



PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN
IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI 41,163
MWp DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI VILLACIDRO
(SU) CON LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE
ELETTRICHE DENOMINATO “FIGU NIEDDA”

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Rev. 0.0

Data: 30 Aprile 2022

PV003.REL013b

Committente:

Ecosardinia 5 S.r.l.
Via Manzoni 30, Milano (MI)
C. F. e P. IVA: 11117560968
PEC: ecosardinia5srl@legalmail.it

Incaricato:

Quequeg Renewables, ltd
Unit 3.21, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)
Company number: 111780524
email: mail@quenter.co.uk

Progettista:

ing. Alessandro Zanini



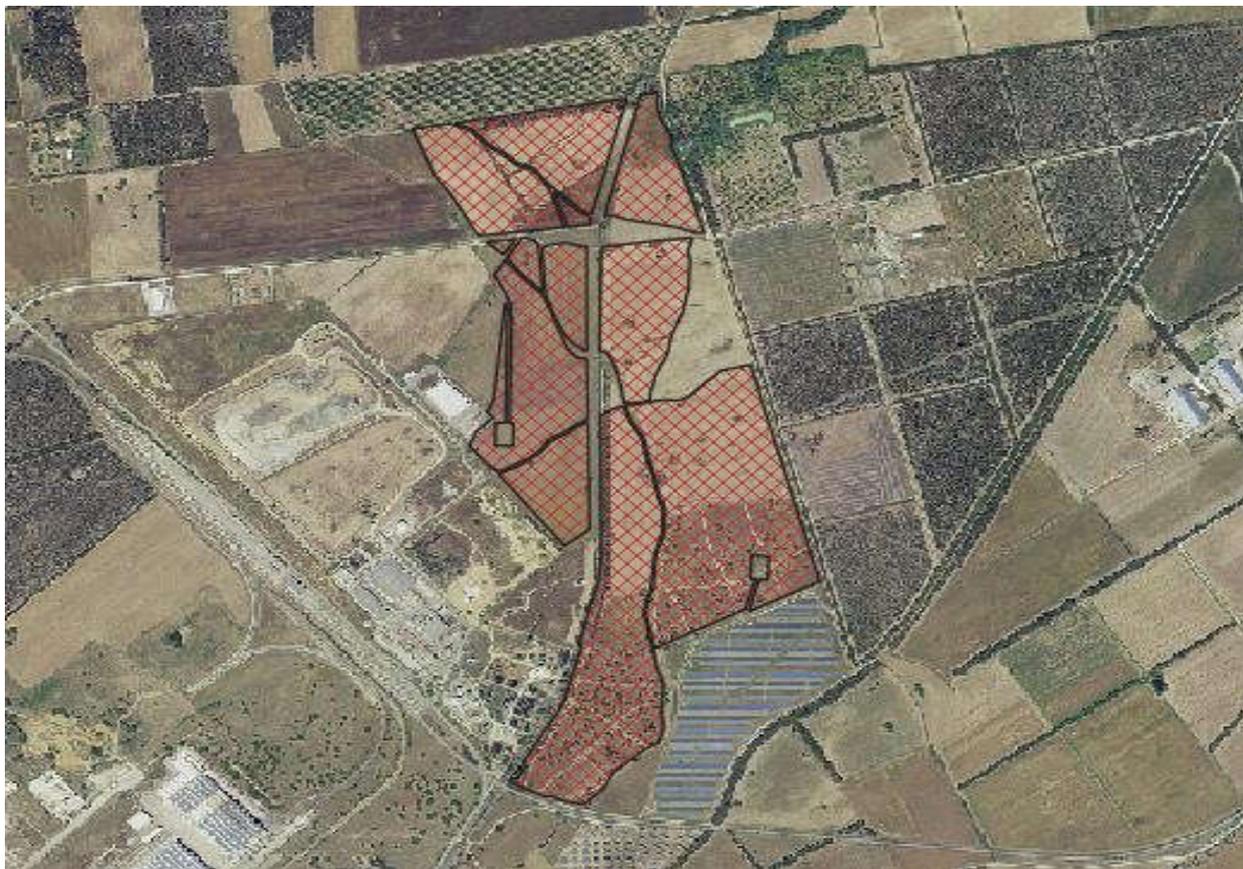
INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO-MORFOLOGICO.....	4
3.	DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER L'AREA DI INTERVENTO.	7
4.	VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER	11
5.	STATO ATTUALE – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN	11
6.	STATO DI PROGETTO – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN.....	12
7.	CONSIDERAZIONI DI TIPO IDRAULICO E SUL RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE	13
8.	RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGIA E CONCLUSIONI	14
9.	ALLEGATO "A"	16

1. PREMESSA

La presente relazione è stata commissionata da "Queequeg Renewables Ltd" allo scopo di verificare le condizioni idrologiche e idrauliche dell'area interessata dall'Intervento.

Il progetto prevede la realizzazione di una centrale fotovoltaica su inseguitori monoassiali per la produzione di energia elettrica avente una potenza di picco di 41.16 MWp nel comune di Villacidro in località "Figu Niedda".



Nello specifico, il presente studio idrologico, mira a verificare la compatibilità dei moduli fotovoltaici (montati su trackers monoassiali) con il deflusso superficiale di origine meteorica che caratterizza l'area durante eventi meteorici di particolare intensità.

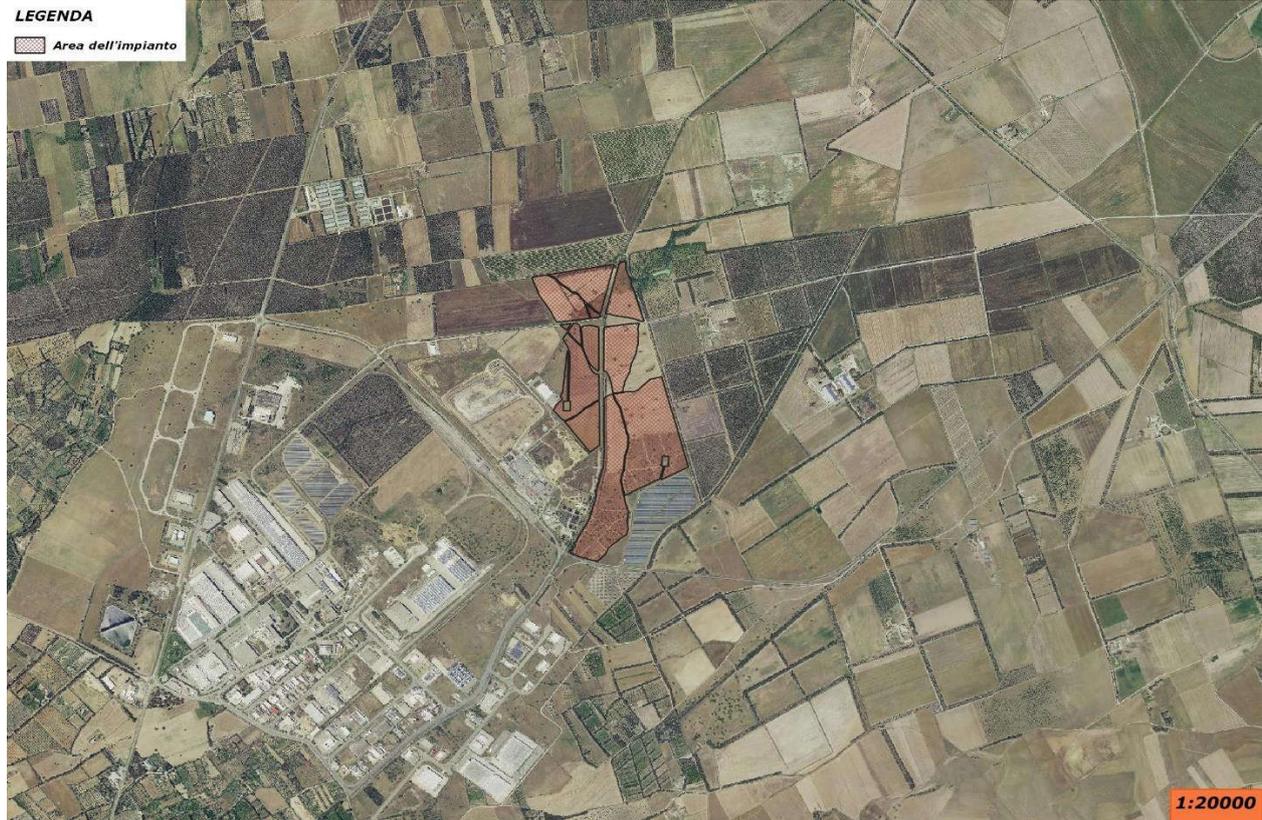
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO-MORFOLOGICO

L'area oggetto dell'intervento ricade nel comune di Villacidro (SU), ha un'estensione pari a circa 47 ha, in prossimità della Strada Provinciale 61; l'ambito in oggetto è quello del Consorzio Industriale Provinciale Medio Campidano di Villacidro. La via di accesso al lotto interessato avviene proprio da quest'ultima S.P. 61, tramite lo svincolo per il Consorzio industriale, imboccando poi le diverse strade comunali presenti in loco.

Il terreno è caratterizzato da una conformazione pianeggiante, con un'altitudine di 75 m sopra il livello del mare, misurata in base ai rilievi effettuati.

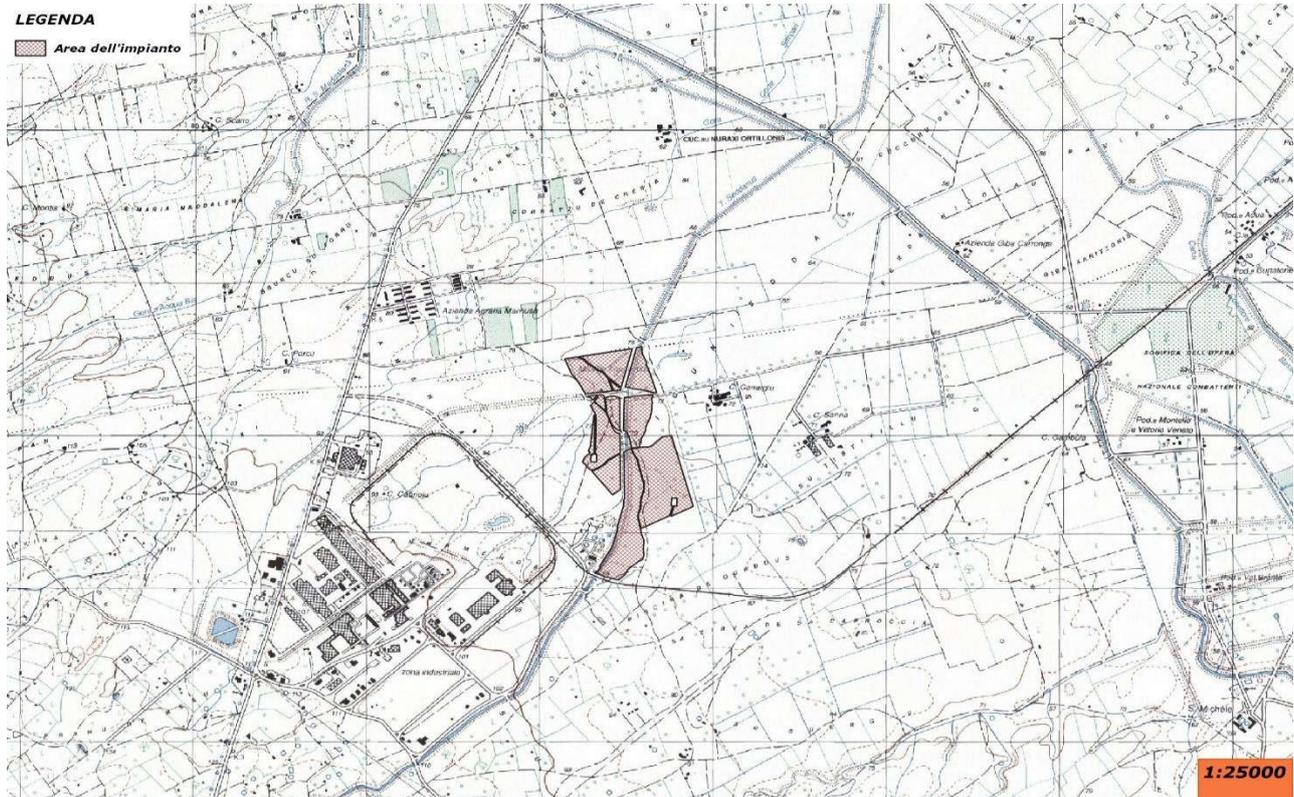
L'area ricade per lo più in zona "D" (Industriale) e in parte in zona indicata come "E2" ("Agricola: aree con estensione prevalente per la funzione agricolo produttiva") ai sensi del PUC del Comune di Villacidro.

ORTOFOTO

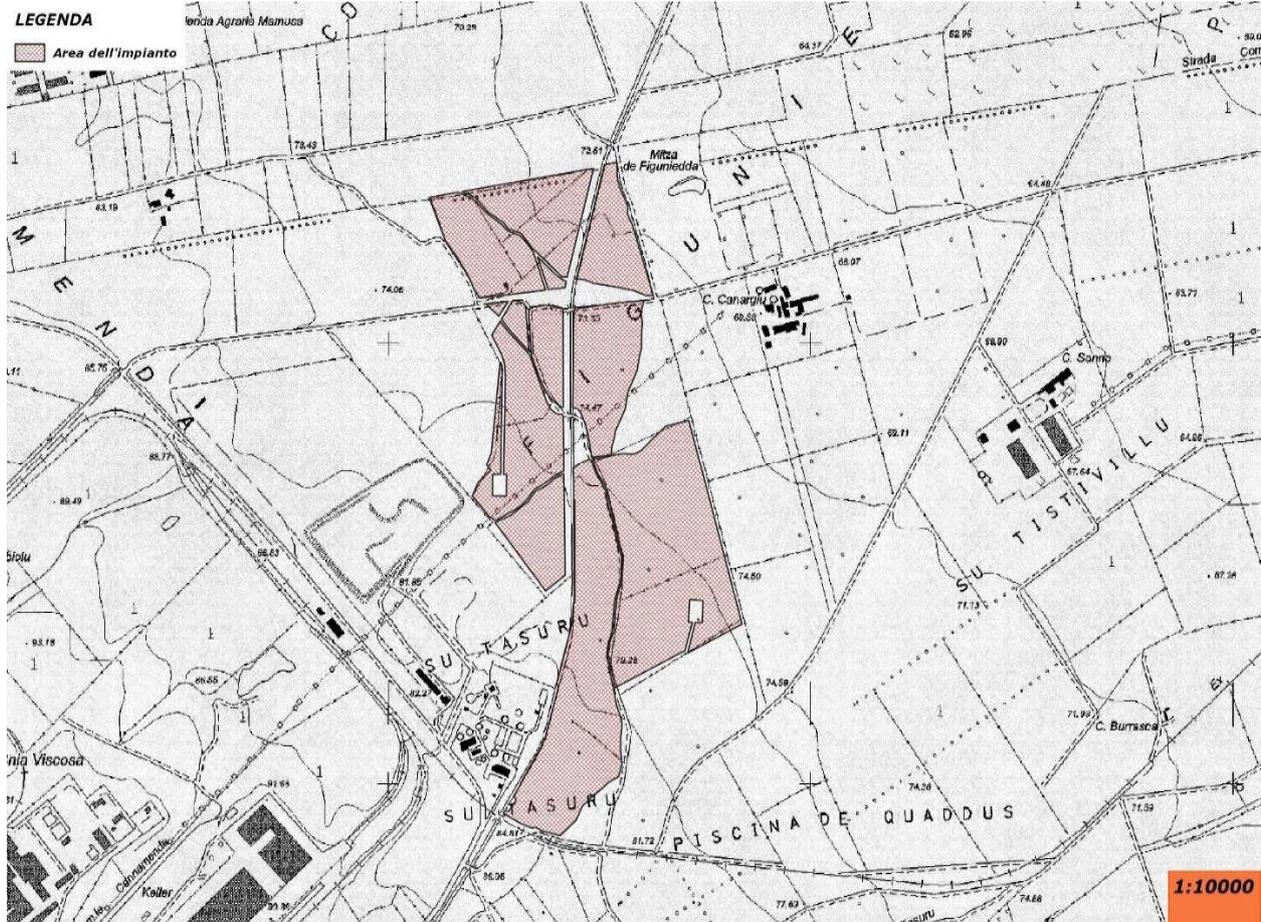


Nella cartografia ufficiale, il lotto è individuabile nella Sezione in scala 1:25.000 della Carta Topografica d'Italia dell'IGMI Serie 25 Foglio 564 Sez. II "Giba"; nella Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:10.000, lo stesso ricade nella sezione 564120 - "Giba".

I.G.M



CTR 1:10.000



Nel dettaglio quindi, l'area in esame si presenta come una piana dolce e poco accidentata, costituita da coltri eluvio colluviali costituiti da detriti in matrice fine e da depositi incoerenti di origine alluvionale.

Le superfici colluviali appaiono solcate da modesti impluvi a causa della lieve pendenza del settore che non permette una vera e propria organizzazione del ruscellamento superficiale in canali sviluppati.

L'azione erosiva delle acque meteoriche è marginale, ma per la mancanza di vegetazione fitta nonché per le pratiche agricole i pur modesti apporti idrici contribuiscono allo spianamento e all'erosione superficiale. La piana alluvionale è legata all'idrodinamica dei corpi idrici sotterranei e subordinatamente ai deflussi superficiali delle acque meteoriche.

Dal punto di vista idrologico il reticolo idrografico superficiale della zona appartiene all'unità idrogeologica omogenea del bacino di Riu Palmas avente una superficie complessiva di circa 480 kmq. Le direttrici principali degli affluenti scorrono prevalentemente da Nord-Est verso Sud-Ovest e sono chiaramente influenzate dalla presenza della diga di Monte Pranu.

3. DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER L'AREA DI INTERVENTO.

L'altezza di pioggia critica viene calcolata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, τ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T_R .

Le curve di possibilità pluviometrica disponibili si possono esprimere secondo due differenti distribuzioni probabilistiche:

- distribuzione **Log-Normale** (Sardegna suddivisa in 4 sottozone omogenee)
- distribuzione **TCEV** (Sardegna suddivisa in 3 sottozone omogenee definizione della pioggia indice)

In entrambi i casi, la Sardegna è suddivisa in zone pluviometriche omogenee per le piogge di breve durata. Ciascuna zona, per distribuzione geografica, può rappresentare un distinto regime pluviometrico. Le curve sono state determinate per ciascun gruppo nella forma:

$$h = a \cdot \tau^n$$

dove h rappresenta l'altezza di precipitazione per una durata τ , mentre a ed n sono i coefficienti caratteristici di ogni gruppo omogeneo, funzione del tempo di ritorno e, nel caso della distribuzione TCEV, della pioggia indice.

Si descrive brevemente la procedura utilizzata per la determinazione delle curve segnalatrici di possibilità climatica valide nelle località esaminata, utilizzando i risultati in (Deidda e Piga, 1998) qui presentati in forma aggiornata. L'altezza di pioggia lorda $h_l(\tau)$ in mm di durata τ in ore e di assegnato tempo di ritorno T in anni è fornita dalla seguente relazione monomia:

$$h_l(\tau) = a \tau^n \quad (2)$$

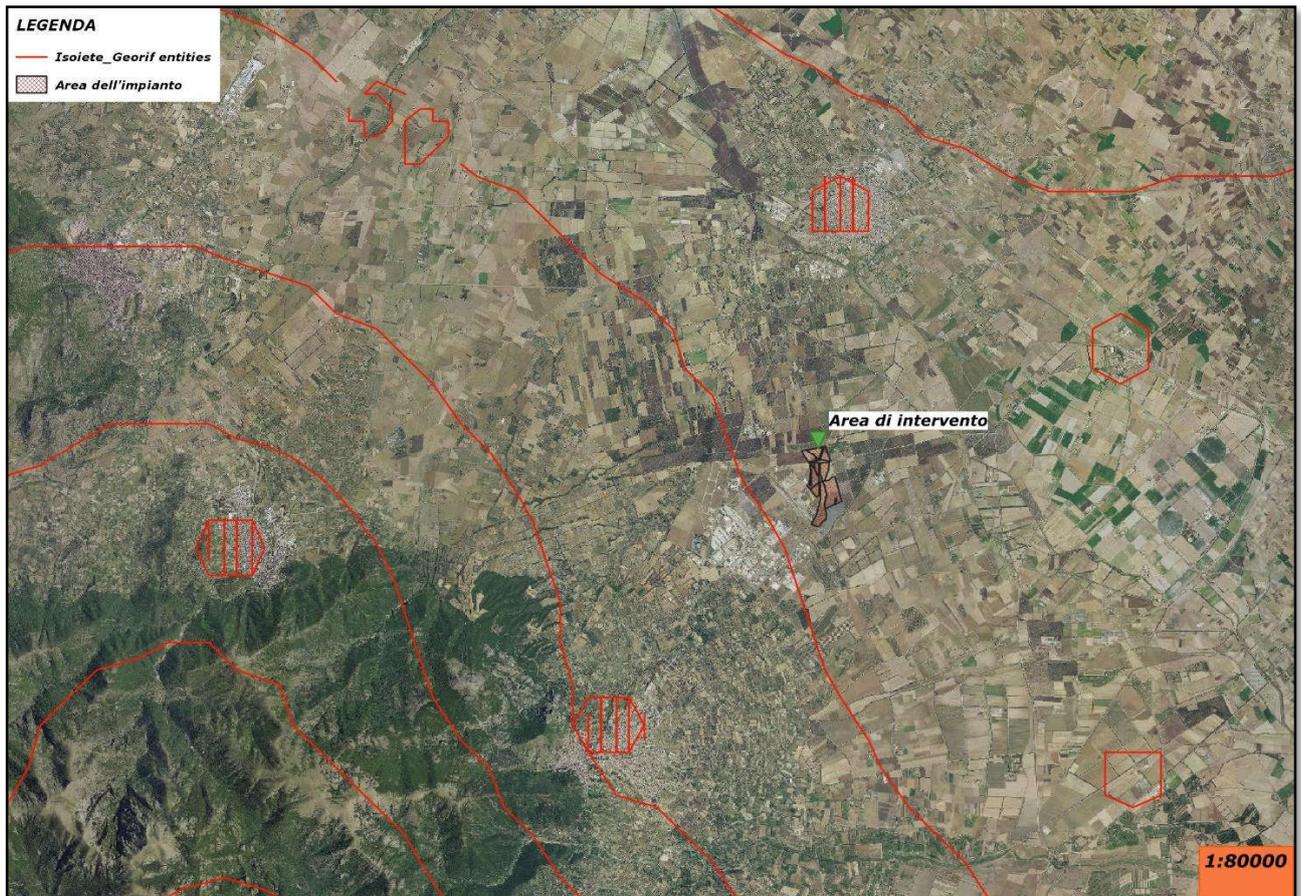
La pioggia indice, definita nella distribuzione TCEV ed elemento tipico della singola stazione pluviometrica, tiene conto dell'altezza di pioggia caduta in 1 ora e consente di rappresentare direttamente le caratteristiche degli eventi meteorici per il territorio in esame; pertanto è l'elemento che permette di scendere più in dettaglio rispetto alla semplice suddivisione in sottozone che caratterizza il metodo basato sulla distribuzione Log-Normale.

Anche in virtù di questo fatto come distribuzione probabilistica delle piogge si è adottata la **TCEV** (Two Component Extreme Value) parametrizzata secondo lo studio condotto da Deidda e Piga sulle curve di possibilità climatica in Sardegna a partire dall'analisi dei massimi annui delle piogge brevi e intense.

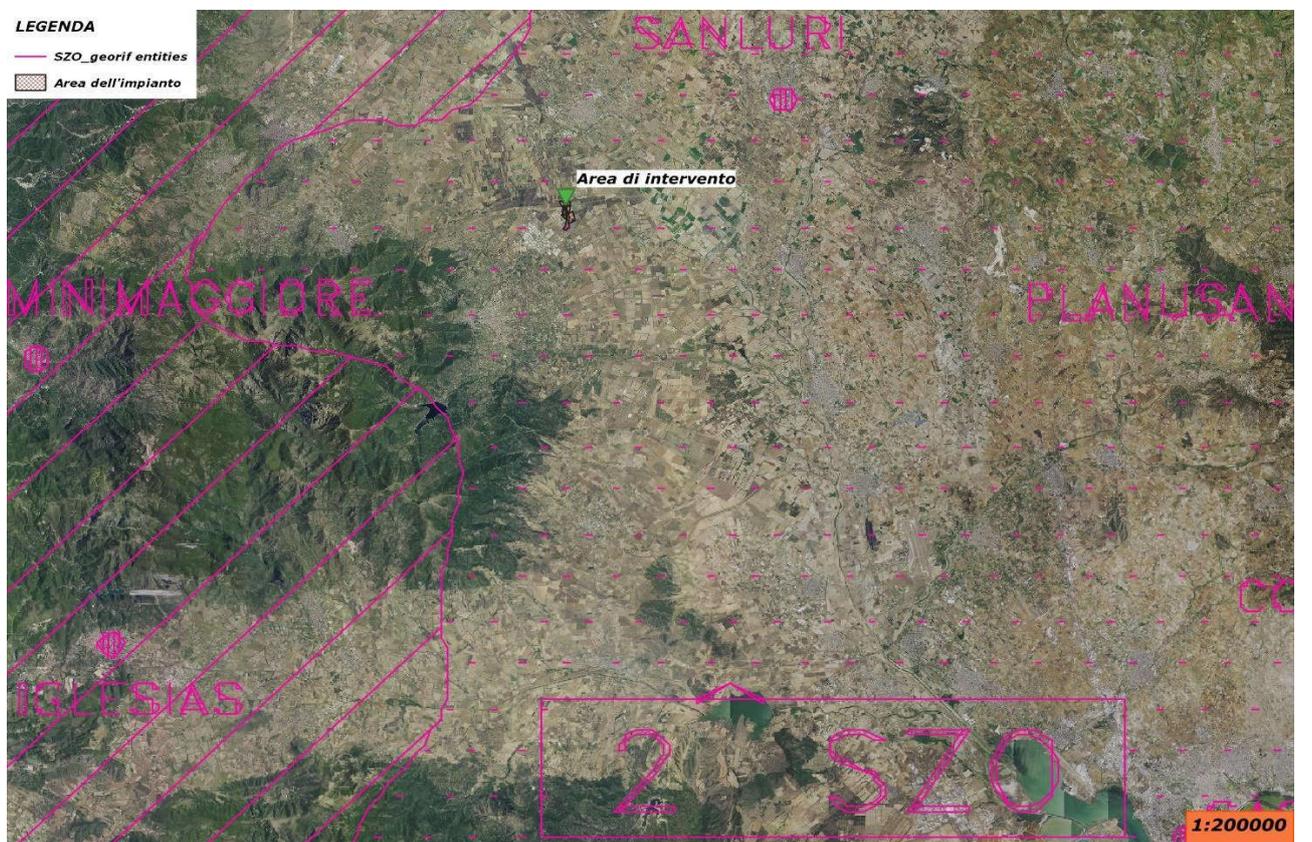
Di seguito si descrive il calcolo per un tempo di ritorno di T anni.

L'applicazione del metodo prevede il calcolo preliminare della pioggia indice giornaliera $\bar{h}(g)$ valutabile per interpolazione dalle isoiete della carta della relativa distribuzione spaziale.

CARTA DELLE ISOIETE: PIOGGIA INDICE 50 mm



SZO 2



Dalla pioggia indice giornaliera si ricava la **pioggia indice** o pioggia media di durata τ ,

$$\bar{h}(\tau) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 * 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}} * \tau^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))} \quad (2)$$

In questa relazione la pioggia indice va calcolata assumendo come durata quella critica

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

Il tempo di corrivazione è stato stimato, mentre per il tempo di formazione del deflusso superficiale si procede in modo iterativo con la formula suggerita nelle linee guida PAI:

$$t_f = \frac{I_a}{i(\Theta, r)}$$

Essendo I_a l'assorbimento iniziale (vedi stima delle perdite SCS)
 $i(\Theta, r)$ l'intensità di pioggia ragguagliata di durata critica.

Definita la pioggia indice si definisce una variabile aleatoria normalizzata:

$$h'(\tau) = \frac{h(\tau)}{\bar{h}(\tau)} = a \tau^n \quad (2)$$

Dove a ed n sono i parametri della curva normalizzata definiti per le tre sotto zone omogenee della Sardegna (SZO) in funzione del tempo di ritorno per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori o minori di 10 anni con le seguenti formule (per $T > 10$ anni):

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18449+0.23032*\text{Log}(T)-3.3330*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0563*10^{-2}-7.9034*10^{-3} \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18676+0.24310*\text{Log}(T)-3.5453*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-5.6593*10^{-3}-4.0872*10^{-3} * \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.41273+1.1370*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19055+0.25937*\text{Log}(T)-3.8160*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.5878*10^{-2}+7.6250*10^{-3} * \text{Log}(T)$

Tabella 1 Parametri della curva normalizzata

Poiché il bacino ricade interamente in **sottozona 2**, in funzione della durata critica e del tempo di ritorno (maggiori di 10 anni) si possono calcolare i valori di a ed n .

Assumendo T si determinano a ed n e sostituendo nella (2) si determina il valore della variabile aleatoria normalizzata posto $\tau \equiv \Theta$

$$h'(\tau) = a\tau^n$$

Utilizzando la relazione (2) si perviene infine a determinare l'altezza di pioggia critica relativa ad un dato T:

$$h(\Theta) = h'(\Theta)\bar{h}(\Theta)$$

Quella determinata è la pioggia **lorda** critica h con tempo di ritorno T anni, ma per stimare la portata con la formula 1 occorre la cosiddetta pioggia netta h_{netta} valutata con la formula:

$$h_{netta} = \Phi h = \frac{(h - I)^2}{(h + S - I)}$$

dove:

S (in mm) è l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

CN Curve Number

I_a è l'assorbimento iniziale legato ad S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

Nel caso in questione, considerato l'uso del suolo e il tipo di suolo e ponendoci nelle condizioni più critiche di AMCIII si determina il CN quindi S , I e $h_{netta} = \Phi h$.

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$$

Il coefficiente di deflusso ϕ è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi. Esso è determinato, come il rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso è valutato considerando le caratteristiche di permeabilità, e quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti nell'intero bacino scolante.

Si calcola un coefficiente di ragguaglio r per $\tau = \Theta$ con la relazione valida per $A < 20 \text{ km}^2$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \tau^{(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))}$$

Introducendo Φ , h , r , A e Θ nella (1) si ha infine la determinazione della portata Q relativa a quel tempo di ritorno.

4. VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER

I valori del parametro Curve Number (CN), compreso tra 0 e 100, valutano la capacità di assorbimento dei suoli in funzione delle caratteristiche dell'uso del suolo, la litologia e la permeabilità. Seguendo le procedure proposte dalla RAS, in primis, sulla base dei dati dell'uso del suolo (RAS – Carta Corine) si sono attribuiti i valori del CN(I) alle diverse tipologie di suolo ricadenti nel bacino, in seguito corretti in funzione delle caratteristiche geologiche (Δ CN), ed eseguendo una media pesata rispetto all'area dei diversi valori considerati si ottiene il CN(II); in ultimo, applicando la specifica relazione:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

si ottiene il parametro CN corretto.

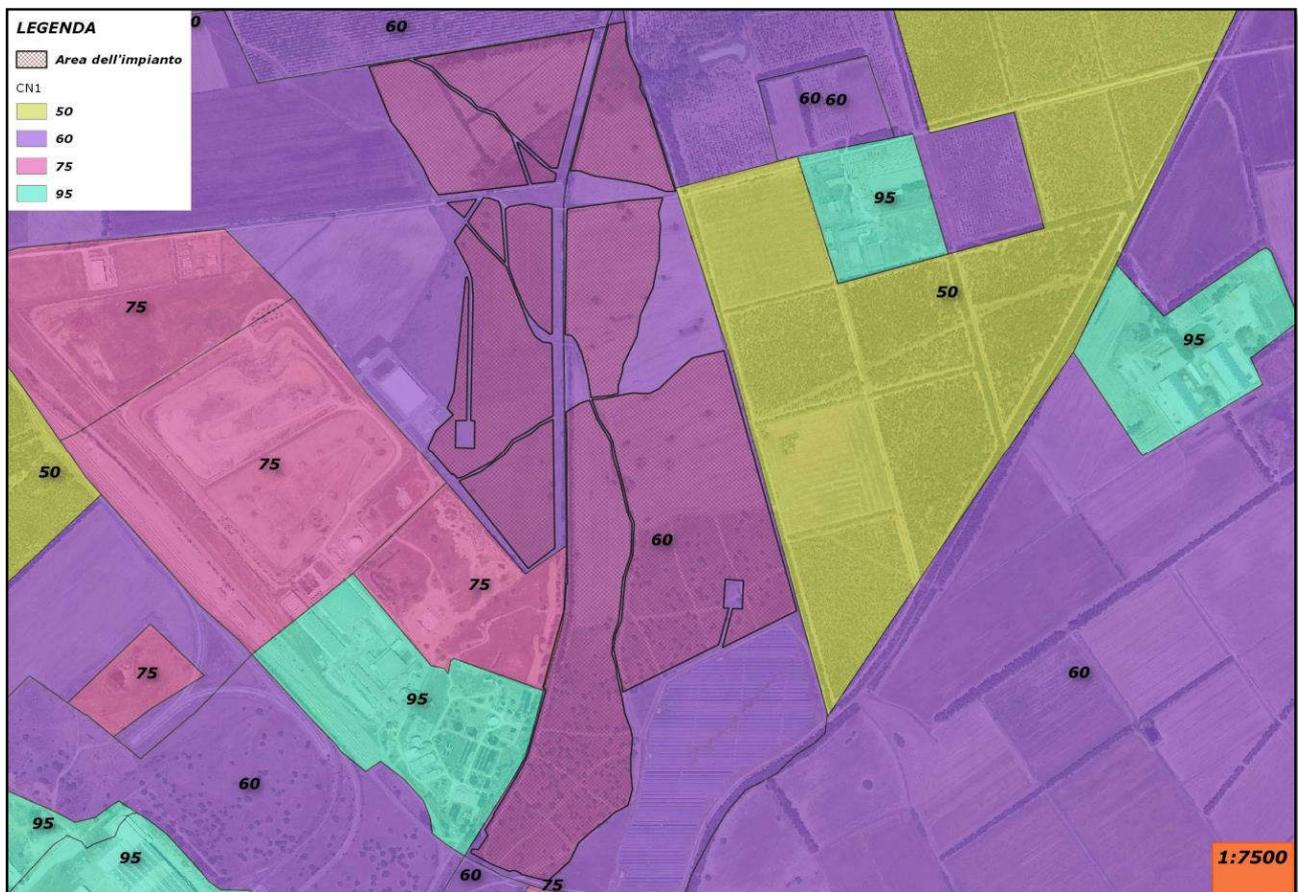
Lo studio proposto dalla RAS, ha analizzato le diverse classi in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità, cui sono stati attribuiti i coefficienti di variazione (Δ CN) corrispondenti ad ogni tipo litologico.

I coefficienti di variazione del Curve Number sono assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15): un coefficiente di variazione pari a - 5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione, mentre un valore +15 è proprio di rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili.

5. STATO ATTUALE – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN

Preliminarmente alla valutazione degli aspetti idrologici e idraulici, è necessaria la caratterizzazione geo-pedologica dell'area mediante uno studio di dettaglio realizzato nell'ambito della progettazione dell'intervento di trasformazione territoriale per il quale, alcune informazioni di base sono deducibili dai tematismi resi disponibili, quali carta geologica, carta dell'uso del suolo, carta Corinne Land Cover ecc.

Dalla mappa dell'uso del suolo della Regione Sardegna (Corinne Land Cover R.A.S. -2008), è stata ricavata, la seguente classe di uso del suolo (UDS):

Stralcio dalla Carta dell'Uso del Suolo della Sardegna

Il 100% dell'estensione del lotto ricade in aree con CN 60, dunque ad elevata permeabilità. Infatti, risulta che le porzioni di lotto sono suddivise rispettivamente in

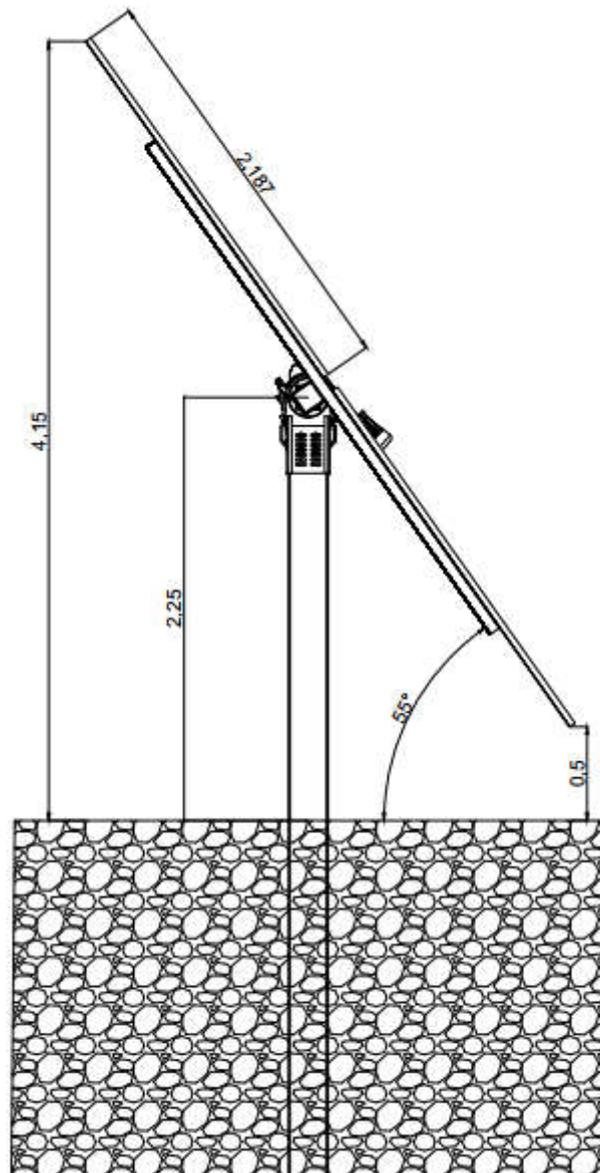
- **USDCODE 2413**: COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI
- **USDCODE 2121**: SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO
-

Applicando quindi le formulazioni prima descritte, con un coefficiente correttivo cautelativo di $\Delta CN+5$, si ottiene per la superficie oggetto di studio, un valore del CN III pari a **81**.

6. STATO DI PROGETTO – USO DEL SUOLO, CALCOLO DEL CN

Come già detto, il progetto prevede la realizzazione di una centrale fotovoltaica su inseguitori monoassiali per la produzione di energia elettrica avente una potenza di picco di 41.16 MWp.

Le acque meteoriche, nell'area oggetto di intervento, non necessitano ad oggi di regimazione. Tale situazione, è giustificata dal fatto che la naturale permeabilità dei terreni superficiali fa sì che l'acqua, nei primi spessori, venga assorbita da questi e naturalmente eliminata attraverso percolazione ed evapotraspirazione. Questa condizione resterà sostanzialmente invariata durante la fase di realizzazione e funzionamento dell'impianto, in quanto l'acqua piovana scorrerà lungo i pannelli per poi ricadere sul terreno alla base di questi.



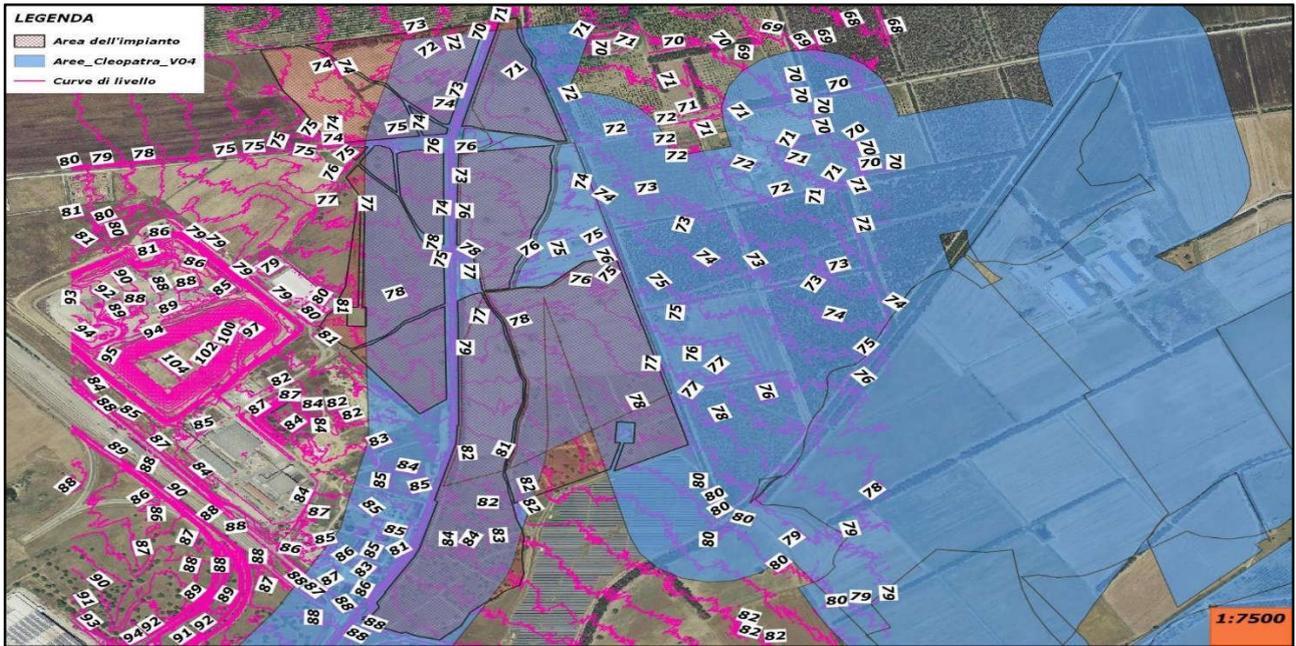
Quindi, risulterà del tutto trascurabile l'incremento di impermeabilizzazione del suolo dovuta alla presenza dei pannelli.

Tuttavia, si assume che i suoli potrebbero subire fenomeni di *parziale* perdita di permeabilità alla penetrazione delle acque meteoriche, sia per effetto delle lavorazioni di preparazione dell'area e di installazione dei pannelli (calpestio dovuto ad automezzi) che per trasformazioni successive.

Si decide quindi, di assumere come valore per il Curve Number III di calcolo **CN=85**.

7. CONSIDERAZIONI DI TIPO IDRAULICO E SUL RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE

Dall'analisi delle cartografie consultate, si conclude che l'area dove sorgerà l'impianto non risulta interessata da fenomeni di allagamento e ristagno. Per una maggiore comprensione, si riportano le curve di livello con passo 1 m, estratte dal DTM a 1 m della regione Sardegna fogli n°**547060** e **5470100**.



Dall'immagine sopra, si evince che le naturali linee di impluvio garantiscono il drenaggio naturale delle acque meteoriche verso Nord-est.

8. RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGIA E CONCLUSIONI

Avendo, nelle sezioni precedenti, ricavato tutti i dati di input per la stima dell'altezza di pioggia, si riportano adesso i risultati dell'analisi.

TABELLA 1		Villacidro		d	
CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE					
BACINO			ASTA FLUVIALE		
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)	
0.591	68	74	0.0100	1.51	0.0110
TEMPI DI CORRIVAZIONE			ALTEZZE DI PIOGGIA		
(ore)			METODO TCEV		
SCS	1.62	T. RITORNO	Tf (*)	Tc+Tf (**)	Coefficiente di deflusso
Giandotti	2.73	(anni)	(ore)	(ore)	Pioggia lorda
Pasini	0.99	15	0.2931	1.1806	(mm)
Viparelli	0.38	30	0.2383	1.1258	hn
Ventura	0.93	50	0.2092	1.0967	(mm)
V A P I	2.40	100	0.1793	1.0668	Tempo di ritorno
Kirpich	0.52				(mm)
VALORE STIMATO	0.89				
(*) tempo di formazione del deflusso superficiale					
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.					

Come si evince dalla tabella, la lama d'acqua che interessa l'area di intervento per eventi meteorici critici, si aggira nell'ordine di qualche centimetro. Nonostante si sia utilizzato un valore di CN peggiorativo, il coefficiente di deflusso rimane comunque molto limitato, confermando così l'elevata capacità del sito di assorbire la quasi totalità della pioggia per gli eventi considerati.

La tipologia di pannello previsto quindi, risulta compatibile dal punto di vista idrologico e idraulico con l'area di intervento.

Tuttavia, a maggior cautela, per ognuna delle aree di realizzazione dell'impianto, le acque

meteoriche ricadenti su ogni settore, per la parte eccedente rispetto alla naturale infiltrazione del suolo, verranno intercettate dalle canalette drenanti realizzate lungo i lati esterni morfologicamente più depressi. La pendenza naturale del terreno di almeno 2% permetterà che le acque defluiscano senza fenomeni di stagnazione.

Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione indicativamente trapezoidale profonde almeno 40-50 cm con orientamento trasversale, compatibilmente con la geometria del lotto, e realizzato lungo la viabilità esistente nel rispetto alle linee di massima pendenza così da intercettare maggiormente i deflussi, ed evitare fenomeni di impaludamento e/o ristagni d'acqua con convogliamento finale verso i margini dell'intervento, per seguire la naturale direzione di deflusso determinata dalla configurazione territoriale.

Per quanto concerne la viabilità interna dell'impianto, per consentire la circolazione delle macchine operatrici e degli automezzi per la manutenzione, sarà realizzata una viabilità interna che costeggia la recinzione perimetrale e collega le varie cabine in campo.

Le opere viarie saranno costituite da una regolarizzazione di pulizia del terreno, per uno spessore di circa venti centimetri, dalla fornitura e posa in opera di tessuto non tessuto (se necessario) ed infine dalla fornitura e posa in opera di brecciolino opportunamente costipato per uno spessore di dieci centimetri, così da garantire il drenaggio dello strato senza andare ad incidere sulla permeabilità del suolo.

Oltre a quanto appena detto, anche per la recinzione del sito sono previsti accorgimenti atti a non alterare il comportamento drenante del terreno rispetto allo stato attuale.

Sarà infatti realizzata una recinzione perimetrale con le seguenti caratteristiche:

- rete metallica di tipo "Orsogril" di altezza 2,80 m posta ad un'altezza di 30 cm da terra e sostenuta da paletti infissi nel terreno;
- i pali sono infissi direttamente al suolo attraverso un sistema a vite o da un plinto di modeste dimensioni localizzato esclusivamente in corrispondenza dei pali stessi.

Per la via d'accesso saranno disposti 15 cancelli in metallo di altezza pari a 3,0 m e 6,5 m di lunghezza, ognuno dei quali darà l'accesso ad un diverso recinto. Per l'ancoraggio dei cancelli sarà realizzato un plinto (30x30 cm) di cemento localizzato in corrispondenza del pilastro di fissaggio.

Per maggiori dettagli ed elaborati grafici correlati, si rimanda agli allegati progettuali specifici.

In conclusione, l'integrazione della rete di raccolta delle acque, con la naturale capacità di assorbimento dei terreni analizzati, produrrà un generale miglioramento in relazione ad eventuali fenomeni di ristagno e ruscellamento che potrebbero verificarsi in caso di eventi meteorici di particolare entità.



9. ALLEGATO "A"



Esempio di sez. tipo prevista in progetto: $H=0.5$ - $B=1$