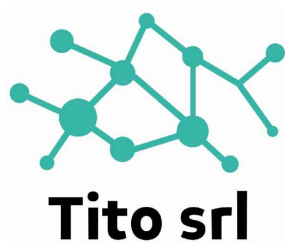




IMPIANTO AGROVOLTAICO "NURRA 1"

COMUNE DI SASSARI

PROPONENTE



IMPIANTO AGROVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE NEL COMUNE DI SASSARI

CODICE ELABORATO

PD -R08

OGGETTO:
Relazione Idrogeologica

COORDINAMENTO



BIA srl
P.IVA 03983480926
cod. destinatario KRRH6B9
+ 39 347 596 5654
energhiabia@gmail.com
energhiabia@pec.it
piazza dell'Annunziata n. 7
09123 Cagliari (CA) | Sardegna

GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori
Dott. Ing. Fabio Massimo Calderaro
Dott. Giulio Casu
Dott.Archeol. Fabrizio Delussu
Dott.ssa Ing. Silvia Exana
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio
Dott. Ing Bruno Manca
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott. Ing. Michele Pigiariu
Dott. Ing. Giuseppe Pili
Dott. Ing. Luca Salvadori
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas
Dott.Nat. Fabio Schirru
Dott. Agr. Vincenzo Sechi

REDATTORE

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori

00	luglio 2022	Prima emissione
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE

INDICE

1. PREMESSA.....	4
1.1. Quadro normativo	4
2. STUDI ED INDAGINI DI RIFERIMENTO	5
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE	6
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO	11
4.1. Descrizione del contesto geologico dell'area vasta oggetto di intervento	11
4.2. Unità tettonica dell'Argentiera	18
4.3. Unità tettonica di Canaglia	18
4.4. Successione sedimentaria mesozoica	18
4.5. Successione sedimentaria miocenica.....	20
4.6. Depositi Quaternari dell'area continentale	20
4.7. Analisi dell'area geomorfologicamente significativa al progetto	25
5. INQUADRAMENTO CLIMATICO	28
5.1. Precipitazioni.....	29
5.2. Temperature	30
5.3. Stima dell'Evapotraspirazione.....	31
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	36
6.1. Schema della circolazione idrica superficiale	36
6.2. Schema della circolazione idrica sotterranea.....	37
7. INQUADRAMENTO PEDOLOGICO	45
8. FATTIBILITA' IDROGEOLOGICA.....	48



Indice delle figure

Figura 1 Inquadramento geografico dell'area di progetto.....	6
Figura 2 Inquadramento topografico, CTR 1:10.000 zona Ovest	7
Figura 3 Inquadramento topografico, CTR 1:10.000 zona Est.....	8
Figura 4 Inquadramento topografico IGM Serie 25.....	9
Figura 5 Localizzazione area di progetto (Fonte RAS).....	10
Figura 6 Schema tettonico-strutturale della Sardegna.....	12
Figura 7 Schema Tettonico dell'area vasta di studio con l'area di dettaglio evidenziata in arancio (tratto da Ghiglieri et al 2006; 2009a)	13

Figura 8 Sezione geologica rappresentativa dell'area vasta (tratto da Ghiglieri et al 2006; 2009a)	13
Figura 9 Particolare della sezione geologica con dettaglio dell'area in studio.....	15
Figura 10 Stralcio Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 foglio 179 "Porto Torres"	16
Figura 11 Stralcio della Carta Geologica dell'area di interesse	17
Figura 12 Calcari della Formazione di Monte Nurra.....	19
Figura 13 Calcare oolitico della Formazione di Campanedda.	19
Figura 14 Coltri eluvio-colluviali.....	22
Figura 15 paesaggio a monte dell'area di studio.....	24
Figura 16 Foto dell'area interessata al progetto	26
Figura 17 Caratteri geomorfologici dell'area vasta e significativa (SSW verso il lato superiore dell'immagine).....	26
Figura 18 Carta geomorfologica dell'area di progetto.....	27
Figura 19 Andamento pluviometrico dell'area vasta (espresso in mm) ricavato dalle stazioni pluviometriche di Sassari e di Fertilia (anno 2011).	29
Figura 20 Andamento della pluviometria mensile e annuale (nell'asse delle ordinate, in mm) per le stazioni di Sassari (e Fertilia per il solo 2011) nel periodo 2008-2018.	30
Figura 21 Temperature mensili (in °C) registrate nella stazione di Sassari negli anni dal 2018 al 2012, e presso la stazione di Fertilia per il periodo 1995-2011.	31
Figura 22 Temperature mensili (in °C, nell'asse delle ordinate) registrata nella stazione di Sassari per gli anni 2012-2018, e nella stazione di Fertilia per il periodo 1995-2011.....	31
Figura 23 Evapotraspirazione (espressa in mm) per la zona di Sassari.....	32
Figura 24 media mensile dei giorni di sereno, nuvoloso e coperto per il periodo 1961-1990, relativa alla stazione di Fertilia, espressa in okta.....	32
Figura 25 Ventosità media per inverno (a), primavera (b), estate (c), e autunno (d) durante il periodo 1971-2000 registrate nella stazione meteorologica di Fertilia.....	33
Figura 26 Umidità relativa per la stazione di Fertilia, per il periodo 1971-2000.....	34
Figura 27 Diagramma ombrotermico (Walter e Lieth) per il settore di Sassari.....	34
Figura 28 Climogramma relativo all'area di Sassari.....	35
Figura 29 Suddivisione dei bacini idrografici sardi.	36
Figura 30 Carta dell'idrografia superficiale.....	38
Figura 31 Schema esemplificativo, non in scala, dei processi di infiltrazione e deflusso sotterraneo	38
Figura 32 Sistemi idrogeologici dell'area occidentale del foglio 459 "Sassari"	40
Figura 33 Carta delle permeabilità dei substrati.....	40
Figura 34 – Sottobacini del Bacino idrografico di Fiume Santo.....	42

Figura 35 – Sottobacini del Bacino idrografico di Fiume Santo studio Art.37 NTA PAI (2022).....	43
Figura 36 - Dati morfometrici e di portata dei sottobacini del Fiume Santo e del sottobacino F2.....	44
Figura 37 - Dettaglio del sistema idrografico in prossimità dell'area di progetto	45
Figura 38 Stralcio della Carta dei Suoli della Sardegna (Fonte RAS).....	46

☺

1. PREMESSA

Il proponente **Tito S.r.l.** intende realizzare un impianto agrovoltaiico in località **“Bitichesu”** nel **Comune di Sassari** e denominato **“Nurra 1”**, per il cui progetto è stato conferito, alla scrivente Geol. Cosima Atzori, regolarmente iscritta all’Albo Professionale dei Geologi della Sardegna al n°656, con studio in Sestu (CA) – C.D. Pittarello - Loc. Scala Sa Perda 87, C.F. TZRCSM72H41B354F e P.I.V.A. 03191600927, l’incarico professionale per la redazione della Relazione Idrogeologica, la cui stesura ottempera quanto previsto dal D.M. del 17/01/2018 recante le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (di seguito NTC), con l’obiettivo di evidenziare, in via preliminare, le caratteristiche geologico-morfologiche e il comportamento fisico-meccanico dei terreni interessati dalle opere in progetto.

1.1. QUADRO NORMATIVO

La presente è redatta in ottemperanza a quanto stabilito dalla vigente normativa in materia, con particolare riferimento a:

- D.M. LL.PP. 11.03.1988 “Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii attuali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione in applicazione della Legge 02.02.1974 n°64.
- Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24.09.1988 – Istruzioni pe l’applicazione del D.M. LL.PP.11.03.1988.
- Raccomandazioni, programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1975 – Associazione Geotecnica Italiana.
- D.M. Infrastrutture 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni. (6.2.1 – Caratterizzazione e modellazione geologica del sito, 6.4.2 Fondazioni superficiali)
- D.lgs. n. 152/2006 Norme in materia ambientale
- DPR 59/2013 Regolamento recante la disciplina dell'autorizzazione unica ambientale e la semplificazione di adempimenti amministrativi in materia ambientale gravanti sulle piccole e medie imprese e sugli impianti non soggetti ad autorizzazione integrata ambientale
- Dgls 50/2016 Codice dei contratti pubblici
- Deliberazione n. 6/16 del 14 febbraio 2014- Direttive in materia di autorizzazione unica ambientale. Raccordo tra la L.R. n. 3/2008, art.1, commi 16-32 e il D.P.R. n. 59/2013.

2. STUDI ED INDAGINI DI RIFERIMENTO

Le informazioni topografiche e geologiche dell'area oggetto della presente sono state ricavate dalla cartografia tematica esistente. Si elencano di seguito:

- Carta Topografica I.G.M. scala in 1:25000
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000
- RAS - Modello digitale del Terreno con passo 1m
- Carta Geologica dell'Italia in scala 1:100000.
- Cartografia Geologica di base della R.A.S. in scala 1:25000
- RAS - Carta dell'Uso del Suolo della Regione Sardegna, 2008
- I.S.P.R.A - Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (legge 464/84)
- RAS – Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna, annali idrologici 1922-2009
- RAS – ARPA – Dati meteorologici 1971-2000 e 2014
- RAS – Autorità di Bacino - Piano Stralcio d'Assetto Idrogeologico
- RAS – Autorità di Bacino - Piano di Tutela delle Acque
- RAS – Autorità di Bacino - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali
- Analisi orto-fotogrammetrica

I dati a disposizione sono stati integrati con le informazioni derivanti dai sopralluoghi effettuati dalla scrivente in sito e dagli esiti di lavori analoghi nei pressi della zona di interesse.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE

Sassari è un comune di 123.850 abitanti, capoluogo dell’omonima provincia, è situato nella parte Nord Occidentale dell’isola e confina da NNW in senso orario con Stintino, Porto Torres, Sorso, Sennori, Osilo, Muros, Ossi, Tissi, Usini, Uri, Olmedo e Alghero.

Il terreno sul quale verrà realizzato il progetto ricade nelle località “*Bitichesu*”.

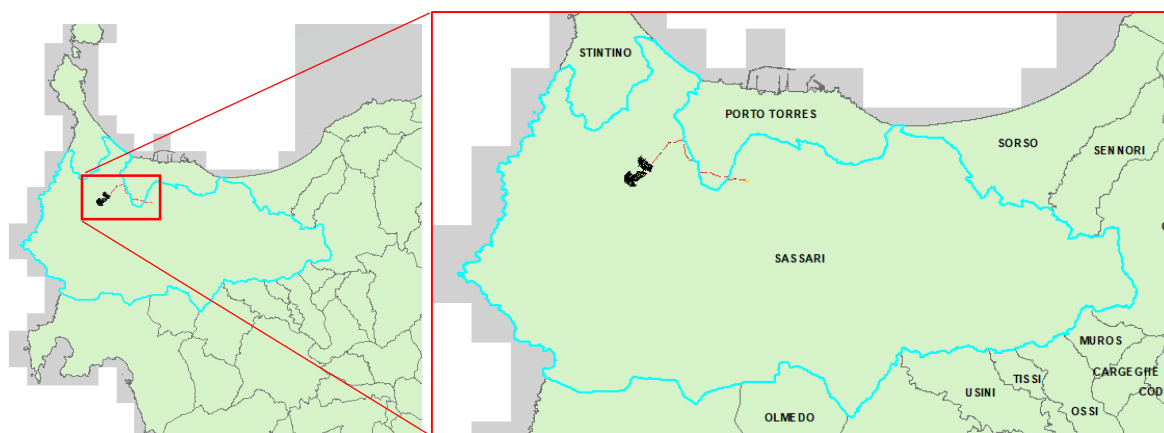


Figura 1 Inquadramento geografico dell’area di progetto

Le coordinate geografiche del centroide ipotetico di riferimento della porzione di impianto in località “*Bitichesu*” sono: **1.438.086E - 4.515.960N**

L’inquadramento cartografico di riferimento è il seguente:

- Cartografia ufficiale dell’Istituto Geografico Militare I.G.M. Serie 25 foglio **458 I “Palmadula” – 459 IV “La Crucca”**
- Carta Tecnica Regionale della Sardegna – scala 1:10000 – sez. **458040 “Monte Alvaru”**
- Carta Geologica d’Italia – scala 1:50000 – foglio **459 “Sassari”**
- Carta Geologica d’Italia – scala 1:100000 – foglio **179 “Porto Torres”**

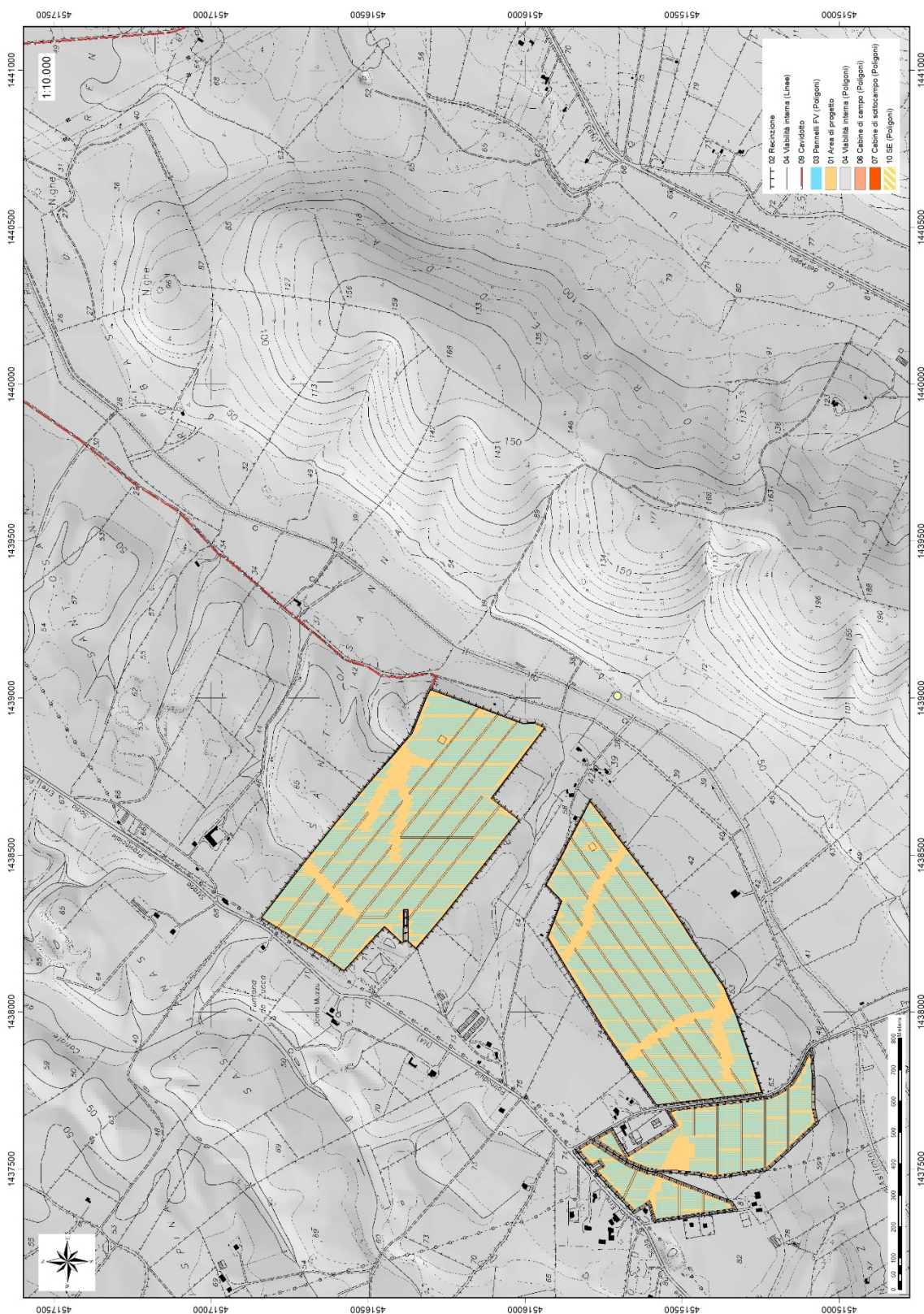


Figura 2 Inquadramento topografico, CTR 1:10.000 zona Ovest



Figura 3 Inquadramento topografico, CTR 1:10.000 zona Est

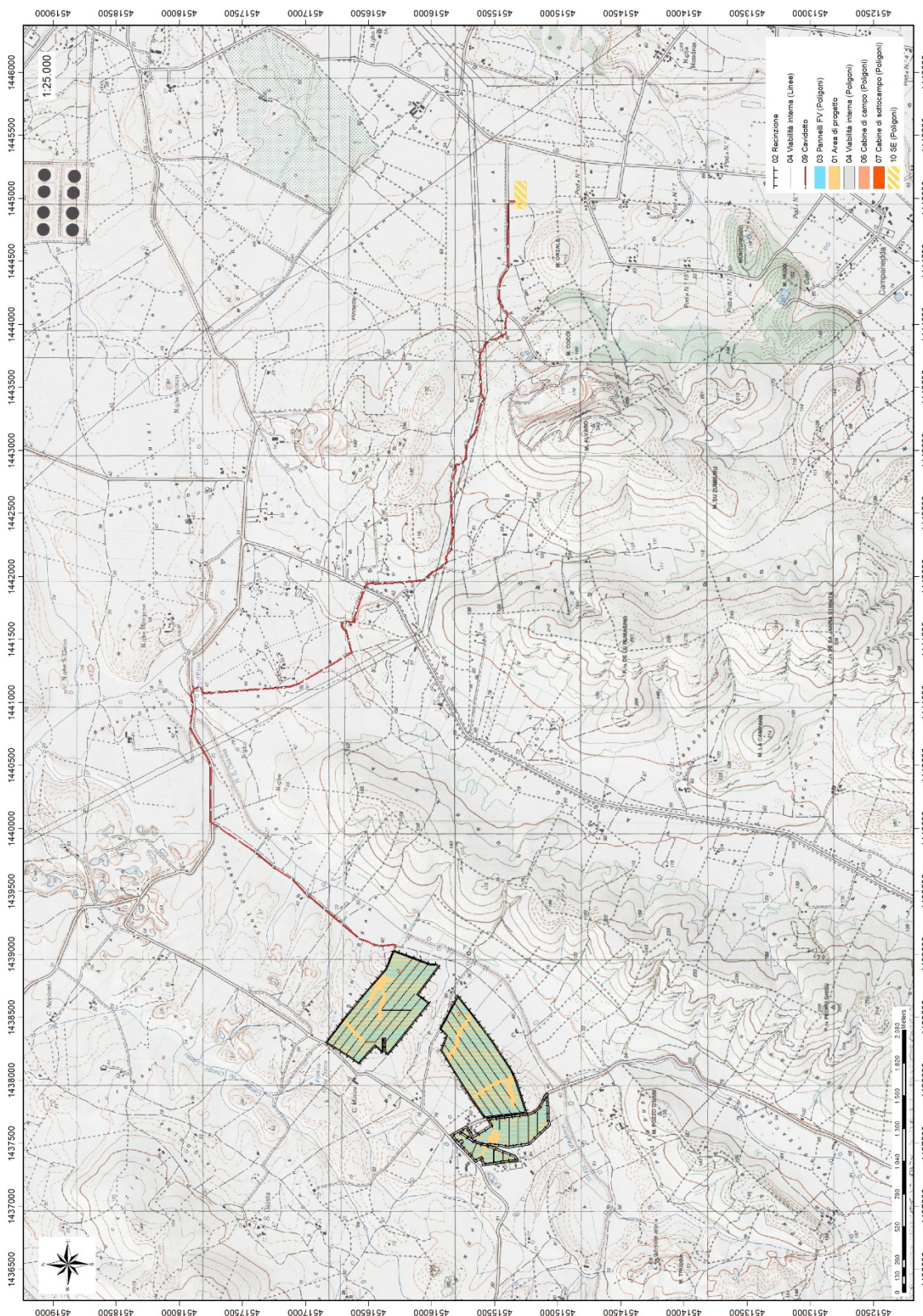


Figura 4 Inquadramento topografico IGM Serie 25



Figura 5 Localizzazione area di progetto (Fonte RAS)

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

L'obiettivo dell'analisi dell'assetto geologico è quella di caratterizzare geologicamente e geotecnicamente l'area ove verrà installato il parco fotovoltaico e quella geomorfologicamente significativa, con particolare riferimento alle condizioni del substrato di fondazione, agli scavi ed ai riporti necessari per la realizzazione del sistema di fondazione e delle sue potenziali interazioni con le condizioni al contorno (dinamica geomorfologica, circolazione idrica superficiale e sotterranea, rapporti fra le componenti litologiche interessate) attraverso:

- Definizione dell'assetto geologico-strutturale e idrogeologico di area vasta e dell'area geomorfologicamente significativa;
- Definizione dell'assetto stratigrafico dell'area di sedime delle opere;
- Definizione del modello geologico di sito;

4.1. DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO DELL'AREA VASTA OGGETTO DI INTERVENTO

A partire dal Paleozoico si sono susseguiti una serie di eventi geologici sviluppatasi nell'arco di circa mezzo miliardo di anni, che hanno reso la Sardegna una delle regioni geografiche più antiche del Mediterraneo centrale e, morfologicamente e cronologicamente eterogenea.

L'isola riflette pertanto una storia geologica molto articolata, che testimonia, in maniera più o meno completa, alcuni dei grandi eventi geodinamici degli ultimi 400 milioni di anni.

L'orogenesi Caledoniana, la più antica, le cui tracce si rinvengono principalmente nel nord della Gran Bretagna e nella Scandinavia occidentale, fu causata dalla progressiva chiusura dell'oceano Giapeto, a seguito della collisione dei continenti Laurentia, Baltica e Avalonia, dando così origine al super continente Laurussia.

La successiva fase dell'orogenesi Ercinica (o Varisica) ha avuto corso a partire dal Carbonifero, circa 350 Ma fa e si è protratta fino al Permiano determinando un'estesa catena montuosa ubicata tra il Nord America e l'Europa.

Quest'orogenesi ha prodotto in Sardegna tre zone metamorfiche principali. Procedendo dal nucleo orogenetico verso l'avanfossa si trovano le zone dette: Assiale (Sardegna NE) – a Falde interne (Sardegna centrale) - a Falde esterne (Sardegna SW).

Successivamente, tra il Carbonifero Sup. e il Permiano Inf., avviene la messa in posto dei batoliti granitici tardo ercinici, questa ha prodotto metamorfismo termico e di alta pressione delle rocce esistenti.

L'area di studio ricade parzialmente nella zona a Falde Interne del basamento varisico sardo; ma comprende soprattutto rocce delle coperture mesozoiche, che in quest'area dell'Isola sono costituite da

sedimenti alluvionali del Buntsandstein (Trias medio), su cui poggiano in trasgressione i sedimenti carbonatici di ambiente neritico (Muschelkalk) e poi quelli evaporitici (Keuper). Seguono le rocce della successione vulcano-sedimentaria Miocenica, e i depositi quaternari. Le Unità Tettoniche affioranti nel settore occidentale dell’area vasta sono costituite da originarie successioni sedimentarie e vulcaniche di età compresa tra il Cambriano e il Carbonifero inferiore, note come Unità di Canaglia, Li Trumbetti e Argentiera.

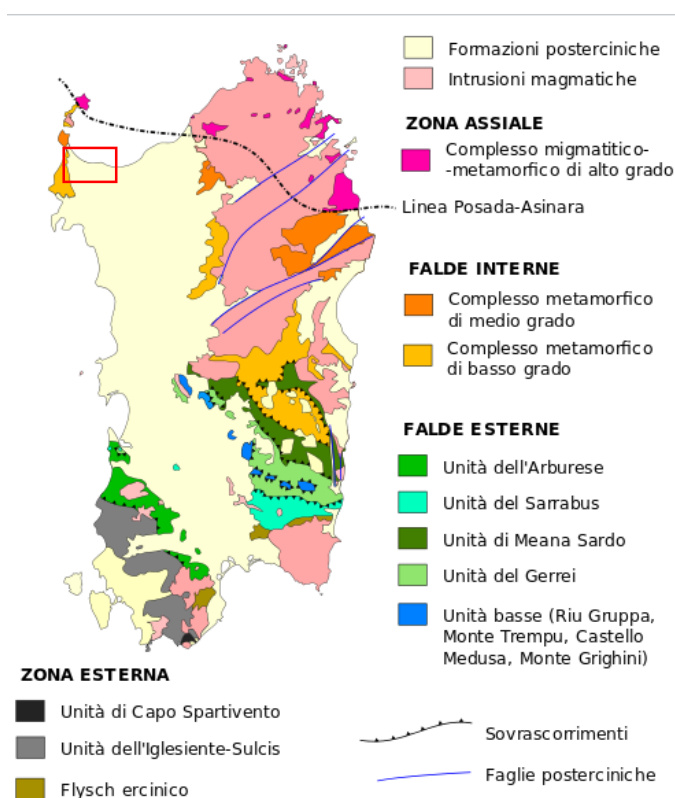


Figura 6 Schema tettonico-strutturale della Sardegna

Il settore di interesse all’installazione dell’impianto fotovoltaico si trova nella zona cosiddetta a Falde interne, caratterizzata da fenomeni di medio e basso metamorfismo, localizzata nell’area geografica della Nurra.

L’area vasta è costituita principalmente da unità di età paleozoica e mesozoica di origine sedimentaria, da rocce magmatiche a carattere effusivo, e da depositi recenti rappresentati dai prodotti di disfacimento della roccia madre e dei suoi derivati che vanno a colmare le vallecole e/o i piccoli impluvi presenti.

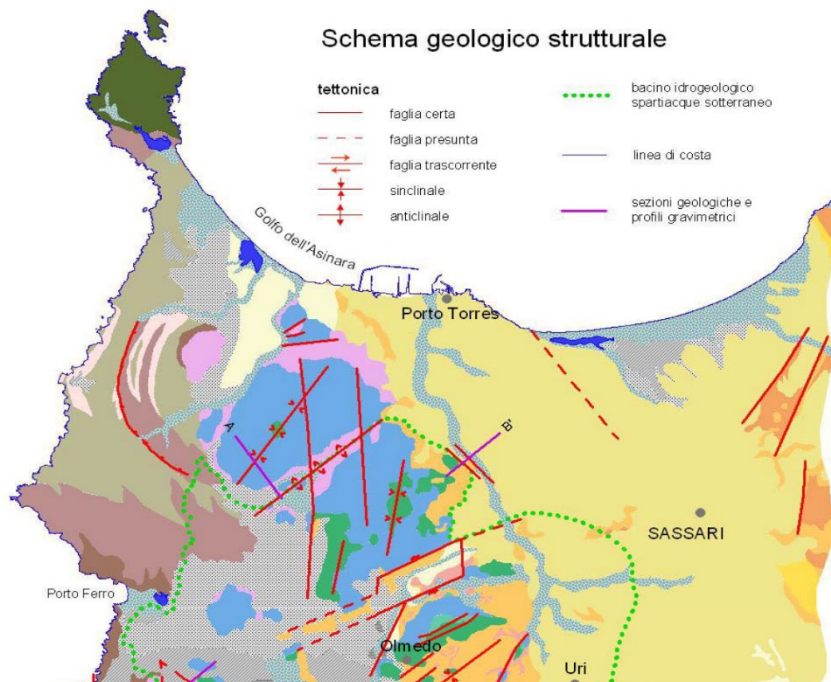


Figura 7 Schema Tettonico dell'area vasta di studio con l'area di dettaglio evidenziata in arancio (tratto da Ghiglieri et al 2006; 2009a)

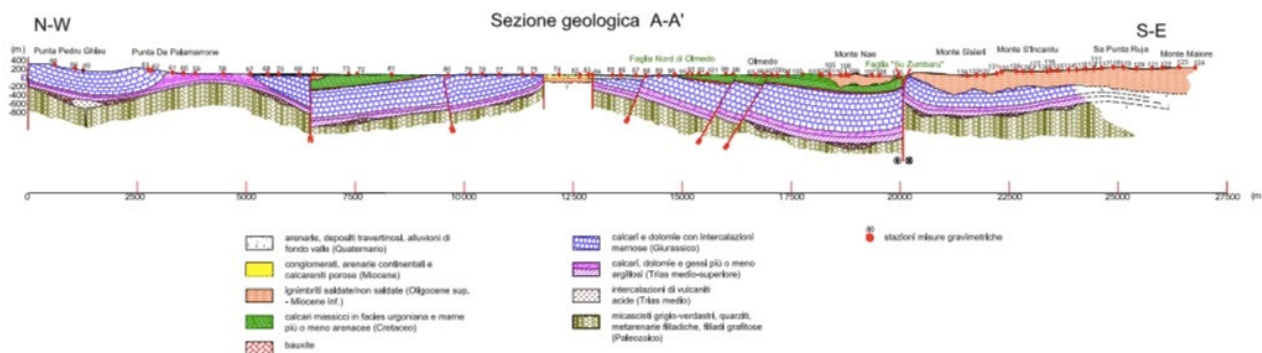


Figura 8 Sezione geologica rappresentativa dell'area vasta (tratto da Ghiglieri et al 2006; 2009a)

Per quanto riguarda l'assetto strutturale dell'area vasta, quest'ultima riflette essenzialmente eventi deformativi di età cenozoica ed in minor misura mesozoica. La tettonica varisca, che è polifasica ed è responsabile della strutturazione del basamento, ha rilevanza solo nel settore della Nurra occidentale.

La Nurra è costituita da un alto strutturale immergente verso est, che si è sviluppato nel Terziario, che confina ad E coi depositi del Miocene inferiore del semi-graben del bacino di Porto Torres.

Nella parte occidentale della Nurra affiora il basamento paleozoico in diverse unità strutturali impilate tettonicamente per via di alcuni sovrascorrimenti ercinici orientati circa NW-SE e E-W, che dalla più profonda alla più superficiale si distinguono in Unità di Argentiera, Li Trumbetti e Canaglia. In quest’area, il basamento paleozoico è coperto in maniera discontinua dalla successione vulcano-sedimentaria del Permiano.

Le rocce mesozoiche della Nurra poggiano generalmente sui depositi continentali permo-triassici o direttamente sul basamento, e sono rappresentate da depositi di piattaforma carbonatica sottoposta ad oscillazioni eustatiche e a fasi tettoniche distensive, che hanno favorito l’ingresso dei mari epicontinentali alternati a fasi subaeree. Il controllo tettonico, attivo in vari intervalli cronostratigrafici, insieme al controllo eustatico, ha condizionato l’evoluzione sedimentaria della piattaforma. Infatti, la successione mesozoica presenta un tipico aspetto a “duomi e bacini” dovuto alla sovrapposizione di due sistemi di pieghe che hanno interessato la piattaforma carbonatica mesozoica prima durante il Cretaceo medio (pieghe e sovrascorrimenti orientati NW-SE), e poi nel Cretaceo superiore (piegamenti orientati NE-SW).

La successione mesozoica è rappresentata da una sequenza di calcari, dolomiti e marne e depositi evaporitici il cui spessore può superare i 700 m.

In particolare, nell’area vasta affiorano le seguenti litologie, di seguito riportate con la nomenclatura adottata dalla RAS nella stesura della cartografia geologica in scala 1:25000:

h1m – Depositi antropici, discariche minerarie. OLOCENE

bb - Depositi alluvionali, sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE

b2 - Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE

b - Depositi alluvionali. OLOCENE

a – Depositi di versante, detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE

PVM2a - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.

FUA - FORMAZIONE DI FIUME SANTO. Argille arrossate con livelli e lenti di conglomerati a ciottoli di basamento paleozoico, vulcaniti e calcari mesozoici. Ambiente fluviale. TORTONIANO-MESSINIANO

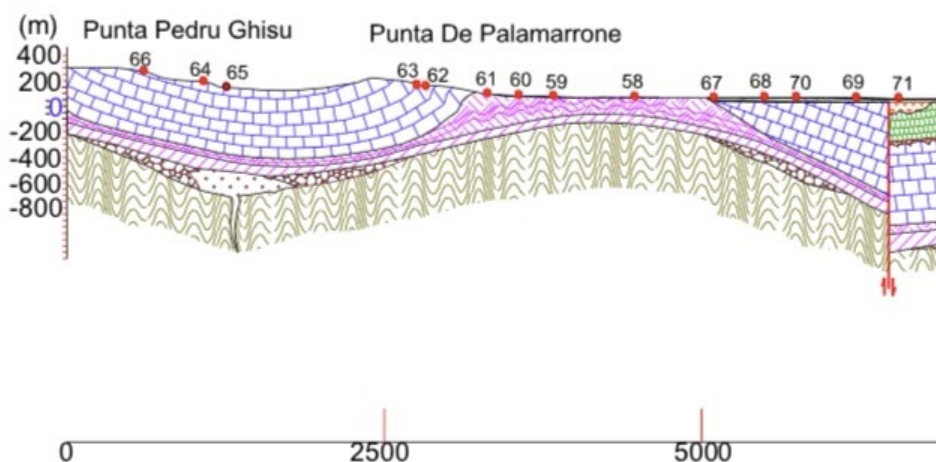


Figura 9 Particolare della sezione geologica con dettaglio dell'area in studio

RESb - Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro (Ardara-Mores). MIOCENE INFERIORE (BURDIGALIANO)

MUC - FORMAZIONE DI MONTE UCCARI (cfr. Formazione di Punta Cristallo IST). Calcari micritici e bioclastici grigio biancastri ben stratificati; dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico con ciottoli a carofite. MALM

NRRa - Litofacies nella FORMAZIONE DI MONTE NURRA (cfr. Formazione di Gamba di Moro GDMa). Intercalazioni di arenarie quarzose. DOGGER

NRR - FORMAZIONE DI MONTE NURRA (cfr. Formazione di Gamba di Moro GDM) Dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne, con intercalazioni di arenarie quarzose. Alla base calcari e dolomie scure di ambiente lacustre a carofite. DOGGER

NDD - FORMAZIONE DI CAMPANEDDA (cfr. Formazione di Monte Zirra ZRR). Calcari oolitici, oncolitici e bioclastici, marne e calcari marnosi; calcari grigio-bluastri con lenti di selce. LIAS

KEU - KEUPER AUCT. Marne grigio-giallognole con subordinati calcari marnosi; argille varicolori gessifere. TRIAS SUP. (LONGOBARDICO SUP. - ?RETICO)

MUK - MUSCHELKALK AUCT. Calcari laminati sottilmente stratificati e calcari dolomitici in grossi strati. TRIASSICO MEDIO (LADINICO)

BUN - BUNTSANDSTEIN AUCT. Alternanza di arenarie, argilliti, siltiti, livelli marnosi con gesso e conglomerati poligenici alla base ("Verrucano" sensu Gasperi & Gelmini, 1979). TRIASSICO MEDIO (ANISICO)

LIR - FORMAZIONE DI LI CORTI. Metargilliti nere. SILURIANO

PDL - FORMAZIONE DI PALMADULA. Metargilliti laminate e metapeliti nere. ORDOVICIANO SUP. - SILURIANO

FTE - FORMAZIONE DI MONTE FORTE. Metarenarie e quarziti. CAMBRIANO - ORDOVICIANO INF.

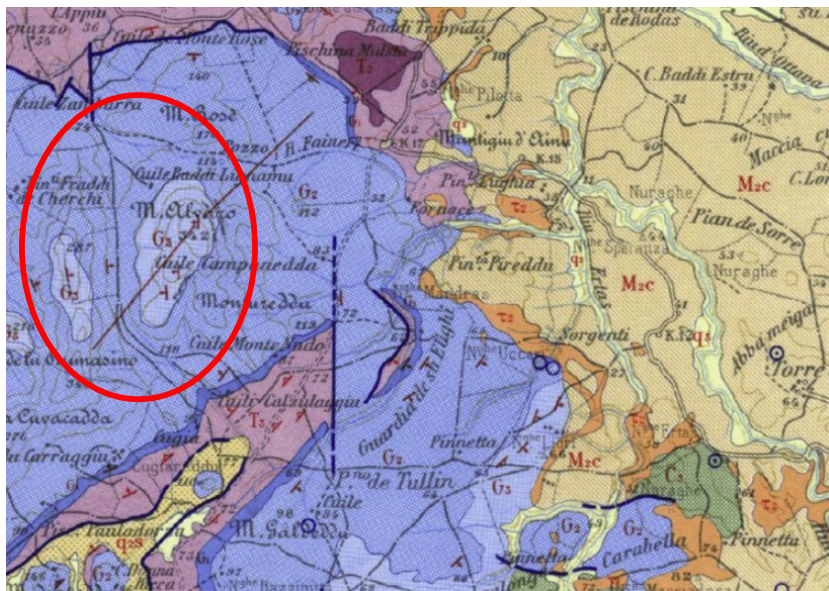


Figura 10 Stralcio Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 foglio 179 "Porto Torres"

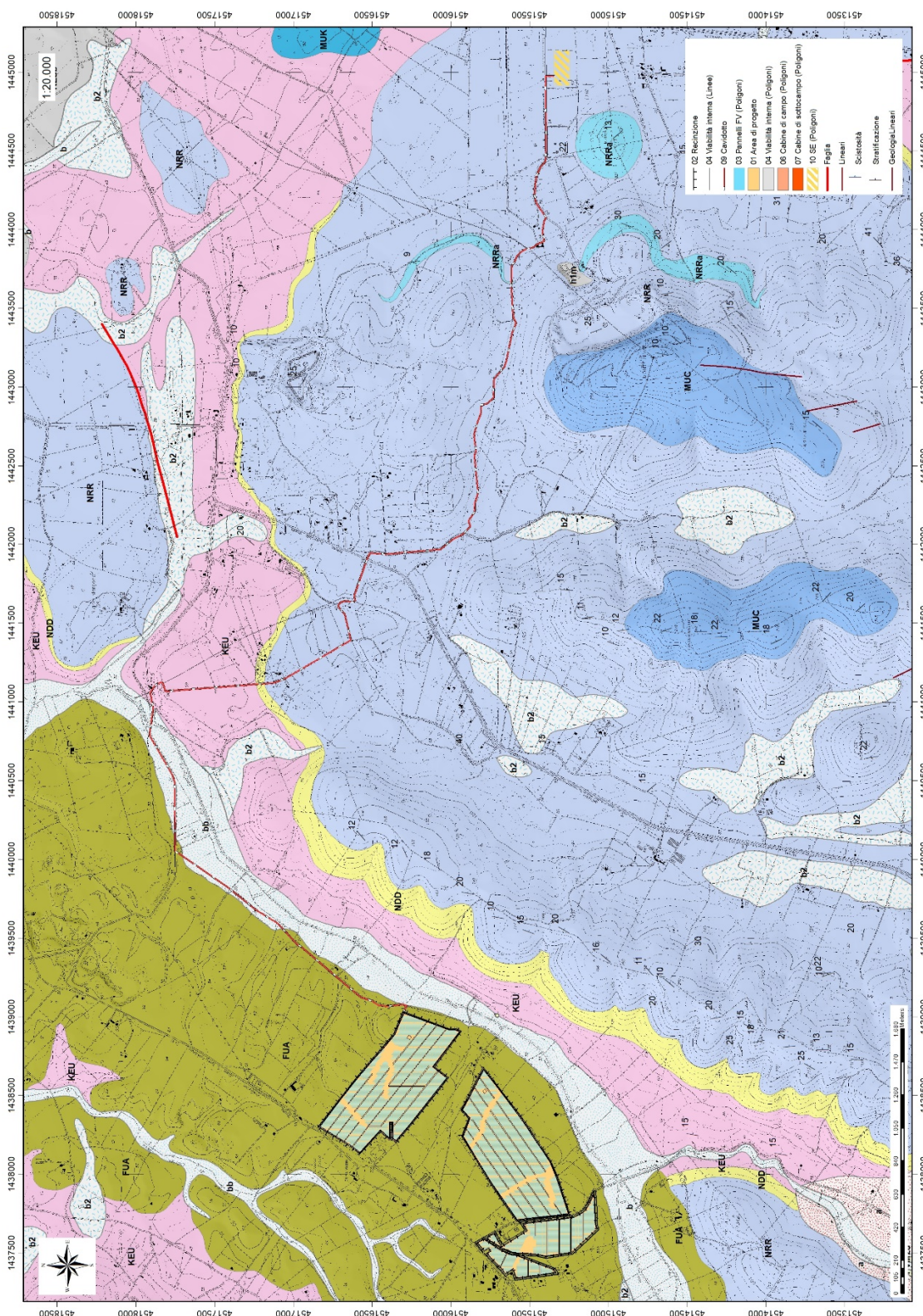


Figura 11 Stralcio della Carta Geologica dell'area di interesse

4.2. UNITÀ TETTONICA DELL'ARGENTIERA

In quest'unità tettonica, che rappresenta la più profonda, affiorano rocce attribuite al Paleozoico inferiore:

(PDL) Formazione di Palmadula – Metargilliti laminate e metapeliti nere. L'età attribuita a tali rocce è Ordoviciano superiore - Siluriano.

(FTE) Formazione di Monte Forte – Metarenarie e quarziti. Cambriano – Ordoviciano inferiore.

4.3. UNITÀ TETTONICA DI CANAGLIA

In quest'unità tettonica, che rappresenta la più profonda, affiorano rocce attribuite al Paleozoico inferiore:

(LIR) Formazione Di Li Corti. Metargilliti nere. Siluriano

4.4. SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MESOZOICA

Le rocce della successione mesozoica sono deformate da una tettonica con tipico stile di copertura. La parte più bassa della successione, presenta rocce con caratteri di sedimentazione prevalentemente terrigena (Triassico), che evolve a piattaforma carbonatica (Giurassico). Vengono descritte quelle affioranti nell'area di interesse, a partire dalla più recente fino alla più antica.

MUC - Formazione di Monte Uccari (cfr. Formazione Punta Cristallo IST). E' costituita da calcari micritici e bioclastici grigio biancastri ben stratificati; dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico con ciottoli a carofite. La successione, di potenza di un centinaio di metri, viene riferita al Giurassico superiore (MALM) per via della ricca associazione di alghe dasycladacee.

NRRa - Litofacies nella Formazione di Monte Nurra (cfr Formazione Gamba di Moro GDMa). Intercalazioni di arenarie quarzose e siltiti arenacee. DOGGER

NRR - Formazione di Monte Nurra (cfr Formazione Gamba di Moro GDM). La successione, potente fino a 150-200m, è costituita da dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne, con intercalazioni di arenarie quarzose. Alla base calcari e dolomie scure di ambiente lacustre a carofite. La ricca fauna a spugne, coralli ermatipici, lamellibranchi, gasteropodi, brachiopodi, echinodermi e briozoi ha permesso di collocare la successione nel Giurassico medio (DOGGER).

NDD - Formazione di Campanedda (cfr. Fm. Monte Zirra ZRR). Affiora presso la località omonima con una successione di spessore variabile tra 10-15m che sormonta il sottostante Keuper. La successione è costituita da calcari oolitici, oncolitici e bioclastici, marne e calcari marnosi; calcari grigio-bluastri con lenti di selce. Il ricco contenuto fossilifero a foraminiferi, coralli, gasteropodi, brachiopodi, ammoniti ed echinidi permette di attribuire la successione al Giurassico inferiore (LIAS).



Figura 12 Calcari della Formazione di Monte Nurra.

KEU - Keuper AUCT. La successione, di spessore valutabile in 40-50 m, presenta due litofacies non sempre affioranti costituite da marne grigio-giallognole con subordinati calcari marnosi; argille varicolori gessifere. TRIAS SUP. (LONGOBARDICO SUP. - ?RETICO)



Figura 13 Calcare oolitico della Formazione di Campanedda.

MUK - Muschelkalk AUCT. La successione, spessa non oltre 10-15m, è costituita da calcari laminati sottilmente stratificati e calcari dolomitici in grossi banchi. Si possono individuare quattro livelli che, dalla base verso il tetto, sono costituiti da marne dolomitiche nodulari giallastre e dolomie grigie laminate e attraversate da bioturbazioni, seguite da calcari marnosi e livelli argillosi, e da calcari bioclastici, per terminare con calcari intercalati a livelli di dasycladacee e foraminiferi. Viene attribuita al Ladinico per la

presenza di alcuni conodonti, sebbene siano presenti alghe, coralli, foraminiferi, bivalvi, brachiopodi, crinoidi, e ammoniti. TRIASSICO MEDIO (LADINICO)

BUN - Buntsandstein AUCT. Alternanza di arenarie, argilliti, siltiti, livelli marnosi con gesso e conglomerati poligenici alla base ("Verrucano" sensu Gasperi & Gelmini, 1979). TRIASSICO MEDIO (ANISICO)

4.5. SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MIOCENICA

La successione sedimentaria miocenica è caratterizzata dalla presenza di sequenze deposizionali delimitate da discordanze: la prima sequenza è costituita da depositi continentali fluviali e di piana alluvionale, deltizi marini e di piattaforma, mentre la seconda sequenza è costituita da depositi fluvio-marini e carbonatici di piattaforma. Questa successione caratterizza l'area di impianto.

FUA - Formazione di Fiume Santo. Argille arrossate con livelli e lenti di conglomerati a ciottoli di basamento paleozoico, vulcaniti e calcari mesozoici. Ambiente fluviale. TORTONIANO-MESSINIANO

4.6. DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE

I depositi quaternari cartografati nell'area di studio sono generalmente poco rilevanti; sono rappresentati principalmente da depositi di versante, coltri eluvio-colluviali e depositi alluvionali. Vengono descritti dal più antico al più recente.

PVM2a - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie, e elementi subangolosi e subarrotondati di vulcaniti terziarie, calcari mesozoici, quarzo e metamorfiti paleozoiche. Poggiano sul substrato pre-Quaternario costituito dai calcari e dolomie mesozoici, formando talora dei terrazzi alluvionali sospesi di qualche metro di altezza. Alla base affiorano ghiaie medio-fini con stratificazione incrociata concava che riempiono canali poco profondi, alternate a limi argillosi pedogenizzati, cui seguono ghiaie a stratificazione concava, e sabbie eoliche. L'età dei depositi, che presentano circa 5m di spessore, è attribuita al PLEISTOCENE SUP.

(bnb) Depositi alluvionali terrazzati: si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi (bnb), di spessore non superiore di 4-5 m, di ambiente di conoide o piana alluvionale e situati in prossimità dei corsi d'acqua. Olocene.

(a) Depositi di versante: sono costituiti da detriti spigolosi e a varia granulometria accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti rocciosi più ripidi. Sono depositi in genere monogenici ed eterometrici, con clasti spigolosi o scarsamente elaborati ed una notevole matrice fine. Gli affioramenti più estesi si rinvencono alla base dei versanti, oppure in corrispondenza dei compluvi dove formano delle fale

di detrito piuttosto estese. Lo spessore di questi depositi, che generalmente non sono cementati e sono fissati da vegetazione, solitamente è variabile nell'ordine massimo di qualche metro alla base dei versanti e nei compluvi. Olocene.

(b2) Coltri eluvio-colluviali: Si tratta di materiali derivati dal disfacimento in situ delle rocce in seguito mobilizzate da processi di versante, costituiti da depositi con percentuali variabili di sedimenti fini (sabbia e silt) più o meno pedogenizzati e arricchiti in frazione organica, con clasti eterometrici di varia litologia. Lo spessore di questi depositi solitamente è abbastanza esiguo (nell'ordine massimo di qualche metro in prossimità dei compluvi). Olocene.

(b) Depositi alluvionali: si tratta di depositi di spessore modesto (compreso tra qualche metro e 15m lungo il Riu Mannu), costituiti da materiale sabbiosi, limosi o ghiaiosi depositati lungo i corsi d'acqua.

(bb) Depositi alluvionali: si tratta di sedimenti fini, costituiti da sabbie con rare ghiaie.

(h1m) Depositi antropici: si tratta di depositi imputabili ad attività antropica, ascrivibili a discariche minerarie derivanti dall'attività estrattiva di materiali quali sabbie silicee, ghiaie e rocce calcaree. I depositi sono costituiti da materiali litoidi più o meno grossolani e formano cumuli di modesta estensione con spessore massimo di 15-20m.



Figura 14 Coltri eluvio-colluviali.

I principali lineamenti strutturali, nell'area vasta, derivano dall'evoluzione stratigrafica e tettonica oligo-miocenica, responsabile dello sviluppo dei bacini del Logudoro e di Porto Torres e dell'intenso vulcanismo calcareo.

L'area di studio è caratterizzata dall'affioramento delle coperture oligomioceniche, costituite da argille arrossate con livelli e lenti di conglomerati a ciottoli di basamento paleozoico, vulcaniti e calcari mesozoici di ambiente fluviale. I depositi quaternari sono principalmente costituiti da coltri eluvio-colluviali di spessore molto modesto e depositi di versante.

Sono presenti alcune importanti discontinuità, tra cui una faglia che si estende per circa 2 km lungo la direzione N-S, localizzata ad S di P.ta Janna Strinta. Dal rilevamento geologico di dettaglio è emersa la presenza di altre faglie, sia nel costone orientale (con orientamento N-S e NW-SE) che in quello occidentale (WNW-ESE).

L'area interessata dal progetto è posizionata nelle coperture mioceniche: in particolare nella formazione di Monte di Fiume Santo (FUA).

L'impianto agrovoltatico verrà posizionato ai piedi del versante occidentale di due costoni tra loro paralleli e orientati NE-SW e compresi tra la località Sa Correda a Nord e Pala Marrone a Sud, nelle quali si ergono i rilievi di Punta Pedru Ghisu (305m), (Monte Alvaro (342m), P.ta De Lu Rumasinu (283m), Monte La Campana (214m), Monte Su Zumburu (220m), P.ta De Sa Janna Strinta (338m), Punta della Cuvacadda (273m), e Punta de Pala Marrone (258m).

L'area vasta del settore in studio presenta delle morfologie tipiche di calcari duri e cristallini del mesozoico, stratificati e con forme accidentate che vanno da aspre a sub-pianeggianti, spesso con piani di inclinazione orientati, variamente fratturati ed erosi.

Il territorio indagato è costituito sostanzialmente da una zona collinare, con rilievi arrotondati e dislivelli dell'ordine di 200 m circa tra monte e valle.

I prodotti di erosione sia della prima fase che della seconda e attuale vengono trasportati dall'acqua e dal vento e si depositano in relazione alla loro dimensione e all'energia di trasporto delle acque lungo le pendici dei versanti e nelle valli andando a costituire le coperture sedimentarie.

Le morfologie osservabili in quest'area sono strettamente connesse alle caratteristiche di messa in posto delle litologie e dalle caratteristiche fisico-chimiche delle litologie presenti e dalla tipologia ed intensità degli agenti modellanti predominanti, in particolare il carsismo.

Il carsismo si sviluppa principalmente a seguito della dissoluzione chimica delle rocce carbonatiche.

Il processo carsico rientra nel grande insieme delle azioni di disgregazione compiute dagli agenti esogeni a spese delle rocce affioranti sulla crosta terrestre. La corrosione avviene per opera delle acque

meteoriche che, oltre a contenere una certa quantità di anidride carbonica atmosferica disciolta al loro interno, scorrendo sulla superficie del suolo ed attraversando lo strato superficiale del suolo si arricchiscono ulteriormente di CO₂. Queste acque reagiscono con la roccia calcarea intaccandola lentamente, sia in superficie sia infiltrandosi nel reticolo, fino a dar luogo nell'arco del tempo a veri e propri condotti di dimensioni variabili, che costituiscono i classici acquiferi tipici delle rocce carbonatiche. Infatti le acque ricche di anidride carbonica sono particolarmente aggressive nei confronti del carbonato di calcio.



Figura 15 paesaggio a monte dell'area di studio

Il paesaggio carsico è caratterizzato da forme superficiali o epigee e da forme sotterranee o ipogee. Le forme epigee possono avere dimensioni molto diverse, comprese fra pochi millimetri e parecchi chilometri. I paesaggi carsici sono caratterizzati da aridità, dalla mancanza di idrografia superficiale, dalla presenza di conche di assorbimento (doline), inghiottitoi, e pozzi, da valli incise con pareti ripide (forre), da conche chiuse di grandi dimensioni (polje) con depositi alluvionali ed eluviali (residui insolubili dell'erosione carsica - terre rosse), e da forme carsiche tipiche come i Karren (campi carreggiati), i Lapiez (scannellature), solchi (docce), vaschette di corrosione, fori carsici, crepacci e lame.

I karren sono superfici nelle quali le acque hanno provocato ampie fessure, simili ai solchi delle ruote di un carro, e caratterizzati da una vegetazione molto scarsa. Le doline invece sono tra le forme più note del paesaggio carsico. La dolina è una conca chiusa a pianta tondeggiante, ovvero una depressione a forma

di imbuto, prodotta dalla dissoluzione della roccia ad opera delle acque piovane (un bacino che si riempirebbe d'acqua a originare un laghetto se le pareti ed il fondo fossero impermeabili), con un diametro variabile da qualche metro fino a 1 km e di profondità fra i 2 e i 200 metri e che presentano sul fondo un inghiottitoio cioè un'apertura attraverso la quale le acque meteoriche vengono convogliate in profondità. Le doline raccolgono quindi grandi quantità di acque piovane o di scorrimento superficiale e le convogliano nel reticolo carsico di drenaggio, dove si formano così veri e propri torrenti sotterranei. La dolina, se abbastanza profonda, è caratterizzata da un clima particolare. A causa della sua forma, infatti, la dolina si presenta come una trappola di aria fredda, presentando una sensibile differenza di temperatura rispetto al resto dell'altopiano.

Questa particolarità rende la dolina un ambiente a sé con una presenza di flora (vedi “inversione della vegetazione in una dolina) e fauna che normalmente si trovano ad altitudini maggiori. La dolina è quindi il risultato della dissoluzione delle rocce carbonatiche attorno all'inghiottitoio o del crollo di una grotta sotterranea.

4.7. ANALISI DELL'AREA GEOMORFOLOGICAMENTE SIGNIFICATIVA AL PROGETTO

L'area geomorfologicamente significativa per le azioni di progetto è quell'area in cui si esplicano tutti i processi geomorfici, il cui effetto può generare interazioni con le dinamiche ambientali. Pertanto la stessa, nello specifico, si individua nei versanti e nei sub-bacini idrografici presenti che interferiscono con l'opera.

La geomorfologia di quest'area è fortemente interessata dall'azione geochimica e fisica che l'acqua esercita sulle dolomie e sui calcari, la quale, assieme al clima locale caratterizzato dall'imponenza del maestrale e alle importanti escursioni termiche giornaliere, ha smussato e modellato il territorio conferendoli forme dolci e valli da fondo prevalentemente piatto.



Figura 16 Foto dell'area interessata al progetto



Figura 17 Caratteri geomorfologici dell'area vasta e significativa (SSW verso il lato superiore dell'immagine)

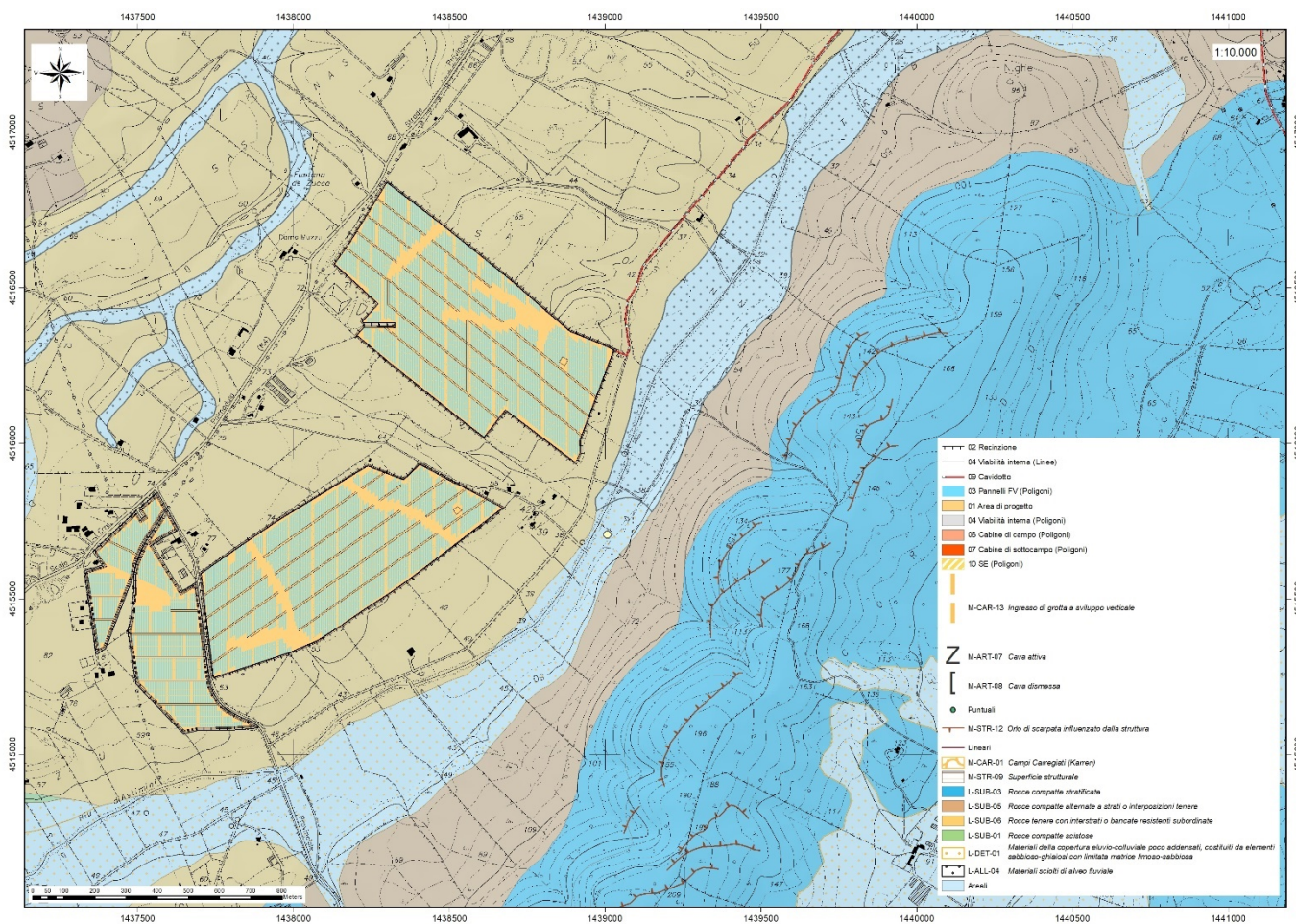


Figura 18 Carta geomorfologica dell'area di progetto

5. INQUADRAMENTO CLIMATICO

La definizione del clima è basata sull'analisi dei parametri meteorologici più comunemente studiati, quali la temperatura e le precipitazioni, il cui andamento è legato alle variazioni stagionali della circolazione atmosferica, considerando inoltre la ventosità, la nuvolosità e l'umidità relativa. Il clima della Sardegna viene generalmente classificato come “Mediterraneo Interno”, caratterizzato da inverni miti e relativamente piovosi ed estati secche e calde, con valori minimi invernali di alcuni gradi al di sotto dello zero e massimi estivi anche superiori ai +40 C.

Lungo le zone costiere, grazie alla presenza del mare, si hanno inverni miti con temperature che scendono raramente sotto lo zero. Anche nelle zone interne pianeggianti e collinari il clima è tipicamente mediterraneo, anche se a causa della maggior lontananza dal mare si registrano temperature invernali più basse ed estive più alte rispetto alle aree costiere.

Nelle zone più interne, come gli altopiani e le vallate spesso incastonate tra i rilievi, il clima acquista caratteri continentali con forti escursioni termiche, risultando particolarmente basse le minime invernali in caso di inversione termica, con temperature che possono scendere anche al di sotto dei -10/-12 C. Sui massicci montuosi nei mesi invernali nevicata frequentemente e le temperature scendono sotto lo zero, mentre nella stagione estiva il clima si mantiene fresco, soprattutto durante le ore notturne, e raramente fa caldo per molti giorni consecutivi.

La Sardegna inoltre è una regione molto ventosa; i venti dominanti sono quelli provenienti dal settore occidentale (Maestrale e Ponente) e, in minor misura quelli provenienti da quello meridionale (Scirocco).

Le precipitazioni sono distribuite in maniera variabile ed irregolare, con medie comprese tra i 400 e i 600 mm annui lungo le coste e valori pluviometrici che raggiungono e superano i 1000 mm annui (con locali picchi superiori ai 1300–1400 mm) in prossimità dei rilievi montuosi.

A causa del dominio sulla regione dei venti provenienti dai quadranti occidentali, mediamente la maggior frequenza di giorni di pioggia si riscontra nelle zone occidentali dell'isola, mentre in quelle orientali, trovandosi sottovento a questo tipo di circolazione a causa dell'orografia, si ha una minore frequenza di giornate piovose.

Tuttavia, le zone orientali sono spesso soggette a fortissime piogge, per cui gli accumuli medi annuali sono simili tra i due versanti.

L'andamento climatico del territorio di Sassari e le risorse idriche disponibili sono stati valutati sulla base dei dati forniti dalle stazioni meteorologiche dell'ARPAS presenti nel territorio comunale di Sassari e Fertilia, localizzate rispettivamente circa 22 km e 15 km a SE e SW del settore in esame.

L'andamento pluviometrico dell'area oggetto di studio (fig.19) è stato ricavato dai dati pluviometrici relativi all'intervallo 2008-2018 estratti dagli Annali Idrologici dell'ARPAS reperibili dal Geoportale della R.A.S., così come i dati termometrici, entrambi per le stazioni meteorologiche di Sassari e Fertilia.

Periodo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale annuale
2018	32,4	101,2	114,2	26,4	199	34,2	0	42,6	31	83,6	155	47	866,6
2017	77,8	62	17,8	23	3,2	33,2	0,4	0	52,4	6,6	81,4	124,6	482,4
2016	58	160	71,4	20	24	3,4	37,4	0,2	52	8	106,4	34,4	575,2
2015	37,8	151,2	57,8	50,2	14	21	0,2	21,6	25,6	114,2	50,6	8,6	552,8
2014	141	95,4	77,6	35,4	33	34,2	14,6	3,4	2	2,6	118,6	76,2	634
2013	202	128,4	137,8	68,4	83,2	1,8	0,2	8,8	31,2	37,4	134,2	29,8	863,2
2012	35,6	56,4	11,8	61,8	125,8	0,8	1,2	0,6	51,6	104,8	109,4	36,4	596,2
2011	105	94,2	32,2	34,2	2	29,6	13,6	0	19,8	11	114,6	62,2	520,9
2010	96,6	61,8	71,6	43,4	62,4	62	0,8	1,4	2,6	64,6	247	126	840,2
2009	104	23,8	37	70,8	6	34,8	0	0,2	101,8	62	107	123,6	671
2008	56,6	18,4	52,4	15,8	109,6	21,8	0,2	0,2	44,6	77,2	131	84,4	612,2

Figura 19 Andamento pluviometrico dell'area vasta (espresso in mm) ricavato dalle stazioni pluviometriche di Sassari e di Fertilia (anno 2011).

Per quanto riguarda i dati sull'evapotraspirazione, sono stati utilizzati i valori pubblicati dal Dipartimento Specialistico Regionale Idroclimatico (I.M.C.) dell'ARPAS.

Alla stazione di Fertilia (Alghero) sono riferiti i dati sulla nuvolosità, umidità relativa e ventosità, estrapolati rispettivamente dagli archivi del Servizio Meteo dell'Aeronautica Militare per il periodo 1961-1990 (nuvolosità) e per il periodo 1971-2000 (umidità relativa e ventosità).

5.1. PRECIPITAZIONI

Nella Fig. 20 sono esposti i dati relativi alle precipitazioni nell'intervallo 2008-2018 registrati nella stazione di Sassari e Fertilia (unicamente per l'anno 2011). Viene riportato il valore medio mensile e il totale annuale di precipitazioni (espresso in mm) nei periodi considerati. Per il periodo 2008-2018 si osserva che i valori di precipitazioni presentano valori inferiori nei mesi autunnali e invernali, e superiori per il periodo compreso tra maggio e agosto.

Nell'area studiata, la piovosità media annuale è pari a circa 663 mm per il periodo compreso tra il 2008 e il 2018.

L'andamento pluviometrico dell'area di Sassari nell'arco dell'anno è caratterizzato dal minimo assoluto di piovosità nel periodo estivo e da un massimo in autunno e inverno, per cui i mesi più secchi sono quelli estivi mentre quelli più piovosi sono quelli invernali.

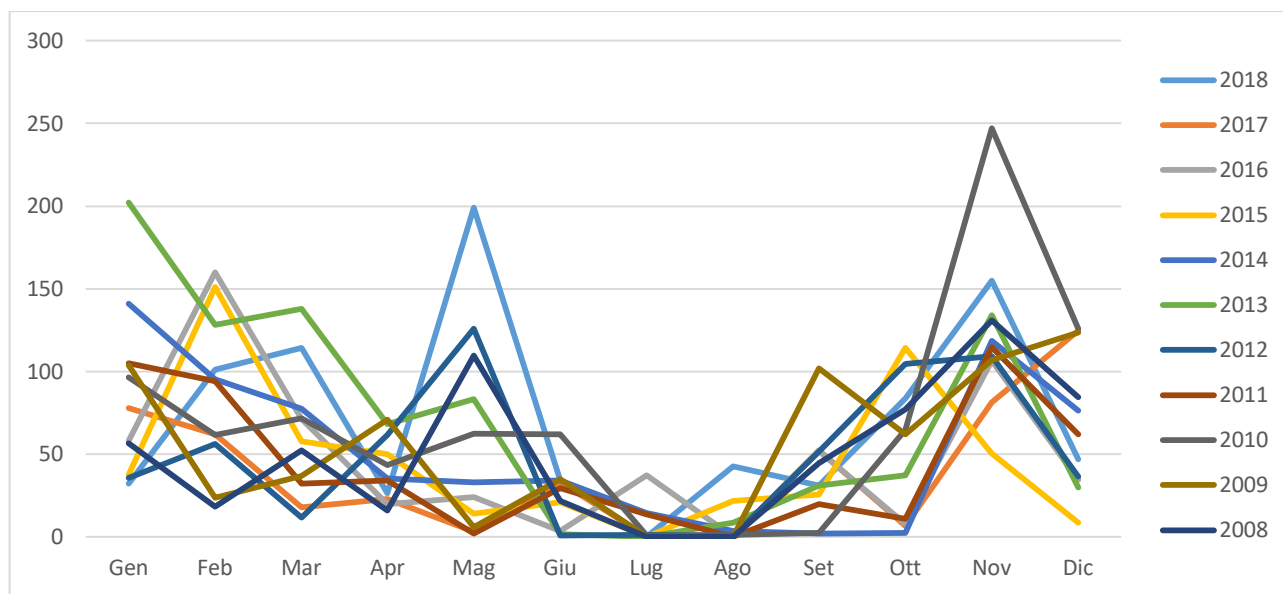


Figura 20 Andamento della pluviometria mensile e annuale (nell'asse delle ordinate, in mm) per le stazioni di Sassari (e Fertilia per il solo 2011) nel periodo 2008-2018.

5.2. TEMPERATURE

I valori termometrici della stazione meteo di Sassari, ricavati dal Dipartimento Specialistico Regionale Idroclimatico (I.M.C.) dell'ARPAS, sono illustrati in fig.21 e sono relativi alla stazione di Sassari per gli anni dal 2012 al 2018, e alla stazione di Fertilia per l'intervallo 1995-2011. La temperatura media annua, calcolata con i valori medi mensili per il periodo 1995-2018, è di circa 17 °C. Il mese più freddo è Febbraio con una media di circa 8,5°C, mentre le temperature più elevate si riscontrano a Luglio e Agosto con circa 25 °C.

Periodo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2018	10,8	7,2	10,5	15,8	16,8	21,6	25,5	25,6	22,3	18,1	13,3	10,3
2017	7,3	10,9	12,1	13,8	18,8	24,2	25,7	27,5	19,5	17,6	11,5	8,2
2016	9,6	10,3	10,7	15,1	16,8	21,4	25	24,2	21,8	17,9	13,5	11,1
2015	8,4	7,6	10,3	13,5	18	22,6	26,5	24,7	21,1	16,5	13,3	11
2014	9,3	9,7	10,4	13,7	16,2	22,2	22,6	23,6	22,2	19,7	15,2	9,7
2013	8	6,3	10,5	13,6	14,8	19,6	25	24,7	20,8	19,8	11,4	9,9
2012	8,5	5,4	12	13,3	16,7	23,6	24,8	26,9	21	17,6	13,8	9,1
1995-2011	10	10,4	12,5	15,2	19,4	22,9	25,7	25,8	22,5	19,2	14,6	11,3

Figura 21 Temperature mensili (in °C) registrate nella stazione di Sassari negli anni dal 2018 al 2012, e presso la stazione di Fertilia per il periodo 1995-2011.

Nel grafico di fig.22 è illustrato l'andamento delle temperature medie mensili per il periodo 1995-2011 registrate nella stazione di Fertilia, e per gli anni dal 2012 al 2018, relativamente alla stazione di Sassari.

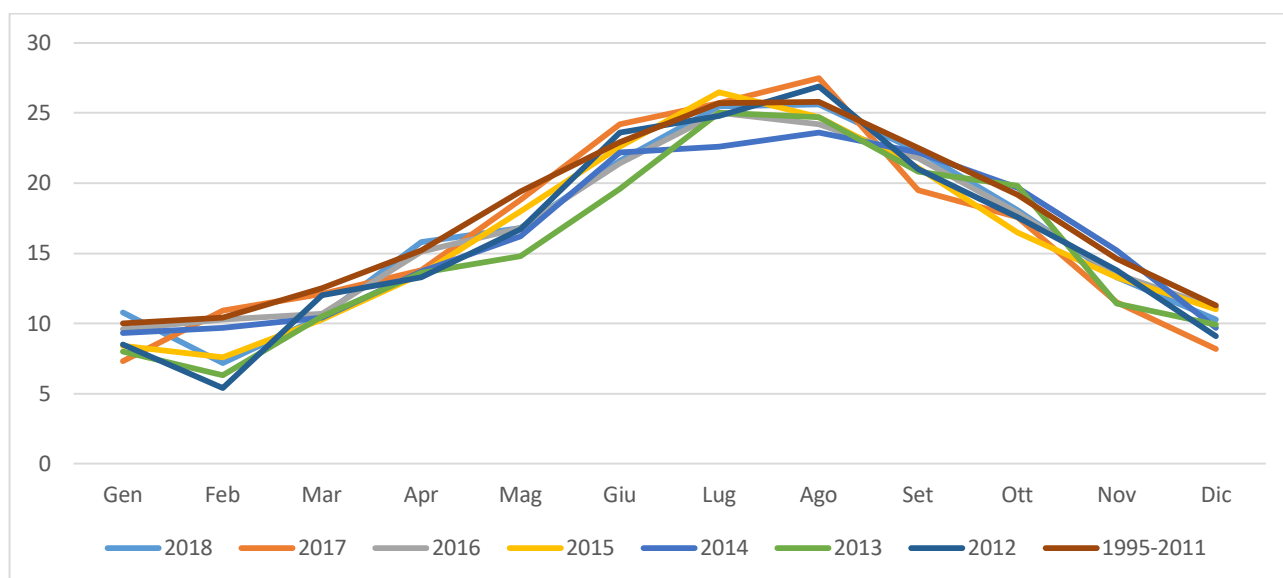


Figura 22 Temperature mensili (in °C, nell'asse delle ordinate) registrata nella stazione di Sassari per gli anni 2012-2018, e nella stazione di Fertilia per il periodo 1995-2011.

5.3. STIMA DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE

L' evapotraspirazione è uno dei parametri più significativi nell'ambito di un bilancio idrologico e rappresenta la perdita di una parte delle acque di precipitazione, per evaporazione dal suolo e per traspirazione della vegetazione. Viene calcolata tenendo conto della temperatura e delle precipitazioni, e

viene influenzata dalla nuvolosità, dall'umidità relativa e dalla ventosità. Nel grafico di Figura 23 è illustrata l'evapotraspirazione per la zona di interesse ricavata dai dati reperibili sul WebGIS dell'ARPAS.

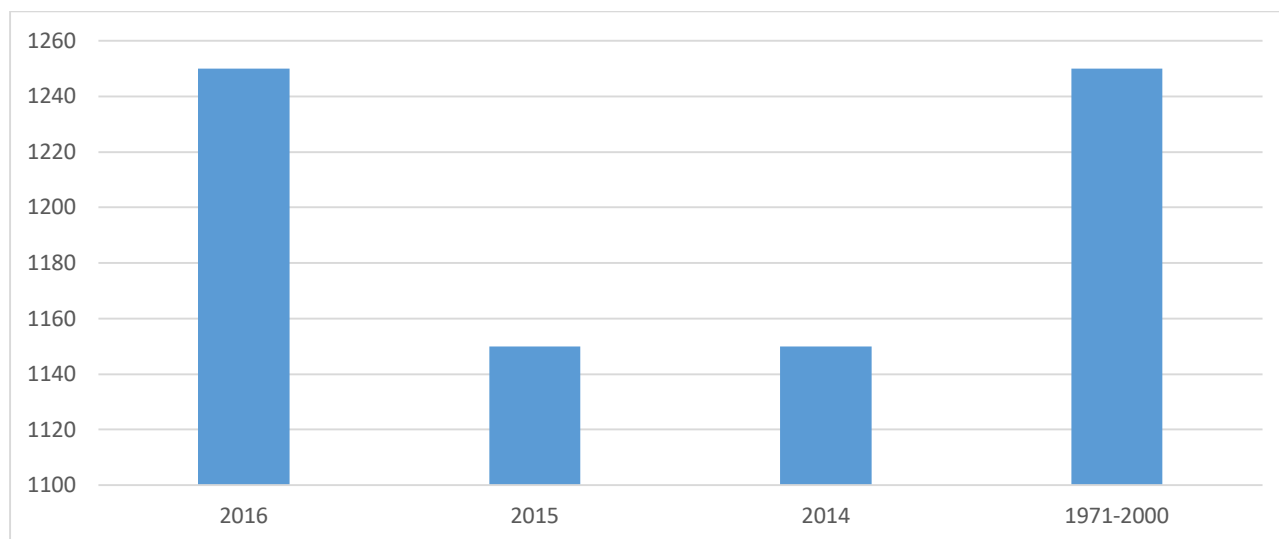


Figura 23 Evapotraspirazione (espressa in mm) per la zona di Sassari.

La nuvolosità influenza il clima in quanto da essa dipende l'irraggiamento solare. Nella tabella di Fig. 24, sono rappresentati i valori mensili di condizioni di sereno (nuvolosità < 2/8), nuvoloso (2/8 < nuvolosità < 6/8) e coperto (nuvolosità > 6/8), espressi in okta (stima di quanti ottavi di cielo sono oscurati dalle nuvole) e riferiti al periodo 1961 – 1990 per la stazione di Fertilia.

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4,7	4,7	4,6	4,5	3,8	3	1,7	2	2,9	3,6	4,4	4,6
coperto	coperto	coperto	coperto	coperto	sereno	sereno	sereno	sereno	coperto	coperto	coperto

Figura 24 media mensile dei giorni di sereno, nuvoloso e coperto per il periodo 1961-1990, relativa alla stazione di Fertilia, espressa in okta.

Dall'esame dei valori della tabella si evince che il massimo di giorni sereni si ha tra Giugno e Agosto mentre durante gli altri mesi è sempre presenta una certa copertura. Il valore minimo di giornate nuvolose si ha nel mese di Luglio e il massimo si osserva nei mesi di Gennaio e Febbraio. Le giornate in condizioni di coperto raggiungono il massimo a Gennaio e minimo a Luglio.

Il clima è influenzato anche dall'andamento del vento al suolo (ventosità), che viene definito analizzandone l'intensità, la direzione e la frequenza.

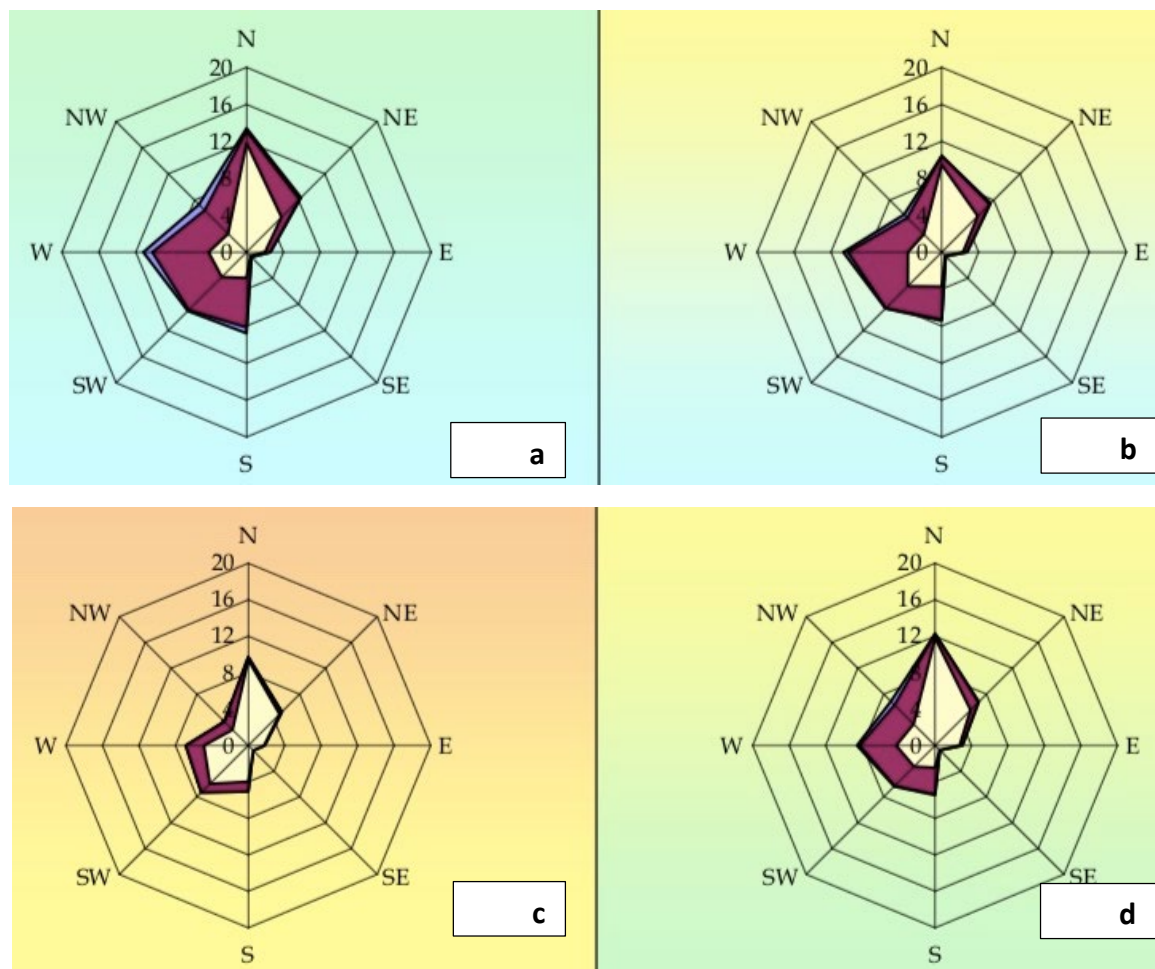


Figura 25 Ventosità media per inverno (a), primavera (b), estate (c), e autunno (d) durante il periodo 1971-2000 registrate nella stazione meteorologica di Fertilia.

Dall'analisi dei dati disponibili dalla Rete Mareografica dell'ISPRA, risulta che i venti provenienti dai quadranti settentrionali e occidentali sono in netta dominanza, in particolare quello più frequente proviene da W. Per il periodo considerato (1971-2000) nella stazione di Fertilia le percentuali di calma per le 4 stagioni sono state il 36% per l'inverno, il 44% per la primavera, il 59% per l'estate e il 48% per l'autunno.

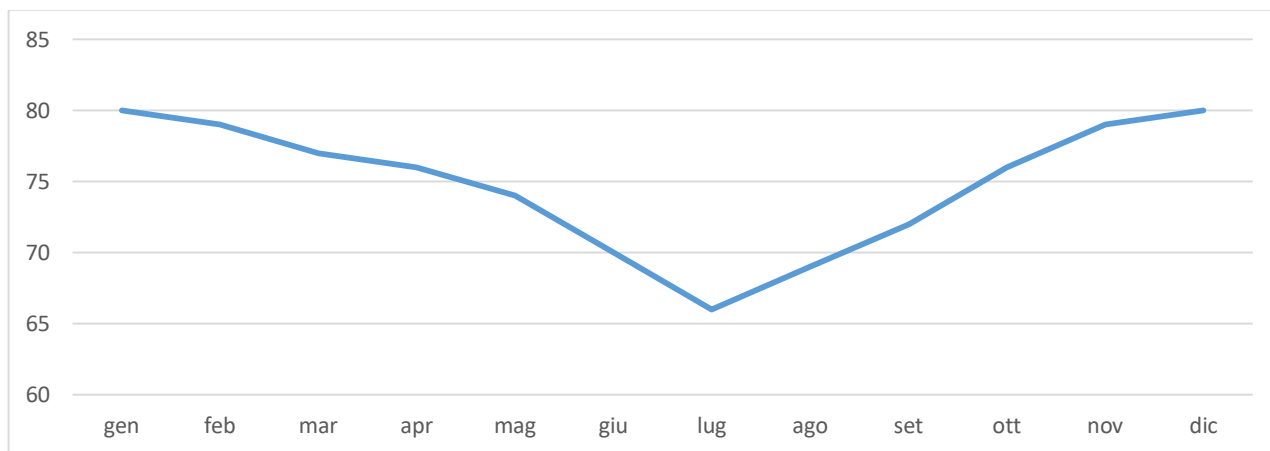


Figura 26 Umidità relativa per la stazione di Fertilia, per il periodo 1971-2000.

L'ultima variabile significativa che condiziona l'evapotraspirazione è l'umidità relativa, ossia il rapporto tra la quantità di vapore d'acqua contenuta in una massa d'aria rispetto e quella massima potenziale in relazione alla sua temperatura. Dalla tabella riportata in Fig.26, che riporta i valori dell'umidità relativa media mensile ed annuale della stazione di Fertilia per il periodo 1971-2000, si nota che tale valore raggiunge valori più elevati nei mesi invernali (Novembre-Febbraio) e valori minimi nel mese di Luglio.

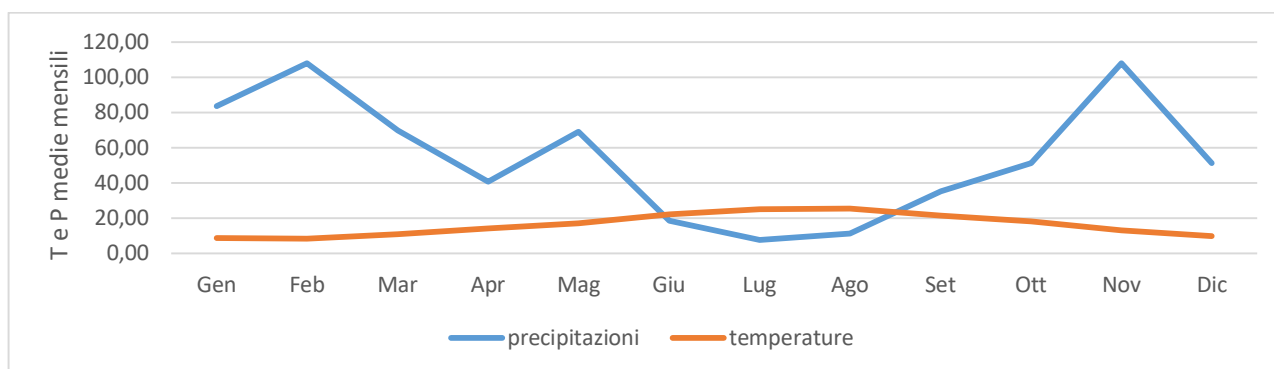


Figura 27 Diagramma ombrotermico (Walter e Lieth) per il settore di Sassari.

Il diagramma ombrotermico elaborato per l'area di Sassari a partire dai dati sulla temperatura media e precipitazioni medie, permette di comparare contemporaneamente i regimi medi mensili termici e pluviometrici nell'arco del periodo considerato. L'andamento delle curve consente di visualizzare che nei mesi estivi, dove la temperatura media mensile raggiunge valori superiori ai 24 °C, si hanno i valori di piovosità inferiori, mentre nei mesi invernali, dove le temperature medie mensili sono pari a 9°C, si raggiungono le piovosità più elevate.

Il clima è caratterizzato da un periodo caldo con scarsa piovosità e uno più freddo e piovoso. Nel grafico di si nota che la curva delle precipitazioni giace al di sotto di quella delle temperature nei mesi estivi, che rappresentano il periodo secco in quanto prevale l'evapotraspirazione rispetto agli apporti idrici.

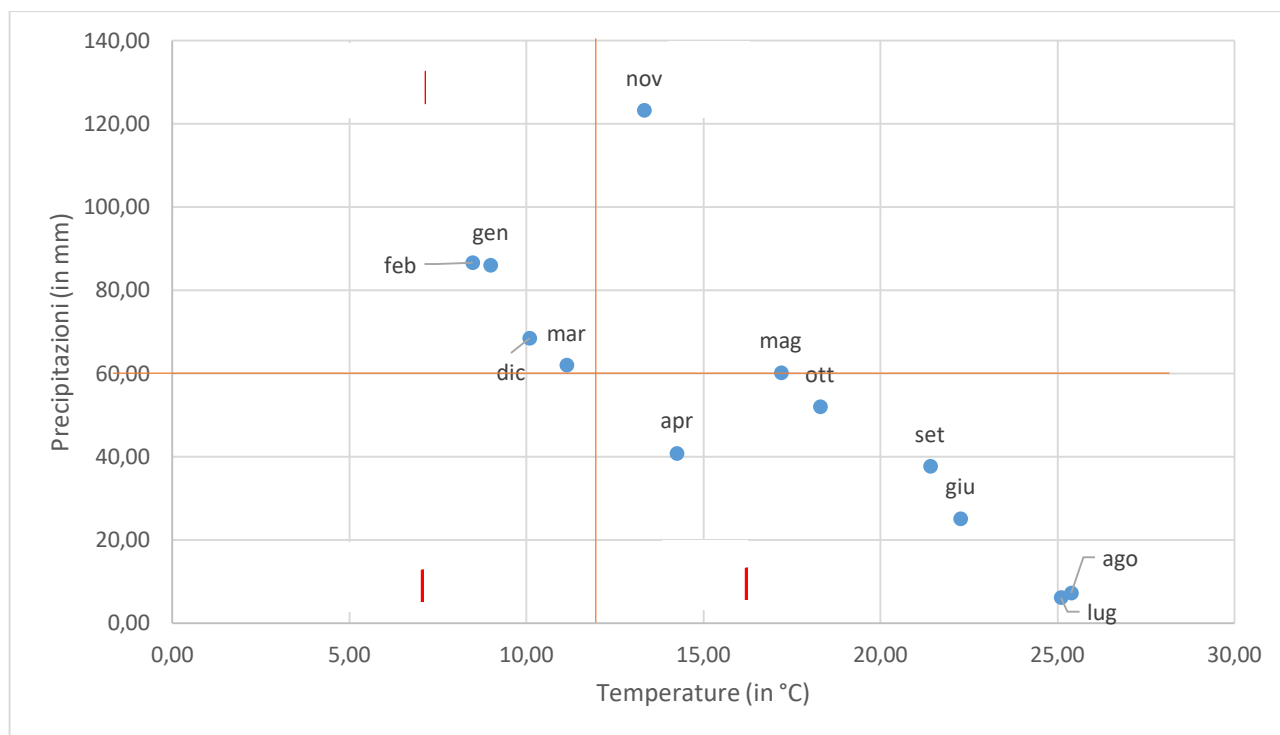


Figura 28 Climogramma relativo all'area di Sassari.

L'analisi delle medie mensili di temperatura e piovosità relative al periodo 2012-2018 permette di classificare il clima dell'area di interesse come "mediterraneo con estate calda", nel quale la temperatura media annua (16 °C), non scende mai sotto agli 8 °C, e per quattro mesi (Giugno-Settembre) supera i 22 °C, e le precipitazioni sono superiori ai 650 mm annui.

Dal climogramma (Fig.28) realizzato a partire dai valori medi di precipitazioni e temperature relativi al periodo 2012-2018 per l'area di interesse, nel quale i quadranti definiscono le diverse tipologie di climi, ossia freddo arido (I), freddo umido (II), caldo umido (III) e caldo arido (IV), è evidente che il settore in studio è caratterizzato da due periodi, uno lungo di caldo arido ed uno limitato freddo umido.

La classificazione fatta sul clima della regione, è confermata anche dall'indice di aridità medio di Demartonne stimato per l'area in oggetto che ricade nel settore da "secco – sub-umido" a "subumido" per il periodo considerato.

L’analisi dei parametri meteorologici permette di confermare l’andamento climatico rilevato in quasi tutta la Sardegna, nettamente bistagionale con le stagioni caldo arida e fresca umida che si alternano nel corso dell’anno, intervallate da due brevi stagioni a carattere intermedio.

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1. SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE

Secondo la classificazione dei bacini sardi riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico, il comune di Sassari è incluso nel Sub – Bacino n° 3 “Coghinas – Mannu di P.Torres – Temo”, che si estende per una superficie di 5402 Km², pari al 23% del territorio regionale.

Il Sub-Bacino Coghinas-Mannu-Temo può essere suddiviso in tre grandi sotto insiemi: il settore Orientale e Sud-Orientale prevalentemente paleozoico, il settore centrale prevalentemente terziario, e il settore Nord-Occidentale, in cui ricade il progetto, costituito dallo zoccolo cristallino dell’horst della Gallura paleozoico e dalle formazioni carbonatiche mesozoiche che culminano con i rilievi del Doglia e del sistema di Punta Cristallo e di Capo Caccia.

Il reticolo idrografico su queste litologie è caratterizzato da una ramificazione poco sviluppata in tutta l’area vasta che include le zone di interesse per i progetti di installazione del parco fotovoltaico.

Lo sviluppo del reticolo idrografico è strettamente connesso alle caratteristiche chimico-fisiche delle rocce costituenti il substrato, e al controllo tettonico che si manifesta molto evidente su alcune linee di deflusso. Le rocce calcaree sono generalmente caratterizzate da importanti sistemi di giunti e discontinuità, spesso visibili ad occhio nudo, che influenzano la circolazione idrica superficiale che si presenta poco articolata, indice che l’aliquota d’acqua di infiltrazione è maggiore dell’acqua che prende parte al ruscellamento superficiale.

I corsi d’acqua principali presenti nell’area vasta sono il **Riu Sant’Osanna**, che scorre a occidente, e il **Riu Mannu** che scorre a oriente, il più prossimo ai campi sui quali sarà situato il parco fotovoltaico, mentre a sud scorre il Riu Don Gavinu. Verso questi confluiscano le acque incanalate da piccoli affluenti che si ramificano verso monte.



Figura 29 Suddivisione dei bacini idrografici sardi.

Il reticolo idrografico sulle litologie affioranti è impostato su un sistema di valli e compluvi, ed è caratterizzato da una ramificazione ben sviluppata nell'area vasta, ma poco sviluppata nell'area di interesse per lo sviluppo del progetto. Sono presenti diversi corsi d'acqua lungo tutta l'area di interesse, e i relativi affluenti: il Riu Mannu nella parte orientale, il Riu Sant'Osanna in quella occidentale, e il Riu Don Gavinu nella parte meridionale.

Il Riu Mannu e il Riu Sant'Osanna e i relativi affluenti scorrono verso il mare a nord, mentre il Riu Don Gavinu e relativi affluenti, scorre invece verso sud per confluire nel Riu Filibertu, che a sua volta si immette nel Rio Barca che sfocia a mare presso Alghero.

Lo sviluppo del reticolo idrografico è strettamente connesso alle caratteristiche chimico-fisiche delle rocce costituenti il substrato, e al controllo tettonico che si manifesta molto evidente su alcune linee di deflusso.

Gli impluvi costituiscono essenzialmente le aste tributarie di primo e secondo ordine dei torrenti che scorrono più a valle: essi presentano carattere essenzialmente torrentizio con deflussi stagionali legati strettamente alle precipitazioni. Lungo i versanti a maggiore pendenza i corsi d'acqua assumono un elevato potere erosivo, mentre solamente a valle, in corrispondenza di aste di ordine intermedio sono evidenti fenomeni di deposizione di coltri alluvionali di spessore molto modesto.

6.2. SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Uno studio idrogeologico ha lo scopo di identificare lo schema di circolazione idrica sotterranea relativo ad una determinata area per poter ricavare informazioni circa i rapporti tra litotipi presenti, la presenza di acqua e le possibili conseguenze derivanti dalla realizzazione di un'opera.

Nell'area di interesse sono presenti rocce di diversa natura, anche se principalmente sono da riferire al Mesozoico, in parte al Paleozoico e al Quaternario. Il basamento paleozoico è costituito principalmente da litologie impermeabili e di conseguenza nel complesso sfavorevoli alla ritenzione delle acque meteoriche, che si trovano quindi a scorrere in superficie, come è possibile vedere dallo sviluppo del reticolo idrografico superficiale nella parte occidentale dell'area vasta.

Le coperture mioceniche su cui verranno installati i pannelli fotovoltaici in progetto, invece, per via della loro composizione prevalentemente argillosa, sono poco favorevoli alla ritenzione delle acque, come è possibile vedere dalla presenza di un reticolo idrografico superficiale sviluppato.

Al contatto tra le coperture mesozoiche, più permeabili, e quelle paleozoiche alla base, meno permeabili, si possono sviluppare delle risorgive che hanno carattere prettamente stagionale legato all'andamento pluviometrico generale. Di seguito viene illustrato in uno schema il processo di infiltrazione accumulo e circolazione legato al regime delle piogge.

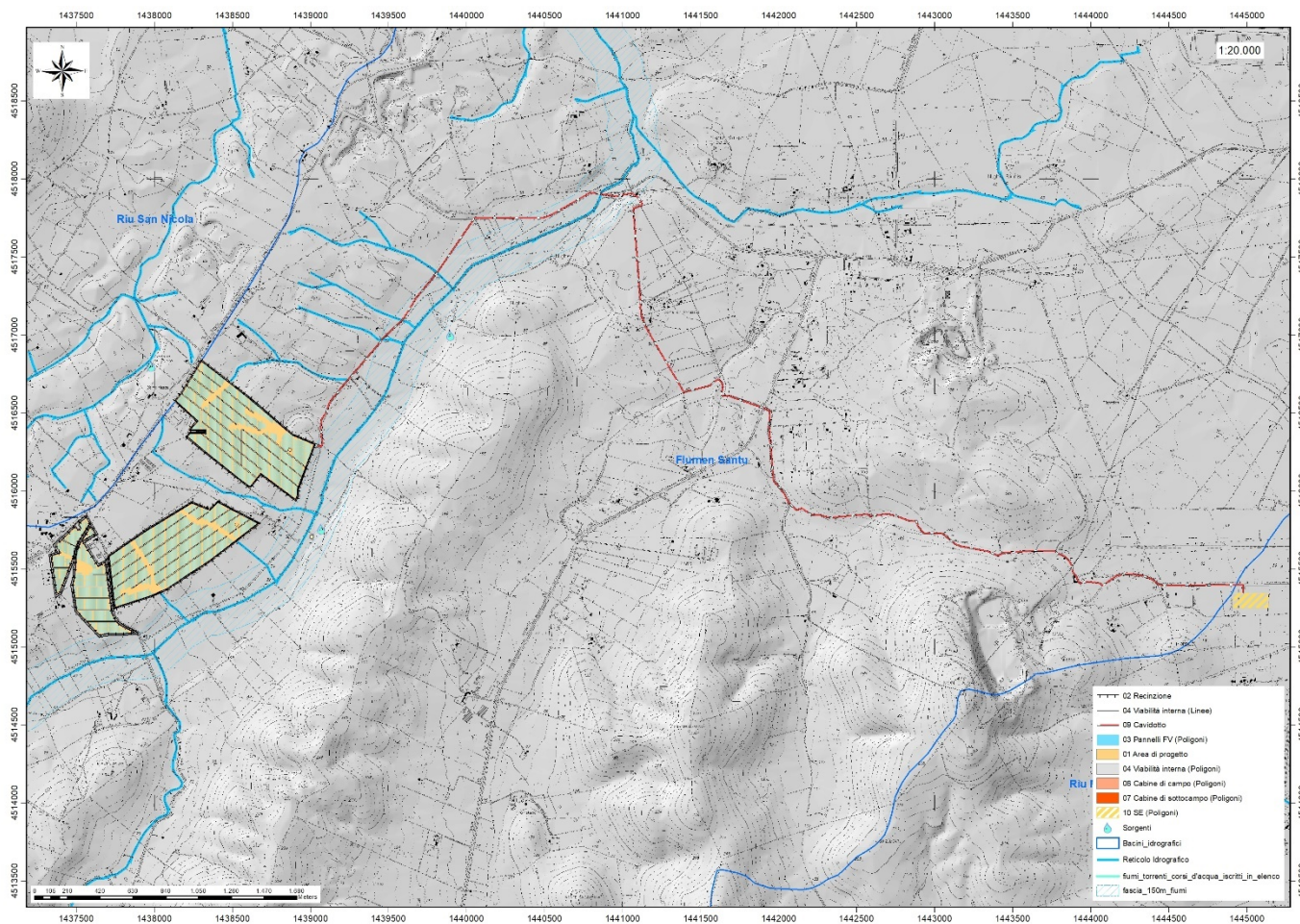


Figura 30 Carta dell'idrografia superficiale

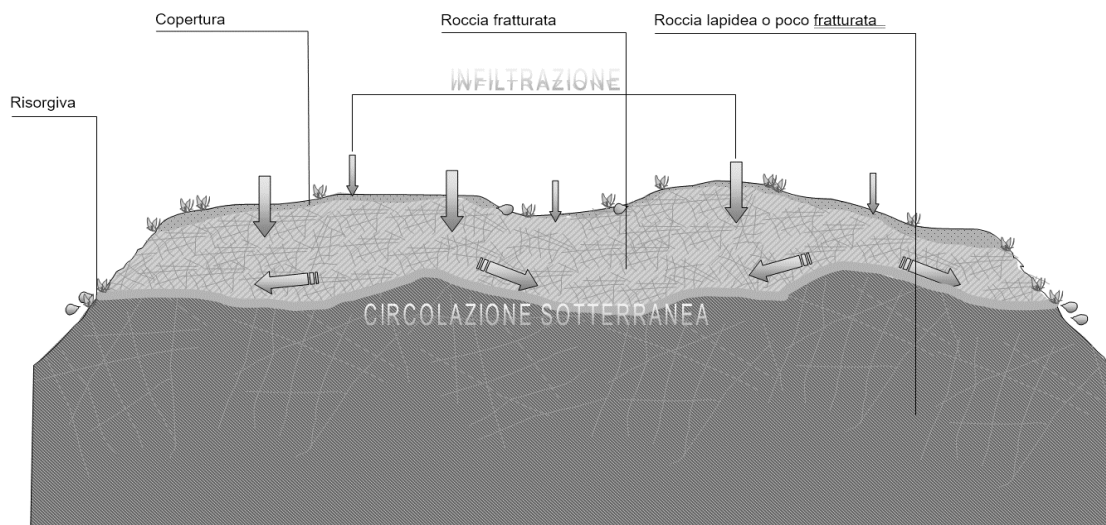


Figura 31 Schema esemplificativo, non in scala, dei processi di infiltrazione e deflusso sotterraneo

Gli afflussi che arrivano sul terreno sotto forma per lo più di piogge, più raramente e poco tempo di neve, in parte scorrono lungo la superficie in genere a lamina d'acqua per poi organizzarsi in deboli rivoli che si concentrano lungo gli impluvi fino a raggiungere le valli, mentre la frazione di acqua che non scorre in superficie in parte evapora e in parte si infiltra nel terreno e nella roccia sottostante scorrendo lungo le fratturazioni in maniera più o meno efficace in funzione del grado di apertura delle stesse.

Maggiore è la presenza di fratture e la porosità del mezzo, maggiore è la possibilità che l'acqua prosegua il suo percorso in profondità.

Da un punto di vista idrogeologico le formazioni dell'area di studio possono essere divise in quattro gruppi principali:

- **Basamento Paleozoico.** Affiora nella parte occidentale dell'area vasta, ed è costituito da rocce massive e scistose semipermeabili per fratturazione, da rocce impermeabili, e da rocce permeabili. Complessivamente la permeabilità del basamento metamorfico è scarsa, con Coefficienti di Permeabilità variabili tra 10^{-7} e 10^{-9} .

- **Coperture mesozoiche.** Tali coperture sono costituite da litotipi a permeabilità medio-alta dovuta sia alla porosità delle arenarie e dei calcari che alla permeabilità per fratturazione e carsismo delle rocce carbonatiche presenti in tutta l'area di interesse.

- **Coperture sedimentarie oligo-mioceniche.** Affiorano nella porzione occidentale e nord-orientale dell'area di interesse, e sono costituite da depositi caratterizzati da porosità medio bassa per porosità o medio bassa per fratturazione.

- **Depositi quaternari.** I depositi quaternari occupano aree molto limitate nella parte centrale e meridionale dell'area di interesse raggiungendo spessori poco significativi, con una permeabilità medio-alta per porosità. I depositi di versante essendo in gran parte costituiti da una struttura clasto-sostenuta e scarsa matrice (falde di detrito), presentano una permeabilità molto elevata, in ogni caso i loro spessori esigui non garantiscono una potenza sufficiente per generare acquiferi significativi.

Le litologie che interessano l'area di progetto presentano una **permeabilità medio-bassa per porosità (MBP)**, come è possibile vedere dalla Carta delle permeabilità resa disponibile Geoportale della Regione Autonoma della Sardegna.

Dalla carta dei sistemi idrogeologici del foglio 459 “Sassari”, si possono osservare le isopieze relative al complesso calcareo, le quali presentano direzioni di deflusso da sud-ovest verso nord-est.

Al complesso marnoso-calcareo viene attribuita una conducibilità idraulica di **$k = 10^{-8}$**

- csr (Q) complesso sedimentario recente
 $10^{-6} \leq K \leq 10^{-4}$ m/sec
- cmc (Mc) complesso marnoso-calcareo
 $K = 10^{-3}$ m/sec
- cpi (OM) complesso piroclastico e lavico
 $K = 10^{-3}$ m/sec
- ccm (C) complesso calcareo-marnoso
 $K = 10^{-3}$ m/sec
- cc (G) complesso calcareo
 $K = 10^{-4}$ m/sec
- csc (T) complesso sedimentario composito
 $K = 10^{-6}$ m/sec
- cme (P) complesso metamorfico
 $K = 10^{-11}$ m/sec
- corpi idrici superficiali

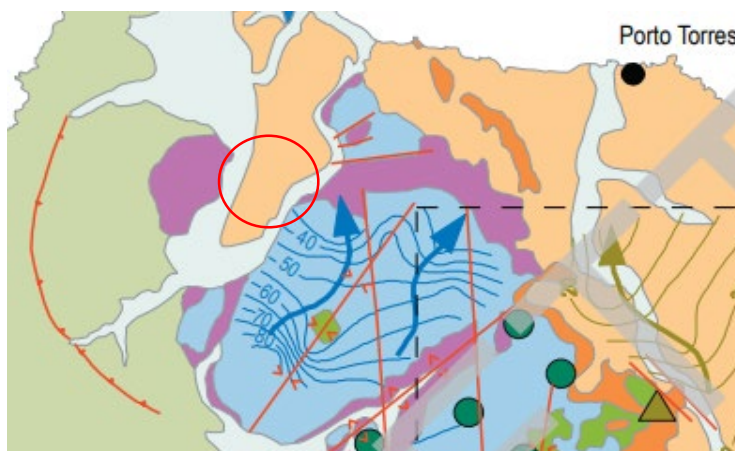


Figura 32 Sistemi idrogeologici dell'area occidentale del foglio 459 "Sassari"

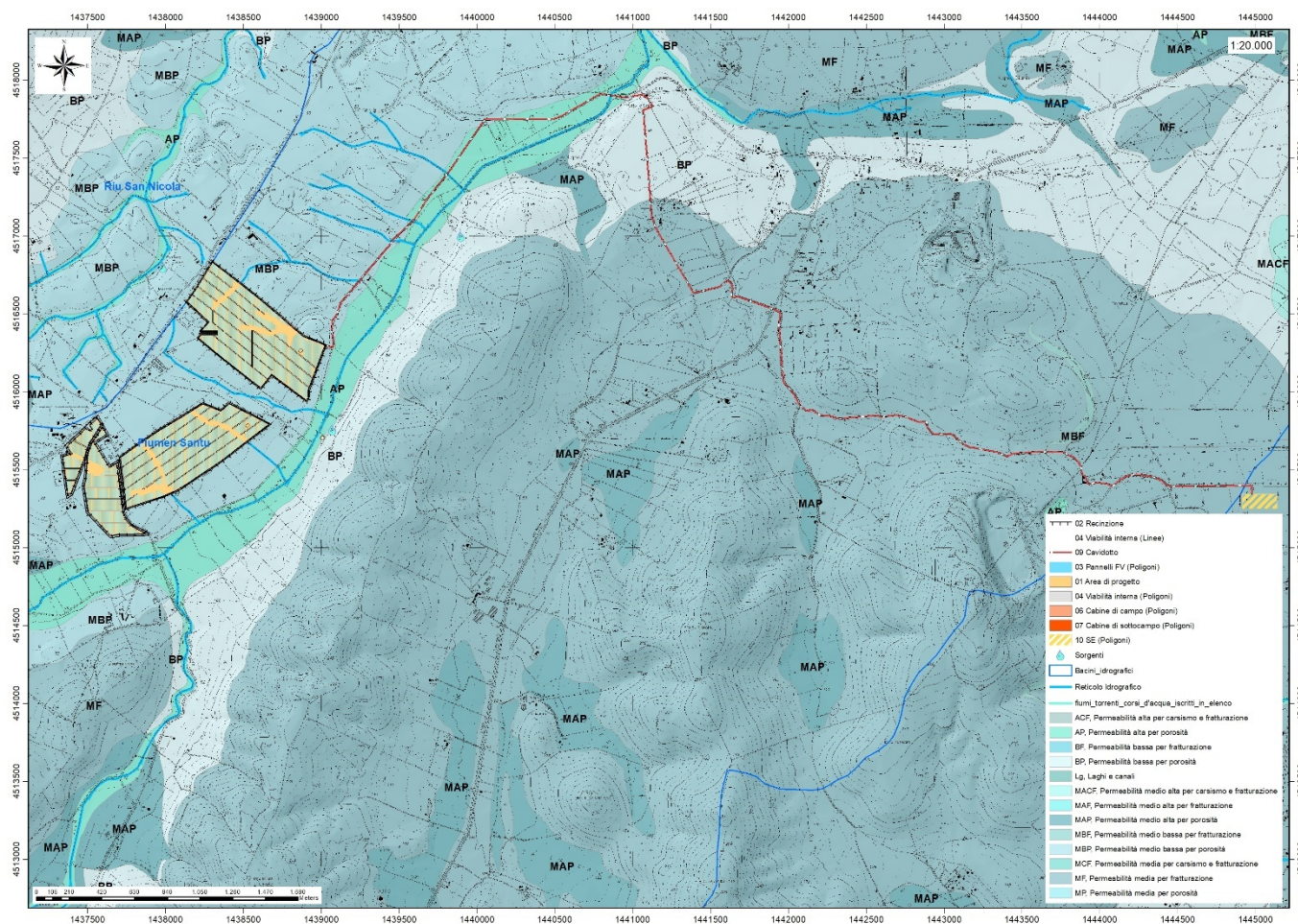


Figura 33 Carta delle permeabilità dei substrati

Lo studio idraulico ex Art.8 c.2 delle NTA PAI e realizzato dal comune nel 2014 riporta lo studio dell’asta fluviale di interesse al progetto facente parte del Bacino Idrografico del Fiume Santo sotto bacino F2.

Le aree di esondazione del Rio Sant’Osanna sono esterne all’area di progetto relativamente all’impianto.

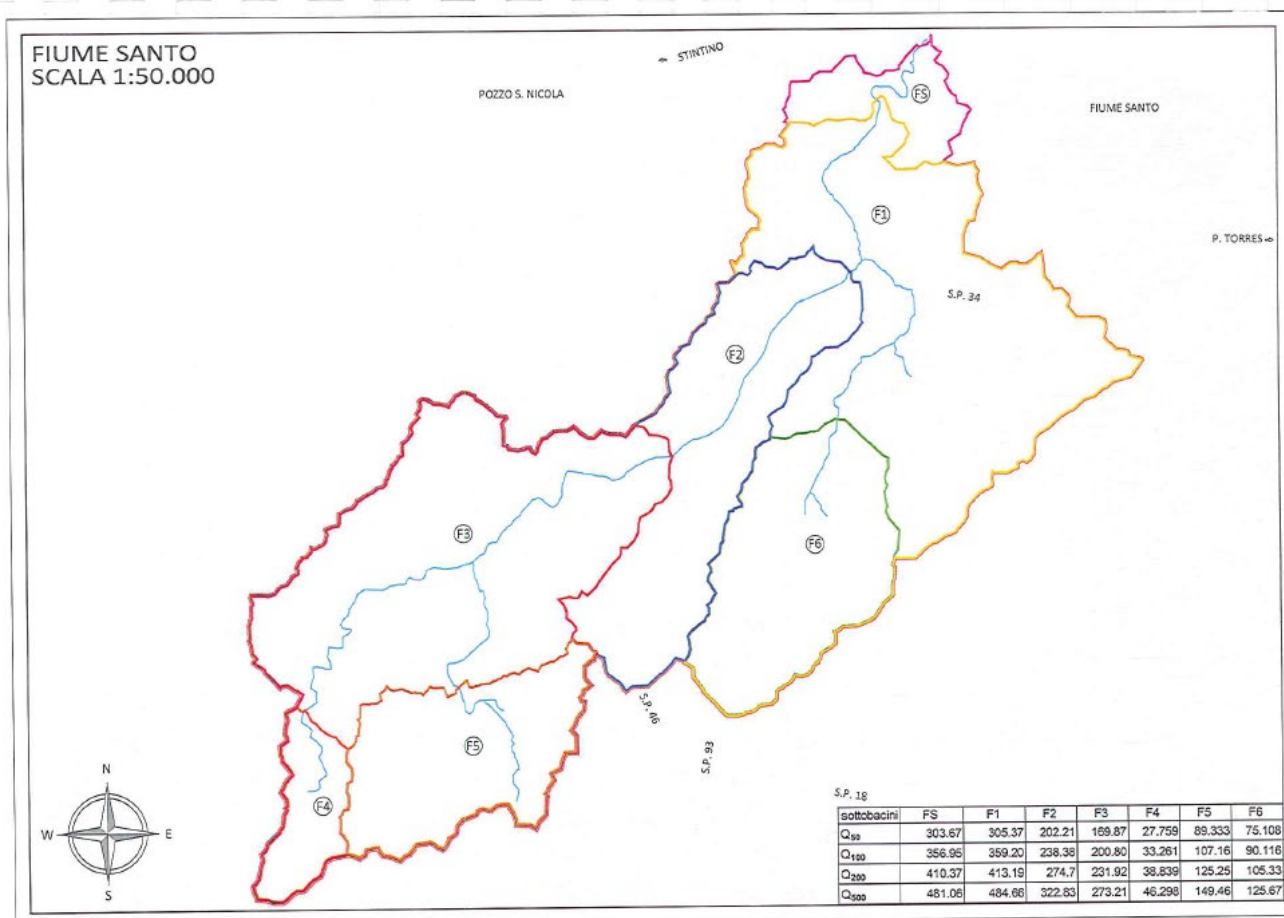


Figura 34 – Sottobacini del Bacino idrografico di Fiume Santo

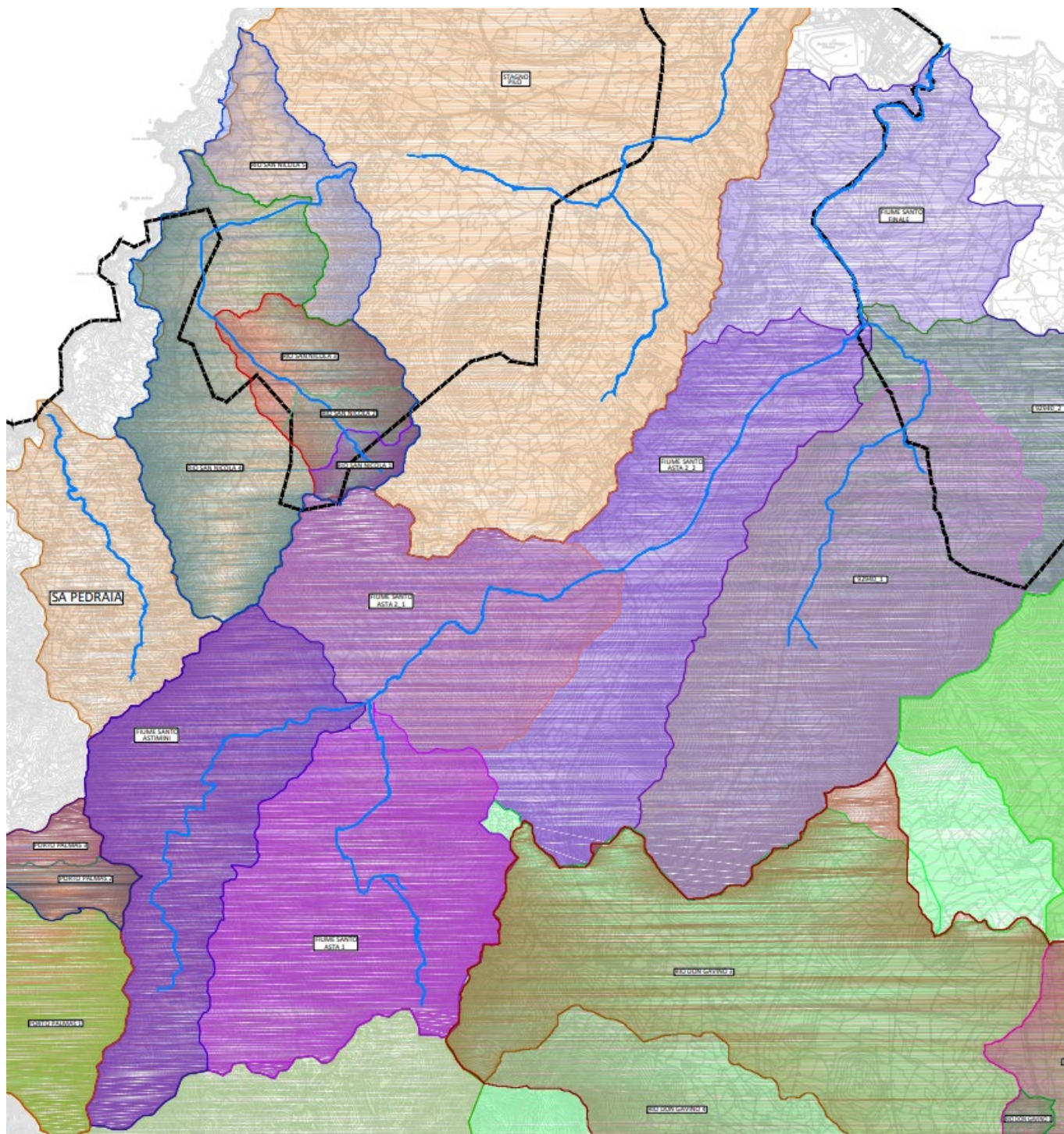


Figura 35 – Sottobacini del Bacino idrografico di Fiume Santo studio Art.37 NTA PAI (2022)

Tabella 45 - Dati morfometrici di sintesi del bacino imbrifero e dei relativi sottobacini del Fiume Santo.

BACINO FIUME SANTO					
Sezione		FS mare	F1	F2	F3
Area bacino imbrifero	(km ²)	83.2	80.1365	46.5584	33.5265
Quota sezione di chiusura s.l.m.	(m)	0	7.94	20.4	44.6
Quota media del bacino s.l.m.	(m)	113.5	116.8	126.5	136.7
Pendenza media dei versanti	%	0.1519	0.159	0.177	0.183
Lunghezza asta principale	(m)	23816	22475	18461	13780
Pendenza media asta principale	%	0.015	0.015	0.018	0.022

Sezione		F4	F5	F6
Area bacino imbrifero	(km ²)	2.917	8.9655	10.5589
Quota sezione di chiusura s.l.m.	(m)	138.2	95.7	68.7
Quota media del bacino s.l.m.	(m)	218.8	153.7	157.9
Pendenza media dei versanti	%	0.212	0.18	0.186
Lunghezza asta principale	(m)	4048	3311	5743
Pendenza media asta principale	%	0.054	0.057	0.021

Fiume Santo F2		TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	(m)		18461	18461	18461	18461
Curve Number	CN			94	94	94	94
Pend.za media bac.	lbac			0.177	0.177	0.177	0.177
Area bacino	A	(kmq)		46.5584	46.5584	46.5584	46.5584
Altitudine media	Hmed	m slm		126.5	126.5	126.5	126.5
Altitudine minima	Hmin	m slm		20.4	20.4	20.4	20.4
Pend.za media asta	iret			0.018	0.018	0.018	0.018
	tc SCS	(ore)		3.29	3.29	3.29	3.29
	tc GIANDOTTI	(ore)		6.67	6.67	6.67	6.67
	tc PASINI	(ore)		7.65	7.65	7.65	7.65
	tc VAPI	(ore)		6.33	6.33	6.33	6.33
	tc adott.	(ore)		3.29	3.29	3.29	3.29
Tempi di ritorno	T	(anni)		50	100	200	500
	Sottozona			2	2	2	2
	Pgiorn.	(mm)		50	50	50	50
	n1			0.31570972	0.31570972	0.31570972	0.31570972
	a1	(mm)		20.691	20.691	20.691	20.691
	n2			-0.01260333	-0.0138337	-0.01506407	-0.01669053
	a2	(mm)		2.280	2.605	2.931	3.361
	n=n1+n2			0.30310639	0.30187602	0.30064565	0.299019192
	a=a1*a2	(mm)		47.168	53.906	60.643	69.550
	h	(mm)		67.696	77.253	86.781	99.334
	S	(mm)		16.213	16.213	16.213	16.213
	la	(mm)		3.243	3.243	3.243	3.243
	Pnetta	(mm)		51.499	60.711	69.961	82.219
	Coef.defl.			0.761	0.786	0.806	0.828
PORTATA DI PIENA	Qpicco	(mc/s)		202.211	238.379	274.700	322.831

Figura 36 - Dati morfometrici e di portata dei sottobacini del Fiume Santo e del sottobacino F2

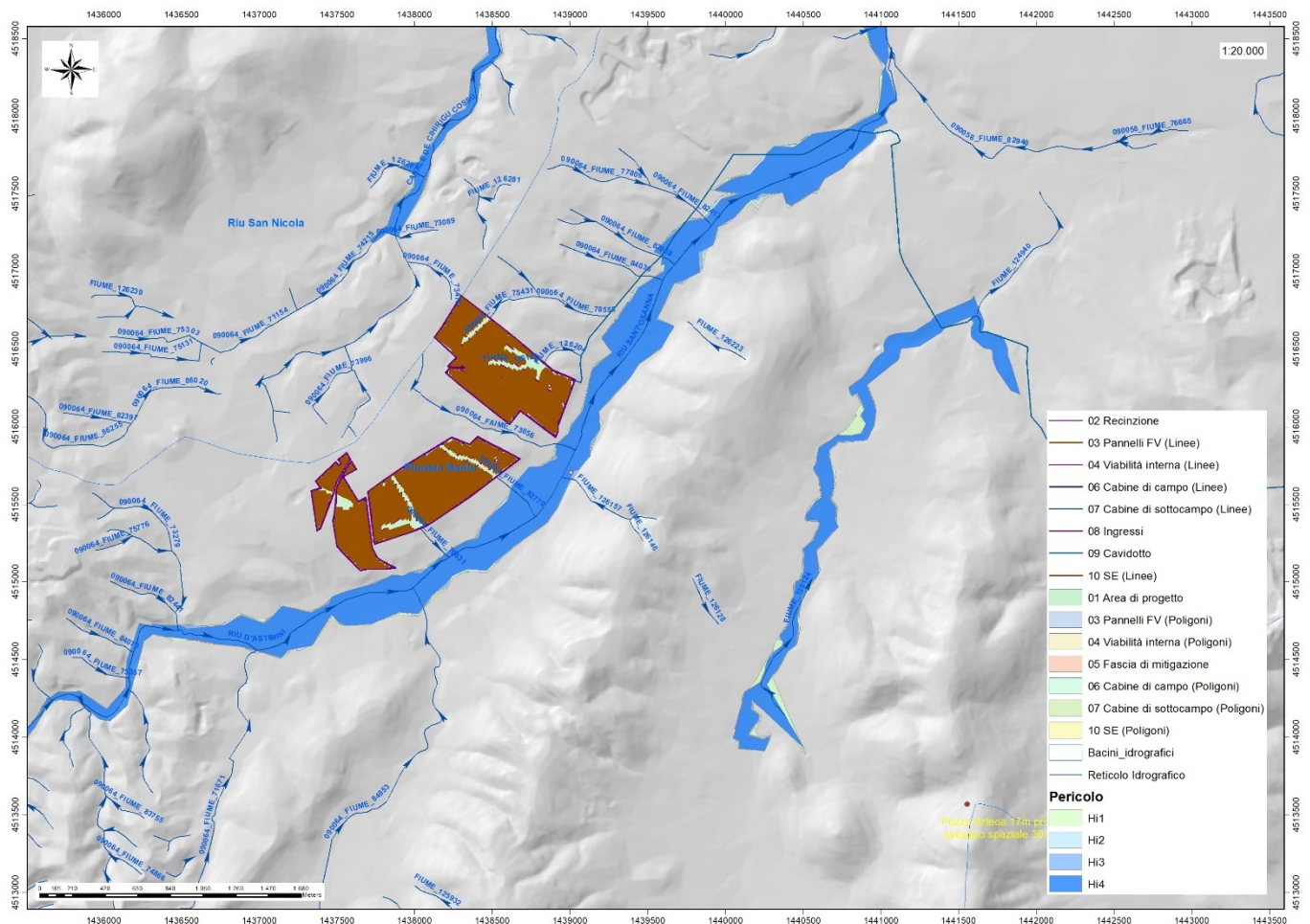


Figura 37 - Dettaglio del sistema idrografico in prossimità dell'area di progetto

7. INQUADRAMENTO PEDOLOGICO

Le tipologie di suolo sono legate per genesi alle caratteristiche delle formazioni geo-litologiche presenti e all'assetto idraulico di superficie nonché ai diversi aspetti morfologici, climatici e vegetazionali.

Poiché la litologia del substrato o della roccia madre ha una importanza fondamentale quale fattore nella pedogenesi dei suoli, le unità principali sono state delimitate in funzione delle formazioni geologiche prevalenti, e successivamente all'interno di esse sono state individuate unità, distinte dalla morfologia del rilievo, dall'acclività e dall'uso del suolo prevalente

L'area di progetto su cui verranno installati i pannelli ricade nei paesaggi su

- **"Calcari, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico e relativi depositi di versante"** con Profili A-R, A-Bt-R e A-Bw-R e roccia affiorante, da poco profondi a profondi, da franco sabbioso

argillosi ad argillosi, da mediamente a poco permeabili, neutri, saturi; cui sono associati suoli dell'unità A2 della Carta dei Suoli della Sardegna.

- *"Calcarei, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico e relativi depositi di versante", con Roccia affiorante e suoli a profondita' variabile nelle anfrattuosita' della roccia, con profili A-R e subordinatamente A-Bt-R, argillosi, poco permeabili, neutri, saturi; cui sono associati suoli dell'unità A1 della Carta dei Suoli della Sardegna.*

"Alluvioni e su arenarie eoliche cementate del Pleistocene" con Suoli a profilo A-Bt-C, A-Btg-Cg e subordinatamente A-C, profondi, da FS a FSA in superficie, da FSA ad A in profondita', da permeabili a poco permeabili, da subacidi ad acidi, da saturi a desaturati, cui sono associati suoli dell'unità I1 della Carta dei Suoli della Sardegna

Alluvioni e su conglomerati, arenarie eoliche e crostoni calcarei dell'Olocene" con suoli a Profili A-C e subordinatamente A-Bw-C, profondi, da sabbioso franchi a franco argillosi, da permeabili a poco permeabili, neutri, saturi; cui sono associati suoli dell'unità L1 della Carta dei Suoli della Sardegna.

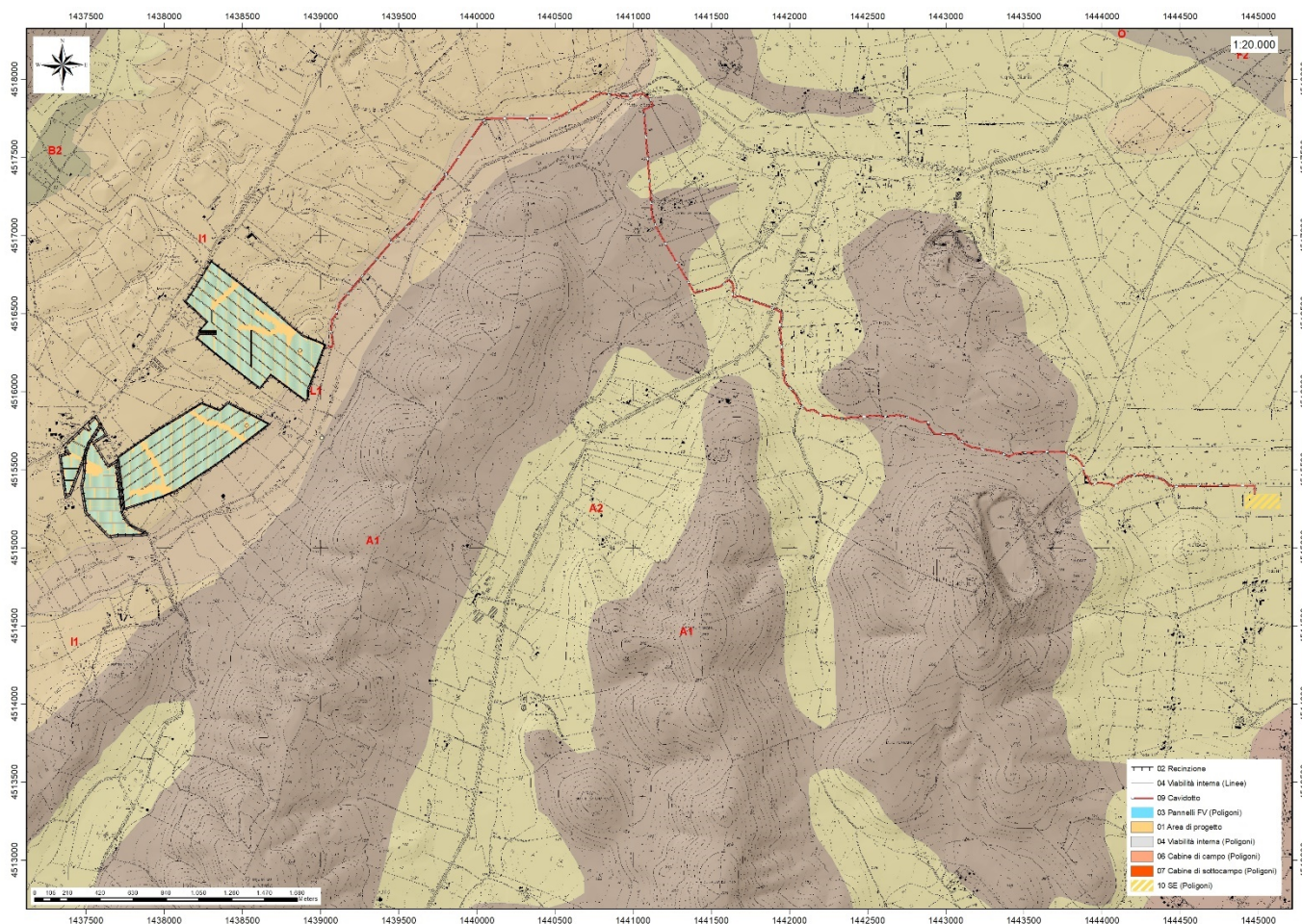


Figura 38 Stralcio della Carta dei Suoli della Sardegna (Fonte RAS)

8. FATTIBILITA' IDROGEOLOGICA

A seguito di un'attenta analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area significativa al progetto affrontate nei paragrafi precedenti, viene resa una serie di considerazioni riguardanti l'interazione dell'opera con le dinamiche relative all'idrografia superficiale e sotterranea.

L'eventuale presenza di un'importante componente argillosa costituente l'orizzonte superficiale e mediamente profondo può limitare localmente il drenaggio delle acque. La presenza di locali depressioni può favorire l'accumulo momentaneo di acque piovane durante gli eventi piovosi più intensi.

Si suggerisce un'opportuna regimazione delle acque superficiali sia in fase di realizzazione delle opere che in fase di esercizio.

La profondità di imposta degli elementi di ancoraggio dei pannelli al suolo è tale da non interferire con la dinamica di circolazione sotterranea più profonda.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA SARDEGNA - Sezione A n°656