

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO DENOMINATO
"ALIAI"

SITO NEL COMUNE DI
RAMACCA (CT), CASTEL DI IUDICA (CT), PATERNÒ (CT) E CENTURIPPE (EN)
- SS DI AIDONE N.288 - SS192

**RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA
INTEGRATIVA**

COMMITTENTE:
CHERRY PICKING S.R.L.

PROJECT MANAGER

Ing. Raimondo Barone

IL TECNICO

Dott. Geol. Salvatore Torrisi

CODICE:
MITEPUAREL02611

REVISIONE:
00

DATA ELABORATO:
03/06/2024

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

Indice:

1. PREMESSA	pag. 1
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 3
3. INDAGINI GEOFISICHE DI TOMOGRAFIA ELETTRICA	pag. 7
4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	pag. 26
5. DEFINIZIONE DEL PARAMETRO CN, CURVE NUMBER	pag. 31
6. SINTESI DEI DATI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DEI DIVERSI CAMPI	pag. 35

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

1. PREMESSA

Su incarico conferitoci CHERRY PICKING S.R.L. (Corso Buenos Aires n.54 Milano) è stato eseguito il presente Studio Geologico ed Idrogeologico integrativo a supporto degli Studi di verifica della compatibilità PAI e della Verifica di Invarianza.

Il presente documento fa parte del progetto definitivo di un impianto di generazione fotovoltaica denominato "ALIAI" è un progetto, come revisionato allo stato attuale, di un impianto di generazione fotovoltaica di potenza nominale pari a circa 226.644,0 kWp, su strutture di supporto ad inseguimento mono-assiale (con asse di rotazione in direzione asse NORD-SUD), da realizzare nell'agro dei comuni di Ramacca, Castel di Iudica e Paternò (CT) e Centuripe (EN), e destinato ad operare in parallelo alla rete elettrica di distribuzione (RTN). Il generatore fotovoltaico è diviso in n. 13 campi distribuiti in n. 4 aree principali (**Area A, Area B, Area C e Area D** vedi Carta Geologica).

I 13 campi ricadono in una vasta ara all'interno del settore occidentale della Piana di Catania (Fig. 1) e in parte sui relativi sub-strati sedimentari. Cartograficamente i diversi siti ricadono nelle Carte Tecniche Regionali (C.T.R.) n. 633050, n. 633090, n. 633100, n. 633130 e n. 6633140.

L'obiettivo del presente Studio Geologico ed Idrogeologico è quello di verificare e di fornire dati sulle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche dei terreni sedi dei differenti campi, e il loro dintorno geologicamente significativo. Per fornire dati necessari per lo Studio Idrologico ed Idraulico per la definizione della Compatibilità Idraulica di tutti i singoli campi, si è proceduto alla ricerca e alle verifiche delle sequenze stratigrafiche di dettaglio, le eventuali presenze e le geometrie delle falde superficiali e profonde, la permeabilità dei terreni.

Per gli scopi prefissati si è preliminarmente proceduto all'esecuzione di un rilievo geologico di dettaglio e successivamente di eseguire N. 8 sezioni di Tomografie elettriche. Le Tomografie elettriche sono state realizzate con lunghezza di 235 metri

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

che hanno permesso di investigare fino ad una profondità di circa 45 metri. La realizzazione delle indagini geofisiche è stata concentrata nei campi 1, 2, 3 e 4 dell’Area A (vedi Carta Geologica), in particolare le indagini sono state realizzate dove affioravano le coperture alluvionali, escludendo di fatto gli affioramenti argilloso prevalente. Il preciso scopo delle indagini geo-elettriche è stato quello di valutare la possibile permeabilità delle sequenze stratigrafiche in affioramento.

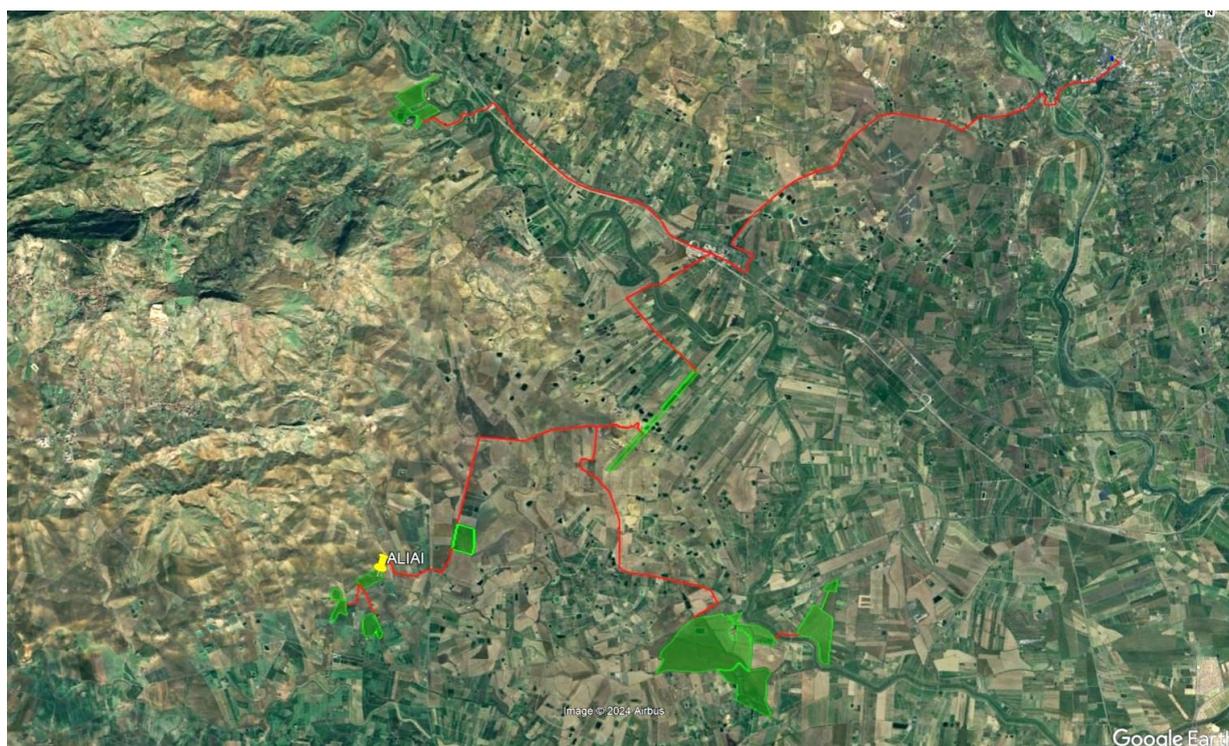


Fig. 1 – Ubicazione dei campi fotovoltaici all’interno del settore centro-orientale della Piana di Catania.

<p>INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.</p>	<p>Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p>CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
--	---	---

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico della Sicilia orientale è il prodotto di una complessa evoluzione tettonica polifasata che ha accomodato la convergenza con modalità e stili deformativi differenti. La tettonica collisionale ha dato luogo ad una geometria a duplex a scala regionale, dove si riconosce la sovrapposizione dei domini del sistema "Catena-Avanfossa- Avampaese". L'odierno Dominio di Avanfossa è localizzato nella zona di flessurazione dell'Avampaese Ibleo ed è riempita da sedimenti di età Plio-Pleistocenica e ospita anche le unità frontali della catena orogenico.

Lungo il bordo meridionale etneo i depositi di Avanfossa ricoprono in discordanza, i pre-esistenti contatti tra le serie carbonatiche iblee e il fronte Maghrebide e ospitano, lungo gli orizzonti infrapleistocenici. La successione di Avanfossa è costituita da una monotona successione di argille marnose azzurre di età dal Pleistocene inferiore fino a 600 ka evolventi a termini di chiusura che sono rappresentati da distinti ordini di sequenze marine terrazzate regressive (Fig. 2). Ciascuna sequenza è caratterizzata da un appoggio discordante sulle argille marnose azzurre e da un passaggio verso l'alto da depositi marini prevalentemente sabbiosi a depositi alluvionali.

Le sequenze terrazzate ricoprono distinte superfici di erosione modellate sul substrato e mostrano dei chiari bordi interni marcati da evidenti appoggi di tipo on-lap sul substrato. I depositi terrazzati affiorano estesamente lungo il bordo settentrionale della Piana di Catania, estendendosi dalla valle del Fiume Simeto fino all'area urbana di Catania. Le singole sequenze rappresentano il prodotto di un singolo ciclo deposizionale che interviene tra due periodi di erosione. Tale evidenza suggerisce il controllo eustatico sulla loro sedimentazione. Il terrazzamento delle diverse sequenze deposizionali suggerisce che all'eustatismo è stato associato un sollevamento di natura tettonica.

La scansione temporale delle sequenze terrazzate associata alla dislocazione altimetrica delle coperture laviche ha permesso di confinare temporalmente differenti associazioni strutturali a diverso comportamento cinematico che hanno caratterizzato l'evoluzione geologica dell'intero Dominio di Avanfossa durante il tardo-Quaternario e

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
--	--	--

in particolare sono state identificate un processo di sollevamento regionale e tre fasi tettoniche con distinti stili deformativi.

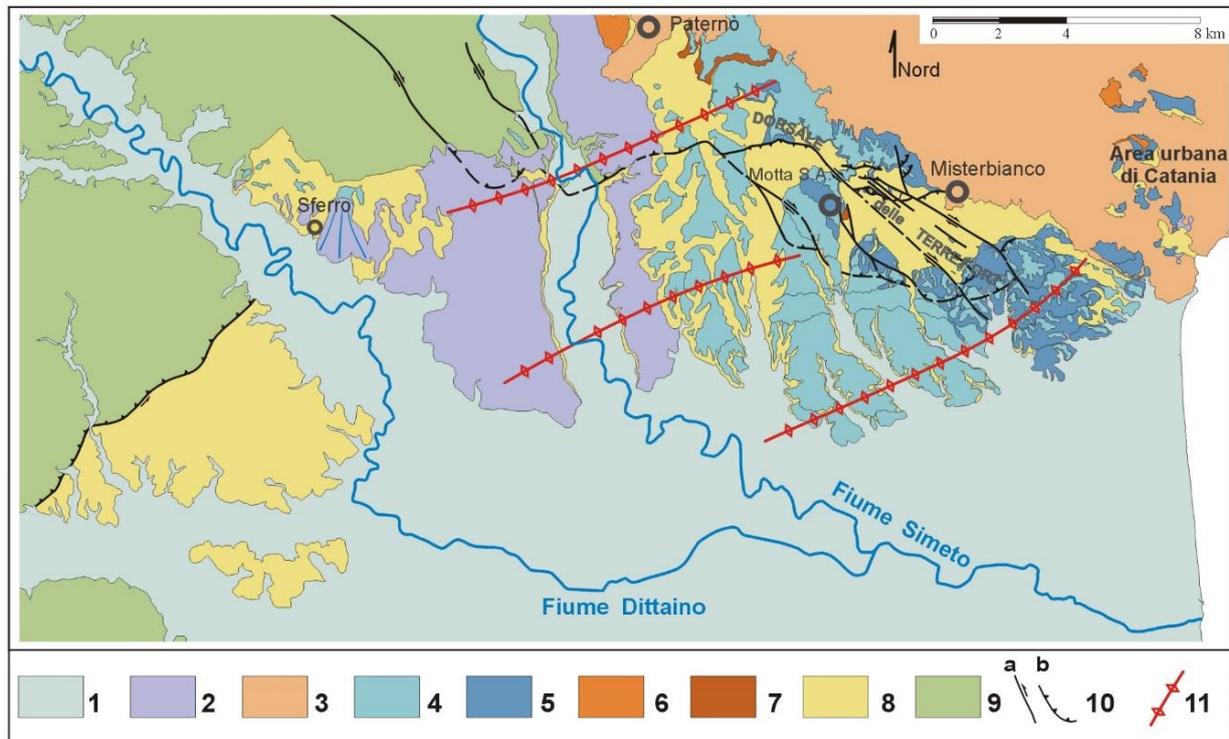


Fig. 2 – Schema geologico del bordo meridionale dell’edificio etneo (da Torrisi 2003; Torrisi e Occhipinti, 2009)¹.

Studi recenti condotti nell’area hanno evidenziato l’esistenza di un processo regionale del sollevamento, con tassi variabili tra 0,5÷0.3mm/a.

Lungo il bordo meridionale del bacino etneo è stata riconosciuta una struttura tettonica di tipo “*push-up*”, che ha formato una ampia dorsale con orientazione circa NW-SE (Fig. 1). La struttura tettonica è confinata tra due principali sistemi di taglio trascorrente

¹ (1) Depositi alluvionali recenti ed attuali; (2) Depositi alluvionali terrazzati datati a 39 ka; (3) Lave recenti, antiche e del Trifoglietto (80 ka ad oggi); (4) Depositi alluvionali terrazzati (240-60 ka); (5) Sequenze deposizionali terrazzate (240-60 ka); (6) Lave dei Centri Alcalini antichi (180-100 ka); (7) Lave sub-alcaline di base (580-250 ka); (8) Argille azzurre (Pleistocene inf.-med.); (9) Unità Maghrebidi; (10) Faglie normali a) e trascorrenti (b); (11) Anticlinali attuali.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

destro, ad orientazione WNW-ESE, ognuno dei quali composto da più segmenti di lunghezza chilometrica, disposti secondo una geometria *en-chelon* con sovrapposizione sinistra. La geometria complessiva dei sistemi di taglio principale e di consenso al movimento trascorrente indicano un meccanismo di taglio puro e una direzione di massima compressione diretta circa NNW-SSE.

Tutti i cunei clastici, compresi quelli datati a 39 ka, sono deformati da una ulteriore associazione strutturale costituita da un sistema a pieghe (Fig. 1). Il sistema plicativo è formato da distinti blandi domini di anticlinali ad orientazione ENE-WSW. Le anticlinali sono caratterizzate da ampie fasce di cerniera arrotondate e fianchi dritti a debole inclinazione ($< 5^\circ$), che determinano l'angolo di interlimbo prossimo a 180° . La lunghezza d'onda delle anticlinali è nell'ordine di circa 4,5 chilometri e l'estensione complessiva dell'effetto plicativo superiore ai 30÷32 km (Fig. 3).

L'analisi morfologica condotta su tutta l'area della Piana di Catania ha messo in luce, che in proiezione verticale gli assi di piegamento coincidono con evidenti elementi morfo-strutturali, quali *Knick-point* con entità metrica, salti positivi dell'indice di sinuosità, netti cambi di tipologia di alveo, da anastomizzato a meandriforme, e forti deviazioni (con angoli prossimi a 90°) dei corsi d'acqua (Fig. 3).

<p>INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.</p>	<p>Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p>CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
--	---	---

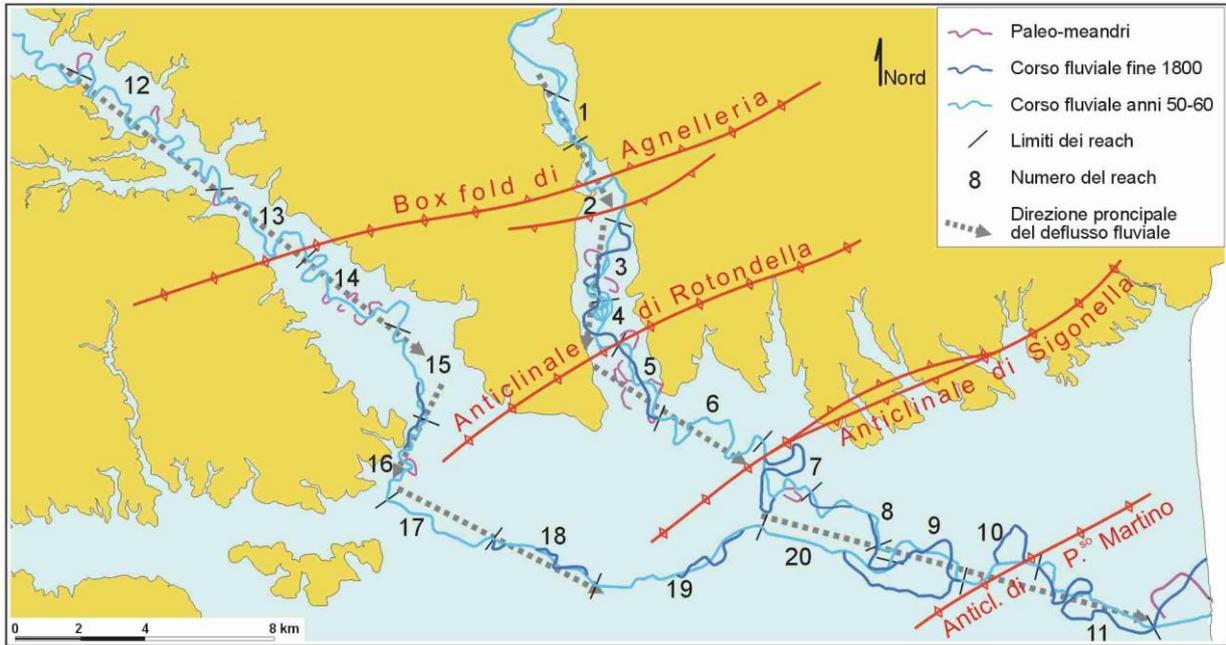


Fig. 3 – Schema dell’intersezione dei corsi fluviali dei Fiumi Simeto e Dittaino e del sistema a pieghe attuale.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

3. INDAGINI GEOFISICHE DI TOMOGRAFIA ELETTRICA

I metodi di geoelettrica si propongono di caratterizzare il sottosuolo in termini di resistività apparente. Il sottosuolo può essere schematizzato in prima approssimazione come una serie di strati piani e paralleli, ognuno caratterizzato da un proprio valore di resistenza al passaggio della corrente elettrica. Il valore della resistenza che l'ennesimo strato dell'unità di volume del materiale offre al passaggio della corrente elettrica, è ottenibile o misurando direttamente la resistività di un campione del materiale, oppure generando un campo elettrico le cui linee di forza partono dalla superficie del terreno.

In tutti gli strati fino all'n-esimo, la resistività apparente si ottiene dalla relazione:

$$\rho_a = (\Delta V / I) \cdot K$$

dove:

ρ = resistività apparente (Ωm)

ΔV = differenza di potenziale rilevata tra gli elettrodi di corrente (V)

I = corrente immessa nel terreno (A)

K = coefficiente geometrico relativo al sondaggio utilizzato

Questo valore è riferito alla profondità dello strato n-esimo, ma è influenzato anche dai valori di profondità e resistività degli strati precedenti. Il coefficiente K tiene conto della geometria elettrodica, mentre il rapporto V/I definisce la resistenza del terreno interposto tra gli elettrodi. In un sottosuolo caratterizzato da uno strato di spessore indefinito, la resistività apparente coincide con quella reale dello strato. Infatti la resistività è la resistenza che un volume unitario di materiale offre al passaggio della corrente elettrica.

Il fenomeno che descrive il passaggio della corrente nei materiali è noto col nome di

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

conduzione elettrica, ed avviene nei materiali, grazie ad una migrazione di elettroni o di ioni. La prima si realizza nei metalli alcalini ed alcalino-terrosi dove migrano gli elettroni liberi di valenza. La seconda invece si osserva in fluidi elettroliti, gassosi o liquidi, e comporta oltre ad un flusso di carica, un flusso di materia. Esistono anche elettroliti allo stato solido, in cui però gli ioni sono rigidamente confinati in punti del reticolo cristallino, e quindi difficilmente mobilizzabili. La conduzione elettrica nei litostrati è solamente di tipo ionico, e dipende dalla presenza di acqua e dalla concentrazione di ioni disciolti. In questo caso il liquido e la porosità dello strato, definiscono la mobilità degli ioni disciolti.

Generalmente un dispositivo per misure di resistività del terreno è costituito da un quadripolo i cui gli elettrodi sono posti su quattro punti della superficie del suolo, in una disposizione quadri polare (Fig. 4), immettiamo segnale elettrico tramite elettrodi di corrente e misuriamo d.d.p. tramite altri due elettrodi.

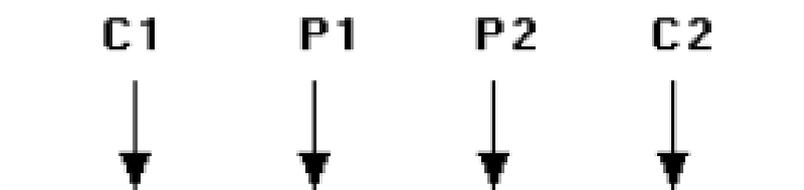


Fig. 4 – Schema esemplificativo di un dispositivo elettrico, con due elettrodi di potenziale (P1 e P2) e due elettrodi di corrente (C1 e C2).

Per descrivere il fenomeno della conduzione elettrica si fa riferimento alla prima legge di Ohm, la quale stabilisce che il rapporto tra la differenza di potenziale (ΔV) esistente tra due punti di un conduttore e l'intensità di corrente (I) che in esso fluisce è costante:

$$\frac{\Delta V}{I} = \text{cost}$$

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

A questa costante è dato il nome di resistenza elettrica:

$$\frac{\Delta V}{I} = R$$

La seconda legge di Ohm dichiara che, a parità di ogni altra condizione, la resistenza elettrica di un conduttore è direttamente proporzionale alla sua lunghezza (**L**) ed inversamente proporzionale alla sua sezione (**A**):

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

in cui la costante di proporzionalità ρ è definita resistività o anche resistenza elettrica dell'unità di volume.

Dalla combinazione delle due si ottiene:

$$\Delta V = \rho \cdot \frac{I}{A} \cdot L$$

Il rapporto I/A definisce la densità di corrente J , dalla quale si deriva il concetto di intensità di corrente:

$$I = \int_S \mathbf{J} \times d\mathbf{A}$$

La prima importante distinzione nell'ambito dei numerosi materiali geologici per ciò che riguarda le loro caratteristiche elettriche, è operabile in termini di porosità. I mezzi porosi sono descrivibili come sistemi granulari dove i vuoti intergranulari possono essere occupati da fluidi come aria, acqua, idrocarburi e gas. La resistività globale è quindi interpretabile come la somma dei contributi 'pesati' del fluido e della porzione rocciosa granulare. Dal momento che la maggior parte dei minerali che compongono una roccia e/o un sedimento sono silicati, globalmente buoni isolanti, una notevole rilevanza

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
--	--	---

acquisiscono la presenza, la quantità e le proprietà elettriche del fluido.

Una roccia può contenere un fluido in base alla sua porosità, definita come il rapporto:

$$\phi = \frac{v_p}{v_b} \cdot 100$$

in cui v_p è la somma dei volumi dei pori contenuti nel volume v_b del mezzo poroso.

Si distingue una porosità primaria dovuta ai processi sedimentari, e rappresentata dagli spazi intergranulari in un sedimento o in una roccia clastica, ed una porosità secondaria in cui i vuoti sono costituiti da fratture di origine tettonica o, più raramente, prodotti da fenomeni di dissoluzione.

Nell’ambito della porosità primaria inoltre, si differenziano una porosità totale rappresentata dall’intero sistema di vuoti, ed una porosità effettiva o anche porosità interconnessa, legata ai pori realmente in comunicazione tra loro. Le formazioni argillose possiedono una porosità molto alta, ma la permeabilità è quasi nulla perché le lamelle che le costituiscono sono di dimensioni tali da limitare in modo molto sensibile il flusso.

La resistività di un mezzo poroso contenente fluidi, dipende anche dalla saturazione in quel fluido, secondo la relazione:

$$S_w = \left(\frac{R_0}{R_t} \right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{aR_w}{\phi^{-m} R_t} \right)^{\frac{1}{n}}$$

in cui S_w è la saturazione in acqua (o in un altro fluido), R_t è la resistività vera della formazione, R_0 la resistività della medesima formazione satura al 100% d’acqua a resistività R_w , ed n è l’esponente di saturazione, solitamente variabile tra 1 e 2.5.

Le tecniche di misure geoelettrica si avvalgono dell’utilizzo di set di quadripoli di metallo impolarizzabile, piantati nel terreno; due servono per l’iniezione di una corrente alternata a bassa frequenza in onda quadra, assimilabile ad una corrente continua, e due si usano per misurare la differenza di potenziale prodotta.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
--	--	---

In un modello 2D la resistività può variare sia verticalmente che orizzontalmente, ma non perpendicolarmente al profilo, assunzione ragionevole per profili attraverso corpi geologici allungati. La tomografia elettrica in 2D viene effettuata mediante un grande numero di elettrodi connessi ad un cavo. Sistematicamente ed alternativamente, quattro elettrodi vengono attivati dal processore dello strumento, due come energizzatori e due come misuratori di potenziale, secondo la sequenza e la disposizione programmate dall'operatore. Si nota che all'aumentare della spaziatura decresce il numero di misure di potenziale possibili, perciò il numero di misure effettuabili lungo lo stesso array dipende fortemente dalla geometria. La misura di potenziale ottenuta è relativa ad un punto nel sottosuolo (DATA POINT), che giace orizzontalmente in corrispondenza del punto medio del set di elettrodi utilizzati, e la cui profondità dipende dalla spaziatura utilizzata (Fig. 5).

Al data point viene associato un volume di terreno, in modo da discretizzare l'intero volume di indagine tramite un insieme di volumi elementari, creando una griglia.

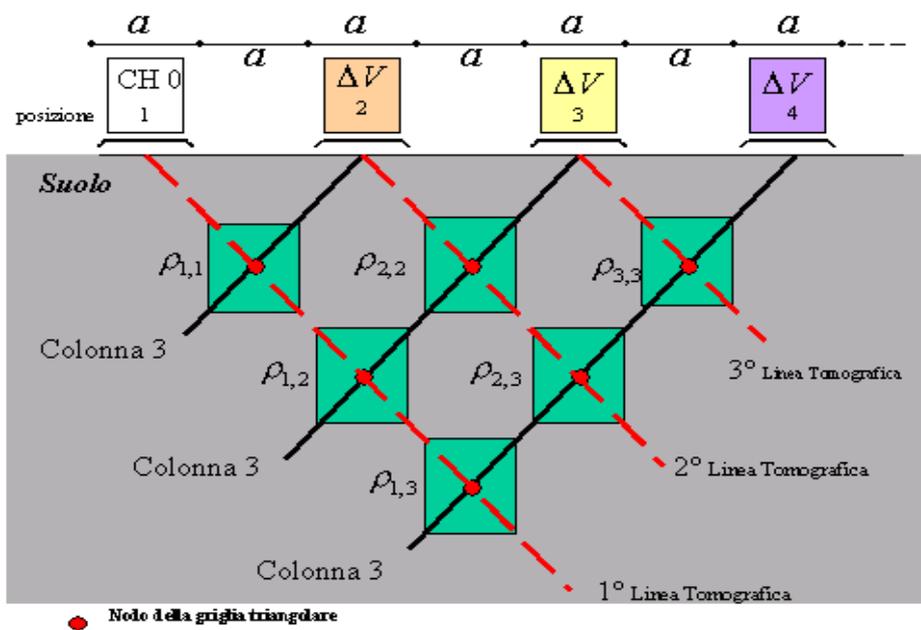


Fig. 5 - Esecuzione di un profilo di tomografia con geometria Wenner-Schlumberger e posizione relativa agli elettrodi dei data point e delle linee tomografiche.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

Le resistività di ogni data point, quindi di ogni volume elementare, si ottengono con misure successive di potenziale al variare della distanza elettroica, e sono date dalla formula:

$$\rho_{i,j} = \frac{\Delta V_{j+1}}{I_i} \cdot na \cdot \pi(n+1)(n+2)$$

in cui i e j sono le posizioni rispettivamente del dipolo energizzante del dipolo di potenziale. Essendo nota l'intensità di corrente inviata al sottosuolo, la misura di potenziale è presto tramutata in termini di resistività apparente, e plottata in una sezione xy di 'pseudoresistività', ancora però molto approssimativa rispetto alla reale distribuzione di resistività del sottosuolo, ed oltretutto variabile in funzione del tipo di array.

Ogni tipo di array ha un proprio utilizzo ottimale in determinate condizioni geologiche, in base alla sua sensibilità. La sensibilità è un indice di quanto un cambiamento di resistività del terreno influenzi la misura di potenziale, e risulta con questo in relazione di proporzionalità diretta. Per determinare la massima profondità raggiungibile per mezzo di un array, si moltiplica la massima distanza elettroica usata “a” oppure la massima lunghezza “L”, per l'appropriato 'fattore di profondità'.

La disposizione elettroica più antica è la **Wenner-Schlumberger**, in cui il punto centrale dell'array rimane fisso, e la distanza interelettroica viene progressivamente incrementata, per ottenere informazioni a profondità maggiori. La sensibilità è distribuita per lo più orizzontalmente attraverso il centro del profilo, è indicato per rilevare variazioni verticali più che orizzontali. Nel caso specifico è stata realizzata una misura tipo: **Wenner-Schlumberger Overlap**.

Lo scopo dei metodi di inversione è quello di trovare un modello la cui risposta equivalga al set di dati misurati, modello che tuttavia non è mai univoco. Il criterio di scelta dei metodi di inversione nel range di modelli che approssimano i dati reali, è di minimizzare la differenza tra realtà e modello, quantificata tramite lo scarto quadratico medio. Il programma Res2D Inv e usa un metodo iterativo chiamato “smoothness

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

constrained" (de Groot-Hedlin and Constable, 1990), la cui formulazione matematica è:

$$(JTJ+uF)d = JT_g-uFr$$

dove **F** è la matrice di smoothing; **J** è la matrice Jacobiana delle derivate parziali; **r** è un vettore contenente il logaritmo dei valori di resistività del modello; **u** è il 'damping factor' che controlla il peso dato al modello di smoothness nel processo di inversione, ed è direttamente proporzionale all'RMS ed allo smoothing del modello; **d** è il vettore perturbazione del modello che rappresenta le variazioni del modello di resistività; **g** è il vettore di discrepanza e contiene le differenze tra i valori calcolati e misurati di resistività apparente, generalmente espressi come RMS (scarto quadratico medio).

Ad ogni iterazione si cerca di minimizzare **g** ed il reciproco di **F**, detto anche roughness del modello di resistività, che corrisponde al quadrato dei cambiamenti spaziali. Ciò produce un modello con una variazione smooth dei valori di resistività, valida quindi nel caso in cui la resistività del sottosuolo varia gradualmente. E' possibile modificare questo metodo ad esempio modificando gli elementi della matrice F in modo da enfatizzare variazioni verticali od orizzontali del modello risultante, oppure laddove i dati presentano molto noise, è possibile dare un peso ai dati utilizzando la matrice di weighting.

Per controllare la qualità dei dati è innanzitutto possibile notare se le variazioni di resistività apparente nella pseudosezione sono brusche o gradualmente ed rimuovere manualmente dal data set i valori isolati troppo alti o troppo bassi. Oppure in caso di dati di bassa qualità è possibile aumentare il 'damping factor', producendo un modello con minore risoluzione ma meno sensibile al noise. Un'altra operazione è quella di usare l'opzione 'robust data constrain'.

La strumentazione utilizzata è costituita da uno **georesistivimetro ARES II** della **GF Instruments** dotato da 850W, 2000V_{P-P}, 5A e risoluzione a 24 bit. I dati sono stati elaborati mediante l'algoritmo di Loke and Barker scritto nel 1996 ed in particolare con il software **Res2Dinv x64** vers. **4.10** della GeoTomo Software Sdn Bhd. Il prodotto

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

finale è l'elaborazione di un modello di resistività, elaborato con il massimo delle iterazioni fino all'errore RMR più basso.



Foto 1 - Georesistivimetro ARES II della GF Instruments, utilizzato per le indagini.

Come detto in precedenza la conducibilità nelle rocce e nei sedimenti è dovuta alla presenza di acqua, alla porosità e in maniera variabile dai sali disciolti nell'acqua. Pertanto la resistività è una proprietà variabile tra le formazioni e all'interno della stessa sequenza stratigrafica. I sedimenti non consolidati hanno resistività inferiore rispetto alle rocce sedimentarie, tuttavia, proprio perché poco consolidati, risulta difficile stimare il valore della loro resistività, che dipende dalla porosità e dal contenuto in argilla. I terreni argillosi possiedono comunemente valori di resistività inferiori a quelli dei terreni sabbiosi. Il contenuto idrico, infine, ricopre un ruolo importante nella determinazione della resistività apparente del terreno, provocandone un abbassamento della resistività media.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

Tuttavia, nel campo sperimentale di campagna, risulta evidente che non esiste una corrispondenza biunivoca tra valore di resistività riscontrato nel modello e materiale presente nel suolo e nel sottosuolo: solo un'interpretazione che tenga conto delle caratteristiche geologiche e fisiche del sito indagato, può tradurre il dato della misura in lito-elettro strati.

Al fine di fornire una linea di interpretazione dei dati si consideri che i litotipi presenti, in letteratura scientifica, possiedono normalmente i seguenti intervalli di resistività (Tabella 1 e Fig. 6):

Litotipo (secco)	intervallo di resistività
Arenaria	50 – 10 ⁴ Ωm
Ghiaia	100 - 5000 Ωm
Sabbia	20 – 1000 Ωm
Limo	10 - 800 Ωm
Argilla	1 – 100 Ωm

Tabella 1: Intervalli di resistività

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

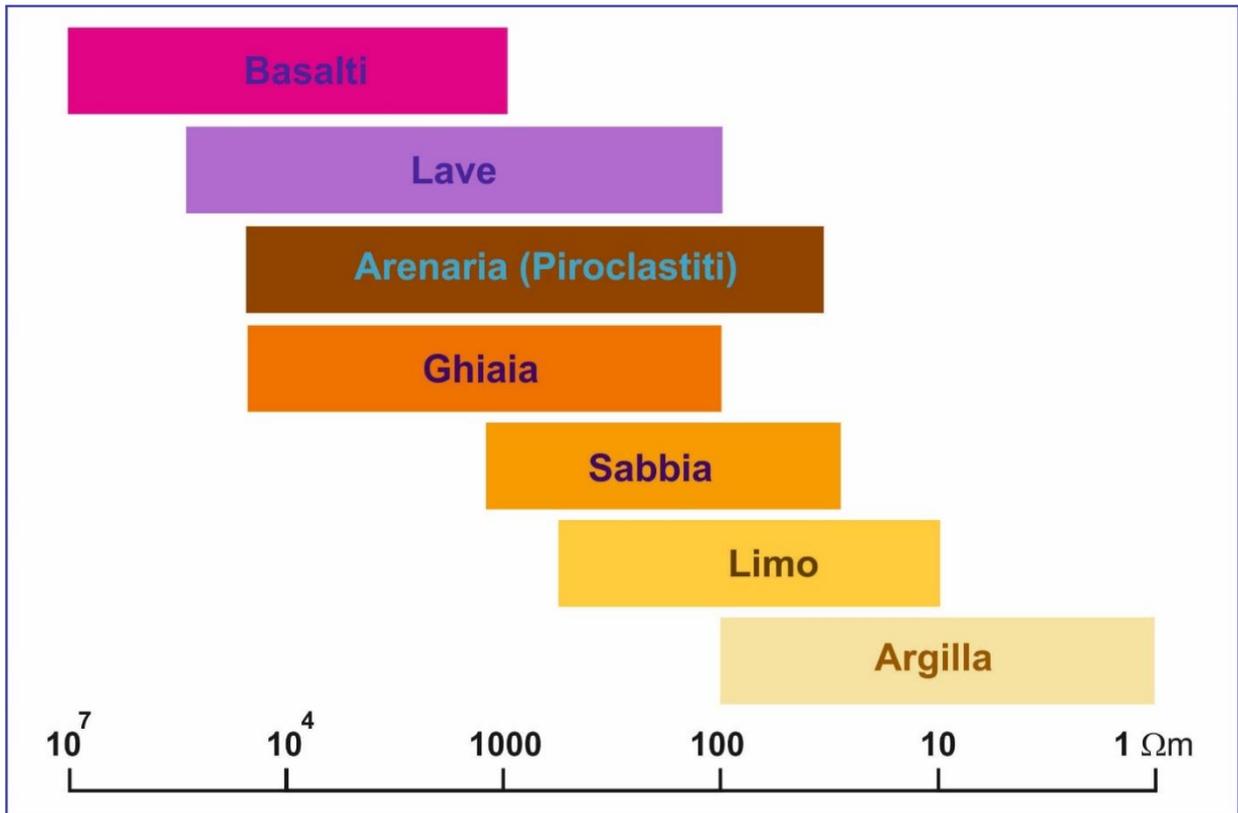


Fig. 6 - Campi di intervalli di resistività nei litotipi

Sezione ERT 1 (Campo 1)

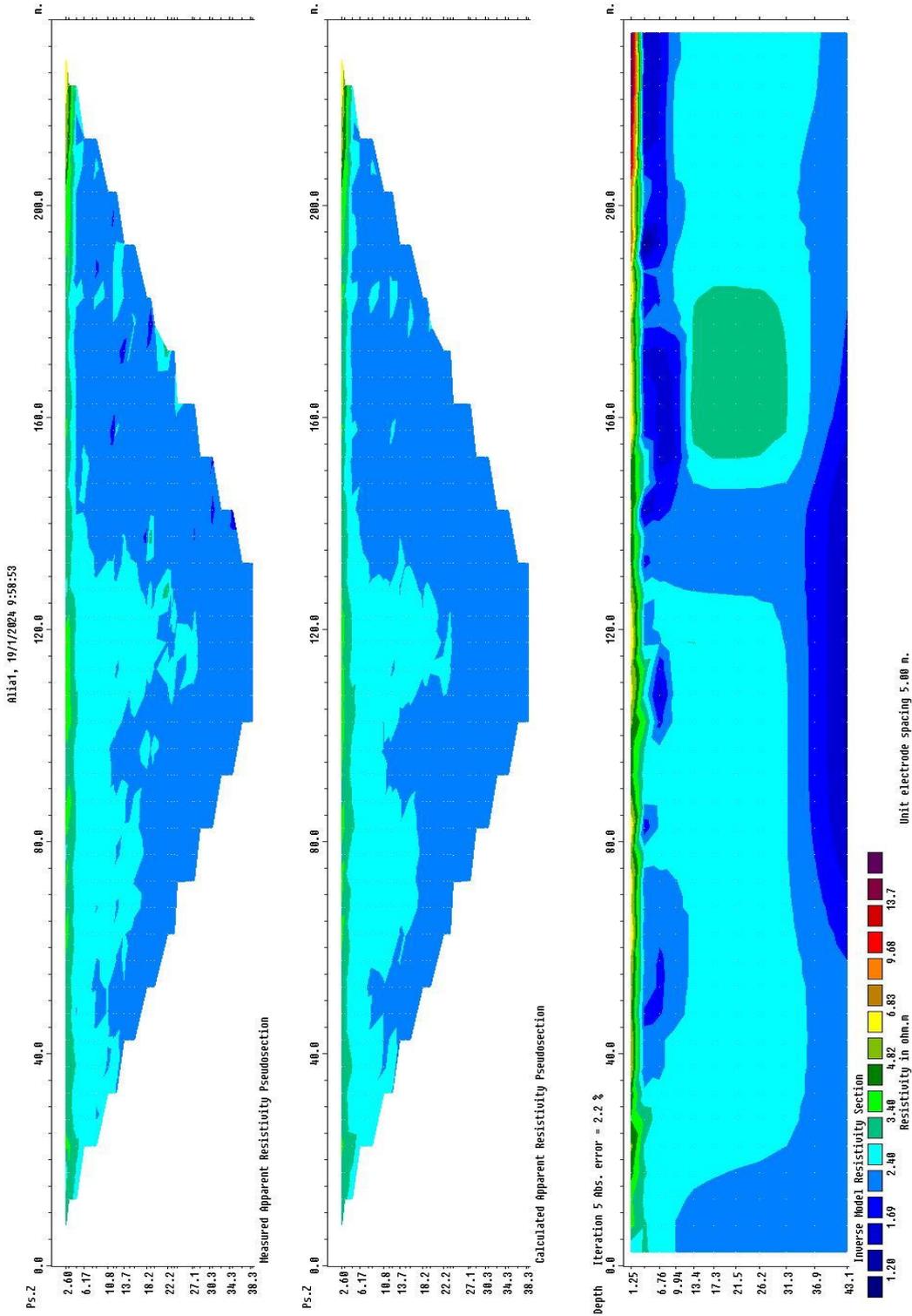
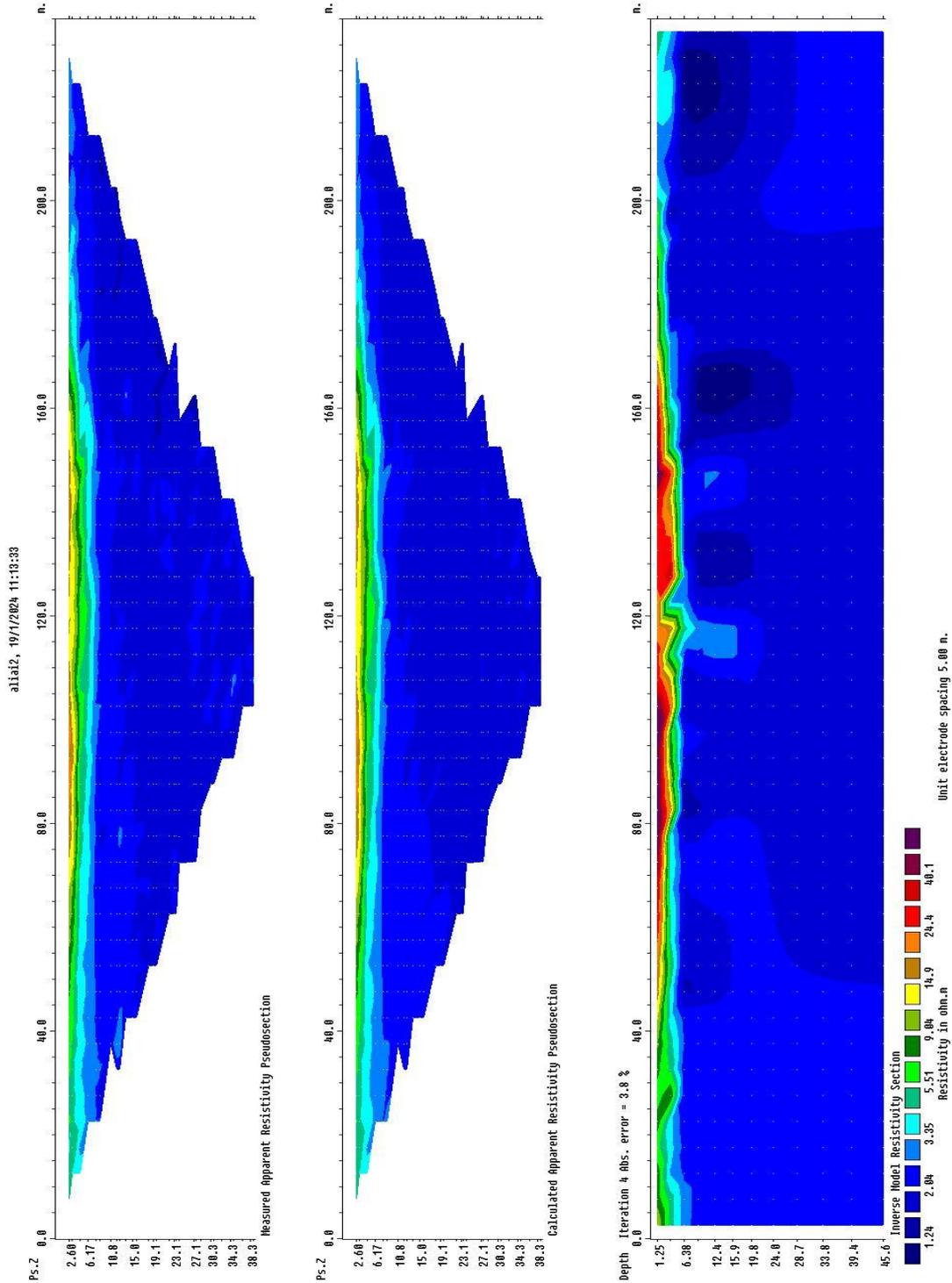
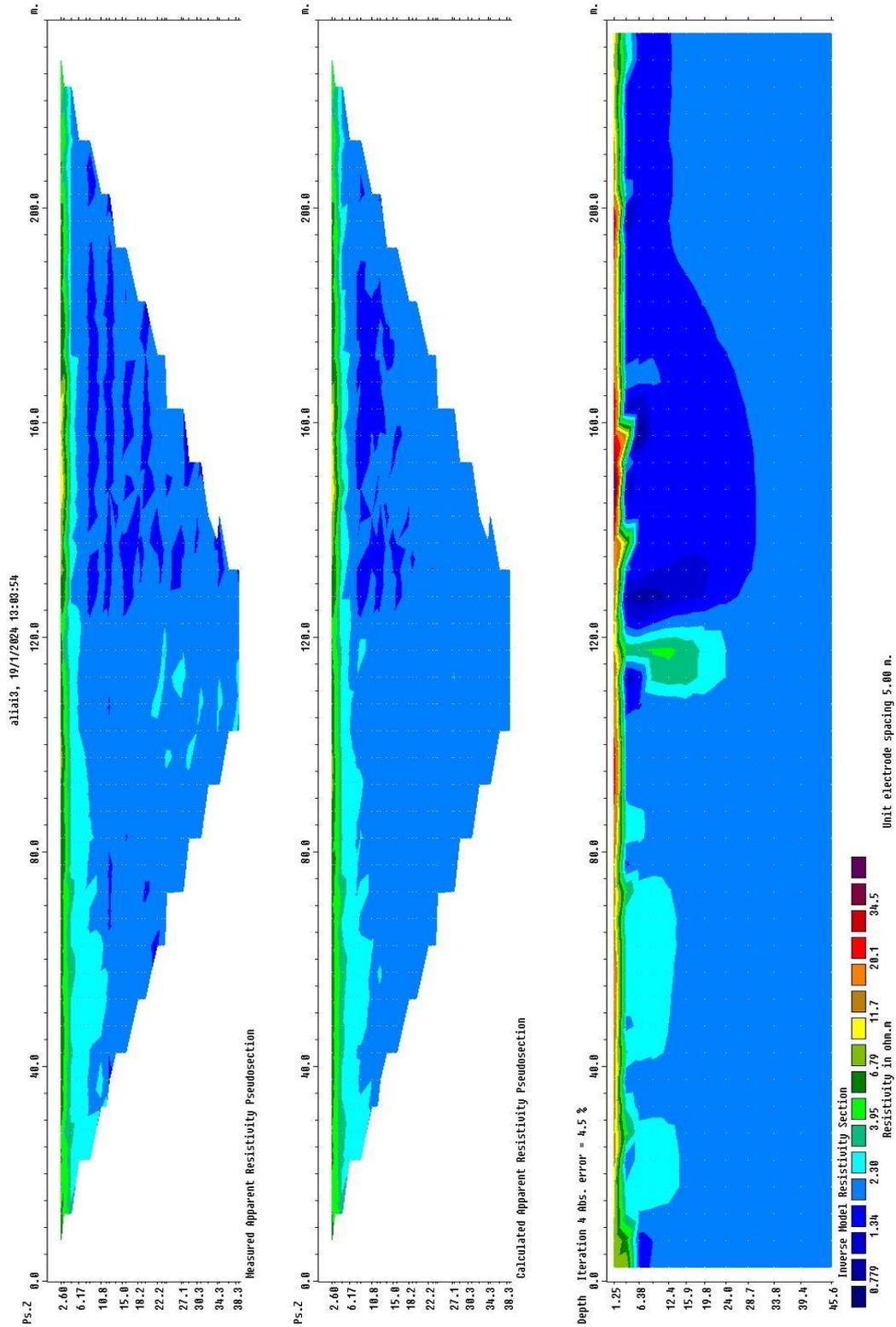


Fig. 7 – Profili per l'elaborazione e Modello di resistività della sezione ERT 1

Sezione ERT 2 (Campo 1)



Sezione ERT 3 (Campo 1)



Sezione ERT 4 (Campo 2)

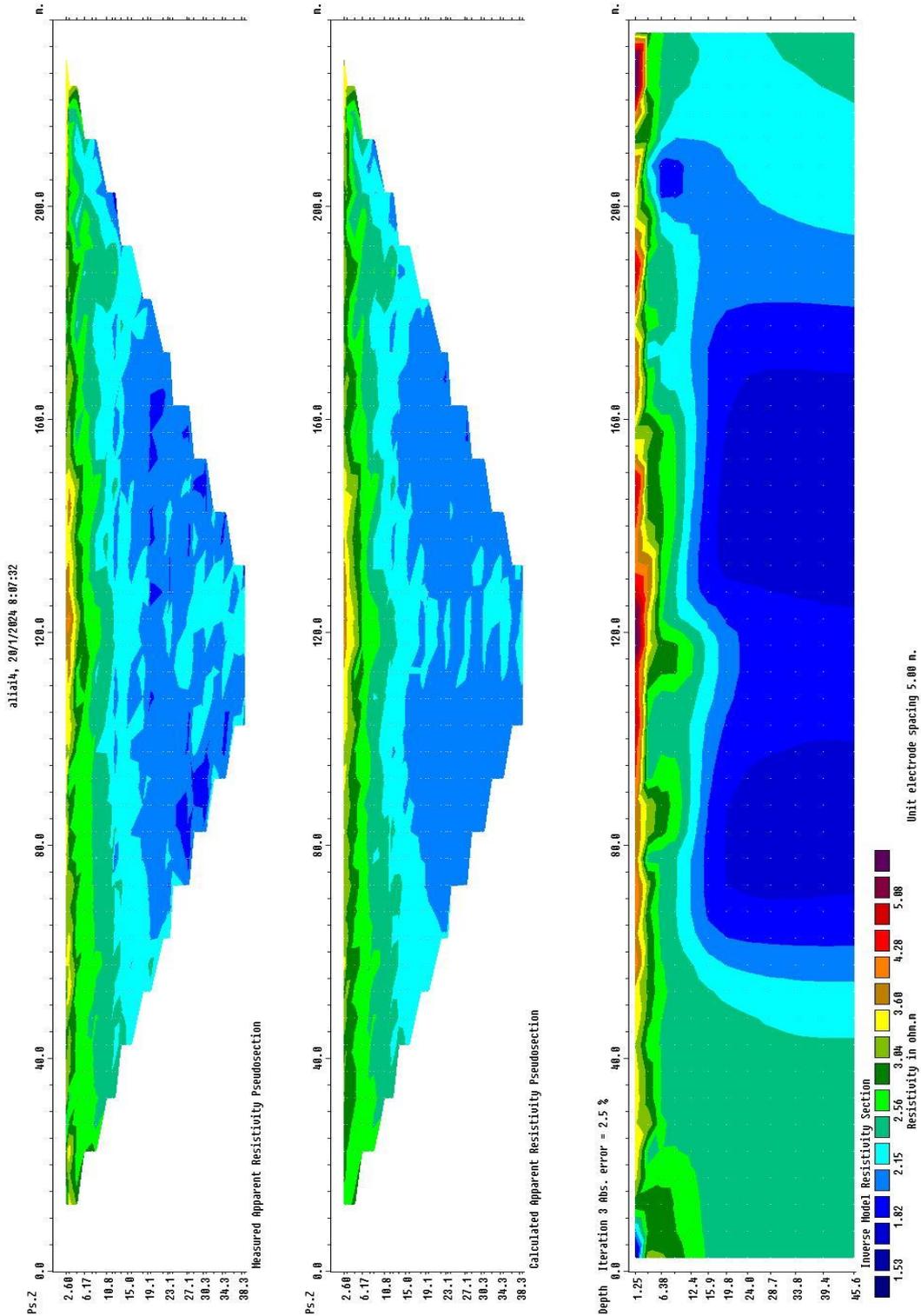


Fig. 10 – Profili per l’elaborazione e Modello di resistività della sezione ERT 4

Sezione ERT 5 (Campo 4)

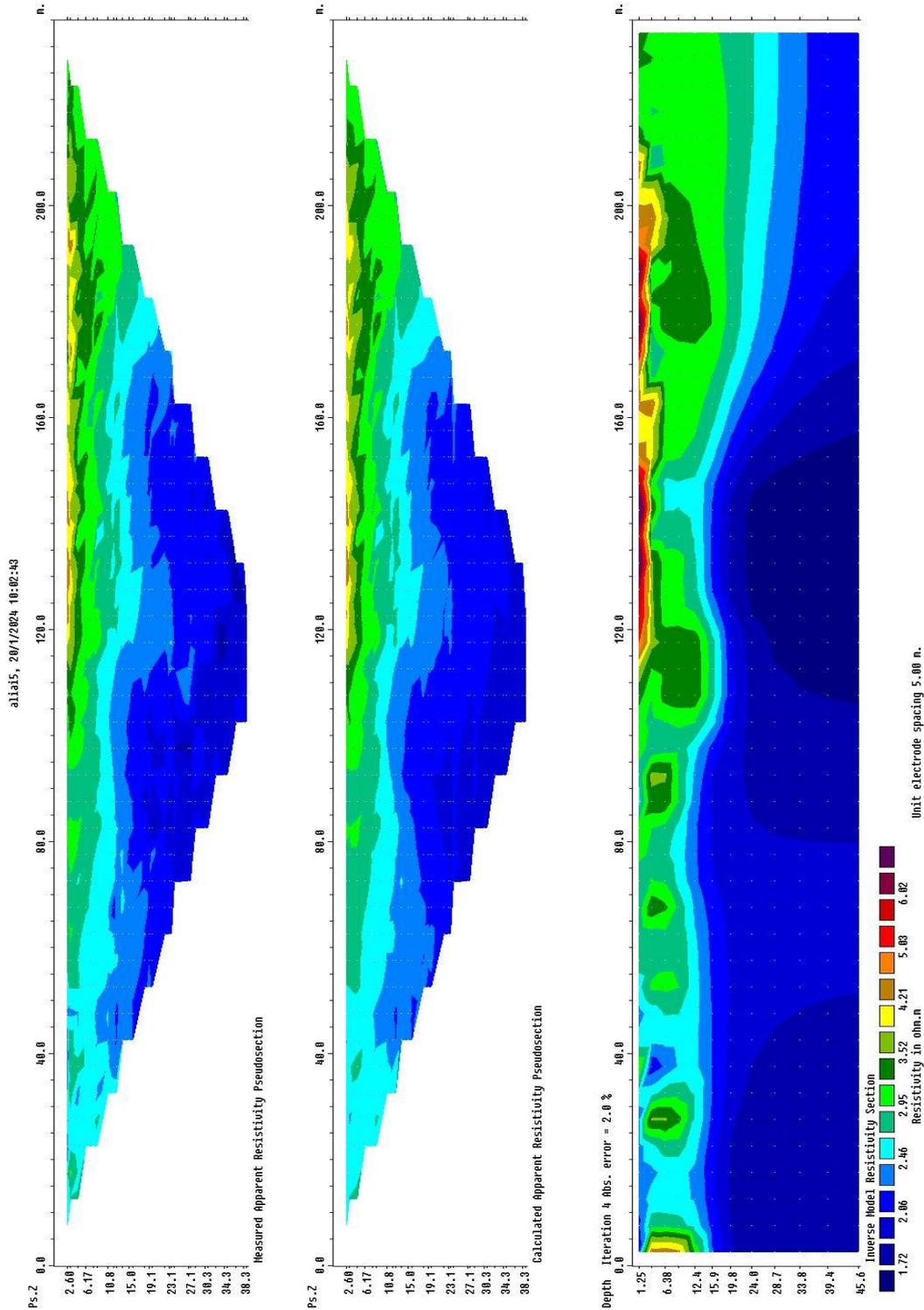


Fig. 11 – Profili per l’elaborazione e Modello di resistività della sezione ERT 5

Sezione ERT 6 (Campo 3)

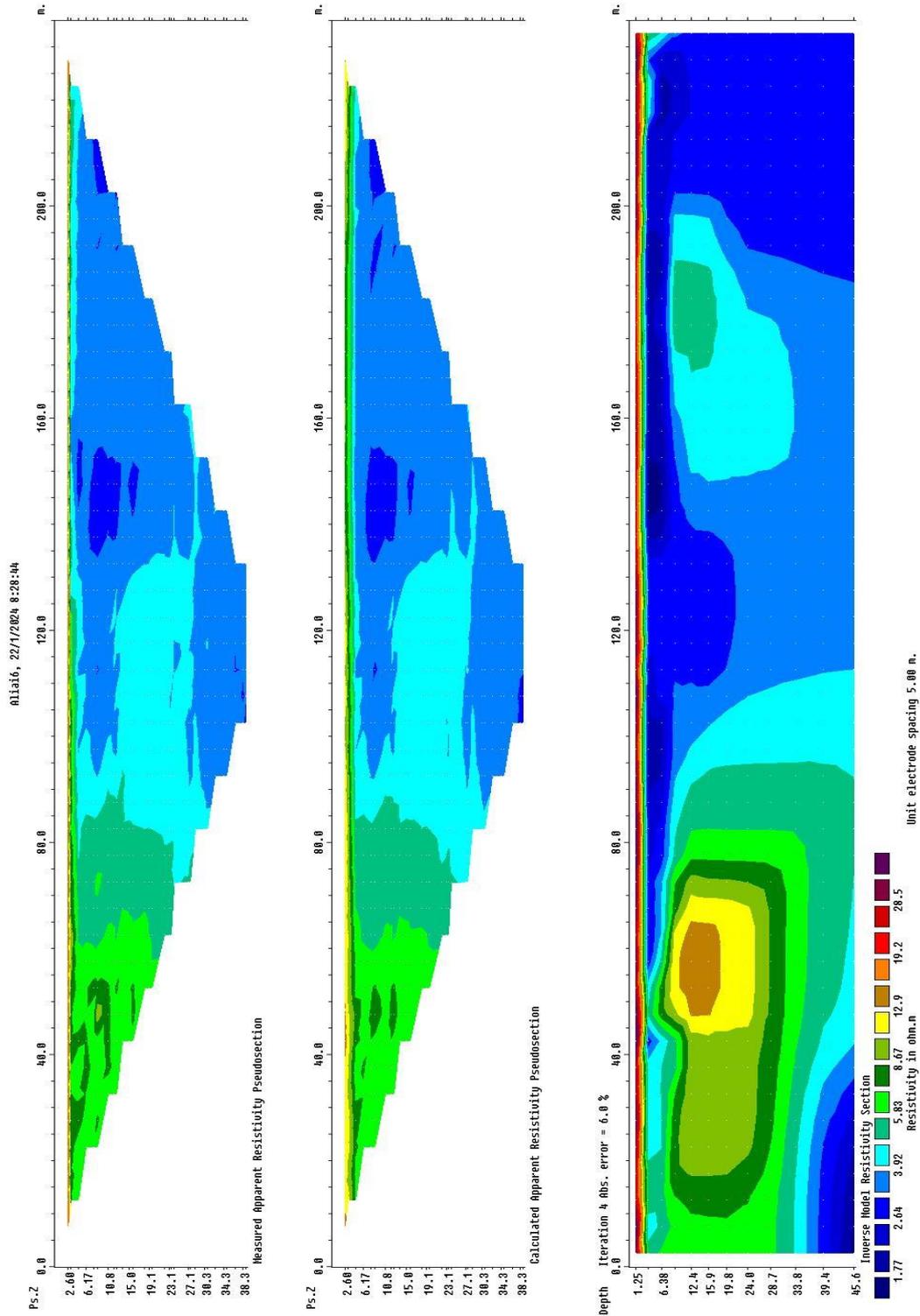


Fig. 12 – Profili per l’elaborazione e Modello di resistività della sezione ERT 6

Sezione ERT 7 (Campo 1)

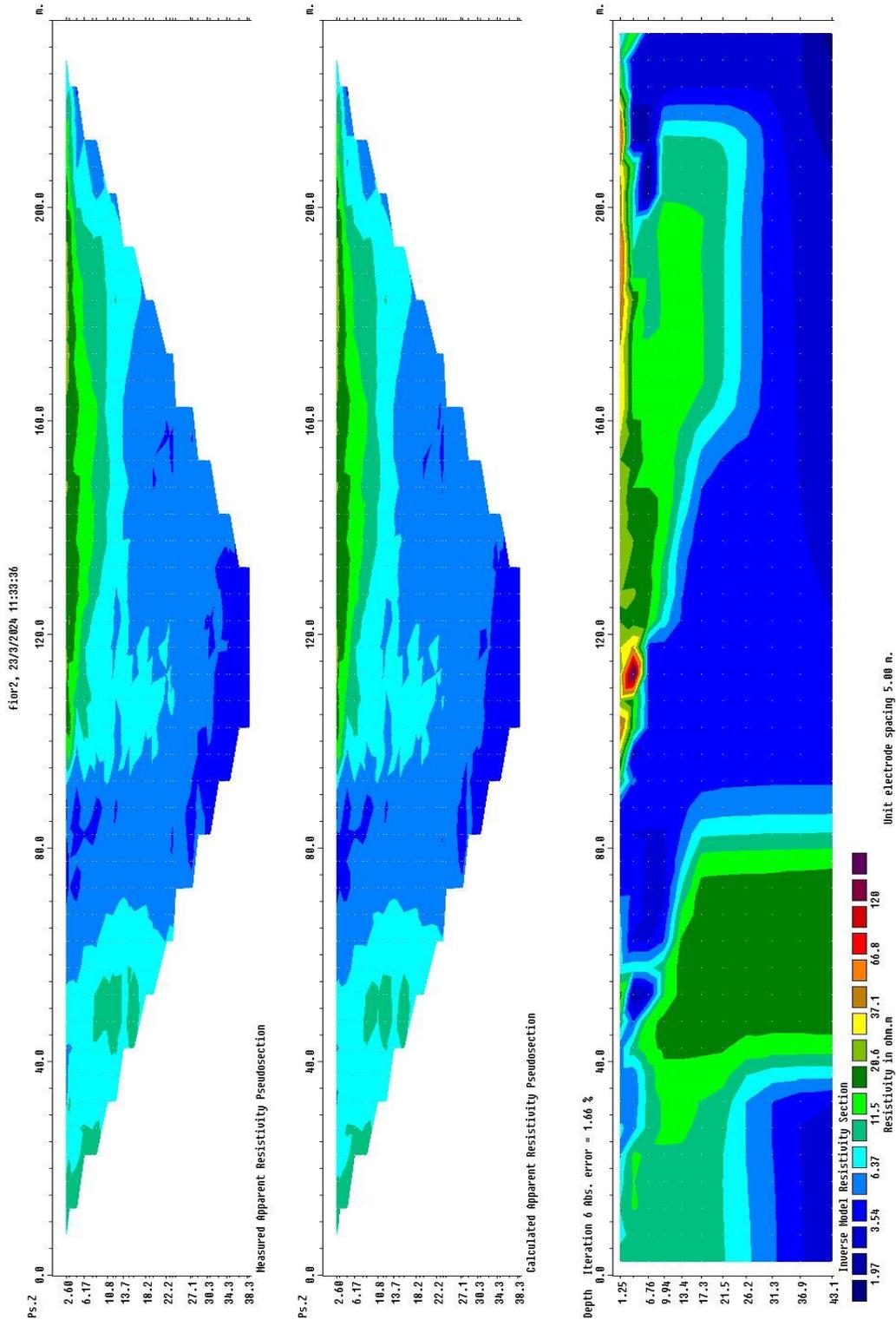


Fig. 13 – Profili per l’elaborazione e Modello di resistività della sezione ERT 7

Sezione ERT 8 (Campo 1)

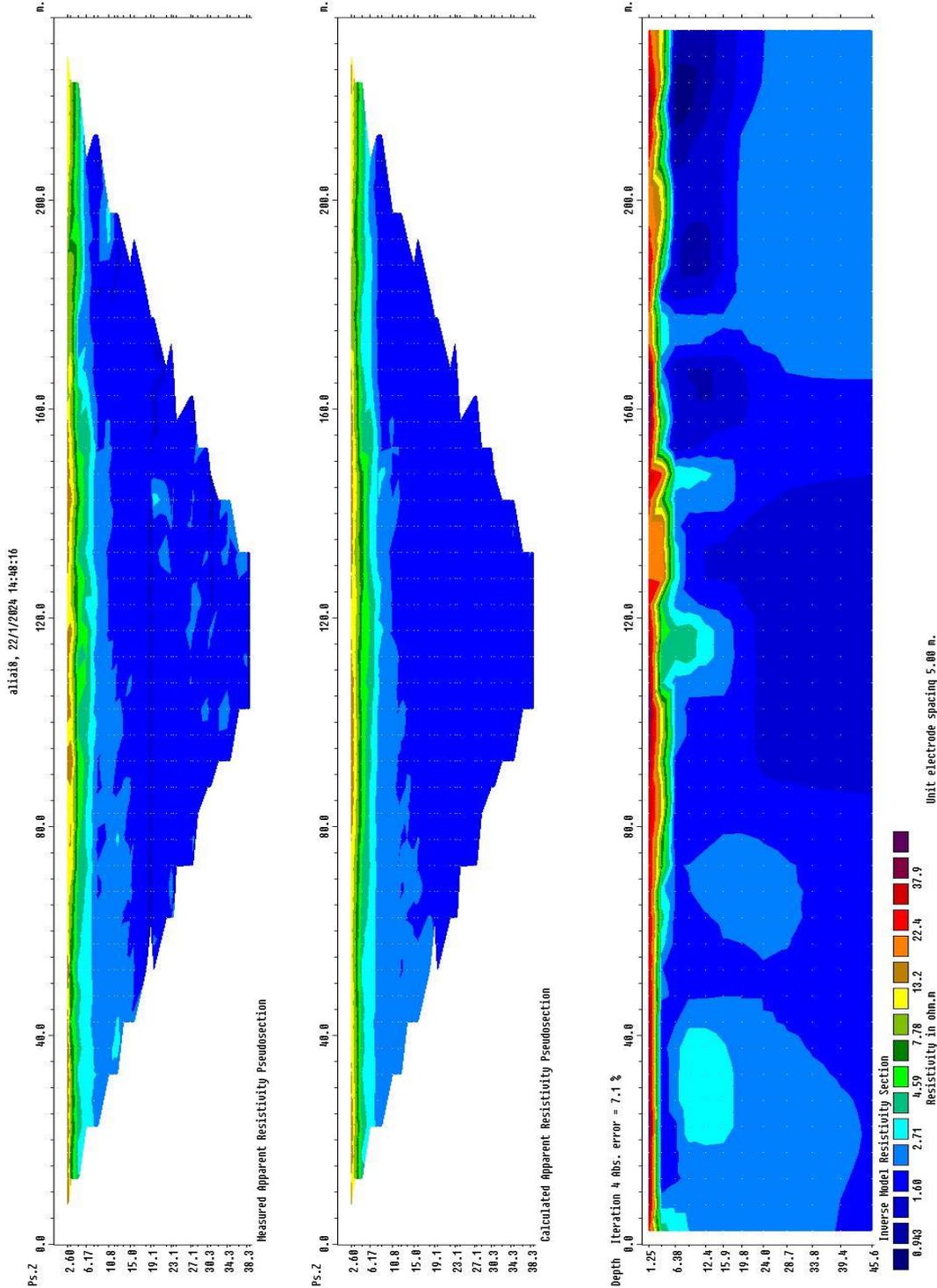


Fig. 14 – Profili per l’elaborazione e Modello di resistività della sezione ERT 8

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

Il preciso scopo della presente campagna di indagini geofisiche di Tomografia elettrica è stato quello di valutare la possibile permeabilità delle sequenze stratigrafiche in affioramento e, in parallelo, quello di stimare la profondità della falda freatica superficiale ed eventualmente quella profonda.

L'insieme dei dati mostra un range di resistività compreso tra 1 Ω m e circa 15÷20 Ω m, con localissime enucleazioni che raggiungono resistività di circa 40 Ω m e in un solo singolo caso di circa 120 Ω m.

In tutte le sezioni è possibile riconoscere due elettro-strati di cui uno strato superficiale caratterizzato da una resistività da 5 Ω m a 15 ÷20 Ω m (comprese le suddette enucleazioni) e uno più profondo con resistività da 1 Ω m a 5 Ω m.

Il primo elettro-strato con spessori fino a 2÷3 metri, rappresenta le alluvioni attuali e recenti che ricoprono estesamente gran parte del territorio. Il secondo elettro-strato definisce i livelli limoso-argilloso prevalenti delle sequenze marine che compongono gli orizzonti delle sequenze maghrebidi.

Nei diversi settori esaminati, i dati delle tomografie elettriche mostrano chiaramente che il sub-strato sedimentario è formato da sequenze argillose con spessori dei depositi alluvionali minimi, che si traducono dal punto di vista idrogeologico nella presenza di orizzonti pressoché impermeabili o con indici molto bassi.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	---	--

4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Così come descritto in precedenza le aree sede del presente progetto ricadono nel settore occidentale della Piana di Catania, fino alle medio-basse valli dei Fiumi Dittaino e Gornalunga. I campi all'interno delle aree A, B e D ricadono su litologie formate da coperture alluvionali e dalle sottostanti sequenze argillose quaternarie sub-etnee del Dominio di Avanfossa, mentre il Campo 9 nell'Area C ricade a cavallo tra i depositi alluvionali, all'interno della media valle del Fiume Dittaino, e le sequenze numidiche ioniche (vedi Carta Geologica allegata).

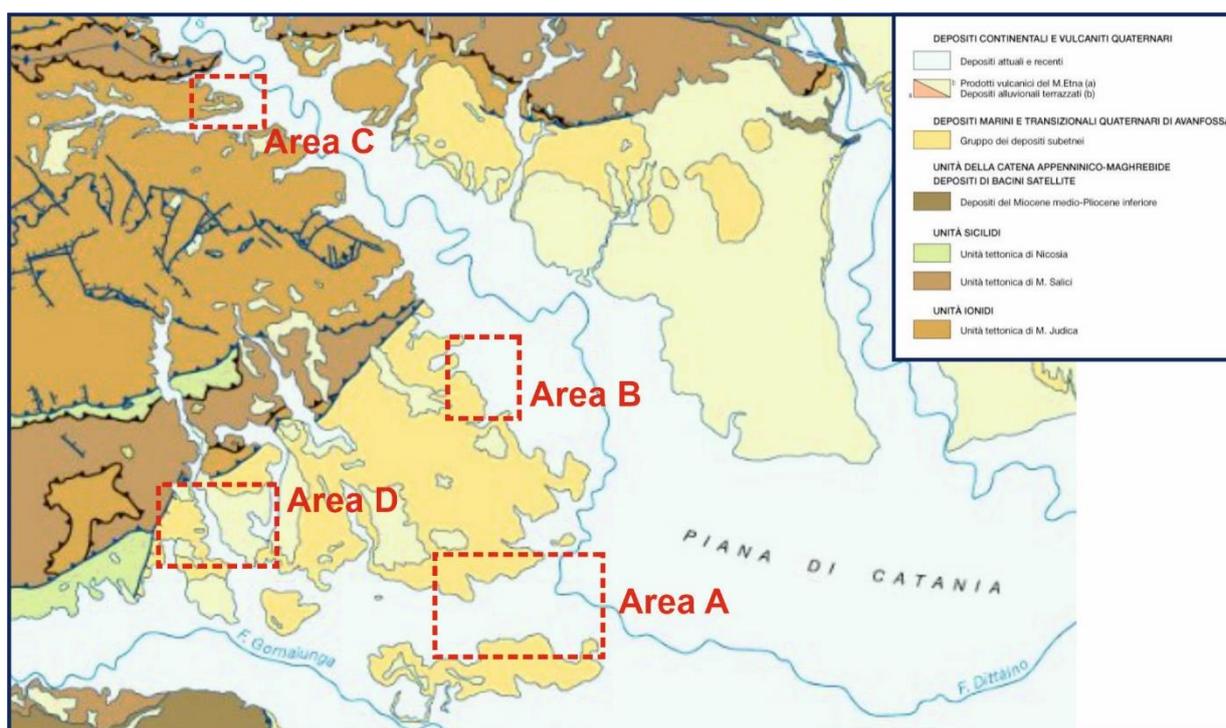


Fig. 14 – Schema geologico della medio-bassa valle dei Fiumi Dittaino e Gornalunga.

Tutte le aree in esame sono caratterizzate dagli estesi affioramenti di sequenze prettamente argillose ricoperte in parte da sottili strati di depositi alluvionali.

Nell'insieme tutte le aree ricadono in litologie impermeabili e i sottili orizzonti alluvionali non permettono la presenza di passaggi di acqua. Gli spessori alluvionali hanno spessori non superiori ai 3 metri. All'interno delle coperture continentali si esclude la presenza di falde freatiche anche di modesto spessore.

<p>INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.</p>	<p>Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p>CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
--	---	---

Tutti i campi (1, 2, 3, 4 e 5) afferenti all'Area A rientrano estesamente nella Zona di Pericolosità idraulica bassa (**P1**) (Figg. 15 e 16), e con limitate aree perimetrali fuori zone di pericolosità.

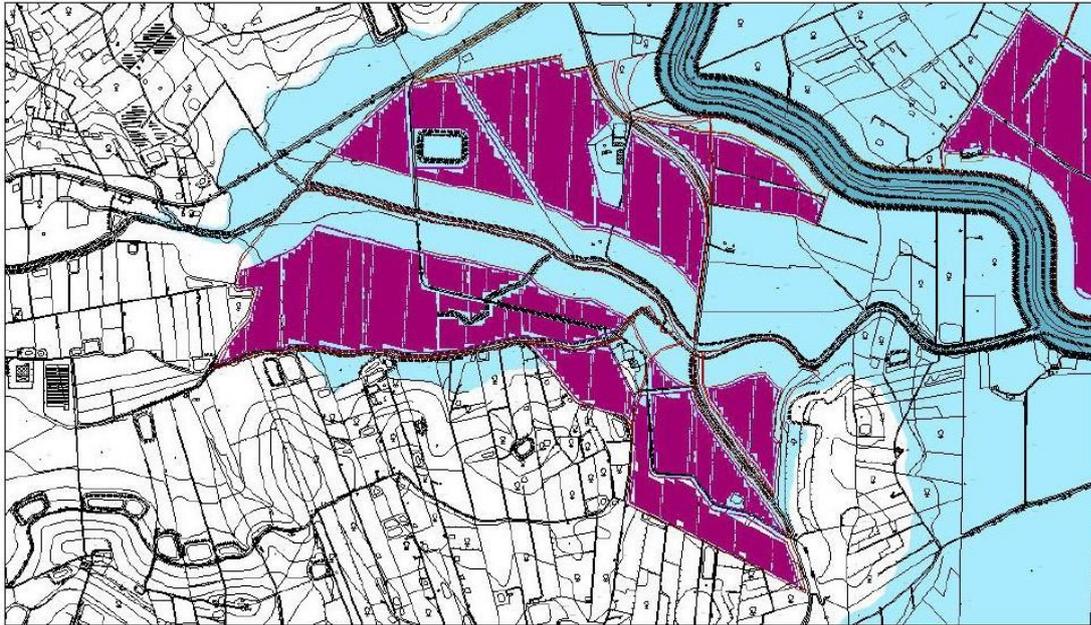


Fig. 15 - I campi 1, 2 e 3 ricadono in Zona pericolosità idraulica P1

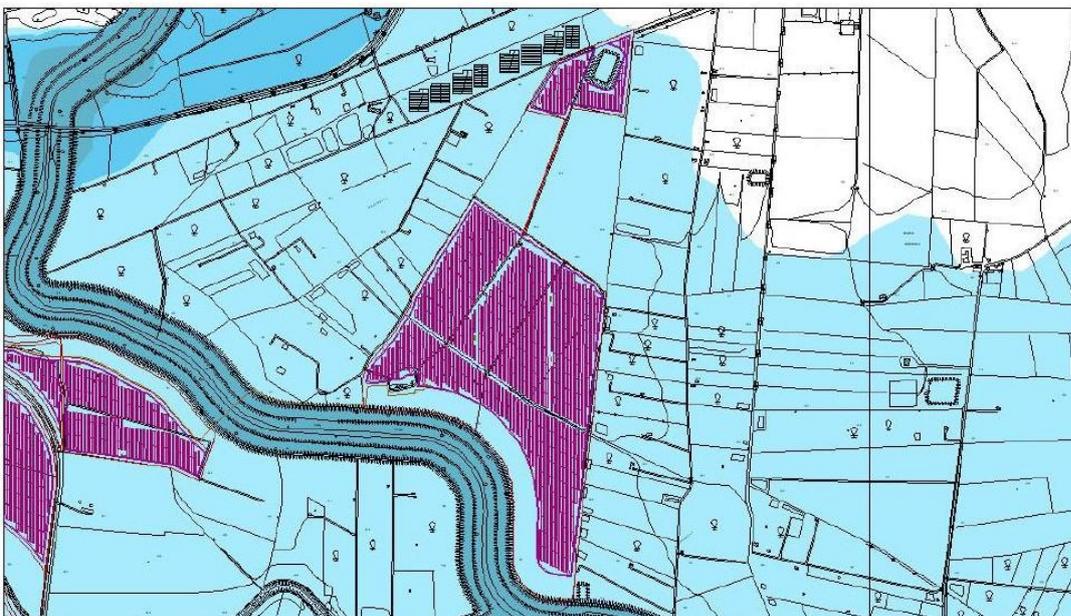


Fig. 16 - I campi 4 e 5 ricadono in Zona pericolosità idraulica P1

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

Nell'area B il campo 6 ricade in parte nella zona di pericolosità **P1** e la parte posta più a NE ricade nella Zona di Pericolosità idraulica media (**P2**) (Fig. 17).

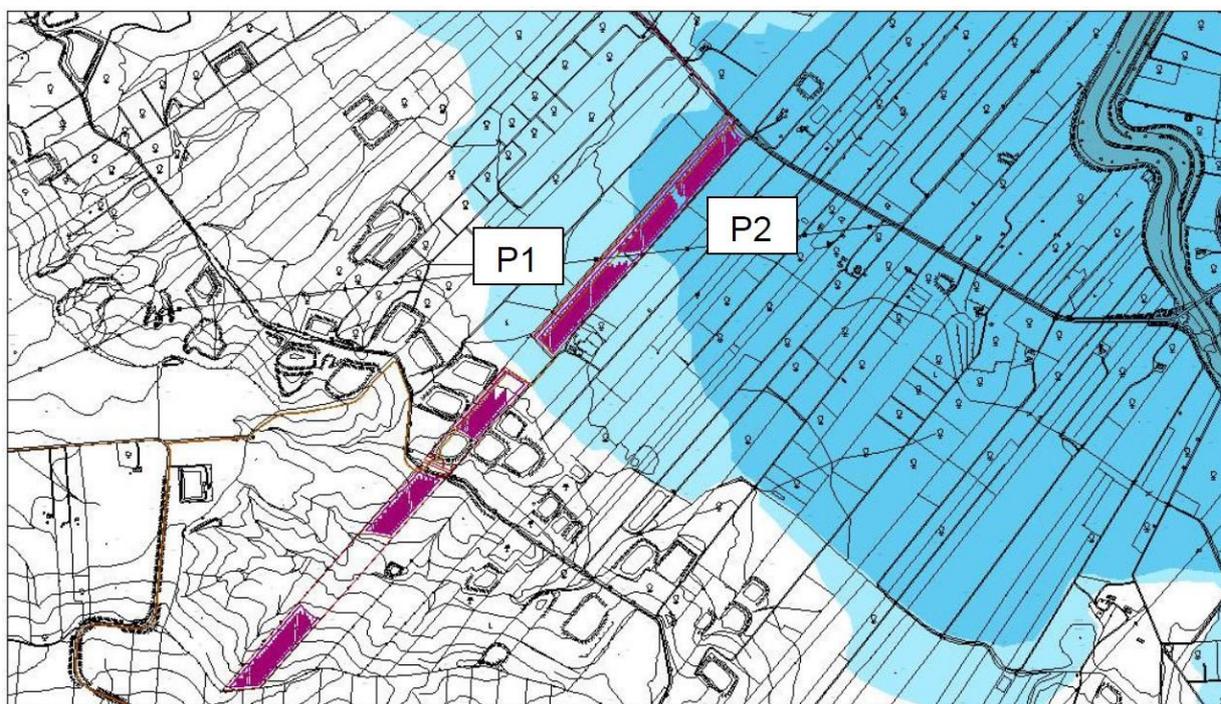


Fig. 17 - Il campo 6 ricade in Zona pericolosità P1 e P2.

Nell'Area C solo il segmento più a NE del campo 9 fa parte della Zona di Pericolosità idraulica bassa (**P1**) (Fig. 18). Mentre nell'Area D nessun campo ricade in zone con pericolosità.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

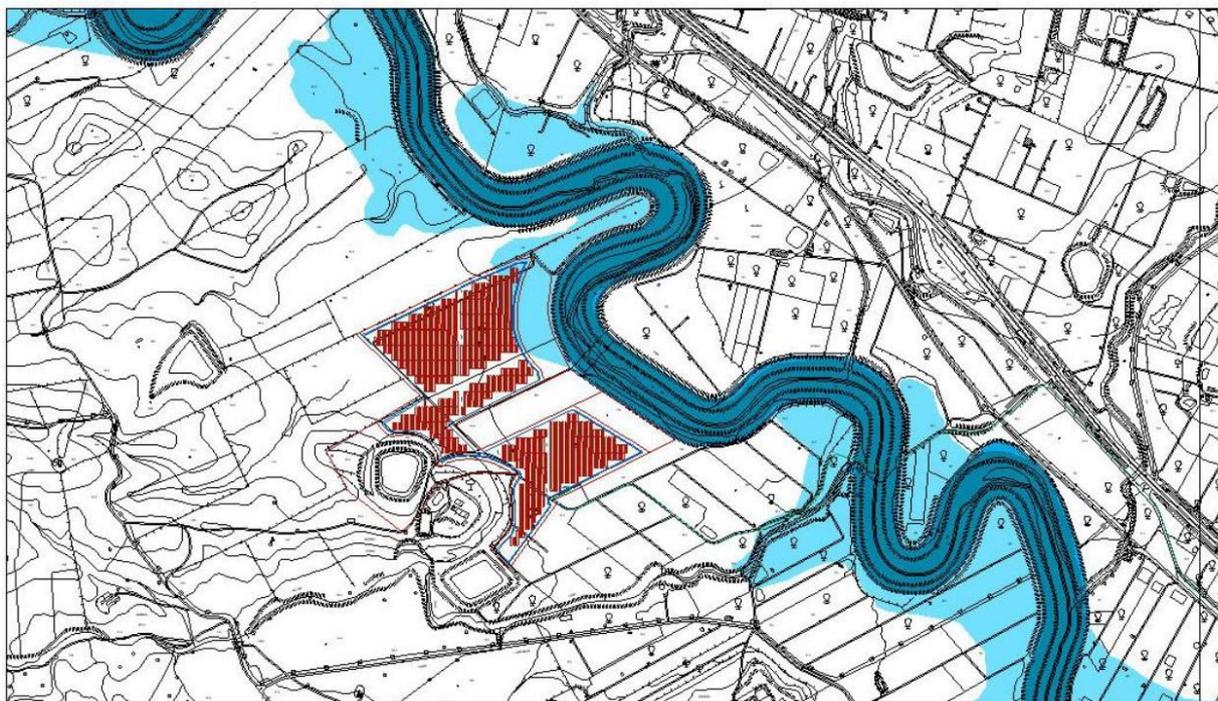


Fig. 18 – Il settore più NE del campo 9 rientra all’interno della Zona pericolosità idraulica P1

Attorno i campi delle aree B, C e D il reticolo fluviale è impostato nelle sequenze argillose, con uno sviluppo piuttosto scarso e di basso ordine gerarchico. Gran parte delle aste sono controllate dall'impronta antropica. Molte aste fluviali sia preesistenti che realizzate antropicamente, originali hanno un inizio e una fine connesse a invasi artificiali. Tutte le aree sono fortemente caratterizzate dalla presenza di invasi.

I campi 7, 8, 10, 11, 12 e 13 ricadono pienamente o in larghissima parte sulle litologie argillose (vedi Carta Geologica allegata).

I campi 1,2,3 ,4 e 5 nell'Area A, e i campi 6 e 9 sono impostati pienamente o in grandissima parte sulle coperture alluvionali. I suddetti campi sono caratterizzati dalla presenza di una notevole quantità di corsi d'acqua che spesso scorrono in adiacenza o all'interno dei campi. I corsi d'acqua sono formati da solchi con sponde spesso simmetriche o blandamente asimmetriche e con una profondità di alcuni metri. Il

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
--	--	--

reticolo dei solchi di drenaggio con il maggiore sviluppo, è presente nei campi 1,2,3 ,4 e 5 nell’Area A (vedi Carta Geologica allegata).

Nell’Area A il campo 1 è diviso (anche dal punto di vista idraulico) dai campi 2 e parte del 3 da un rilevato stradale con uno spessore di oltre 1,5 metri.

Tutti i campi 1,2,3 ,4 e 5 dell’Area A sono separati dal corso del Fiume Dittaino da argini a più terrazzi, con una elevazione di oltre 6 metri.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

5. DEFINIZIONE DEL PARAMETRO CN, CURVE NUMBER

A supporto del calcolo idraulico si definisce il parametro **CN, Curve Number**. Il parametro **CN** è un numero adimensionale che varia tra **100 (per corpi idrici e suoli completamente impermeabili)** e **circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione**. Con valori di CN uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta "spugna". Viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione. Con valori di CN uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente, o quasi, in deflusso. Nella Figura successiva si può osservare in che modo la pioggia cumulata si trasforma in pioggia netta in relazione al valore di CN. Il CN è essenzialmente legato a: natura **litologica del suolo**; tipo di copertura (**uso del suolo**); condizioni iniziali di **umidità del suolo antecedenti** un evento meteorico; e **stagione** di riposo o crescita della vegetazione. L'agenzia del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS), precedentemente nota come Soil Conservation Service, ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro CN.

Innanzitutto ha suddiviso il suolo in quattro classi in base alla capacità di assorbimento (Tab. 3):

Tipo idrologico 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, ma 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 vicinanza delle superfici.

Tab. 3 – Classi di suolo in base alla capacità di assorbimento.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico “ALIAI” Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

Considerato che all'interno delle aree descritte affiorano sequenze argillose o sottili depositi alluvionali, si può stabilire che ai fini del calcolo idraulico il **parametro Cn è di tipo D per le sequenze argillose e di tipo C per le sequenze alluvionali.**

Per i terreni di tipo D si ha una **“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 vicinanza delle superfici”.**

Per i terreni di tipo C si ha una **“Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno del gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione”.**

Una volta determinata la classe del suolo, tramite la sottostante Tabella si stabilisce il valore del parametro CN (Tab. 4) in relazione al tipo di copertura (uso del suolo).

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Senza trattamento di conservazione	72	81	83	91
Con interventi di conservazione	62	71	73	81
TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	90
PRATERIE				
Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSI O FORESTATI				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura bucci	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATIRASATI, PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (impermeabilità 83%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (imper. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media %				
65	77	85	90	92
61	61	73	83	87
57	57	72	81	86
54	54	70	80	85
51	51	68	79	84
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghinate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tab. 4 – Valore del parametro CN.

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT	CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER
-------------------------------------	--	--

Nel caso in esame vista la tipologia di suolo e rimanendo abbondantemente sotto i valori reali a cautela del calcolo, si può definire che la tipologia di copertura e il valore CN sono (Tab. 5):

Percentuale rispetto al volume	Tipo di Copertura	CN
50%	<u>Terreno di Tipo C coltivato</u> con interventi di conservazione.	78
50 %	<u>Terreno di Tipo D coltivato</u> con interventi di conservazione.	81

Tab. 2 - Valori di CN in funzione della tipologia di copertura

Il valore di CN dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee con la seguente formula:

$$CN_{tot} = \frac{\sum CN_i A_i}{A_{tot}}$$

dove:

- CN_{tot} = CN dell'intero bacino;
- CN_i = CN la i-esima zona omogenea;
- A_i = area della i-esima zona omogenea;
- A_{tot} = area totale del bacino

$$CN_{tot} = 79,5$$

INVESTMENT CAPITAL SOLUTIONS s.p.a.	<p align="center">Impianto Fotovoltaico "ALIAI" Relazione geologica ed idrogeologica integrativa OGGETTO / SUBJECT</p>	<p align="center">CHERRY PICKING S.R.L. CLIENTE / CUSTOMER</p>
-------------------------------------	--	---

5. SINTESI DEI DATI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DEI DIVERSI CAMPI

I campi delle diverse aree ricadono in aree dove affiorano sequenze argillose ricoperti da coperture alluvionali con limitati spessori mai superiori ai 3 metri. I campi 1,2,3 ,4 e 5 nell'Area A, e i campi 6 e 9 sono impostati pienamente o in grandissima parte sulle coperture alluvionali. I suddetti campi sono caratterizzati dalla presenza di una notevole quantità di corsi d'acqua che spesso scorrono in adiacenza o all'interno dei campi. I campi 7, 8, 10, 11, 12 e 13 ricadono pienamente o in larghissima parte sulle litologie argillose (vedi Carta Geologica allegata).

In tutte le aree la falda freatica è praticamente assente e i terreni possono essere considerati impermeabili.

I bacini imbriferi sono molto variabili ma sempre di limitatissima estensione. I campi ricadenti sulle coperture alluvionali sono contrassegnati dalla presenza di una notevole quantità di corsi d'acqua che spesso scorrono in adiacenza o all'interno dei campi. I corsi d'acqua sono formati da solchi con sponde spesso simmetriche o blandamente asimmetriche e con una profondità di alcuni metri.

Vista la tipologia si stima che il parametro CN = 79,5.



Il Geologo
dott. Salvatore Torrisi (Ph.D)