: INQUADRAMENTO SU CTR (1:25.000) DELL'AREA PARCO.....	7
FIGURA 4: CARTA DEI VINCOLI PAI – ALLUVIONI	9
FIGURA 5: STRALCIO CARTA DEI VINCOLI PAI – PERICOLOSITÀ DA FRANA	10
FIGURA 6: STRALCIO CATASTALE ACQUE PUBBLICHE	11
FIGURA 7: STRALCIO CARTA DELLE AREE DI APSFR.....	12
FIGURA 8: AREA DI IMPIANTO CON SORGENTI ED AREA DI BUFFER DI 1 KM COME PREVISTO DALLE DIRETTIVE TECNICHE DEL DGR 663/2014	13
FIGURA 9. CAVIDOTTO.....	17
FIGURA 10: PERIMETRAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	21
FIGURA 11: AREE PLUVIOMETRICHE OMOGENEE VAPI REGIONE BASILICATA.....	24
FIGURA 12: ZONA B VAPI BASILICATA IN CUI RICADE L'IMPIANTO	24
FIGURA 16: IDROGRAMMA DI MOCKUS	31
FIGURA 14: SCHEMA GEOMETRICO UTILIZZATO NELLA MODELLAZIONE IDRAULICA 1D TERRAIN (LOIUDICE).....	34

1 PREMESSA

La seguente relazione è parte integrante del Progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico, questo progetto mira a creare un distretto energetico in Basilicata composto da un gruppo di impianti Agrovoltaici diffusi su lotti agricoli nei comuni di Salandra e San Mauro Forte, in provincia di Matera. per una potenza complessiva di 160 MWp, un componente di accumulo di batterie da 30 MWh, un'unità di produzione di idrogeno da 10 MWe il tutto coadiuvato dall'integrazione dell'attività agricola già presente in sito.

Il presente studio descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area a scala di bacino e per l'analisi idraulica dell'area di impianto e delle zone limitrofe.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 3 di 41</p>
--	---	---

È stato predisposto, pertanto, lo “Studio di compatibilità idrologico ed idraulico” di cui la presente Relazione e gli allegati Appendice A, Appendice B e le tavole grafiche ne costituiscono parte integrante.

Il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica analizza compiutamente gli effetti sul regime idraulico e vuole dimostrare l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area, l'esame dello stato di fatto e di progetto da un punto di vista idraulico al fine di verificare che gli interventi proposti siano progettati e realizzati in funzione della salvaguardia, della qualità dell'ambiente e dell'assetto idrogeologico.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 4 di 41</p>
--	---	---

2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

2.1 Sintesi delle attività

In sintesi le attività svolte per la redazione del presente documento sono:

- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi morfologica di bacino mediante software Quantum GIS 3.18 e GRASS 7.8.5;
- analisi idrologica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante la metodologia VAPI ed implementazione del modello idrologico;
- calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno T_{30} e T_{200} per ogni sotto-bacino individuato nell'analisi morfometrica;

Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento UTM33 WGS84.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024</p> <p>Pag. 5 di 41</p>
--	---	--

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in cui è ubicato l'impianto fotovoltaico in oggetto, è ubicata nel territorio comunale di Muro Lucano, in Provincia di Potenza, e geograficamente è individuata rispetto ai confini comunali dalle figure seguenti:

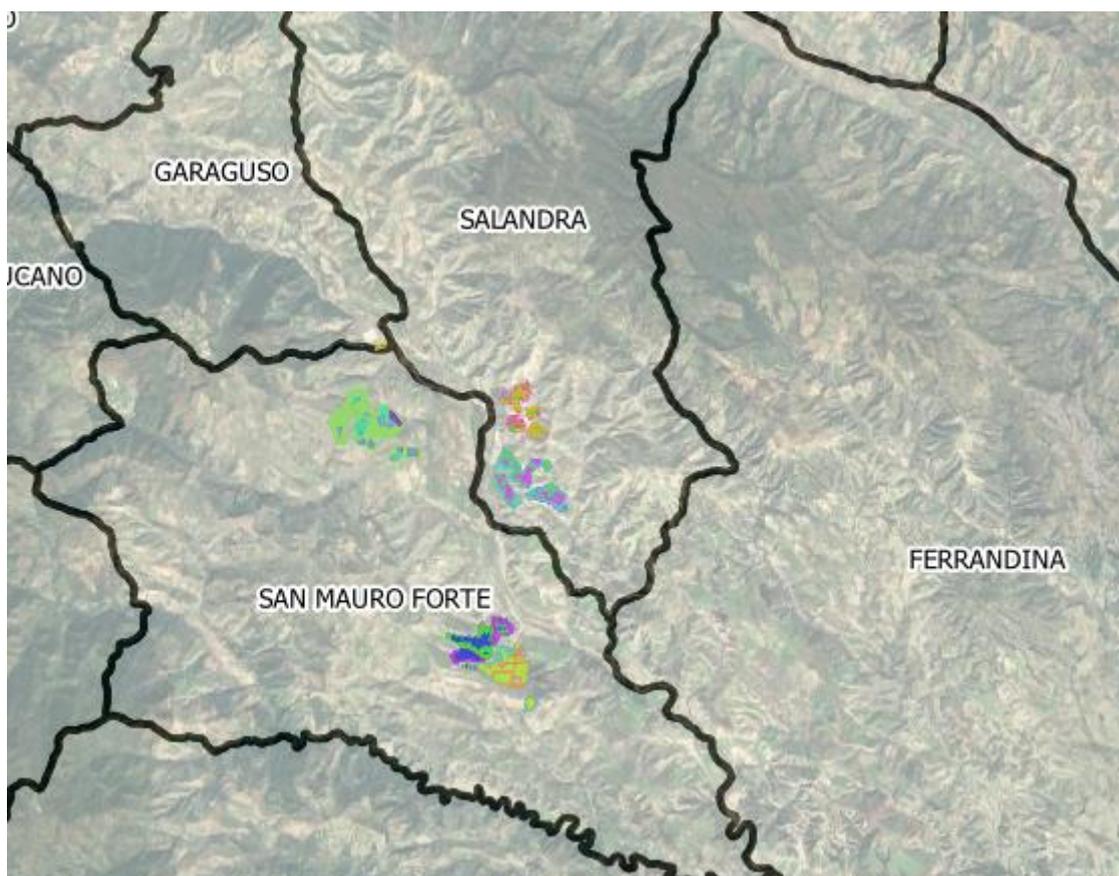


Figura 1 : Inquadramento geografico dell'area di ubicazione dell'impianto

La zona dove verranno realizzati gli impianti si colloca in provincia di Matera, nei comuni di Ferrandina, Salandra e San Mauro Forte.

La destinazione urbanistica dei terreni interessati alla realizzazione degli interventi è stata desunta dai vigenti strumenti di gestione territoriale dei comuni interessati, e risulta essere classificata Zona Agricola e pertanto compatibile con l'installazione di impianti fotovoltaici ai sensi del D. Lgs. 387/03.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 6 di 41</p>
--	---	---

Le aree delle particelle interessate dal progetto sono libere da vegetazione d'alto fusto, sono di tipo seminativo di classe 2, in grado, quindi, di accogliere il tipo di intervento descritto. Non verranno realizzati volumi tecnici sotto la quota del piano di campagna.

La morfologia dell'area su cui sarà installato l'impianto fotovoltaico è di tipo prevalentemente pianeggiante.

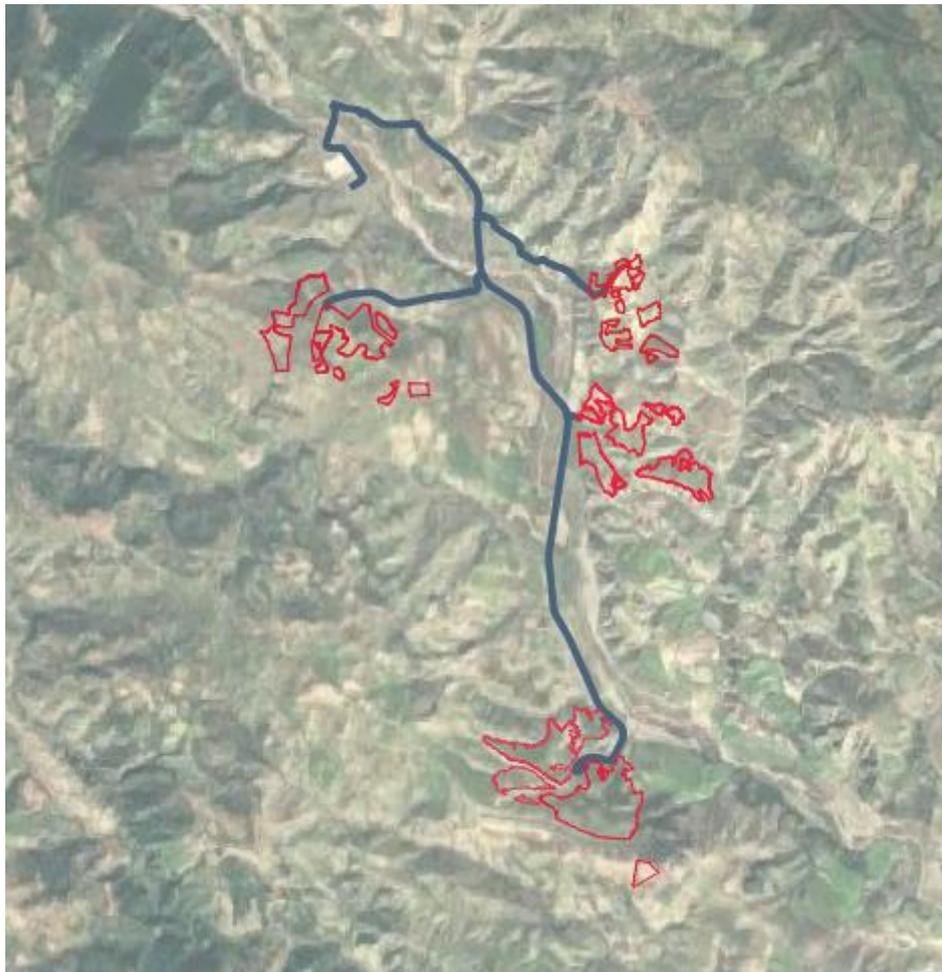


Figura 2: Inquadramento generale dell'opera su ortofoto

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 7 di 41</p>
--	---	---

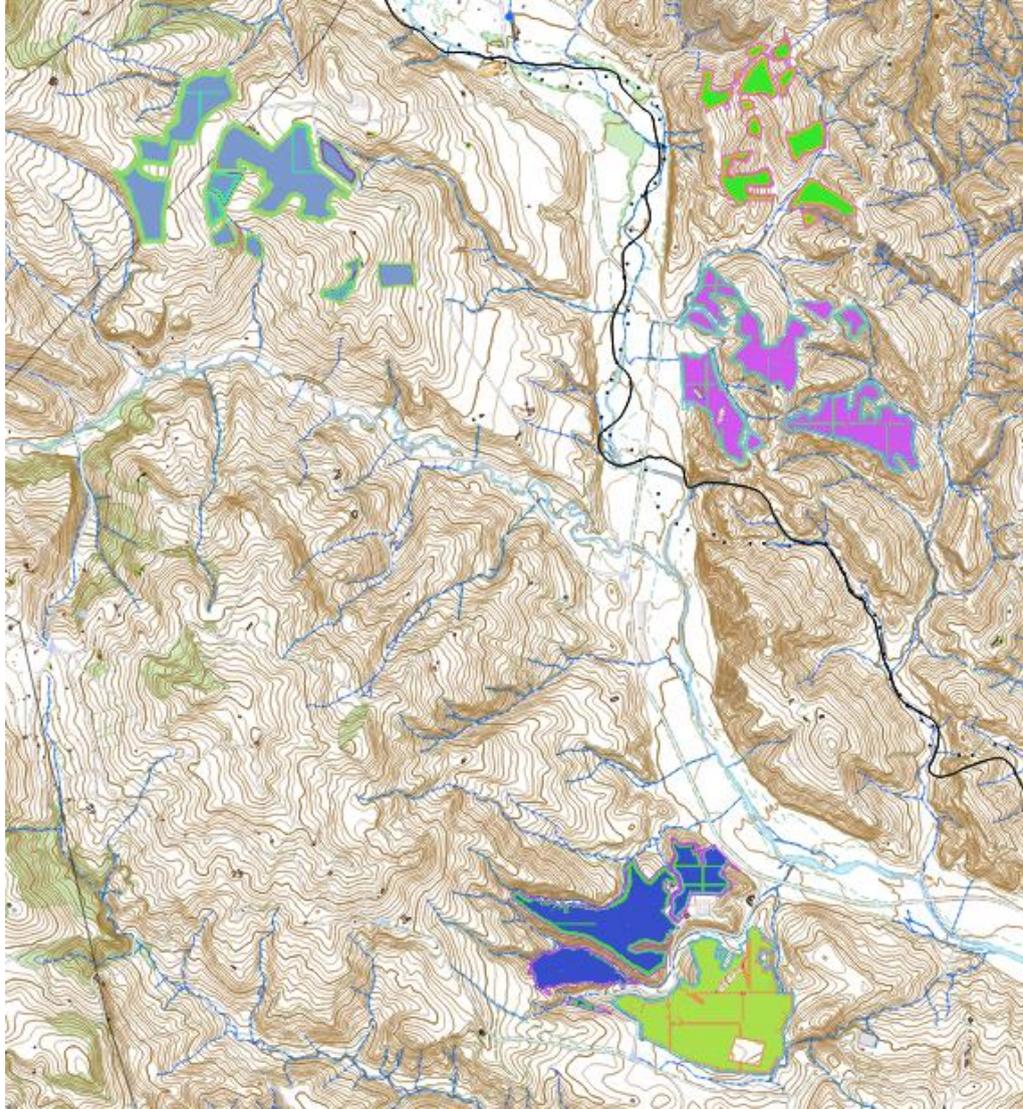


Figura 3: Inquadramento su CTR (1:25.000) dell'area Parco

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un rettangolo individuato, nel sistema di coordinate UTM (Universale Trasverso di Mercatore).

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 8 di 41</p>
--	---	---

3.1 Analisi della vincolistica

3.1.1 Confronto con Piano stralcio per l'assetto idrogeologico

Il progetto in esame è stato confrontato con il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico di Bacino redatto dall'Autorità di Bacino Interregionale dell'Appennino Meridionale.

Il piano stralcio è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino. Il Piano stralcio individua le aree a rischio idraulico e di frana del territorio in funzione delle caratteristiche di dissesto del territorio, le aree caratterizzate da diverso grado di suscettività al dissesto, rispetto alle quali si sono impostate le attività di programmazione contenute nel Piano.

Dall'esame della cartografia si evince che l'area di impianto in progetto non è compresa in nessun areale a pericolosità geomorfologica dell'Autorità di Bacino, come si evince dalle Figure che seguono.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 9 di 41</p>
--	---	---

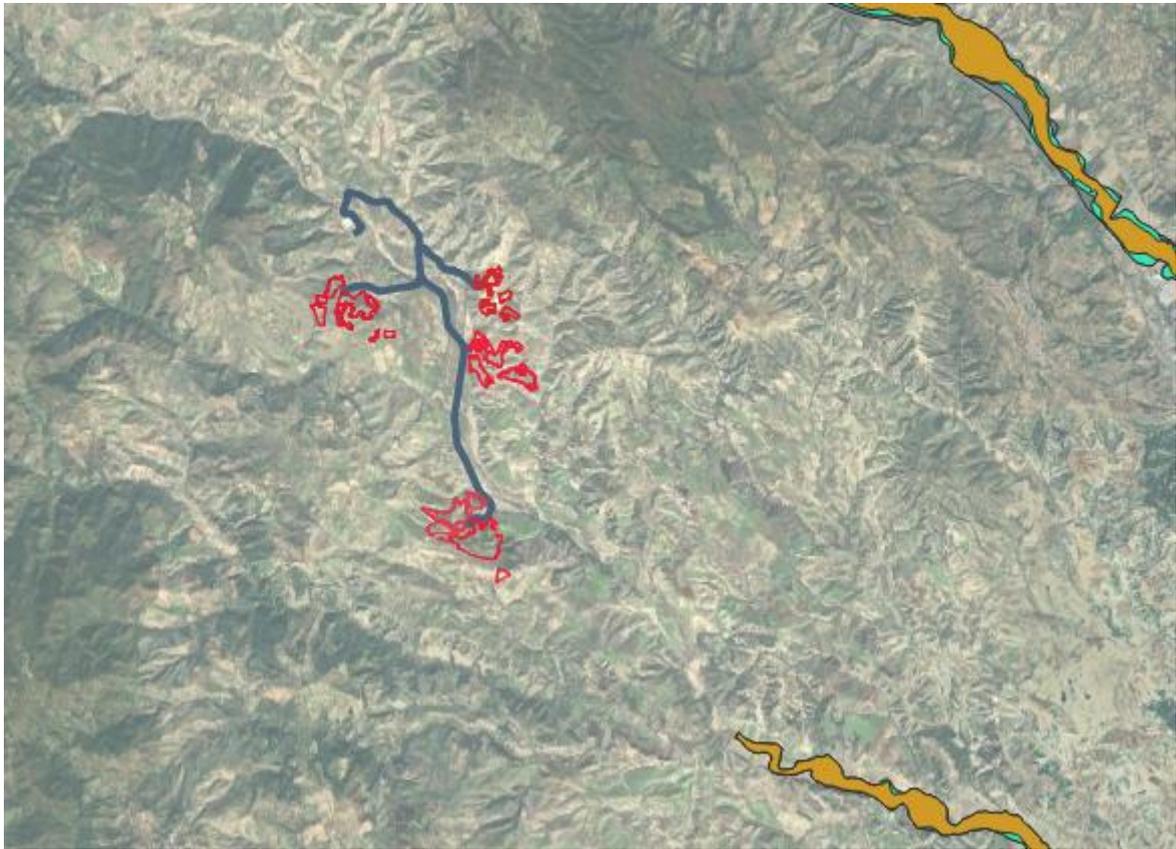


Figura 4: Carta dei vincoli PAI – Alluvioni

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 10 di 41</p>
--	---	--

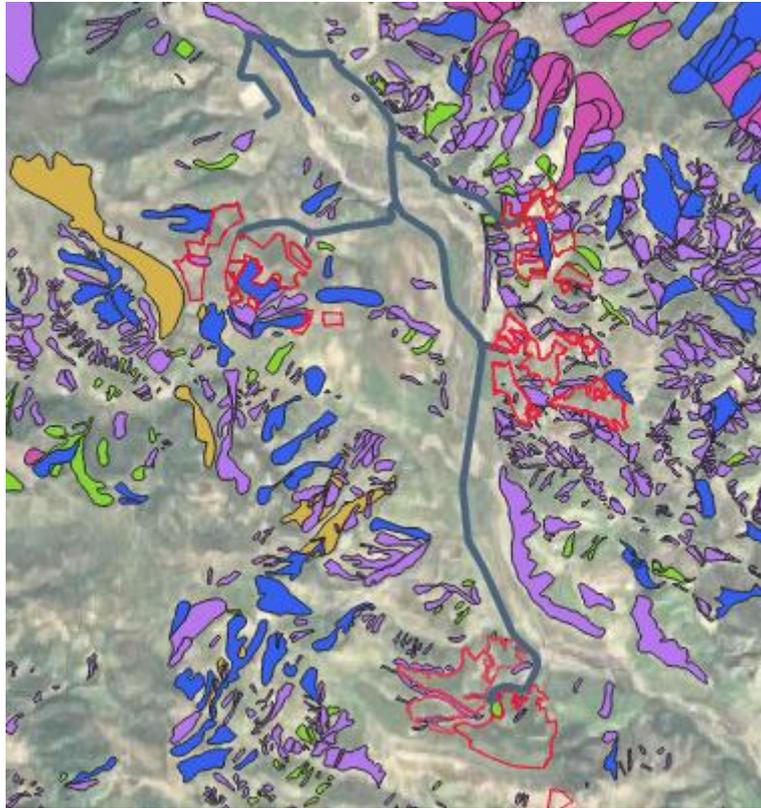


Figura 5: Stralcio Carta dei vincoli PAI – Pericolosità da frana

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 11 di 41</p>
--	---	--

3.1.2 Confronto con Catasto delle Acque Pubbliche

Il presente Progetto è stato anche confrontato con le carte catastali delle acque pubbliche dei diversi comuni, da tale analisi si è appurato che il perimetro del Campo “Lombone” e del Campo “Terranova” è adiacente ad un’acqua pubblica.

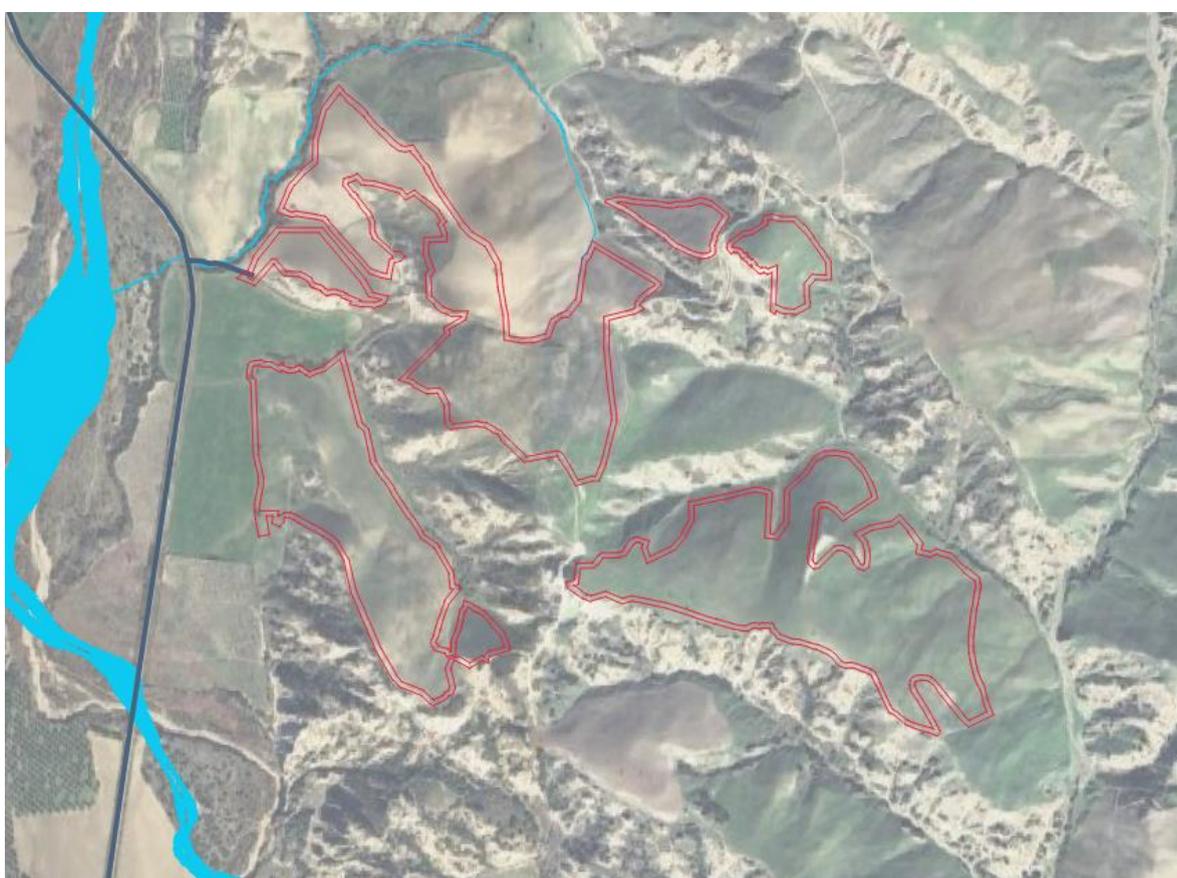


Figura 6: Stralcio Catastale Acque Pubbliche

3.1.3 Interferenze con aree a potenziale rischio alluvionale (APFSR)

In vista della possibilità che le aree interessate dal progetto dell’impianto fotovoltaico in questione possano essere interessate da fenomeni di alluvionamento, si è provveduto all’analisi delle interferenze delle opere in progetto con aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 12 di 41</p>
--	---	--

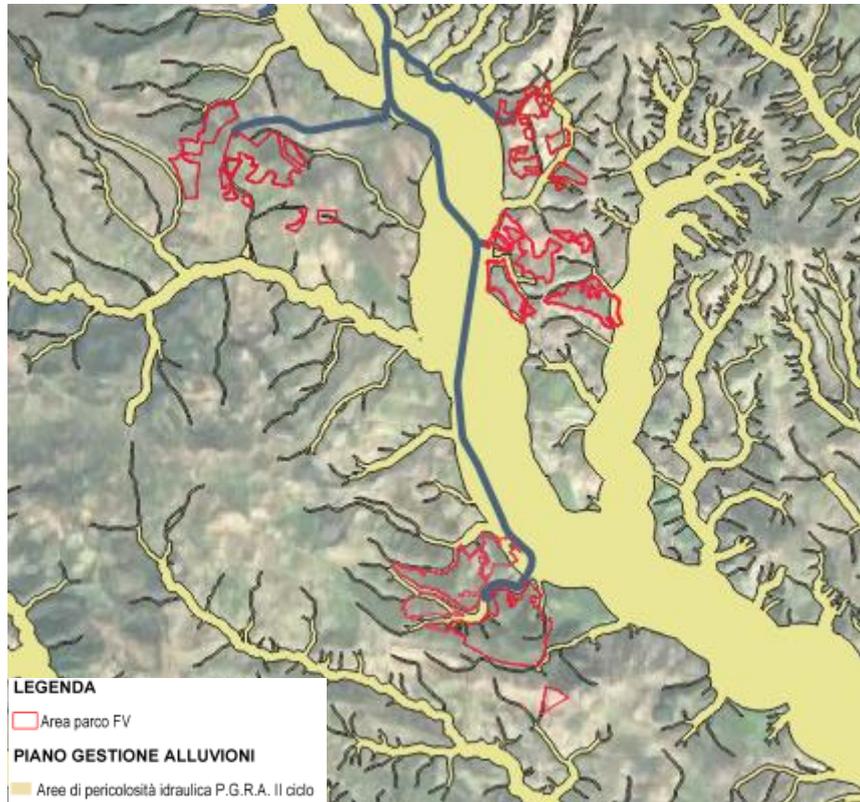


Figura 7: Stralcio Carta delle aree di APSFR

Le opere in progetto, presentano interferenze lungo il cavidotto con aree a potenziale rischio alluvione in area urbanizzata.

Trattandosi di un'interferenza di cavidotto staffato a struttura esistente al di sopra dell'intradosso. Pertanto, la sezione idraulica utile non subisce modifiche e non si ha nel post-operam un incremento delle condizioni di rischio e pericolosità rispetto a quanto presente nella configurazione ante-operam.

3.1.4 Compatibilità delle opere con le aree di salvaguardia delle sorgenti

È stata verificata anche la compatibilità delle opere da eseguirsi con le aree a salvaguardia delle

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 13 di 41</p>
--	---	--

sorgenti così come previsto dalle Direttive Tecniche e procedurali adottate con DGR 663/2014 dalla Regione Basilicata.

Di seguito si riporta un'immagine con la posizione dell'area di impianto e la posizione delle sorgenti mappate dalla Regione Basilicata e con un buffer di 1 km definito quale area di studio ai sensi del punto 1 del titolo II delle Direttive Tecniche e procedurali suddette.

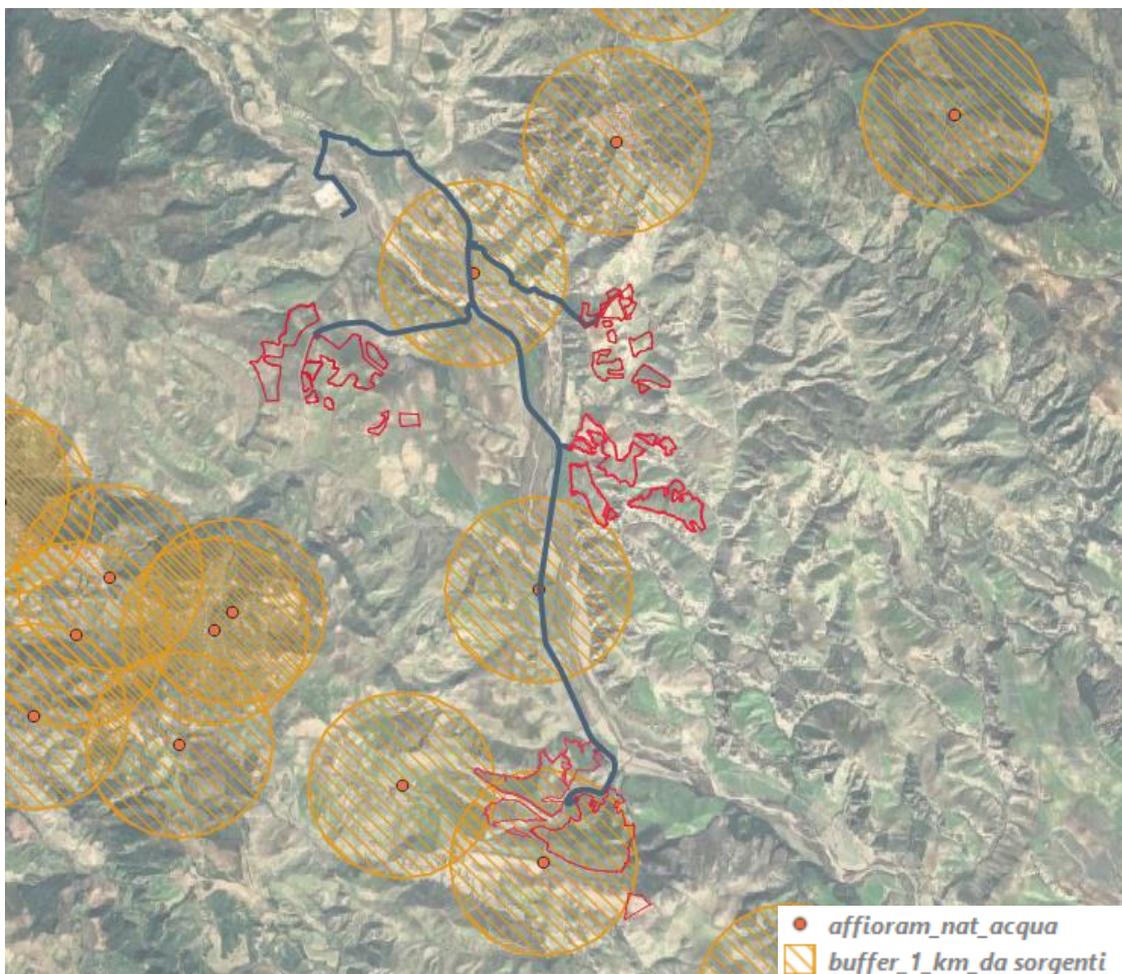


Figura 8: Area di impianto con sorgenti ed area di buffer di 1 km come previsto dalle Direttive Tecniche del DGR 663/2014

Dall'immagine sopra riportata si evince che nel parco fotovoltaico, oggetto di questo studio, ricadono delle sorgenti.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 14 di 41</p>
--	---	--

3.1.5 Valutazione dell'interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi

Dal punto di vista idrogeologico si è potuto evidenziare un comportamento diverso delle litologie riconosciute per quanto concerne il parametro permeabilità. In particolare, le unità affioranti sono state suddivise in due complessi idrogeologici, ognuno distinto in funzione del tipo e grado di permeabilità.

- Complesso ghiaioso-sabbioso;
- Complesso argilloso-limoso;

Il Complesso argilloso-limoso comprende le litologie a prevalente componente argillosa, argilloso-marnosa ed argilloso-siltosa con intercalazioni di sabbie da fini a grossolane con una permeabilità compresa tra 10^{-4} e 10^{-8} m/s. Tuttavia, all'interno di tale complesso, in particolare in corrispondenza dei livelli a matrice prevalentemente sabbiosa, quindi a permeabilità relativa maggiore è possibile rinvenire la presenza di filetti idrici ad andamento lentiforme, nettamente discontinua, sia verticalmente, che lateralmente per le variazioni litologiche e stratigrafiche che ne condizionano significativamente la permeabilità. Inoltre, non mancano locali ed effimeri accumuli idrici in corrispondenza della fascia di terreno superficiale più allentata e disarticolata. Per questa ragione dal complesso prendono origine alcune sorgenti effimere, a regime stagionale e numerose zone di saturazione stagionale sfruttate da pozzi rurali.

Il Complesso ghiaioso - sabbioso comprende le litologie a prevalente componente ghiaioso-sabbiose, limoso-sabbiose in possibile matrice sabbioso-argillosa con una permeabilità compresa tra 10^{-3} e 10^{-6} m/s. Tuttavia, all'interno di tale complesso vi è la possibilità, in corrispondenza dei livelli a matrice prevalentemente sabbioso-limoso, di una permeabilità relativa minore con una possibile interruzione dei filetti idrici ad andamento lentiforme.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 15 di 41</p>
--	---	--

4 ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO

Il progetto verte sulla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile per il supporto alla produzione di Idrogeno Verde; tale impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare sarà di tipo fotovoltaico e prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino montati su strutture ad inseguimento monoassiale.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito complessivamente da lotti funzionalmente autonomi suddivisi come di seguito indicato:

Si considera l'utilizzo di un modulo bifacciale della potenza nominale di 650, 680 e 700 Wp . L'impianto fotovoltaico verrà realizzato per lotti e prevede i seguenti elementi:

- strutture per il supporto dei moduli; ciascuna struttura costituisce una stringa elettrica;
- moduli in silicio monocristallino della tipologia EVO 6 PRO TRINA SOLAR VERTEX di taglia compresa tra i 650 W ed i 700 W;
- **n. 48 cabine, di cui 43 di trasformazione e 5 di consegna**, da ubicare all'interno della proprietà secondo le posizioni indicate nell'elaborato planimetria impianto;

Layout:

- **F.lli Loiudice** n. 7 cabine di trasformazione, n. 1 cabina di consegna – totale n. 8 cabine;
- **Lombone** n. 10 cabine di trasformazione, n. 1 cabina di consegna – totale n. 11 cabine;
- **Piano di Lino** n. 10 cabine di trasformazione, n. 1 cabina di consegna – totale n. 11 cabine;
- **Piano Mele** n. 10 cabine di trasformazione, n. 1 cabina di consegna – totale n. 11 cabine;
- **Terranova** n. 6 cabine di trasformazione, n. 1 cabina di consegna – totale n. 7 cabine;
- n. 2 trasformatori da 2500kVA per ogni cabina di trasformazione – totale n. 86 trasformatori;
- n. 557 inverter.
- viabilità interna al parco per le operazioni di costruzione e manutenzione dell'impianto e

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p style="text-align: right;">DATA: MARZO 2024 Pag. 16 di 41</p>
--	--	---

per il passaggio dei cavidotti interrati in MT;

- aree di stoccaggio materiali posizionate in diversi punti del parco, le cui caratteristiche (dimensioni, localizzazione, accessi, etc) verranno decise in fase di progettazione esecutiva;
- cavidotti interrato in MT (30kV) di collegamento tra le cabine di campo e la cabina d'impianto e da quest'ultima fino alla stazione di utenza;
- stazione di utenza ubicata in prossimità della costruenda stazione denominata "Garaguso" comprendente punto di consegna, gruppo di misura etc sita nel comune di Garaguso in Loc. "Canalecchia";
- cavidotto in AT (150 kV) di collegamento tra la stazione di utenza e la stazione elettrica RTN di Garaguso;
- rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati via modem o tramite comune linea telefonica.
- Il dimensionamento di massima è stato realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 144 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 650 Wp, 680 Wp e 700 Wp. L'impianto sarà costituito da un totale di 243.149 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 160,83 MWp.

nome progetto	COMUNE	coordinata GPS	POTENZA IN PROGETTO [MW]	PANNELLI
PIANO DI LINO	San Mauro Forte	40°30'19"N 16°16'36"E	39,36	57888
Terranova famiglia	Salandra	40°30'30"N - 16°18'56"E	14,72	21030
Piano Mele	San Mauro Forte	40°27'26"N - 16°18'39"E	39,62	60958
F.lli Loiudice	San Mauro Forte	40°27'51"N - 16°18'36"E	32,17	49496
Contrada Lombone	Salandra	40°29'33"N - 16°19'10"E	34,96	53777

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 17 di 41</p>
--	---	--

Il cavo BT in corrente continua che porterà l'energia da ogni singola stringa alla rispettiva cassetta di parallelo stringhe dovrà avere una lunghezza massima di 100 m, con tensione di esercizio massima pari ad 1 kV e una potenza nominale massima pari a 160 kWp.

Il cavo BT in corrente continua che porterà l'energia elettrica da ogni Inverter di stringa dovrà essere di tipo SOLAR CABLE ALLUMINIO per posa fissa all'esterno e posa interrata diretta;

Tutti gli impianti in oggetto convoglierebbero mediante cavidotti in Media Tensione alla stazione elettrica di Garaguso. Il percorso del cavidotto avverrebbe prevalentemente lungo la SP04, interessando solo in alcuni casi specifici ed in minima parte terreni privati riducendo pertanto notevolmente impatti ambientali ed espropri verso terzi.

Tale soluzione consente, realizzando un unico scavo lungo la dorsale di collegamento ed utilizzando un solo cavidotto principale al quale si andranno ad interconnettersi i singoli impianti mediante uno schema progettuale a "grappolo", una notevole riduzione dell'impatto su tutto il territorio per la costruzione della unica connessione a servizio di tutti gli impianti a valle. In merito al cavo che trasporterà l'energia dall'inverter alle cabine dei vari sottocampi sarà di tipo unipolare in alluminio AFG16M16 0,6/1kV direttamente interrato.

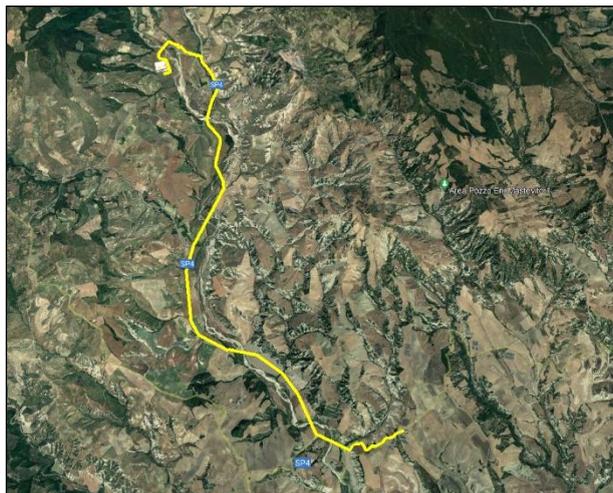


Figura 9. Cavidotto

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 18 di 41</p>
--	---	--

5 ANALISI GEOMORFOLOGICA

La base per un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentata dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici di riferimento.

L'analisi geomorfologica, pertanto, precede la fase di analisi in quanto consente la delimitazione dei bacini idrografici sulla base di dati cartografici e topografici disponibili.

Mediante i software Qgis 3.18.3 e Grass 7.8.5 sono state condotte le analisi morfologiche e morfometriche dei bacini individuati in base alle sezioni di chiusura.

5.1 Digital Terrain Model

Per la definizione del modello digitale del terreno dei territori idrograficamente afferenti ai canali oggetto di studio sono stati utilizzati i dati ufficiali disponibili sul portale cartografico della Regione Basilicata.

Il modello digitale di elevazione (anche noto come DEM, dall'inglese Digital Elevation Model) utilizzato rappresenta la distribuzione delle quote del territorio in formato digitale. Il modello digitale di elevazione utilizzato è in formato raster associando a ciascun pixel l'attributo relativo alla quota assoluta.

5.2 Slope Model

Una volta disponibile il DEM, utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni idrauliche del territorio.

Concettualmente la pendenza identifica la massima variazione nel valore di quota di una cella del grigliato rispetto alle celle circostanti.

Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi.

In pratica l'algoritmo utilizzato esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

5.3 Flow Accumulation

Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso.

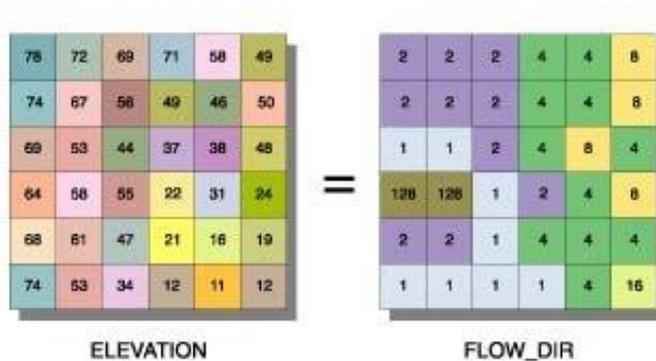
Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

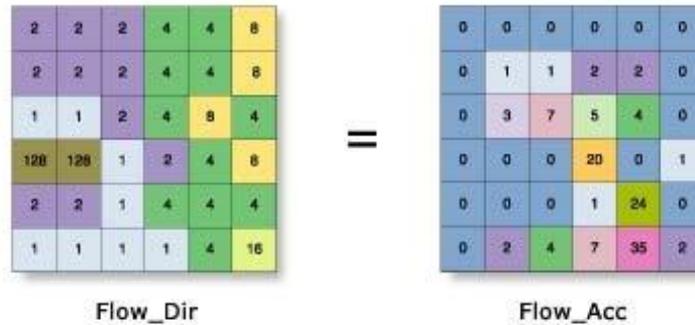
Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.

Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 20 di 41</p>
--	---	--



Grazie alla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale.

Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un *bacino idrografico* oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.

5.4 Perimetrazione dei bacini idrografici

Un Bacino Idrografico può essere considerato come una porzione di territorio capace di convogliare naturalmente e far defluire attraverso una sezione idraulica comunemente detta “sezione di chiusura” l’acqua precipitata sulla stessa.

La sezione di chiusura è rappresenta dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare i bacini idrografici gravanti l'area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nelle tabelle riportate nei paragrafi successivi. Un maggiore approfondimento sulle caratteristiche dei bacini idrografici, sui dati morfometrici e gli idrogrammi di piena si rimanda all’Appendice A che completa la presente relazione.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 21 di 41</p>
--	---	--

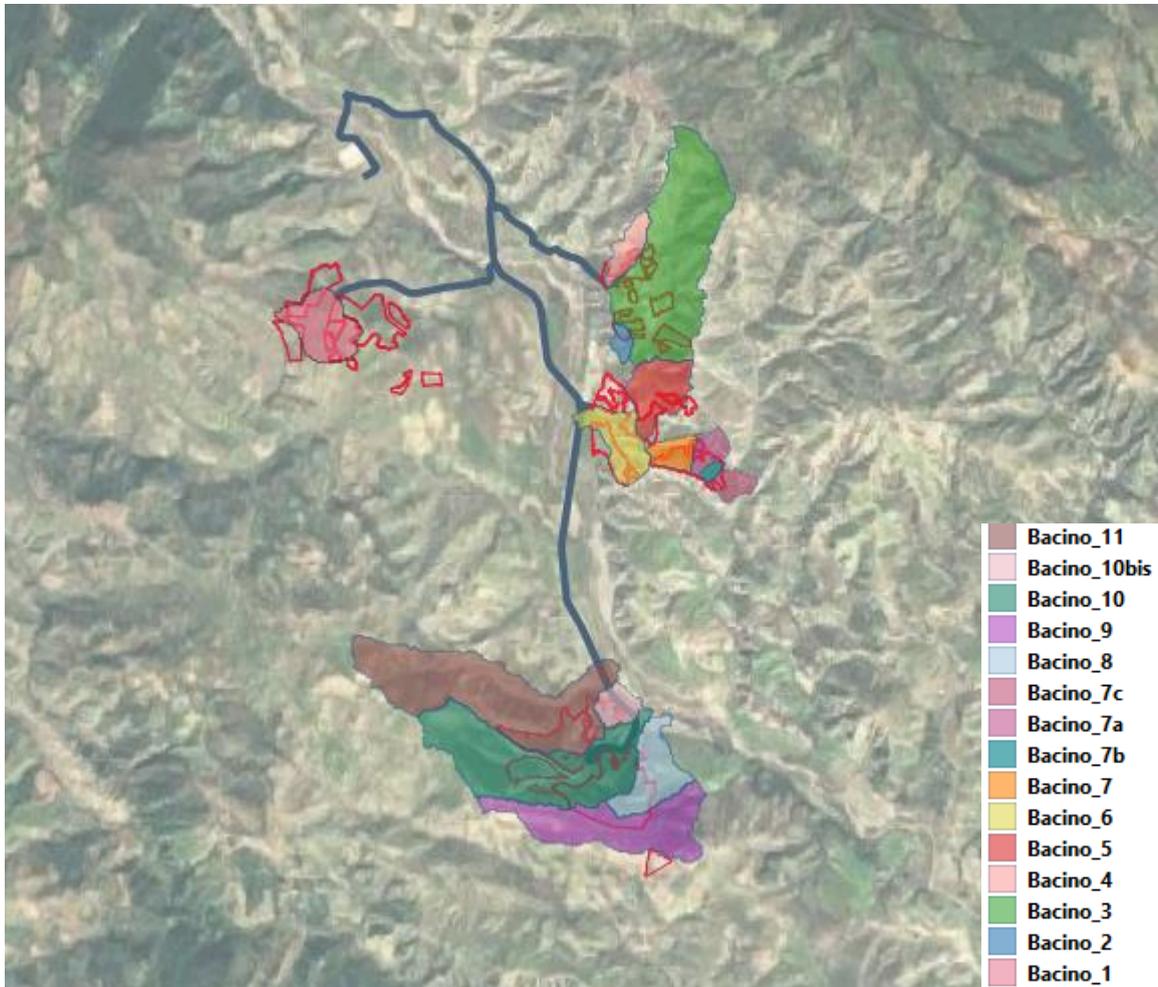


Figura 10: Perimetrazione dei bacini idrografici

6 ANALISI IDROLOGICA

6.1 Curve di Possibilità Pluviometrica

Lo scopo dell'analisi idrologica è stata la valutazione delle portate di piena per prefissati tempi di ritorno (30 e 200 anni).

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024 Pag. 22 di 41</p>
--	---	--

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Campania".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).

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

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione.

Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T ed il fattore di crescita K_T , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata. Dove il fattore K_T è espresso mediante la formula:

$$K_T = 0.110 + 0.456 \ln T$$

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (piogge)	0.93	1.22	1.43	1.65	1.73	1.90	1.98	2.26	2.55	2.95	3.26

Con la regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p style="text-align: right;">DATA: MARZO 2024 Pag. 23 di 41</p>
--	---	---

significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$m[I(d)] = m(I_0) / \left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta$$

In definitiva il territorio di competenza della regione Campania è stato suddiviso in 7 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base dei seguenti parametri:

Area omogenea	n. staz.	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	d_c (ore)	C	$D * 10^5$	ρ^2
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024</p> <p>Pag. 24 di 41</p>
--	---	--

II LIVELLO - ZONE OMOGENEE

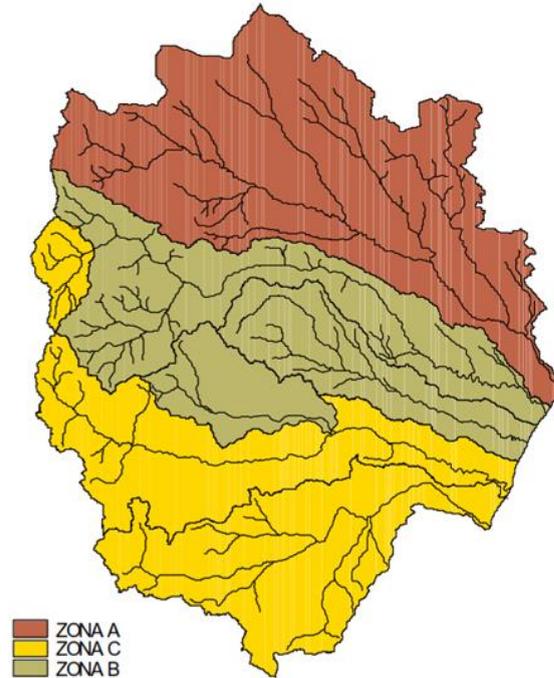


Figura 11: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Basilicata

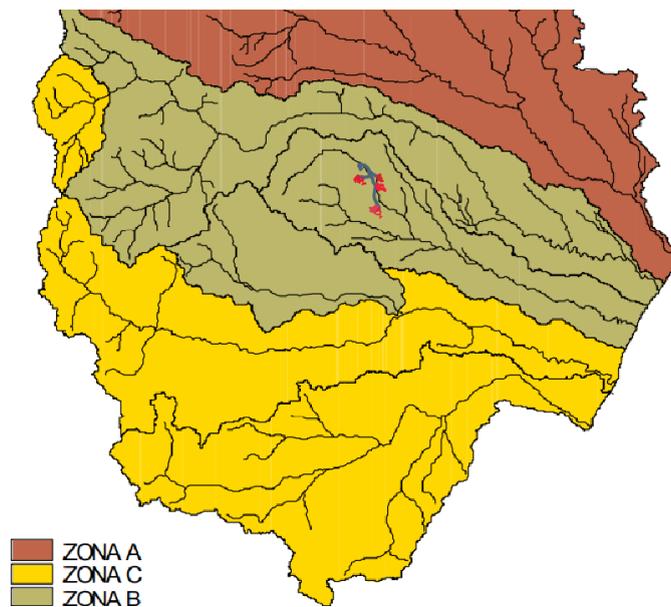


Figura 12: Zona B VAPI Basilicata in cui ricade l'impianto

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 25 di 41</p>
--	--	--

L'applicazione della metodologia VAPI all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 25 e 100 anni e per entrambi i bacini sono riportati nella tabella sottostante.

TEMPO DI RITORNO	K_T
25 anni	1.57
100 anni	2.87

Tabella 1: Valore del fattore di crescita K_T delle piogge

	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024</p> <p>Pag. 26 di 41</p>
---	--	---

6.2 Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi-deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

Il metodo Numero di Curva (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti¹, viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali tanto da essere inserito in modelli di tipo distribuito di previsione dei deflussi (Borselli et.al,1989).

Il metodo del Numero di Curva permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace (P_e) cioè la frazione della pioggia totale (P) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone le seguenti equazioni:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

$$P_n = P - IA$$

$$IA = k_{ia} \cdot S$$

dove:

P = pioggia totale [mm]

P_e = pioggia efficace o deflusso diretto [mm],

P_n = la pioggia netta [mm],

S = capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione [mm],

IA = perdite iniziali [mm],

k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

¹ SOIL CONSERVATION SERVICE, (1972) *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A.

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con V il volume di deflusso e con W l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo.

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2 S$$

e che la precipitazione netta P_n si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di W ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.8 S)}$$

L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale P, la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura in parametro CN, denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, l'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC=Antecedent Moisture Condition) a seconda del valore assunto

	INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA: MARZO 2024 Pag. 28 di 41
---	--	---

dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'eventometeorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella seguente.

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tabella 2: Attribuzione della classe AMC

I valori nella tabella precedente si riferiscono ad una condizione media di umidità del terreno all'inizio della precipitazione (classe II). Il CN così individuato può essere adattato a diverse condizioni di umidità attraverso le seguenti formule di conversione:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Mentre nella tabella seguente viene riportata la classificazione in classi delle caratteristiche idrologiche dei suoli.

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

Tabella 3: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN

	<p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024 Pag. 29 di 41</p>
---	--	--

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato.

Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singoli imposti sulle i-esime sub-aree: $CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$ dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n . La determinazione del CN per il sito in oggetto è meglio descritta nell'Appendice A correlata alla seguente relazione.

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCII applicando le seguenti relazioni:

$$FI = 3,0 + ,000636CN \text{ valida per } 20 \leq CN \leq 95$$

$$FIII = 3,4212 - ,11999\log CN$$

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500÷2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 4: Valori di “Curve Number (CN)” in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992

L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio.

La portata al colmo di piena corrisponde alla **massima portata** generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del

bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

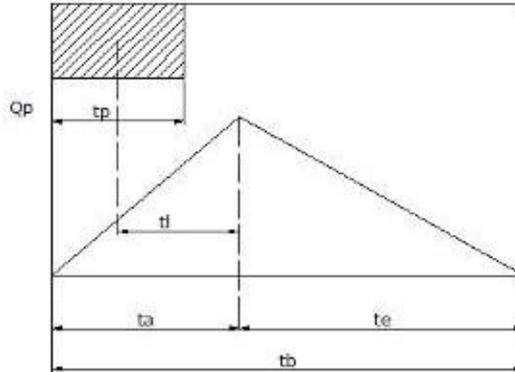


Figura 13: Idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata t_a ed una fase di esaurimento di durata t_e , il cui volume ha la seguente espressione:

$$\text{Vol} = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

Dove t_b è il tempo di durata dell'evento di piena ed è rappresentato dalla relazione seguente:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Il tempo t_a , relativo alla fase crescente dell'evento di piena, è legato al tempo t_p ed a t_L dalla

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

Mentre il tempo di ritardo, espresso in ore, nella formula di Mockus è definito dalla

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L è la lunghezza dell'asta principale espressa in km e CN è il "curve number" medio del bacino.

Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione, la durata dell'evento meteorico di riferimento t_p viene imposta pari a t_c mentre il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle portate calcolate per ogni bacino perimetrato.

ID Bacino	$Q_{TR = 30}$ (m^3/s)	$Q_{TR = 200}$ (m^3/s)
Bacino 1	0.48	3.38
Bacino 2	0.22	1.23
Bacino 3	4.28	17.17
Bacino 4	0.56	3.29
Bacino 5	1.28	6.48
Bacino 6	0.96	4.68
Bacino 6b	0.17	1.61
Bacino 7	0.40	3.10
Bacino 7 a	0.37	2.64
Bacino 7 b	0.10	0.64
Bacino 7 c	0.31	2.44
Bacino 8	0.84	3.99
Bacino 9	1.87	7.09
Bacino 10	2.75	11.33
Bacino 10 bis	0.26	1.75
Bacino 11	4.36	15.78

	<p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 33 di 41</p>
---	--	---

Tabella 5: Portate dei bacini individuati

7 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale di stato di fatto e si è utilizzato un modello di simulazione monodimensionale in moto permanente.

7.1 Simulazione idraulica

L'analisi è stata realizzata con un modello monodimensionale, con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 6.0. Il software è stato sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Si sono costruiti i profili di corrente in moto permanente lungo il sistema idrografico di interesse, sono state considerate le portate con periodo di ritorno T di 30 e 200 anni calcolate come specificato nell'analisi idrologica.

Le sezioni trasversali, ove possibile, sono state estrapolate dal DTM di rilievo.

Lo schema geometrico del modello idraulico è riportato nelle figure seguenti.

Tutte le sezioni ed i relativi dati sono riportati dettagliatamente nell'Appendice B.

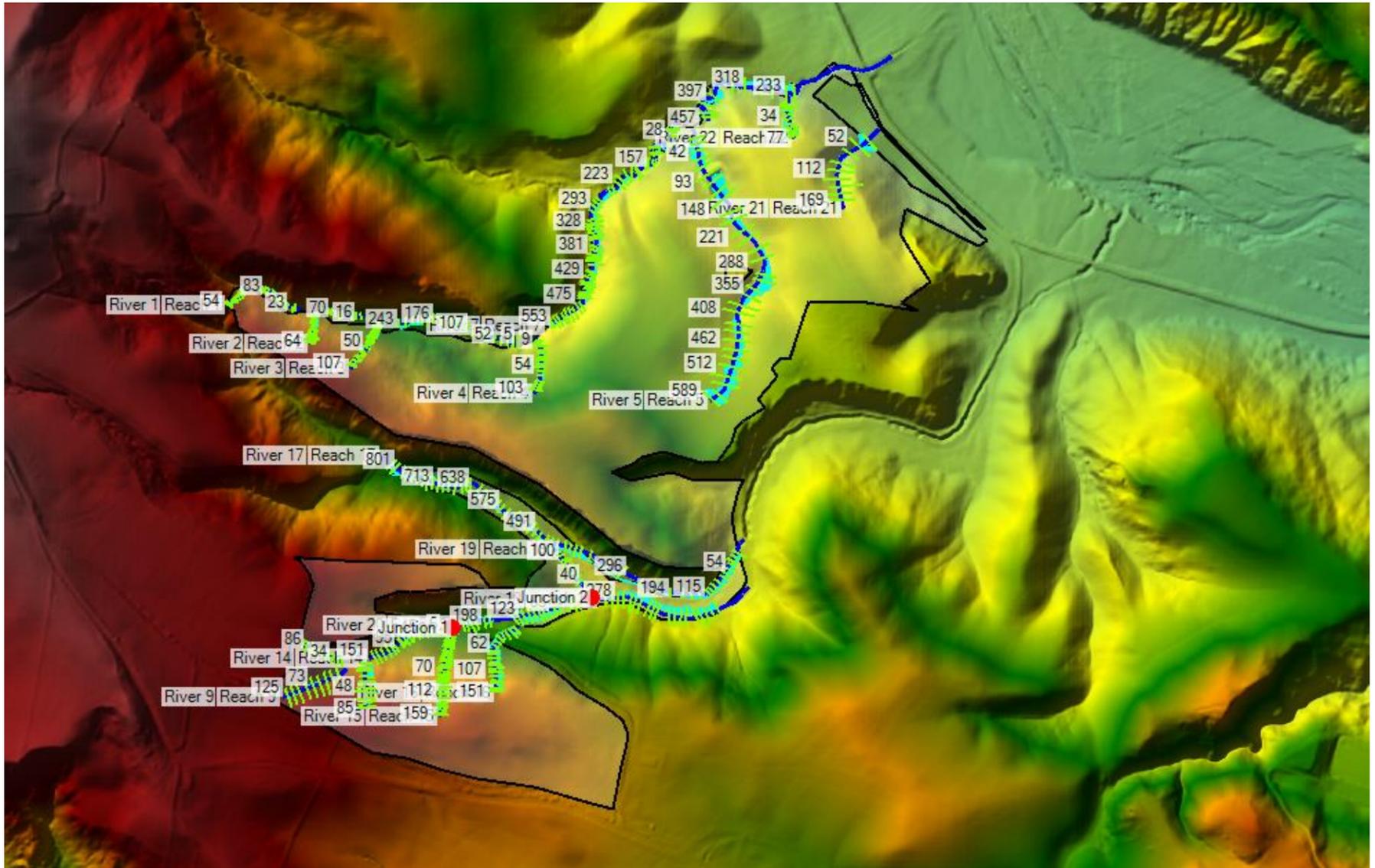


Figura 14: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain (Loiudice)

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 35 di 41</p>
--	---	---

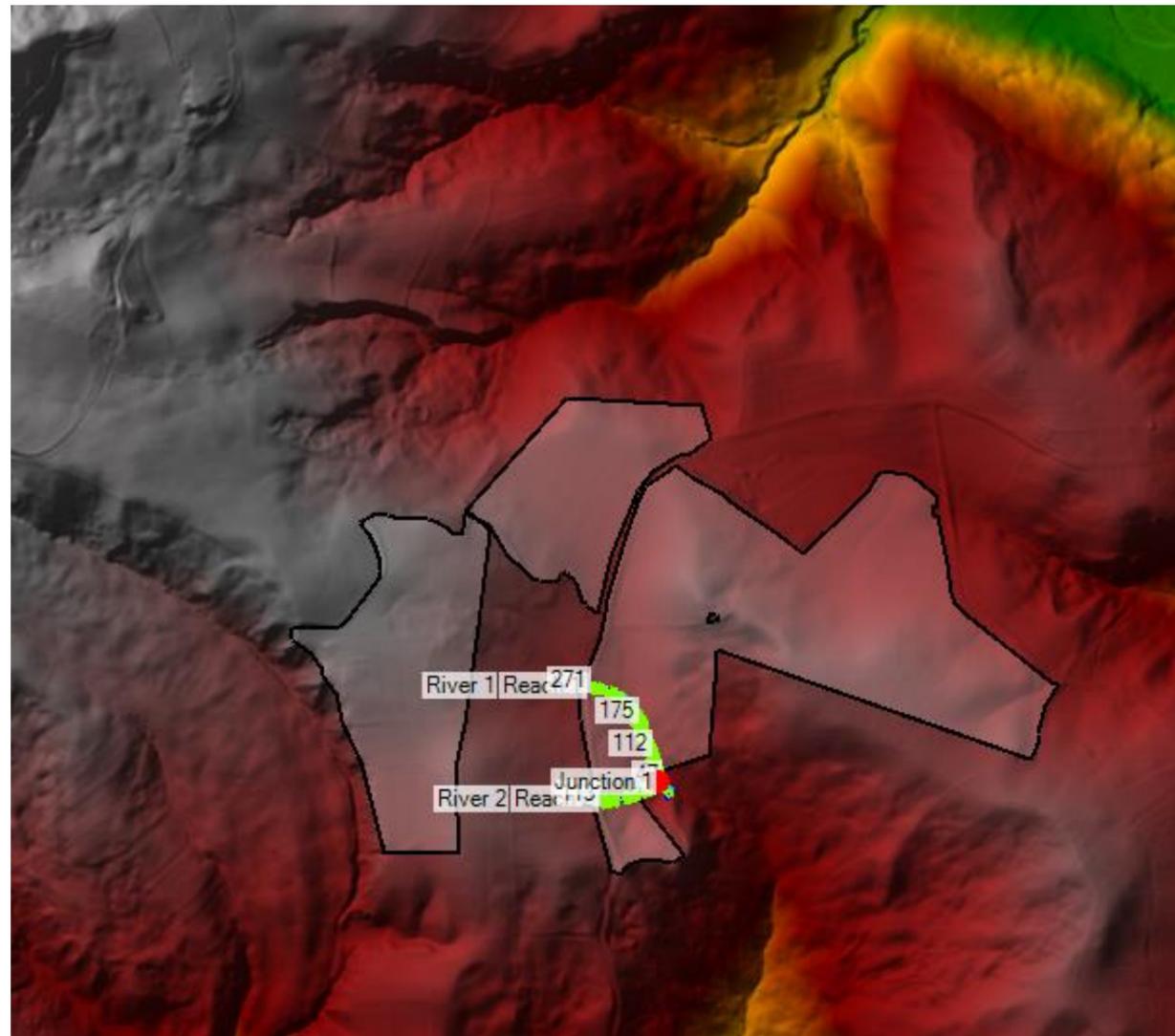


Figura 15 :Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain (Piano di Lino)

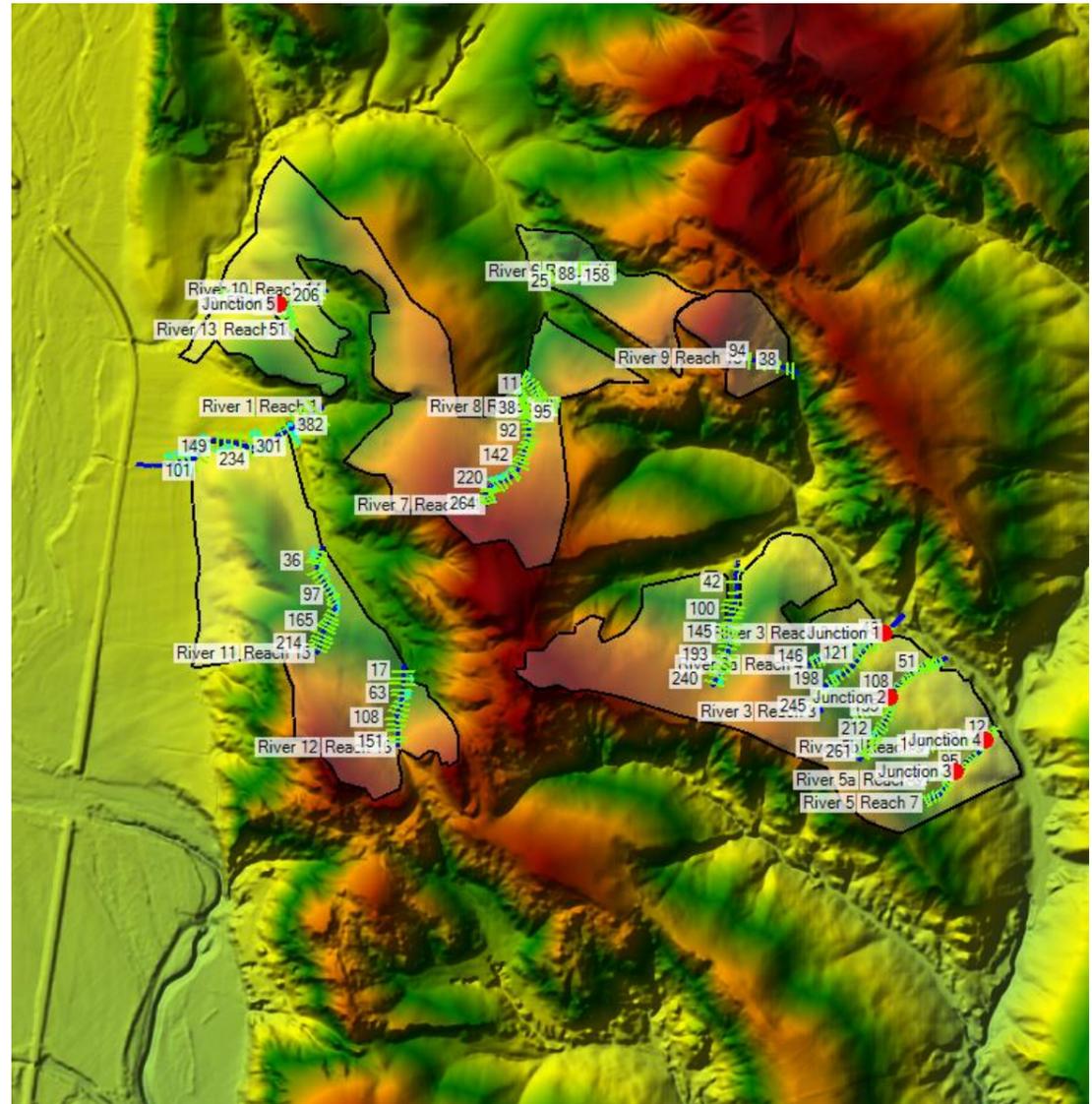


Figura 16: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain (Lombone)

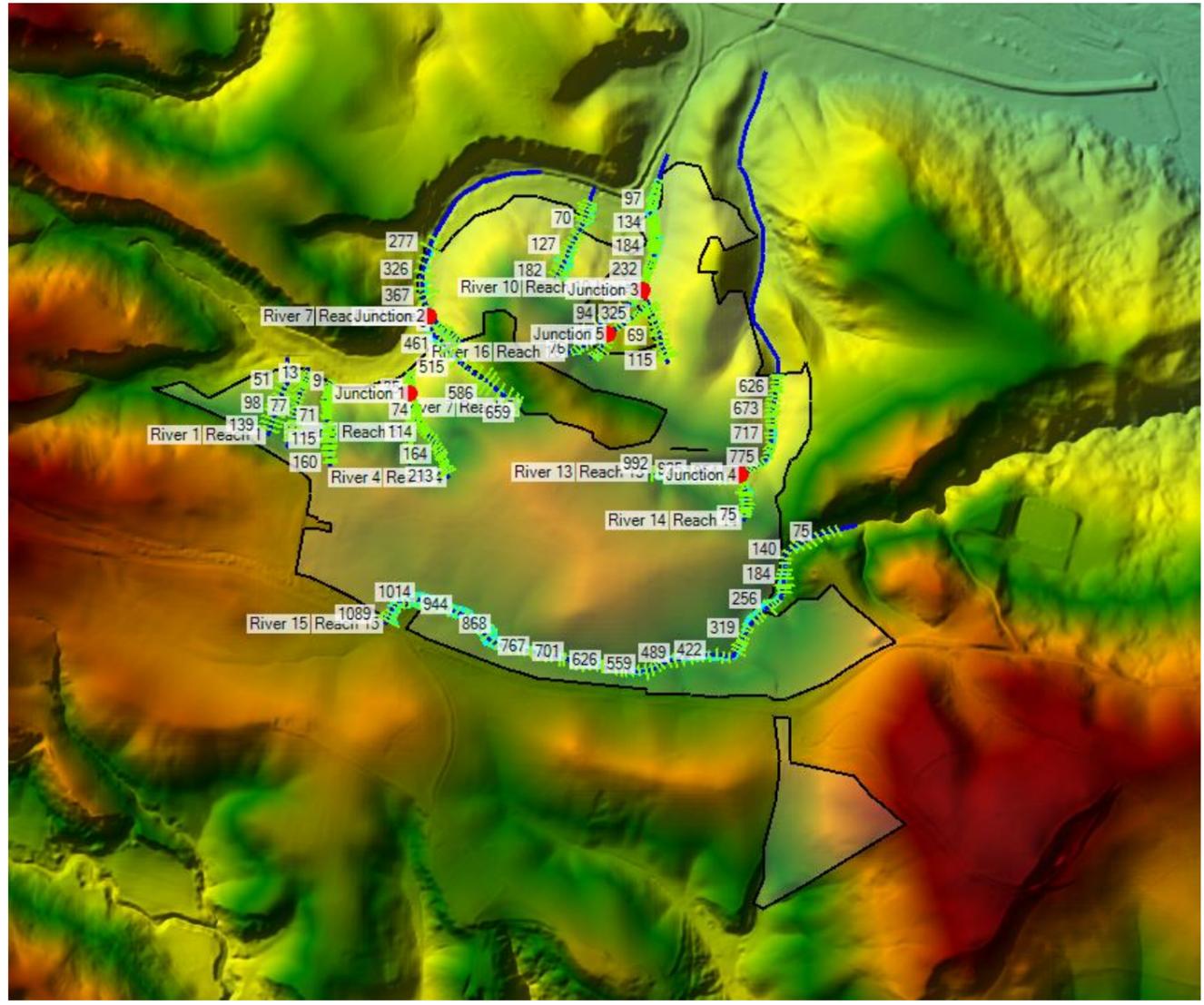


Figura 17: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain (Piano Mele)

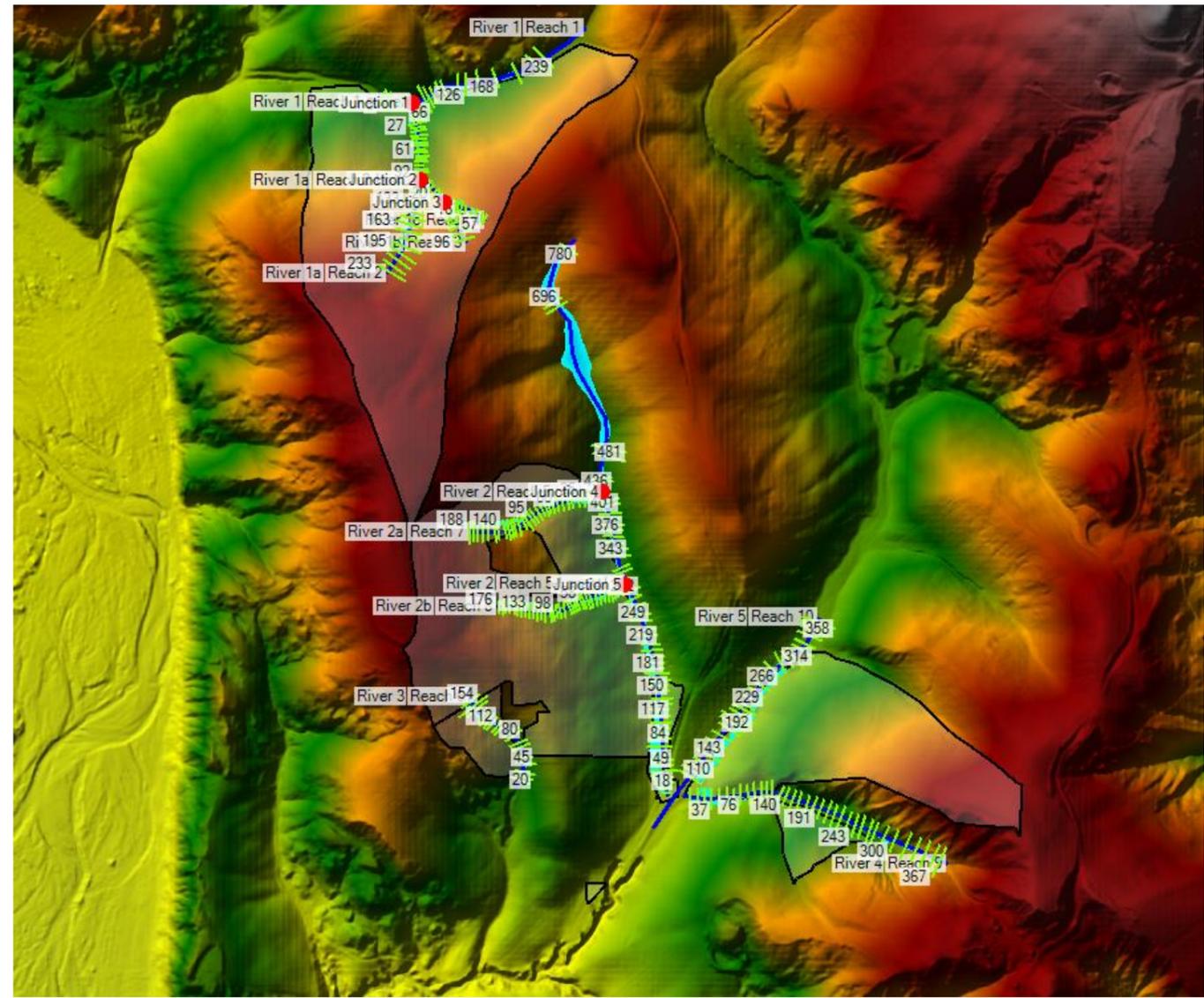


Figura 18: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain (Terranova)

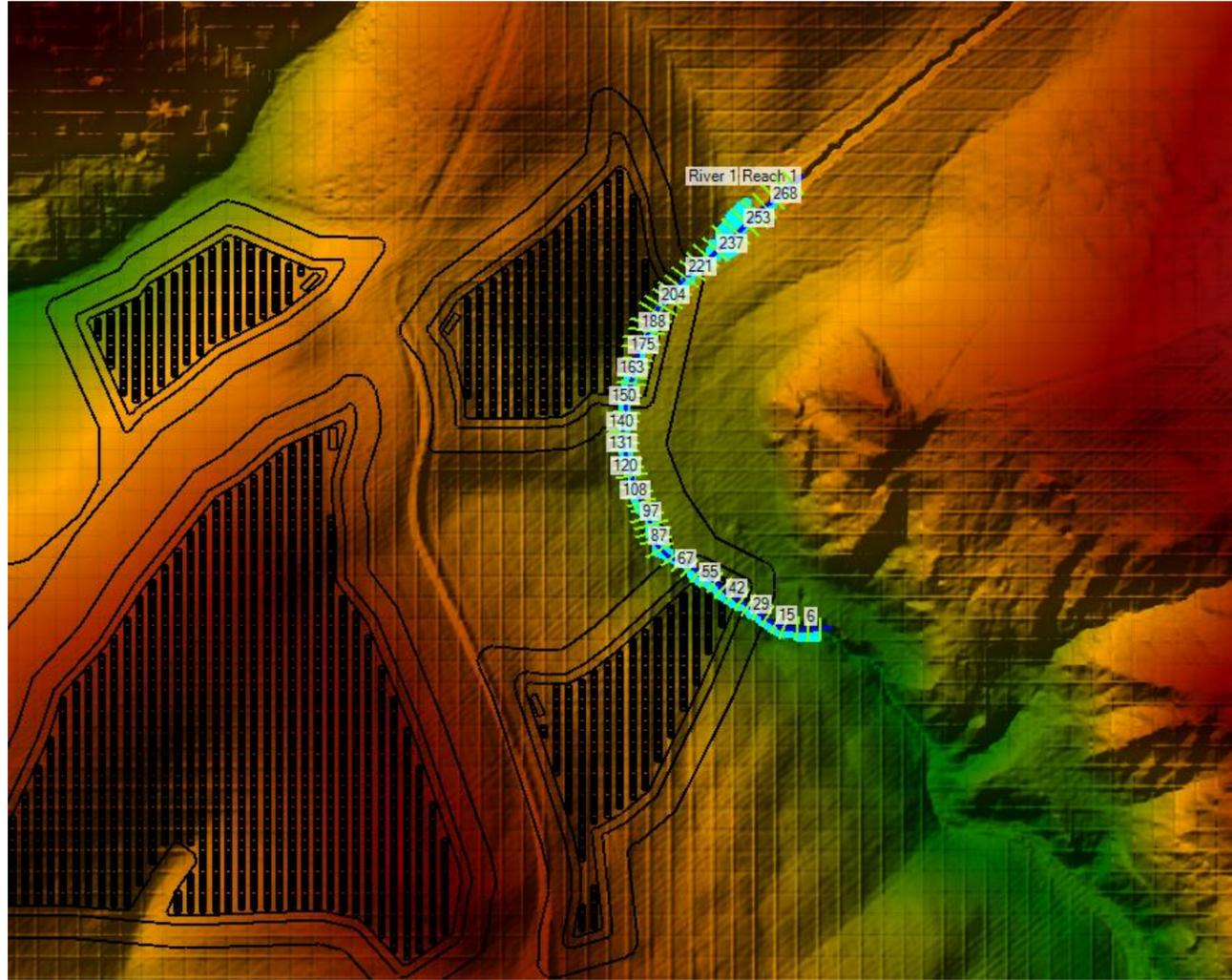


Figura 19. Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain (Terranova)

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 40 di 41</p>
--	---	--

Per quanto riguarda la scabrezza si è fatto riferimento ad un coefficiente di Manning pari a 0.033 $m^{-1/3}$ s e per le condizioni al contorno, viste le pendenze medie dei tronchi in oggetto, si è imposta l'altezza di stato critico in una sezione sufficientemente a valle ed a monte per evitare che tale scelta condizioni il profilo di corrente nell'area di interesse.

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
ALVEI DI PIANURA			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con molenti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, molenti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150
ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)			
sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi	0.030	0.040	0.050
sul fondo: ciotoli e grandi massi	0.040	0.050	0.070
GOLENE E PIANE INONDABILI			
prato senza cespugli, erba bassa	0.025	0.030	0.035
prato senza cespugli, erba alta	0.030	0.035	0.050
campi incolti	0.020	0.030	0.040
coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
colture di cereali in pieno sviluppo	0.030	0.040	0.050
aree con cespugli sparsi e erba alta	0.035	0.050	0.070
aree con cespugli bassi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
aree con cespugli bassi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
cespugli fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
cespugli fitti, in estate	0.070	0.100	0.160

Tabella 6: coefficienti di scabrezza di Manning da CHOW V. T. 1959, Open Channel Hydraulics

7.2 Analisi dei risultati

Dai risultati ottenuti dalla verifica idraulica è emerso che i deflussi idrici di ruscellamento interessano aree limitate del campo fotovoltaico.

Nelle zone occupate dai pannelli ed interessate da fenomeni di deflusso i tiranti non superano il valore massimo di 0.70 metri.

Tutte le sezioni ed i relativi dati, grafici e tabellari, sono riportati dettagliatamente nell'Appendice B.

 <p>Clean Energy Basilicata</p>	<p>INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO- GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>DATA: MARZO 2024 Pag. 41 di 41</p>
--	---	--

8 CONCLUSIONI

Nello studio su esposto e negli elaborati allegati, Appendice A e Appendice B, si è proceduto alla verifica di dettaglio dello stato di fatto valutando per ogni asta fluviale le aree di pericolosità definite come elevata e media.

In particolare per quanto riguarda gli attraversamenti, in sintesi, si precisa che gli stessi risultano verificati purchè la sezione idrica venga preservata dall'occlusione da materiali litoidi e vegetali.

Per quanto riguarda il cavidotto e l'area parco, opere previste in progetto ed interferenti con il reticolo idrico, si conclude, alla luce dei risultati delle simulazioni idrauliche, restituite graficamente nell'Appendice B, che

- Il cavidotto, staffato a struttura esistente al di sopra dell'intradosso, presenta una interferenza con aree a potenziale rischio alluvione, la cui sezione idraulica utile non subisce modifiche e non si ha nel post-operam un incremento delle condizioni di rischio e pericolosità rispetto a quanto presente nella configurazione ante-operam;
- In area campo è stata condotta l'analisi morfologica e idrologica superficiale con software GRASS 7.8.5 (Geographic Resources Analysis Support System) per determinare le linee di impluvio e i limiti dei bacini idrografici.
- L'analisi idrologica e idraulica all'interno dell'area parco, nelle zone interessate dal posizionamento dei pannelli, ha evidenziato che per gli eventi oggetto di verifica vi sono delle zone interessate da deflussi superficiali. I livelli idrici massimi raggiunti sono minimi e dell'ordine dei 0.70 m e per questo non rappresentano un rischio per l'opera in progetto. Infatti, le strutture dei pannelli sono rialzate da suolo ad una quota di 1,00 m e sono posizionate su strutture esili che non costituiscono ostacolo al deflusso idrico.