



REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI POTENZA
 COMUNE DI OPPIDO LUCANO



PROGETTO DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRIVOLTAICO PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI OPPIDO LUCANO (PZ) NELLE CONTRADE DI "PIANI GORGO" E DI "PEZZA CHIARELLA" E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE CON POTENZA PARI A 16.883,10 kWp (15.600,00 kW IN IMMISSIONE) INTEGRATO CON TECNOLOGIA STORAGE.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA



livello prog.	GOAL	tipo doc.	N° elaborato	N° foglio	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
PD						OP1314_A3	04.08.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO



PROPONENTE:

OMEGA CENTAURO S.R.L.
 Via Mercato 3, 20121 Milano (MI)
 CF:11467100969

ENTE:

PROGETTAZIONE:



Ing. D. Siracusa
 Ing. A. Costantino
 Ing. C. Chiaruzzi
 Arch. A. Calandrino
 Arch. M. Gullo
 Arch. S. Martorana
 Arch. F. G. Mazzola
 Arch. P. Provenzano
 Arch. Y.Kokalah
 Arch. G. Vella
 Ing. G. Buffa
 Ing. G. Schillaci



IL PROGETTISTA

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 <i>Pag. 1 di 42</i>
---	---	---

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.....	5
2.1	Sintesi delle attività.....	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
4	ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO.....	8
4.1	INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....	11
4.1.1	Interferenze 1 e 2.....	12
4.2	INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON AREE A POTENZIALE RISCHIO ALLUVIONE (APFSR).....	13
4.3	Valutazione dell’interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi.	14
4.4	Compatibilità delle opere da eseguirsi con le aree di salvaguardia delle sorgenti	15
5	ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	17
5.1	Digital Terrain Model.....	17
5.2	Slope Model.....	17
5.3	Flow Accumulation.....	18
5.4	Perimetrazione dei bacini idrografici.....	19
6	ANALISI IDROLOGICA.....	20
6.1	Curve di Possibilità Pluviometrica.....	20

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 <i>Pag. 2 di 42</i>
---	---	---

6.2	Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS	25
6.3	Valori di portata al colmo di piena.....	29
7	ANALISI IDRAULICA.....	31
7.1	Simulazione idraulica stato di fatto e di progetto.....	31
7.2	Analisi dei risultati	34
8	Caratteristiche fluvio-morfologiche.....	34
8.1	Descrizione morfologica dei corpi idrici presenti nell'area oggetto di studio	34
8.1.1	Torrenti montani confinati con sequenze step-pool.....	36
9	CONCLUSIONI.	37
10	Documentazione fotografica.....	39

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 3 di 42
---	---	---

Indice Delle Figure

Figura 1: Griglia di geolocalizzazione.....	6
Figura 2: Sottostazione utente impianto fotovoltaico “Piani Gorgo-Pezza Chiarella”.....	9
Figura 3: Schema tipologico dell’impianto agrivoltaico	10
Figura 4: Sovrapposizione del layout di impianto con il PPTR della Regione Basilicata.....	11
Figura 5: Interferenza 1 e 2 del cavidotto di progetto con asta fluviale	12
Figura 6: Interferenza dell’impianto di progetto con le aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).....	14
Figura 7: area di impianto, sorgenti ed area di buffer (1000 metri) di cui al punto 1 del Titolo II delle Direttive tecniche e procedurali di cui alla DGR 663/2014 Regione Basilicata.....	16
Figura 8: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Basilicata	21
Figura 9: Curva di possibilità pluviometrica	24
Figura 10: Idrogramma di Mockus	29
Figura 11: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – attr. 1 e 232	
Figura 12: Relazione tra l’andamento altimetrico, planimetrico e la sezione trasversale di un corso d’acqua (da Applied River Morphology - 1994).....	35

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 4 di 42
---	---	---

1 PREMESSA

La società proponente dell'intervento di progetto intende realizzare, nel Comune di Oppido Lucano (PZ), un impianto agrivoltaico. L'area per l'installazione dell'impianto si trova nel territorio comunale di Oppido Lucano (PZ) in località “Piani Gorgo” su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 22, p.lle 199, 447, 448, 574, 456, 457, 467, 468, 469, 470, 471, 723 e in località “Pezza Chiarella” su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 25, p.lle 102, 263, 174, 177, 45, 49, 452, 453, 145, 146; mentre le opere di connessione si trovano al Foglio 25, p.lle 602 e 603 del medesimo territorio comunale. L'impianto sarà collegato alla rete tramite cavidotto interrato disposto su pertinenza stradale pubblica e su SS96bis.

Il presente studio è stato predisposto secondo quanto previsto dall'Ufficio Regionale – Ciclo delle Acque per consentire all'Ente di esprimere il parere circa le interferenze delle opere di progetto con le aree appartenenti al Demanio Pubblico dello Stato – Ramo Idrico.

È stato predisposto, pertanto, lo “Studio di compatibilità idrologico ed idraulico” di cui la presente Relazione, elaborato A.3, e gli allegati A.3.1 e A.3.2 ne costituiscono parte integrante.

Il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica analizza compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle delle aree di interferenza con il reticolo idrico e dimostra l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto.

Tale studio, quindi, è finalizzato a illustrare e dimostrare la compatibilità idrologica ed idraulica delle opere previste dal progetto con l'assetto delle aree sottoposte a vincolo demaniale.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per **l'analisi idrologica dell'area, l'esame dello stato di fatto, per il dimensionamento e la verifica idraulica** degli interventi con particolare attenzione alle sezioni idrauliche di attraversamento con i corpi idrici superficiali.

Lo studio parte dalle informazioni e dagli studi propedeutici che costituiscono la base per l'attuale progettazione dell'impianto in esame, implementa le informazioni e propone, a base dei dimensionamenti idraulici, i risultati degli approfondimenti idromorfologici e idrologici descritti in seguito.

	<p>PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO</p> <p>“PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA”</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 5 di 42</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 3.6 e GRASS 7.2.0;
- 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.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'insediamento produttivo in oggetto si colloca sulla CTR alla scala **1:10.000**, nelle Sezioni N° 471010 e 471020. I siti fotovoltaici in località Piani Gorgo hanno estensione di circa 19,3 ha (rispettivamente 7,2 ha e 12,1 ha) mentre i siti in località “Pezza Chiarella” hanno estensione di circa 13,9 ha (rispettivamente 4,5 ha e 9,4 ha). L'incidenza dell'area occupata dagli inseguitori (area captante) determinata sulla superficie catastale complessiva assoggettata all'impianto è pari a circa il 30 %.

L'area oggetto di studio è un terreno di tipo rurale, confinante con terreni agricoli caratterizzati prevalentemente dalla medesima coltura.

Nel complesso, l'assetto morfologico dell'area circostante si presenta abbastanza uniforme in quanto si riscontrano aree caratterizzate da leggeri profili collinari e aree prettamente pianeggiate in prossimità del fiume Bradano.

La potenza di picco dell'impianto fotovoltaico è pari a *15.600,00 KW*.

Il collegamento alla stazione elettrica di utenza posta nei pressi della SSE Oppido è previsto mediante due cavidotti interrati, di lunghezze pari a circa 5 km e 2,5 km uscenti dalle cabine di raccolta dei

rispettivi siti di impianto per poi collegarsi alla Sottostazione di Utenza posta in prossimità della SE Oppido. Il percorso dei cavidotti interrati avrà sede su tracciato di pertinenza stradale pubblica. L'impianto in oggetto, allo stato attuale, prevede l'impiego di moduli fotovoltaici con un sistema ad inseguimento solare ed inverter multistringa. Il dimensionamento ha tenuto conto della superficie utile, della distanza tra le file di moduli, allo scopo di evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco e tale da consentire la coltivazione di spezie/cereali, e degli spazi utili per l'installazione delle cabine di conversione e trasformazione oltre che di consegna e ricezione e dei relativi edifici tecnici.

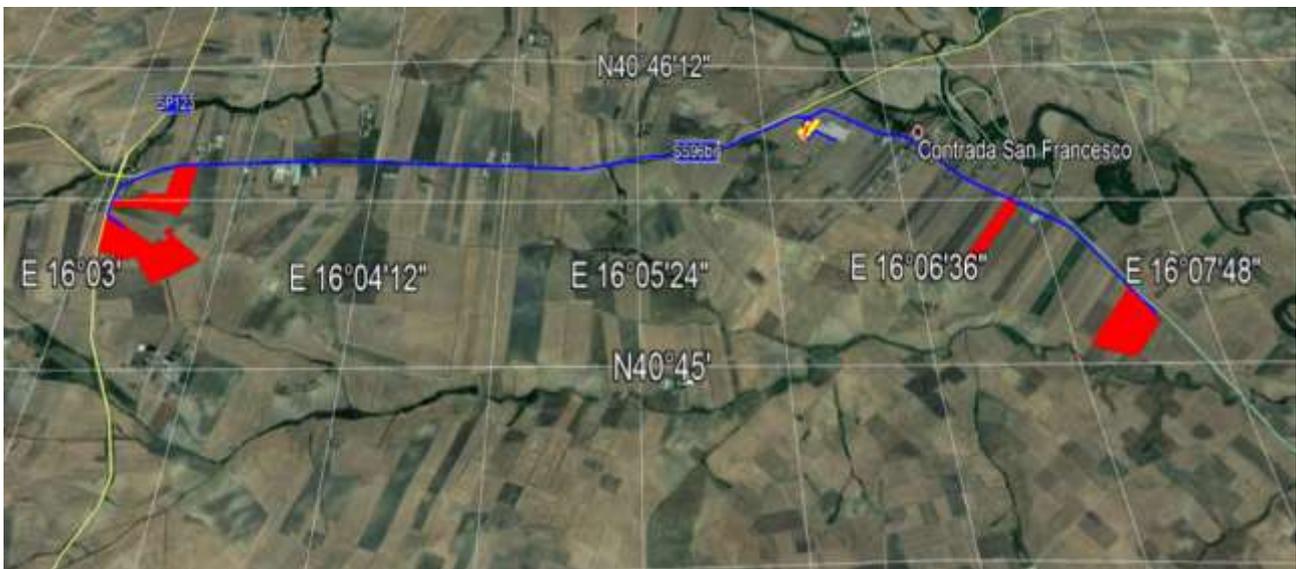


Figura 1: Griglia di geolocalizzazione

La cartografia, ufficiale e metadatata, disponibile sul territorio è la seguente:

- Fogli IGM 1:50.000:
 - Foglio 471 – Irsina
- Fogli IGM 1:25.000:
 - 471 I
 - 471 IV
- Fogli IGM 1:10.000:
 - 471010
 - 471020

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 7 di 42
---	---	--------------------------------------

- Digital Terrain Model Tavolette 1:5.000
 - DTM_470_100228
 - DTM_471_100257
 - DTM_471_100285
 - DTM_471_100310
- Cartografia Tecnica Regionale Tavolette 1:5.000
 - 470042
 - 471012
 - 471013
 - 471022
 - 471023
- Carta Uso del Suolo della Regione Basilicata
 - Foglio 471 – Irsina

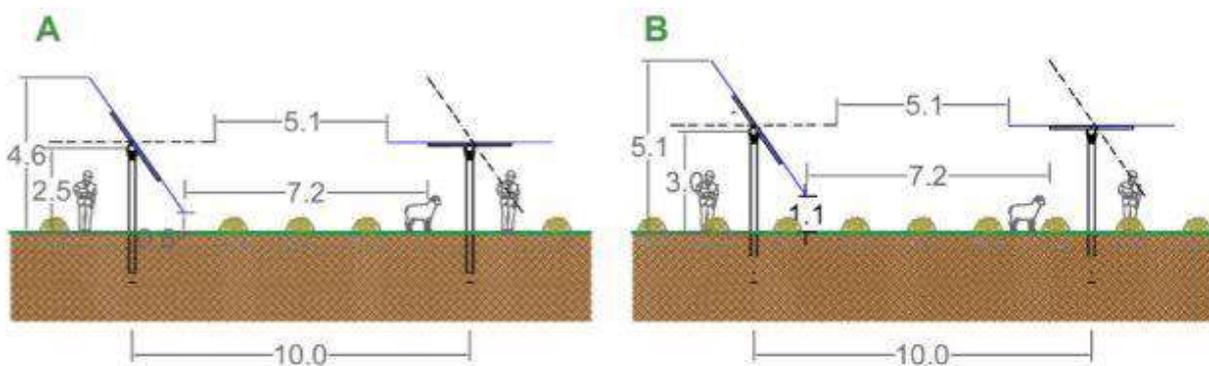
4 ANALISI STATO DI FATTO E PROGETTO

Le strutture di sostegno dei moduli sono costituite da tubolari metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati, che vengono posizionati ad un'altezza di circa 2,4 m in fase di riposo mentre in fase di esercizio, considerando un'inclinazione massima di circa 60°, raggiungono un'altezza di circa 5m; essi verranno posti orizzontalmente assecondando la giacitura del terreno. Tale struttura a reticolo viene appoggiata a pilastri di forma rettangolare di medesima sezione ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo a circa 1,50 m.

Dal punto di vista tecnico, l'intero lotto di impianti è composto da moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino.

Sono previsti locali di conversione e trasformazione opportunamente dimensionati per accogliere gli inverter ed i trasformatori dell'impianto stesso. Questi locali saranno di tipo container/cabine prefabbricate posizionate su basamenti in cemento armato prefabbricati.

Le stringhe fotovoltaiche saranno collegate in parallelo tra loro attraverso appositi quadri di parallelo stringhe, alloggiati direttamente sulle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici. Da ciascun quadro di parallelo, partirà una linea in corrente continua la quale arriverà fino al locale inverter dove verrà eseguito il collegamento con il corrispondente inverter.



L'impianto avrà potenza in immissione di 15.600 kW e, tramite elettrodotto lungo area di pertinenza stradale fino all' area condivisa di Stazione di Utenza e da questa, tramite elettrodotto interrato AT, sarà collegato alla SE Oppido.



Figura 2: Sottostazione utente impianto fotovoltaico “Piani Gorgo-Pezza Chiarella”

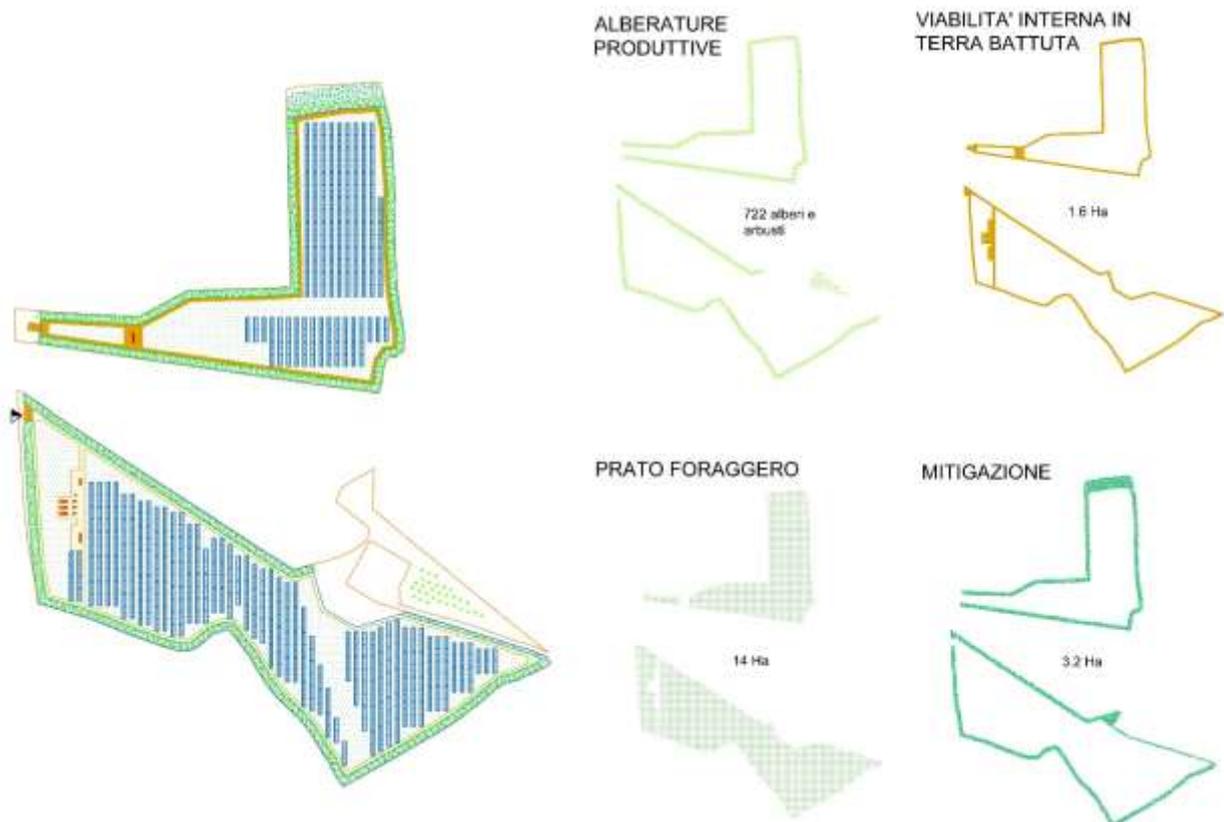


Figura 3: Schema tipologico dell'impianto agrivoltaico

L'intera zona d'impianto si sviluppa su un'area interessata da alcune incisioni naturali caratterizzate da alvei fluviali, aree golenali e relative fasce di pertinenza fluviale vincolate ai sensi del D.Lgs 42/2004 art. 142 lettera c.



Figura 4: Sovrapposizione del layout di impianto con il PPTR della Regione Basilicata

4.1 INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

Il cavidotto esterno è l'elemento di progetto che interferisce con il buffer previsto dall' art.142 lettera c della legge 142/2007 ma non con il reticolo idrografico.

Mentre, si rilevano 2 interferenze, con il reticolo idrico esistente ma non appartenenti al Demanio Statale – Ramo Idrico, risolte mediante passaggio con TOC.

4.1.1 Interferenze 1 e 2



Figura 5: Interferenza 1 e 2 del cavidotto di progetto con asta fluviale

Attr. 1: Il cavidotto interferisce con l'asta fluviale su particella classificata come "strada".

- Area: NON vincolata
- Asta fluviale: affluente in destra del Fiume Bradano;

Attr. 2: Il cavidotto interferisce con l'asta fluviale su particella classificata come "strada".

- Area: NON vincolata
- Asta fluviale: affluente in destra del Fiume Bradano;

I corsi d'acqua interessati non hanno una propria nomenclatura e, pertanto, verranno indicati di seguito con il nome "River" accompagnato dal numero "n" dell'attraversamento di riferimento per un totale di 2 aste.

Tali interferenze sottendono altrettanti bacini idrici denominati come bacino "n" che hanno come sezione di chiusura la sezione dell'interferenza per un totale di 2 bacini.

	<p>PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 13 di 42</p>
---	--	--

Inoltre, le interferenze, definite tutte quali “attraversamenti esistenti”, sono state oggetto di verifica al fine di individuare le aree interessate dai deflussi di piena relativi a periodi di ritorno di 30 e 200 anni.

4.2 INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON AREE A POTENZIALE RISCHIO ALLUVIONE (APFSR)

Le opere in progetto, sebbene presentino, in alcuni punti, delle interferenze con aree a potenziale rischio alluvione, di cui alla “Valutazione preliminare del rischio di alluvioni e individuazione delle zone per le quali esiste un rischio potenziale significativo di alluvioni II° Ciclo 2016-2021, non incidono sul livello di rischio alterandolo.

In particolare, per le opere in progetto si ha:

- Il cavidotto dell’impianto sarà interrato non interferendo, dunque, sullo stato attuale delle aste e non modificandone la morfografia;
- La sottostazione risulta essere completamente esterna alle suddette aree;
- Una porzione perimetrale del parco ricade, in piccola parte, nelle aree a potenziale rischio alluvione, tuttavia, l’area in progetto è libera da opere quali cabine di campo e pertanto non interferisce, né influenza il livello di rischio.

Tuttavia, si terrà debitamente in conto, secondo le comuni regole di prudenza, cautela e prevenzione, la possibilità che le aree in questione possano essere interessate da fenomeni di alluvionamento e si potranno in essere, nelle successive fasi progettuali e realizzative, azioni finalizzate all’attuazione del principio di precauzione di cui all’art. 301, commi 1 e 2 del D.lgs. n. 152/2006.

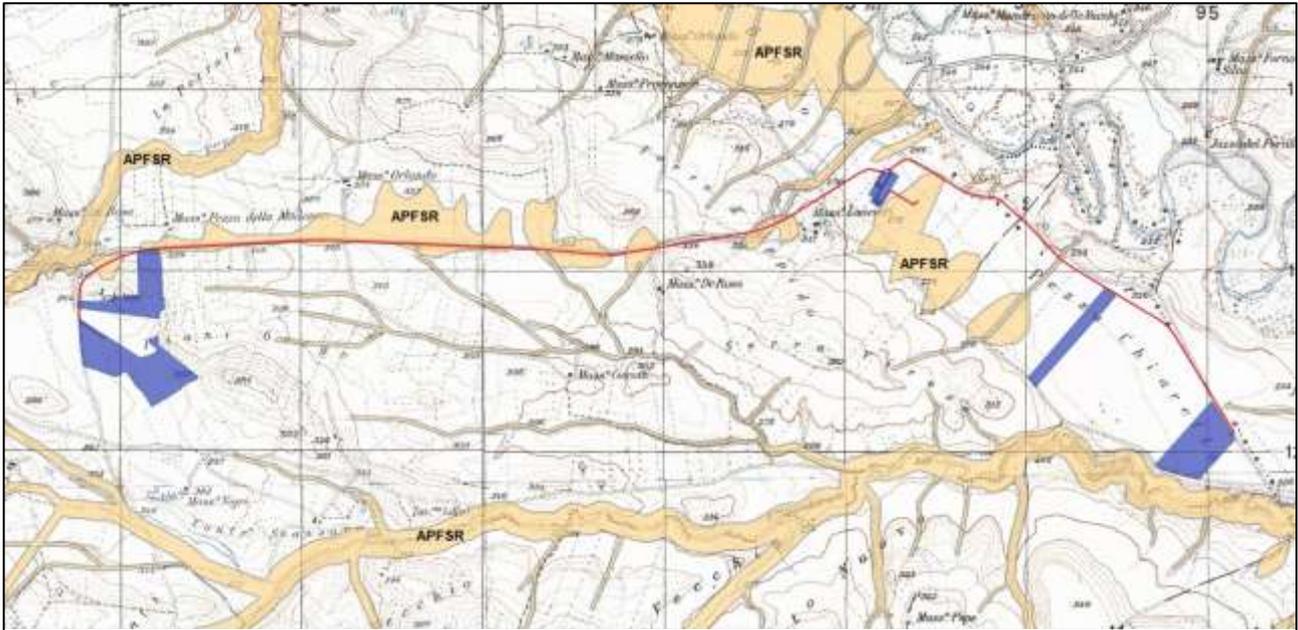


Figura 6: Interferenza dell’impianto di progetto con le aree a potenziale rischio alluvione (APFSR)

4.3 Valutazione dell’interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi.

Per quanto attiene all’interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi occorre specificare che si tratta di opere di fondazione superficiali e puntuali, con ridotta area di impronta che si attestano, mediante infissione, nell’ordine di 2 m di profondità.

Pertanto non si interferisce in alcun modo con le correnti idriche di deflusso sotterraneo non rappresentando per esse alcun disturbo.

Inoltre, tenendo in considerazione la formazione geologica dei terreni ed i valori di permeabilità riscontrati si deduce che le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti sono molto differenziate e questo dipende dalle caratteristiche proprie dei litotipi presenti, come la composizione granulometrica, il grado di addensamento o consistenza dei terreni, nonché dal grado di fratturazione dei livelli lapidei o pseudo- lapidei e, più in generale, dalla loro porosità. Sulla base di tali parametri, i terreni affioranti sono stati raggruppati in complessi idrogeologici, in relazione alle proprietà idrogeologiche che caratterizzano ciascun litotipo.

I complessi idrogeologici scaturiti dalle formazioni presenti possono essere così raggruppati e caratterizzati:

- **Complesso alluvionale (Terreni altamente permeabili):** All'interno di tale classe di permeabilità vengono considerati i terreni riferibili ai depositi alluvionali terrazzati antichi nei quali prevalgono litotipi sabbioso-conglomeratici e assetto strutturale stratificato, con alternanza di termini conglomeratici alternata a livelli sabbiosi e limosi;
- **Complesso argilloso limoso-sabbioso (Terreni poco permeabili):** A tale classe di permeabilità sono riferibili esclusivamente i depositi ascrivibili alle argille grigio azzurre limose, questi terreni sono contraddistinti da una bassa permeabilità. Nell'area si possono sviluppare all'interno del complesso alluvionale e al contatto tra i due complessi dei filetti idrici discontinui sia in profondità che arealmente legati al contrasto di permeabilità.

4.4 Compatibilità delle opere da eseguirsi con le aree di salvaguardia delle sorgenti

È stata verificata anche la compatibilità delle opere da eseguirsi con le aree a salvaguardia delle sorgenti comprese nella zona dell'intervento delimitate così come dettagliato dalle Direttive Tecniche e procedurali adottate con DGR 663/2014 dalla Regione Basilicata.

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



Figura 7: area di impianto, sorgenti ed area di buffer (1000 metri) di cui al punto 1 del Titolo II delle Direttive tecniche e procedurali di cui alla DGR 663/2014 Regione Basilicata

Si evince che l'area di impianto non solo è esterna alle zone ZTA e ZR di tutela assoluta e di rispetto imposte dalla norma al punto 5 delle suddette Direttive e poste pari, rispettivamente, ad un'area delimitata da circonferenze di diametro pari a 10 m e 200m ma è anche esterna al buffer di 1000 m che stabilisce l'estensione dell'area di studio come da punto 1 delle Direttive.

Pertanto vi è compatibilità tra le opere da eseguire e le aree di salvaguardia delle sorgenti.

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 17 di 42
---	---	--

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 3.10.2 e Grass 7.4.4 sono state condotte le analisi morfologiche e morfometriche dei bacini individuati in base alle sezioni di chiusura fissate dagli attraversamenti esistenti e di progetto.

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.

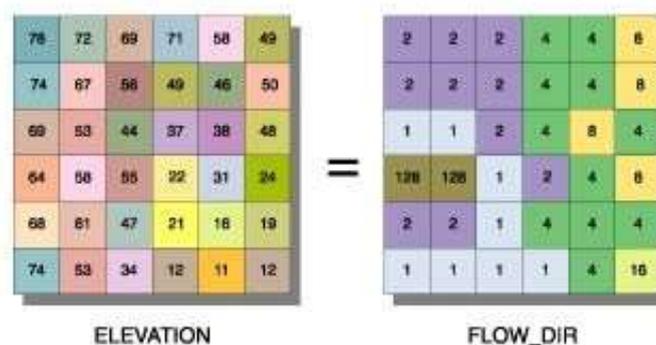
Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

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

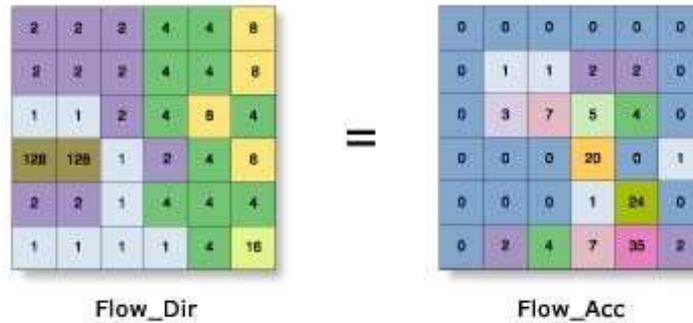
1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

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:



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 rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare i bacini idrografici sottesi alle sezioni di chiusura relativi alle interferenze.

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 20 di 42
---	---	--

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).

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 Basilicata”.

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

$$K_T = \frac{P_{d,T}}{X_T}$$

Con il terzo livello di 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 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 $m[h(d)]$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$m[h(d)] = a d^n$$

essendo “a” ed “n” i parametri caratteristici della curva di probabilità pluviometrica.

In definitiva il territorio di competenza della regione Basilicata è stato suddiviso in 2 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

$$(SZO A) K_T = -0.7628 + 0.6852 \ln T$$

$$(SZO B) K_T = -0.4032 + 0.5455 \ln T$$

dove t = durata della precipitazione e z = altezza media del bacino considerato.

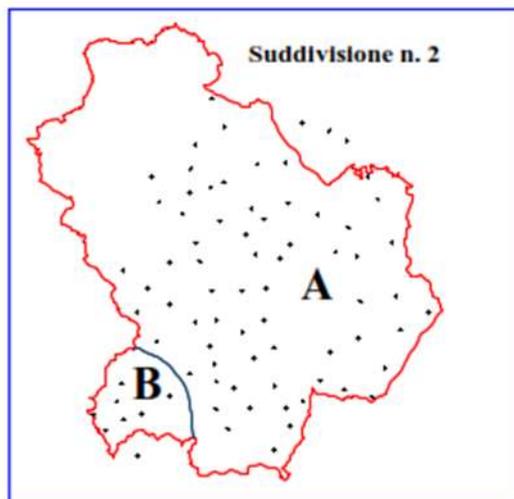


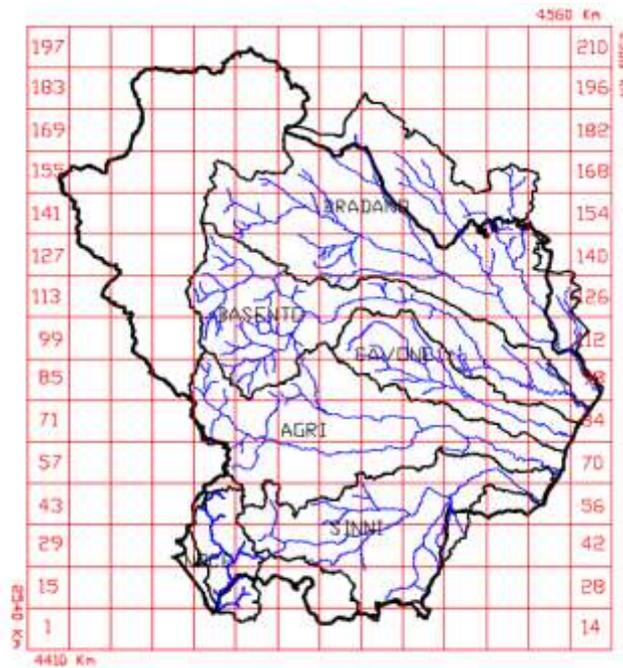
Figura 8: Aree pluviometriche omogenee VAPI Regione Basilicata

Noto il valore di $m[h(d)]$ è possibile ricavare il valore della pioggia massima per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita K_T .

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \text{Ln } \Lambda_*}{\eta} + \frac{\text{Ln } \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \text{Ln } T$$

Inoltre, a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Basilicata, in riferimento ai parametri statistici, relativi alla legge del fattore di crescita, si fa riferimento alla seguente schematizzazione



Cella di riferimento	Log(a)	n
133	1.405	0.281

Tabella 1: parametri a e b per area pluviometrica omogenea 6

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.

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 <i>Pag. 23 di 42</i>
---	---	--

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30 e 200 anni e per tutti i bacini sono riportati nella tabella sottostante.

TEMPO DI RITORNO	KT
30 anni	2,13
200 anni	3,28

Tabella 2: Valore del fattore id crescita KT delle piogge

Si riportano nel seguito la rappresentazione grafica della curva di possibilità pluviometrica e le sue equazioni in funzione del tempo di pioggia.

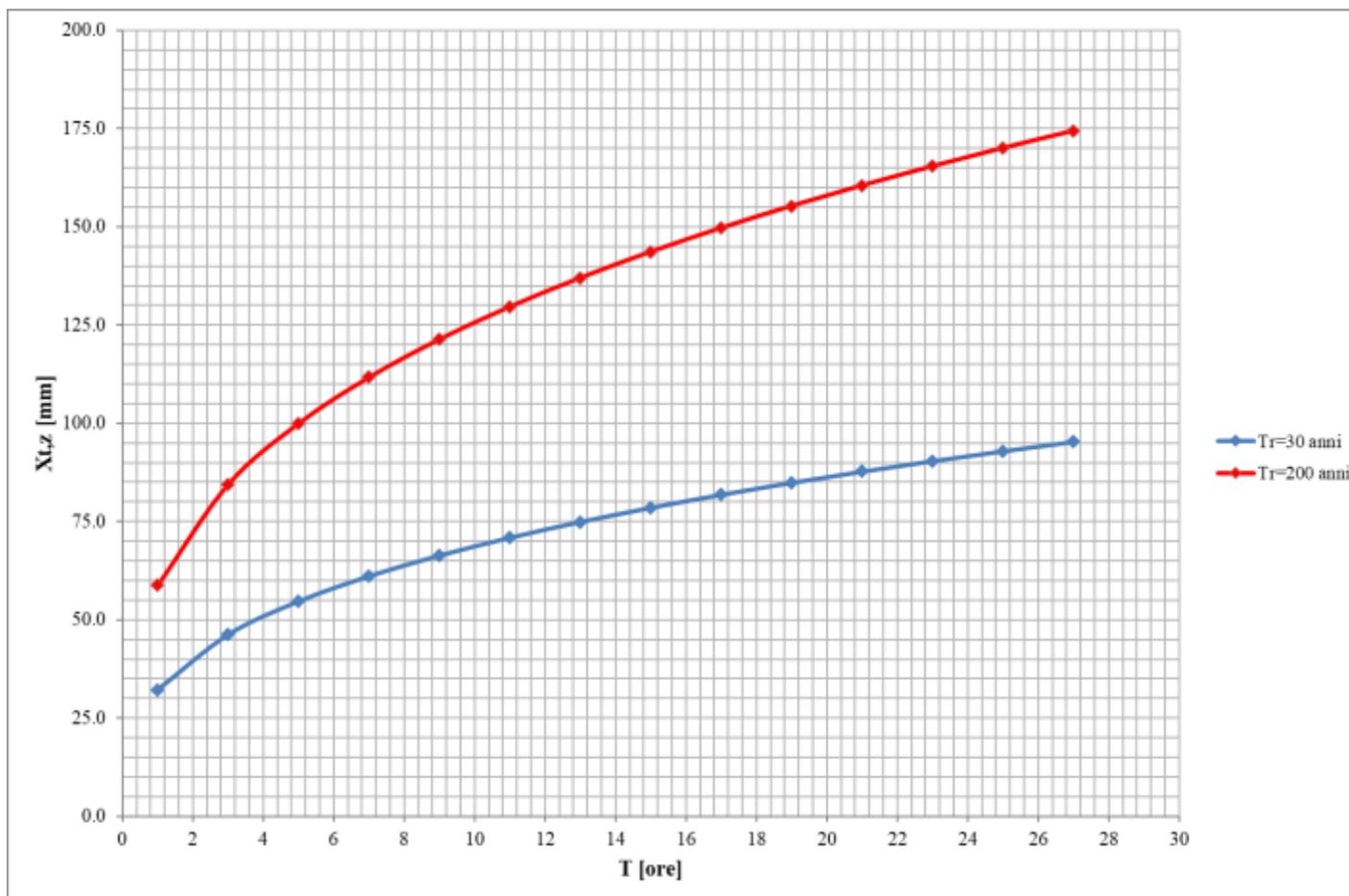


Figura 9: Curva di possibilità pluviometrica

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 25 di 42
---	---	--

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 seguente equazioni:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S} \qquad P_n = P - IA \qquad IA = k_{ia} \cdot S$$

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:

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

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.

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

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 26 di 42
---	---	--

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 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 3: Attribuzione della classe AMC

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 27 di 42
---	---	---------------------------------------

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 4: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-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 5: 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.

I risultati grafici e numerici sono riportati in Appendice A– Bacini Idrografici: Dati morfometrici ed idrogrammi di piena.

6.3 Valori di portata al colmo di piena

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.

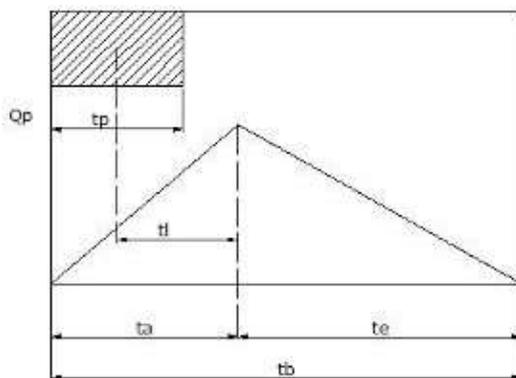


Figura 10: Idrogramma di Mockus

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:

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

In particolare, per la zona omogenea SZOA in cui ricadono i bacini da analizzare nel presente studio si ha

T[anni]	K_T
30	2.89
200	4.83

Bacino 1

- $Q_{30} = 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 2.42 \text{ m}^3/\text{s}$

Bacino 2

- $Q_{30} = 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 2.42 \text{ m}^3/\text{s}$

	PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO “PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA” STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	DATA: APRILE 2021 Pag. 31 di 42
---	---	---------------------------------------

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 stato di fatto e di progetto

L'analisi dello stato di fatto è stata realizzata con un modello monodimensionale.

Con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 5.0.3 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 nella relazione specialistica dedicata all'analisi idrologica.

Le sezioni trasversali, ove possibile, sono state estrapolate dal DTM di risoluzione pari a 5 m ottenuto dalla cartografia ufficiale, mentre le informazioni geometriche degli attraversamenti sono state ricavate mediante rilievo topografico condotto in situ.

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

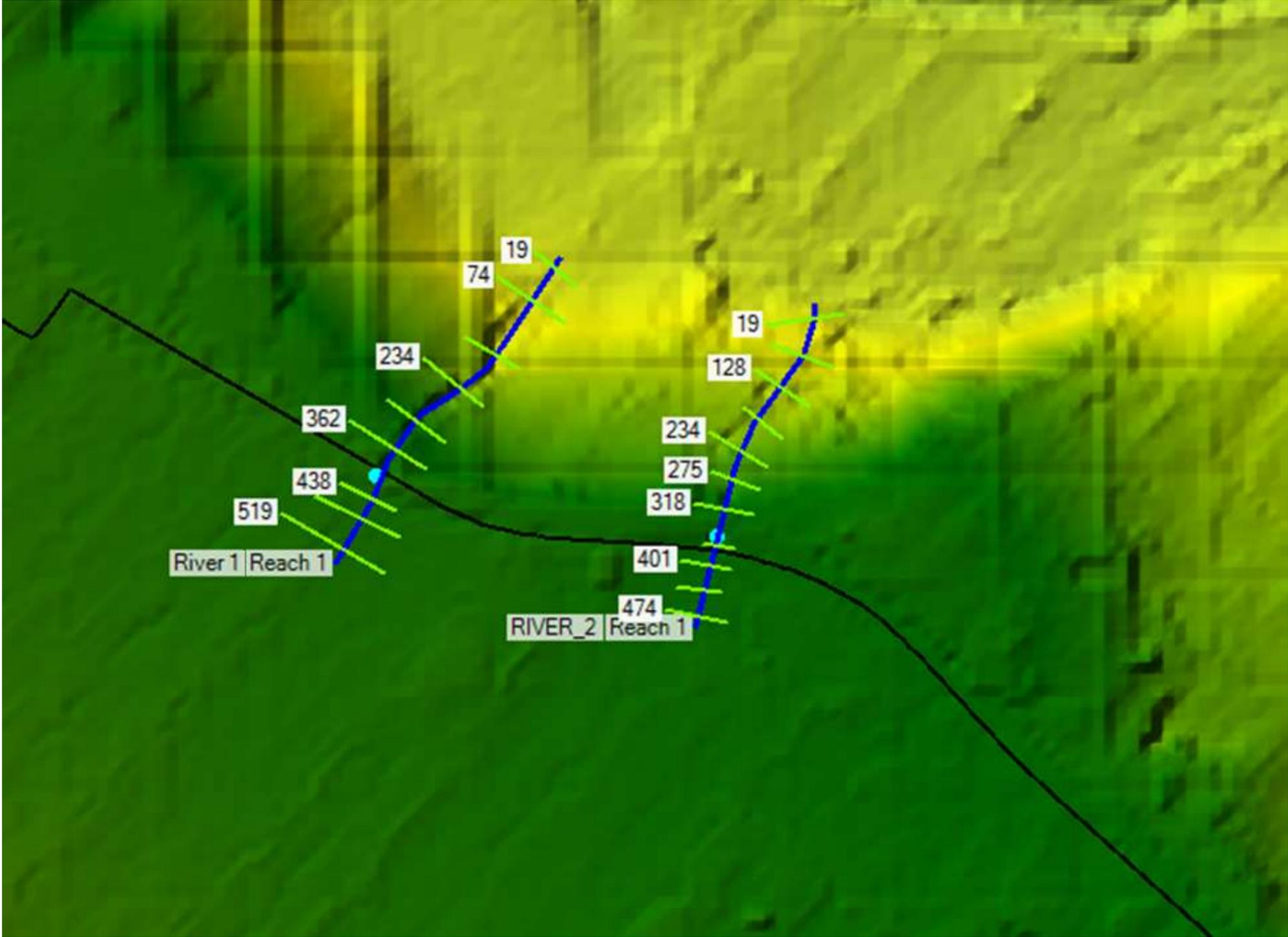


Figura 11: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain – attr. 1 e 2

Per quel che 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 molienti 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, molienti 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

I valori di scabrezza relativi agli attraversamenti tombinati sono stati valutati per ogni caso analizzato, in funzione del materiale con cui sono realizzati.

I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti nell'Appendice B e sono riassunti attraverso tabelle riepilogative (cross-section table e profile table) e grafici delle sezioni geometriche (plot cross-section) e del profilo longitudinale (plot profile).

I livelli idrici nelle sezioni trasversali sono riportati negli allegati tabellari alla relazione così come i profili e le sezioni.

	<p>PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO</p> <p>"PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA"</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 34 di 42</p>
---	--	--

7.2 Analisi dei risultati

Dai risultati ottenuti si evidenzia che per lo **stato di fatto**:

- ✓ la corrente risulta essenzialmente prossima allo stato critico per tutti i corsi d'acqua considerati e per tutte le portate di piena di riferimento;
- ✓ La corrente idrica interessa aree di pertinenza fluviale rimanendo confinata nell'incisione naturale esistente;
- ✓ Gli attraversamenti esistenti, se opportunamente mantenuti e lasciati liberi da materiali litoidi e vegetali, sono idonei al convogliamento delle portate.

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

8 Caratteristiche fluvio-morfologiche

La soluzione progettuale prevista in progetto per la risoluzione delle interferenze è la TOC.

Pertanto, di seguito si caratterizzeranno le incisioni naturali al fine di valutare la profondità di erosione stimata in corrispondenza della TOC per dimensionare la profondità di posa del cavidotto.

8.1 Descrizione morfologica dei corpi idrici presenti nell'area oggetto di studio

Per comprendere le peculiarità di un corso d'acqua è necessario far riferimento alla classificazione dei corsi d'acqua messa a punto da vari studiosi, in quanto la caratterizzazione morfologica dei corsi d'acqua consente di prevederne le evoluzioni in risposta alle sollecitazioni di origine naturale o antropica.

La classificazione classica, alla quale solitamente ci si riferisce, è quella del Rosgen (1996) che valuta tutte le informazioni riguardanti tipologia e stabilità della vegetazione, caratteristiche planimetriche dei tratti fluviali, granulometria del materiale di fondo, modalità di trasporto solido, caratteristiche delle sezioni trasversali ed andamento longitudinale. Secondo tale classificazione i sistemi fluviali possono essere descritti attraverso più livelli di organizzazione e di dettaglio identificando opportune variabili di riferimento per le successive e più fini scale di risoluzione.

In figura 12 è riportata una rappresentazione delle relazioni tra andamento plano-altimetrico del corso d'acqua e la forma e delle sezioni trasversali.

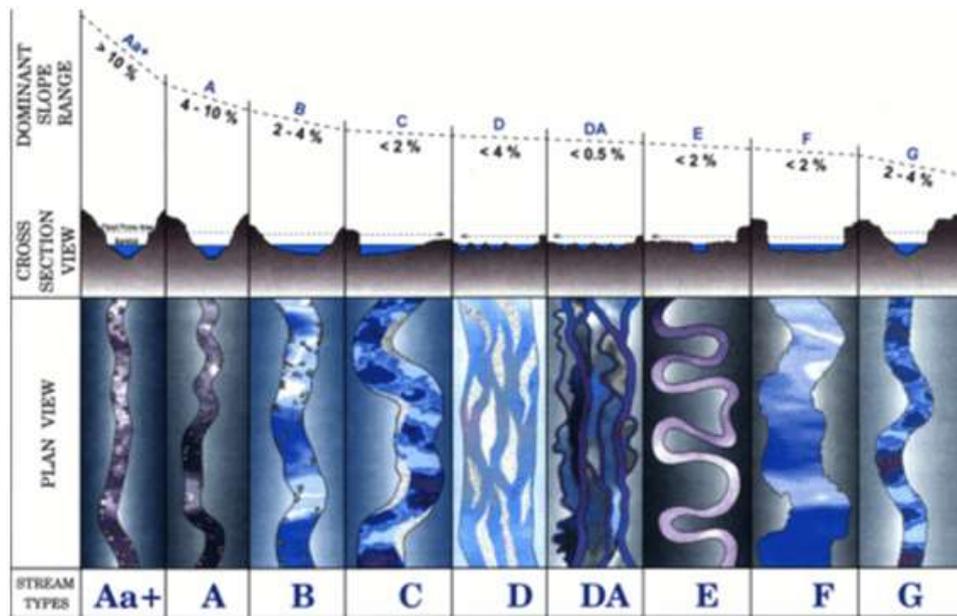


Figura 12: Relazione tra l'andamento altimetrico, planimetrico e la sezione trasversale di un corso d'acqua (da Applied River Morphology - 1994)

Tuttavia la teoria di Rosgen non fornisce indicazioni utili al fine di comprendere quali processi hanno condotto l'alveo allo stato attuale e quale sia quello a cui tende e non fornisce un criterio di analisi tale da consentire l'applicazione delle relazioni ricavate a condizioni generali.

Tra le teorie riportate in letteratura per classificare i corsi d'acqua vi è quella proposta da Carlo e Michele Viparelli (1972) che è di tipo energetico e che non prescinde dalla "storia" evolutiva di un dato tronco.

Secondo tale teoria energetica, le caratteristiche di un corso d'acqua sono il risultato di una serie di processi in cui intervengono, in concomitanza ma talvolta anche in concorrenza tra loro, parametri ambientali, dipendenti dalle caratteristiche geologiche, litologiche e climatiche del bacino considerato, e parametri idraulici connessi ai processi di moto che si sviluppano all'interno del corso d'acqua.

Fra questi parametri si distinguono la portata liquida, la portata solida e la granulometria di fondo alveo, per lo più dipendenti dai parametri ambientali; la pendenza di fondo alveo, la velocità e profondità della corrente e la larghezza d'alveo, dipendenti dai processi di moto in atto nell'alveo. I corsi d'acqua naturali assumono una diversa morfologia in funzione dei processi evolutivi, di erosione e di alluvionamento, che si sono avuti nel passato e attraverso tali processi tendono a

	<p>PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO</p> <p>“PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA”</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 36 di 42</p>
---	--	--

quella pendenza, detta di equilibrio, che permette il trasporto a valle di tutto il materiale proveniente da monte.

La teoria del Rosgen e quella energetica, nonostante partano da considerazioni differenti, hanno moltissimi punti di contatto tant'è che la classificazione energetica trova pieno riscontro in quella geomorfologica e viceversa.

8.1.1 Torrenti montani confinati con sequenze step-pool

I tratti in oggetto sono tutti del tipo “A”.

Tali formazioni fluviali sono corpi idrici che possono essere considerati in equilibrio dinamico in quanto i processi evolutivi si manifestano in archi temporali notevolmente lunghi.

Tra le principali caratteristiche che differenziano i torrenti montani dai fiumi di pianura si possono elencare le seguenti:

- pendenze del fondo elevate;
- elevata scabrezza e ciottoli grossolani più frequenti rispetto a fiumi di pianura;
- elevata turbolenza della corrente;
- regime delle portate con forte stagionalità e con elevata variabilità spaziale e temporale;
- **morfologia dei canali con alta variabilità spaziale a causa del controllo esterno della geologia, ma bassa variabilità temporale** perché solo eventi di bassa frequenza o colate detritiche sono in grado di modificarne profondamente la forma.

La morfologia di torrenti montani è controllata e condizionata dalla stretta interconnessione tra processi fluviali e processi di versante. In genere esiste una rilevante alimentazione diretta di sedimenti da parte dei versanti al corso d'acqua, attraverso fenomeni franosi o alimentazione da parte di torrenti minori.

La presenza di conoidi alluvionali e di corpi di frana che vanno ad occupare il fondovalle fino a sbarrare il corso d'acqua (frane di sbarramento) condiziona fortemente il trasporto solido e la morfologia di tali torrenti.

Tuttavia, in genere, la presenza di versanti a stretto ridosso del corso d'acqua e di frequenti affioramenti rocciosi sul fondo nel complesso ne limitano la mobilità sia planimetrica che altimetrica.

Le forme fluviali sono, di conseguenza, meno sviluppate rispetto ai fiumi di pianura.

	<p>PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO</p> <p>"PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA"</p> <p>STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> <p>RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 37 di 42</p>
---	--	--

Comunque è possibile distinguere alcune principali superfici geomorfologiche analogamente ai fiumi di pianura.

In particolare, l'alveo attivo comprende il canale di magra (porzione sommersa per gran parte dell'anno), le barre non vegetate e superfici di larghezza esigua, di transizione tra barre e pianura, definite come *channelshelf*.

Possono essere presenti canali secondari ai margini dell'alveo attivo o all'interno della pianura, alimentati periodicamente (solo durante piene di una certa entità) dal canale principale.

Il tronco d'alveo analizzato, pertanto, se non subisce alterazioni morfologiche in seguito ad azioni naturali come l'innesco di frane, rispetto allo stato di fatto analizzato, risulta in equilibrio dinamico, senza fenomeni di erosione o alluvionamento.

Dalla Relazione Geologica allegata al progetto si deduce che l'area è libera da fenomeni franosi e dal rischio di innesco degli stessi.

Tuttavia, per proteggere il cavidotto dai fenomeni localizzati, che si hanno in occasione delle piene, si prevede cautelativamente, di porre il cavo ad una profondità minima di 2.0 m.

9 CONCLUSIONI.

Nello studio su esposto e nell'elaborato allegato 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 purché la sezione idrica venga preservata dall'occlusione da materiali litoidi e vegetali.**

Pertanto, per quanto riguarda **il cavidotto di progetto, opera prevista in progetto ed interferente con il reticolo idrico, si conclude, alla luce dei risultati delle simulazioni idrauliche, restituite graficamente nelle allegate carte delle aree inondabili e numericamente nell'Appendice B, che**

- **Nel tratto di interferenza con gli attraversamenti 1 e 2 la soluzione progettuale prevede la risoluzione dell'interferenza a mezzo TOC ma, visto lo stato dei tombini**

	<p style="text-align: center;">PROGETTO AGRIVOLTAICO_ OPPIDO LUCANO "PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA" STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021 Pag. 38 di 42</p>
---	---	--

esistenti, è possibile posato il cavo anche staffato alle opere esistenti in maniera idonea dal lato verso valle in modo da non interferire con i deflussi idrici in alcun modo e da risultare protetto da eventuali corpi galleggianti trasportati durante la piena.

10 Documentazione fotografica





