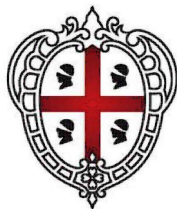


Regione
Sardegna



Provincia di
Sassari



Comune di
Alghero



IMPIANTO FOTOVOLTAICO "SAN-MARCO" DI 16MW SITO NEL COMUNE DI ALGHERO (SS) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

PROGETTISTI INCARICATI:

Ing. Luca Monsorno

Scala

-

Titolo elaborato:

**RELAZIONE
VALUTAZIONE della
COMPATIBILITA'
IDRAULICA**

Formato

A4

Ing. Alberto Voltolina

CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
SPFVSA04	PAUR2	R	13

ALTRI TECNICI COINVOLTI

Dott.ssa Archeol. Ilaria Frontori
Arch. Maurizio Cossar Dott.
Geol. Alberto Velicogna

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	01/24	Prima emissione	DZ	AV	AV
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA



SOCIETA' PROPONENTE:

OPR SUN 30

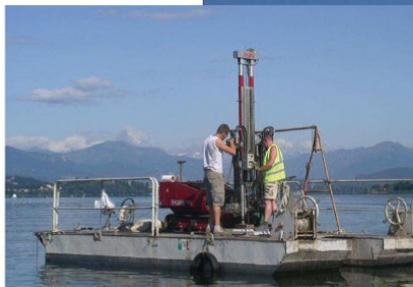
OPR SUN 30 SRL
Via Ceresio, 7 - 20154 Milano
PEC: opsun30@legalmail.it
P.iva 13086440966

Prove penetrometriche, indagini geofisiche,
prelievo campioni di terreno, prove di carico su piastra,
videoispezioni, ricerca cavi, tubazioni e sottoservizi,
servizi tecnici a professionisti, imprese e privati.
Operiamo in tutta Italia (isole comprese).

www.applisasgeoservizi.com

a.velicogna@libero.it

seguici  <http://www.facebook.com/Applisas>



LAUT ENGINEERING Srl, via San Crispino 106, 35129, Padova (PD)

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Parco Fotovoltaico – Alghero (SS)



Commessa: 144 -23ter rev01

Data: 17/11/23

Dott.Geol. Alberto Velicogna

*SEDI: (legale e operativa)
(territoriali)*

*via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

Sommario

NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE.....	5
2.1. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA	5
2.2. GEOLOGIA DELL'AREA.....	6
3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO – IDROMORFOLOGICO.....	8
3.1. ISOPIEZOMETRICHE DEGLI ACQUIFERI	15
3.2. CARTA DELLE PEREMEABILITÀ	15
4. MODELLO IDROGEOLOGICO.....	17
5. VINCOLISTICA.....	19
6. LINEE GUIDA SULL'INVARIANZA IDRAULICA NELLE TRASFORMAZIONI	
TERRITORIALI.....	23
6.1. PREMessa	23
6.2. VOLUMI DI INVASO.....	25
6.3. CALCOLO PER IL SITO IN OGGETTO	26
7. CONCLUSIONI.....	29

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018);
- Circ. Min. 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2008);
- Circ. Min. 02/02/2009 “Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche”;
- O.P.C.M. 3274/2003 e succ. modd.;
- O.P.C.M. 3519/2006;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" – D.M. 11/03/1988;
- Istruzioni applicative al D.M. 11.03.88 – Circ. Min. LL.PP. 24.09.88 n° 30483;
- "Raccomandazioni A.G.I. riguardanti l'esecuzione e programmazione delle indagini geotecniche" –A.G.I. 1977.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Alghero è un comune italiano di 42 287 abitanti, costitutivo della rete metropolitana del Nord Sardegna in provincia di Sassari, in Sardegna.

Alghero è situata nella parte nord-occidentale della Sardegna, all'interno dell'omonima rada. La maggior parte del territorio a nord dell'area urbana è occupato dalla pianura della Nurra. Nell'estrema frangia a nord-ovest si ergono i sistemi carsici di Capo Caccia, Punta Giglio e Monte Doglia. Procedendo a sud della città si osserva un territorio formato per lo più da vulcaniti che vanno a formare gli altopiani di Villanova Monteleone e Bosa, dall'ultimo del quale hanno origine alcuni corsi d'acqua che hanno favorito l'agricoltura

Altitudine minima: 0 m s.l.m.

Altitudine massima: 436 s.l.m.

Comuni vicini ad Alghero: Olmedo, Putifigari, Villanova Monteleone, Uri, SASSARI.

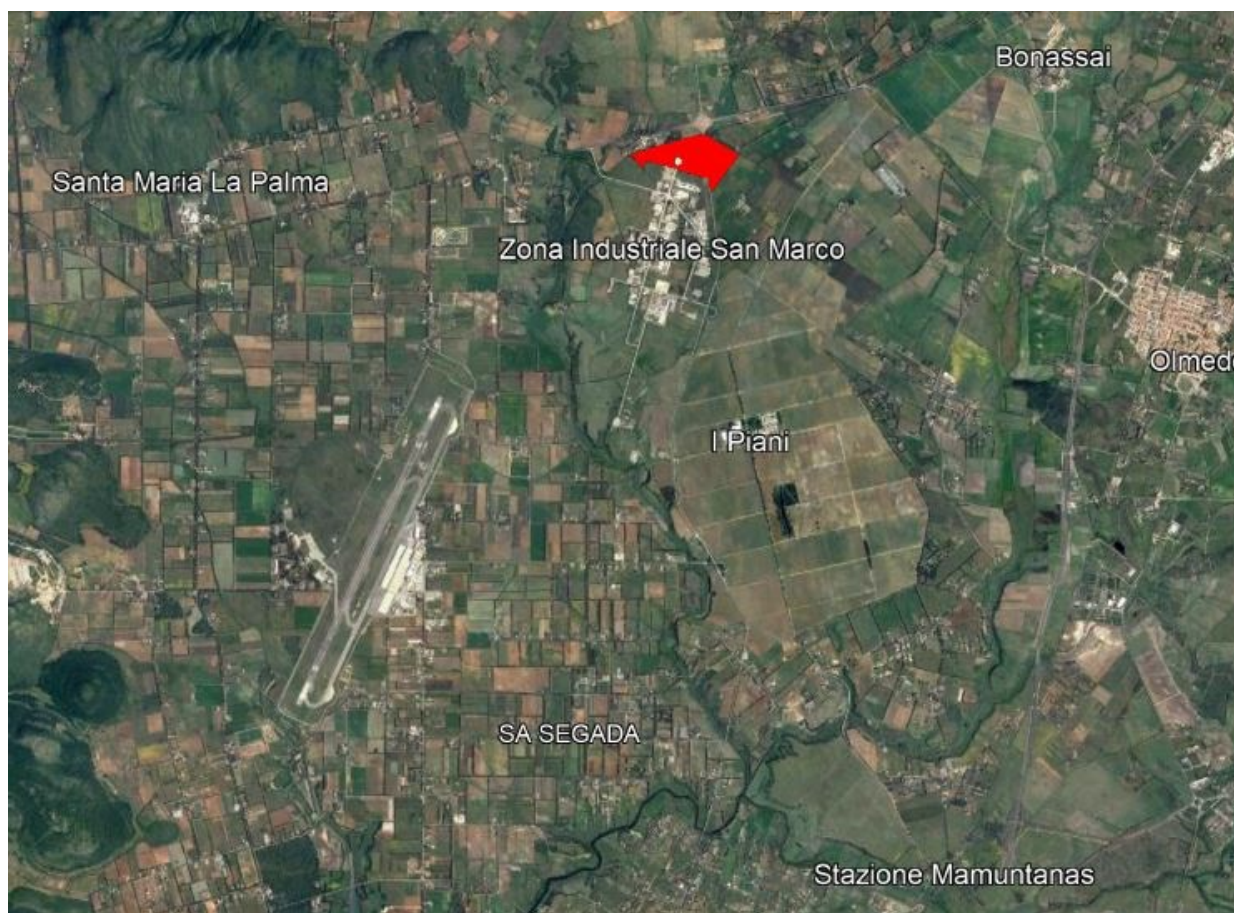


Figura 1: Foto satellitare con ubicazione del territorio comunale (da Google Earth)

3

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

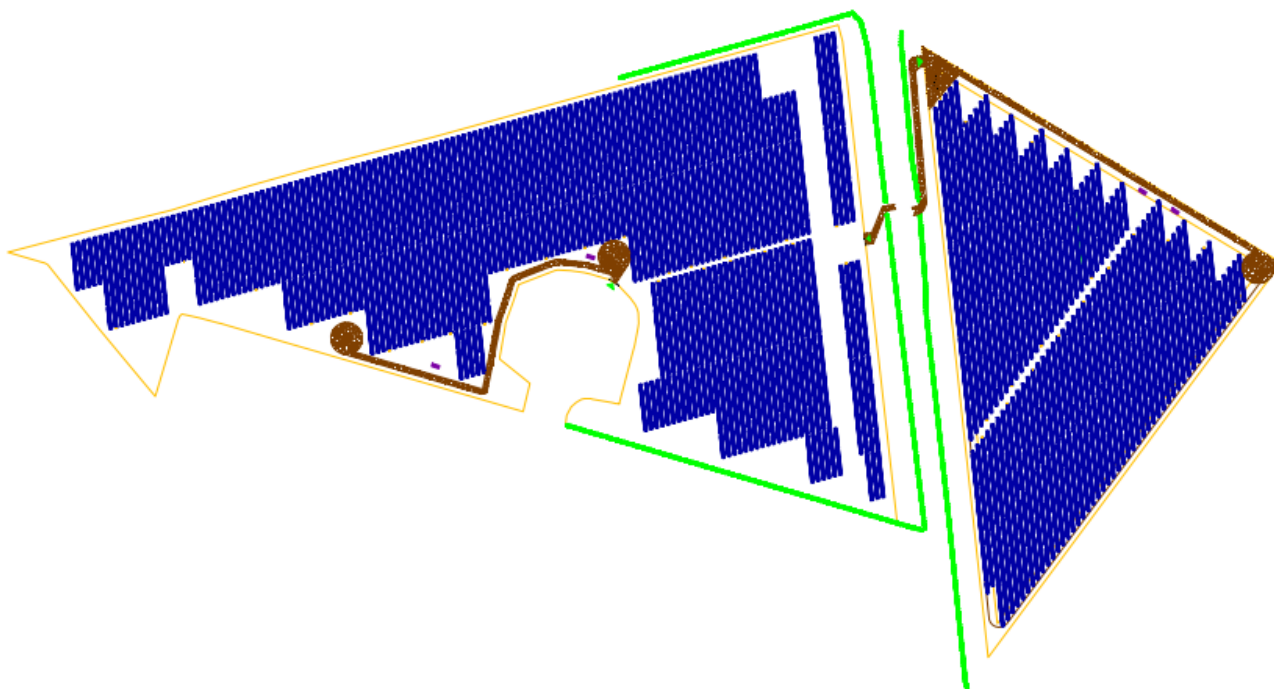


Figura 2.1: Layout di progetto

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE

2.1. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

Dal punto di vista geomorfologico l'area si presenta sub- pianeggiante con quote assolute comprese tra +31 e + 36 m s.l.m. ed è delimitata a ovest dal corso del Rio Filibertu, affluente del Rio Barca e compreso nel più ampio bacino idrografico che culmina nello stagno di Calich.

Il reticolo idrografico della Nurra in generale, rappresentativo anche dell'area inquadrata, presenta valli poco o per nulla incise. Il tracciato originale dei corsi d'acqua è stato quasi completamente celato dai lavori di bonifica effettuati in epoca fascista, soprattutto nel settore attorno all'aeroporto di Alghero. Accostandosi ai margini della piana si osserva un crescente approfondimento del reticolo idrografico, con formazioni di corte valli terrazzate che in breve portano alla confluenza nello stagno di Calich, una laguna costiera compresa tra la linea dunale e i margini meridionali della Nurra.

Il Riu Filibertu, che scorre immediatamente a ovest dell'area inquadrata, presenta tali caratteristiche. Il tratto del Riu Filibertu inizia a monte del ponte della S.S. 291 della Nurra e prosegue verso sud fino alla confluenza nel Rio Barca, per una lunghezza complessiva di circa 8,5 km.

L'alveo ha una pendenza media pari allo 0,33% e percorre in un'area pianeggiante compresa tra l'aeroporto di Alghero, a est, e la S.P. 42 dei due Mari. La sezione trasversale è piuttosto incisa in tutto il tratto, con larghezza media pari a 25 m e vegetazione di densità variabile a tratti.

Il tratto che scorre a ovest dell'area industriale San Marco, quindi del sito in esame, per quasi 3 km rappresenta il primo tronco e ha caratteristiche naturali, con golene densamente vegetate da essenze arboree. Più a valle, l'alveo risulta confinato tra aree coltivate che interessano anche la regione fluviale. Poco oltre l'attraversamento della SP 42, il corso d'acqua confluisce nel Rio Barca, in una zona a destinazione agricola.



Figura 3 - Carta delle altimetrie e del reticolo idrografico.

2.2. GEOLOGIA DELL'AREA

Al fine di definire un inquadramento che risultasse adeguato alla scala di dettaglio del presente lavoro, è stata impiegata la Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1: 25.000 che definisce, in maniera particolareggiata, i litotipi presenti nell'area di interesse e a cui fanno riferimento le sigle delle formazioni e le descrizioni litostratigrafiche generali.

L'area d'interesse ricade nei terreni caratterizzati dalla sigla PVM2a ossia Litofacies nel Subsintema di Portoscuso (Sintema Di Portovesme). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. Età: Pleistocene Sup.

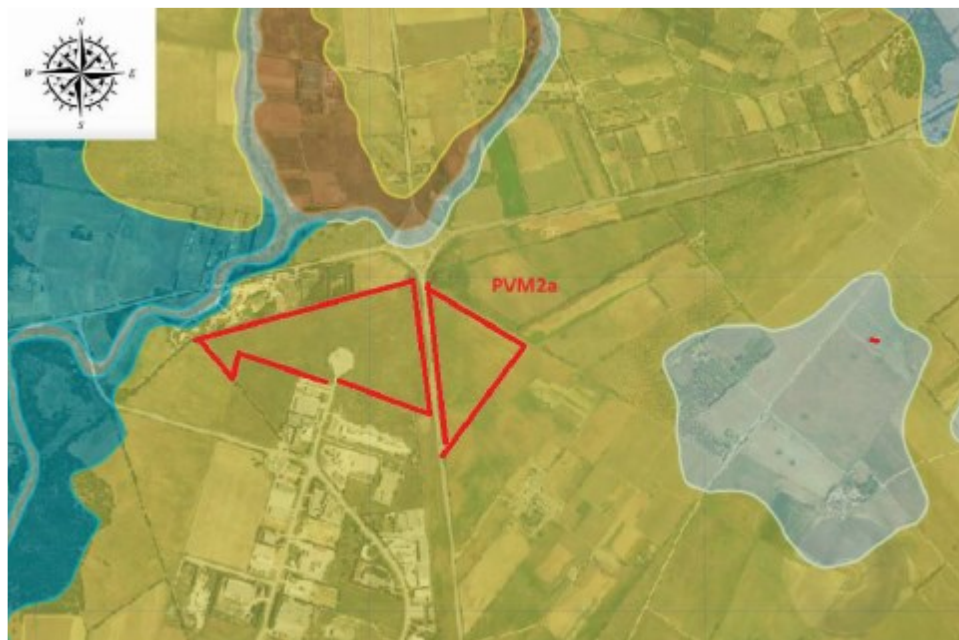


Figura 4 - Carta geologica della Sardegna.

Subsintema di Portoscuro (PVM2) – sono compresi in questo subsintema le ghiaie e sabbie alluvionali (PVM2a), le arenarie e sabbie eoliche (PVM2b), i detriti di versante stratificati tipo “eboulis ordonnes” (PVM2c), i corpi ed accumuli di frane relitte (PVM2d) ed i calcari lacustri con gasteropodi polmonati (PVM2e).

Ghiaie e sabbie alluvionali PVM2a: le ghiaie e le sabbie alluvionali, talvolta terrazzate, poggiano sul substrato pre-Quaternario costituito dai calcari e dolomie mesozoiche e dalle vulcaniti oligo-mioceniche. In alcuni casi formano terrazzi alluvionali sospesi sui fondi vallivi attuali in genere di qualche metro di altezza.

Calcari lacustri con gasteropodi polmonati PVM2e: sono costituiti da calcari micritici, fitoclastici, fitostromali e fitoermali e subordinatamente da sabbie e limi calcarei. I calcari sono ben cementati, in strati spessi fino ad 1 m, contengono resti di molluschi ed altri gasteropodi di acqua dolce. Spesso le varie facies menzionate si alternano a sabbie calcaree fitoclastiche, con noduli e tubuli di incrostazione sui vegetali rimaneggiati.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO – IDROMORFOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, l'area di studio è inserita nel bacino della Nurra la cui complessità geologica e la varietà delle litologie presenti rende problematica la ricostruzione della circolazione idrica e delle geometrie dei corpi idrici sotterranei. Sulla base di studi precedenti è stato stabilito che le riserve idriche sotterranee sono ospitate principalmente nelle coperture carbonatiche mesozoiche. Esse sono rappresentate, dal basso verso l'alto, da tre unità idrogeologiche principali:

- l'acquifero del Trias, costituito da dolomie e calcari, con importanti livelli evaporitici (essenzialmente gessi);
- l'acquifero del Giurassico, il più importante, con uno spessore di oltre 700 m, costituito da dolomie e calcari con intercalazioni marnose;
- l'acquifero del Cretaceo, costituito da calcari e marne. Sulle successioni carbonatiche mesozoiche poggiano flussi piroclastici, spesso alterati in argille smectitiche e coperture alluvionali neogeniche.

La successione mesozoica è caratterizzata dalla sovrapposizione di due sistemi di pieghe che conferiscono all'area una caratteristica geometria a duomi e bacini. Il primo sistema ha interessato la piattaforma carbonatica mesozoica durante il Cretaceo medio dando luogo a sovrascorrimenti orientati NW-SE immergenti verso NE e ad ampie pieghe con piani assiali subverticali o immergenti verso NE ed assi orientati NW-SE. Il secondo sistema ha coinvolto anche i depositi del Cretaceo superiore, ma non la successione vulcano-sedimentaria terziaria, e ha dato luogo a un sistema di pieghe orientate NE-SW (Da Pelo et Alii 2017).

L'area di interesse idrogeologico è costituita da diversi contesti morfologici rappresentati dai rilievi collinari variamente articolati della successione vulcano-sedimentaria miocenica e dal settore, essenzialmente pianeggiante, della Nurra di Sassari e Alghero, dove affiorano le rocce della successione mesozoica talvolta ricoperte da depositi quaternari di varia natura.

La disponibilità idrica per i differenti usi deriva principalmente da risorse idriche superficiali, regolamentate da alcuni sbarramenti artificiali; le acque sotterranee rappresentano parimenti una fondamentale risorsa alternativa e di importanza strategica, soprattutto se considerate in relazione all'incremento evolutivo dell'uso antropico ed agli eventi climatici estremi, quali siccità e/o alluvioni, che hanno caratterizzato questo territorio negli ultimi quindici anni.

A parte il modesto acquifero ospitato nei sedimenti quaternari, che possiede una permeabilità prevalentemente per porosità, gli altri hanno permeabilità secondarie per fessurazione e per carsismo

che in alcuni casi coesistono. Nell'area sussistono anche circuiti sotterranei estremamente condizionati da strutture tettoniche, le quali talvolta costituiscono zone preferenziali di drenaggio e talaltra costituiscono limiti laterali stagni. La circolazione idrica superficiale e sotterranea è, inoltre, caratterizzata da importanti spartiacque morfologici e bacini idrogeologici.

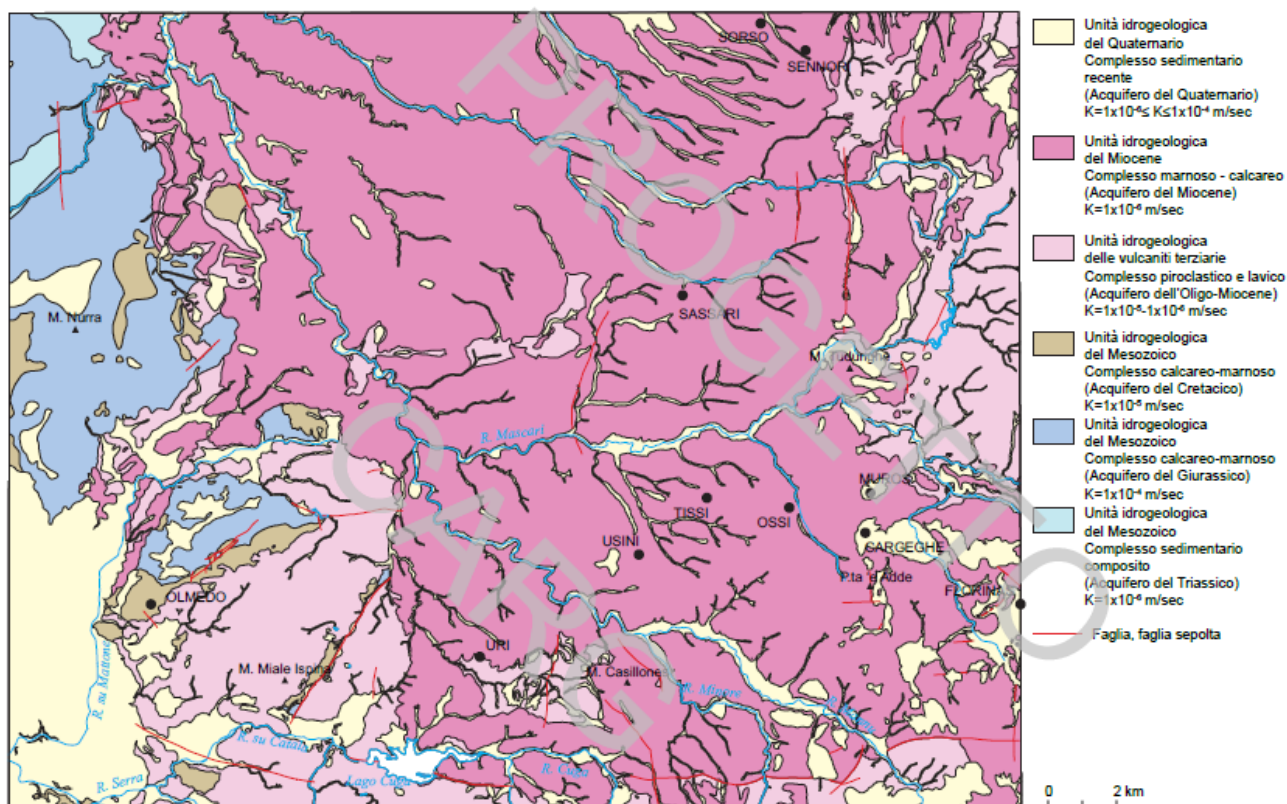


Figura 6: Carta Idrologica della Nurra.

L'acquifero più importante è costituito dalla successione carbonatica me-sozoica. Il suo spessore non è ben conosciuto tuttavia, a meno di elisioni erosive recenti e antiche, può raggiungere i 1000 m di spessore. Il serbatoio principale deve essere ricondotto alle zone in cui l'assetto e la storia strutturale della regione ha consentito la conservazione del massimo spessore. Le vulcaniti terziarie, che affiorano con grandi spessori nella parte meridionale dell'area, poggiano anch'esse sui carbonati mesozoici. La profondità non è conosciuta, e sicuramente verso S deve essere molto elevata. Lo spessore massimo esposto è di 720 m a Pedra Ettori; considerando che tutta la successione vulcanica, costituita da flussi piroclastici sovrapposti, immerge verso NE, non si può escludere che lo spessore delle vulcaniti superi il chilometro di spessore, quantomeno nei limiti sud-orientali dell'area di studio. I due sistemi,

9

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

carbonatico e vulcanico, hanno potenzialità di immagazzinamento molto diverse. Soprattutto le vulcaniti mostrano un maggior numero di acquiferi sovrapposti, anche se l'immersione verso NE porta le piezometriche ad abbassarsi notevolmente in questa direzione e, verosimilmente, a far confluire i flussi nel sistema dei carbonati mesozoici. Nel distretto della Nurra, in particolare nelle formazioni vulcaniche, poco fuori Foglio, sono riconosciute manifestazioni idrotermali riferibili al Miocene, che possono essere descritte come prodotti di interazione acqua-roccia. Queste hanno generato estesi depositi di bentonite, zeolite e caolinite, che attualmente vengono coltivati: tali fenomeni influenzano le caratteristiche chimiche delle acque sotterranee in alcune zone dell'acquifero delle vulcaniti.

I calcari organogeni miocenici del Sassarese possiedono una permeabilità secondaria, per fessurazione o per carsismo, da buona a mediocre. Le marne con intercalazioni calcaree hanno permeabilità da media a bassa, mentre le marne arenacee e le argille prevalenti risultano poco permeabili. Le informazioni di carattere geologico-strutturale, unitamente a quelle idrogeologiche ed idrochimiche, hanno permesso di elaborare il modello concettuale degli acquiferi presenti nell'area occidentale del Foglio. L'insieme di tali elaborazioni ha inoltre consentito di ricostruire il bacino idrogeologico che in alcune zone si discosta da quello idrografico superficiale. Il bacino idrogeologico è condizionato nelle parti settentrionale, meridionale e parzialmente occidentale, da strutture quali anticlinali e faglie, e nella porzione orientale da spartiacque sotterranei individuati dalle piezometriche. In particolare, nella zona S del Foglio, il bacino idrogeologico si estende fino alla linea di costa, mentre a W coincide con il bacino idrografico, ad eccezione della zona di M. Doglia, dove il suo andamento è condizionato da una faglia con direzione N-S. Nella parte N, dall'analisi delle curve isopiezometriche, si è riconosciuto uno spartiacque sotterraneo: questo segue in gran parte l'asse dell'anticlinale che presenta a nucleo il complesso sedimentario del Triassico. A S il limite del bacino idrogeologico, non compreso nel Foglio 459 "Sassari", è determinato da una faglia, a carattere regionale, che si estende in direzione NE-SW (GHIGLIERI et alii, 2009). Ad E il bacino idrogeologico della Nurra si estende verso il Sassarese: questo andamento è dovuto, secondo GHIGLIERI et alii (2009), alla presenza di un bacino di pull-apart che comporta il richiamo di flussi idrici sotterranei dall'unità idrogeologica del Miocene. Da un punto di vista idrogeologico le formazioni litostratigrafiche sono state raggruppate in 4 unità idrogeologiche principali, che a loro volta sono state suddivise in 6 complessi idrogeologici o acquiferi. Agli acquiferi individuati sono stati attribuiti i valori di permeabilità desunti dalla letteratura scientifica e verificati con prove di pompaggio in regime transitorio (GHIGLIERI et alii, 2006; 2009). Vengono di seguito elencate e brevemente descritte le unità ed i complessi idrogeologici riconosciuti nell'area del Foglio.

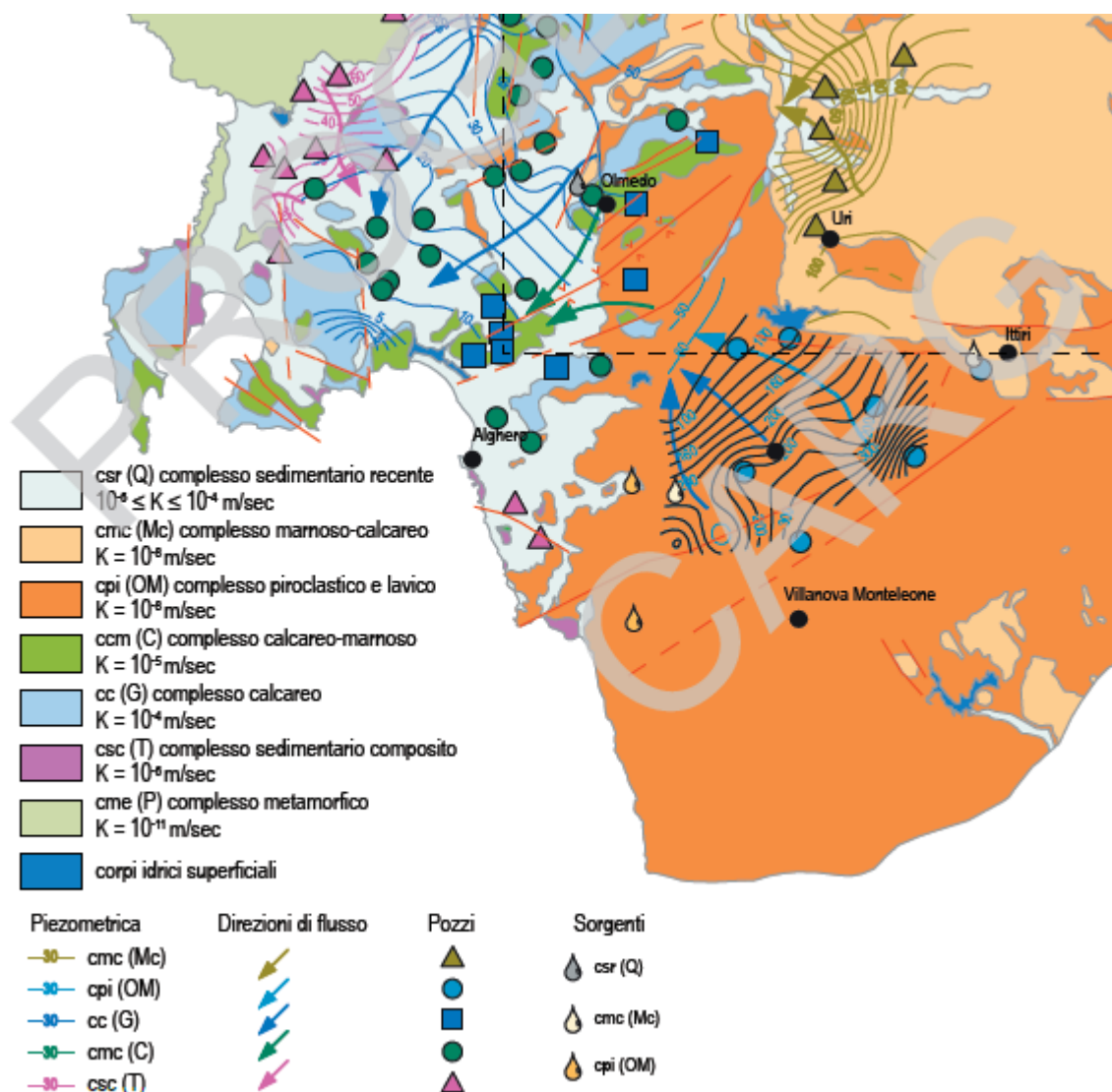


Figura 5 - Sistemi idrologici presenti nella zona di iteresse.

- Unità idrogeologica del Mesozoico

La copertura carbonatica mesozoica è stata deformata a più riprese da fasi tettoniche che hanno comportato:

- l'emersione e l'erosione, condizionando così gli spessori in aree differenti;
- la generazione di geometrie e strutture che possano aver consentito la formazione di falde sospese, la conservazione degli spessori primari e/o il loro ispessimento legato a raccorciamenti;
- la formazione di diaframmi impermeabili al flusso laterale, dovuti a faglie. D'altra parte faglie e bassi strutturali (graben e fosse tettoniche di modesta

estensione) possono aver avuto, al contrario, il ruolo di dreni. Inoltre le damage zones legate alle principali faglie trascorrenti possono essere sede di circolazione profonda che ha dato luogo a circuiti termo-minerali, come ad esempio a S'Ab-balughente a Romana (fuori Foglio), ai limiti sud-orientali del bacino idrogeo-logico, e nel Riu Sette Ortas dove un circuito idrotermale è stato intercettato dal collegamento Temo-Cuga. Lo spessore delle successioni carbonatiche diminuisce verso NW a causa di un primo evento erosivo legato alla tettonica mesocretacica, che ha generato un alto strutturale in questa direzione. Infatti in più punti intorno a M. Nurra i calcari del Cretacico superiore poggiano direttamente sui calcari e le dolomie del Giurassico superiore. La tettonica plicativa ad assi N50E ha generato un'ampia sinforme tra Tot-tubella e M. Sa Figu, dove si conserva gran parte del Cretacico superiore. In quest'area quindi gli spessori della successione carbonatica sono molto elevati anche se in gran parte ricoperti dalle vulcaniti mioceniche. Un'altra importante sinforme si conserva tra Brunestica e Fertilia, bordata verso S dalla faglia di Su Zumbaru-Mamuntanas. È questa l'area in cui lo spessore del sistema carbonatico è da ritenersi massimo e quindi massima è la capacità del serbatoio. Tale sistema carbonatico può essere suddiviso nelle seguenti zone: - un'area nord-occidentale, costituita da terreni del Giurassico ripiegati da una coppia di anticlinali (Campanedda, anticlinale di Cugiareddu Auct.) e sinclinali (Monte Alvaro, fuori Foglio) con immersioni assiali a NE, e che quindi drenano i flussi verso Porto Torres al di sotto delle successioni carbonatiche mioceniche;

- un'area di basso strutturale, costituita dalle sinformi di Monte Nurra - Sa Gi-nestra e dalla sinclinale Olmedo-Calich, dove si concentra la maggior possibilità di immagazzinamento con valori di portata riscontrati su singolo pozzo che arrivano fino a 146 l/sec (Tenuta Sella & Mosca, presso Alghero);
- un graben (bacino di pull-apart in GHIGLIERI et alii, 2009) interposto tra queste due sinclinali, riempito da successioni clastiche del Miocene superiore e vulcaniti, che può rappresentare una zona di accumulo;
- un'area a S della faglia di Su Zumbaru (GHIGLIERI et alii, 2009), dove il sistema carbonatico diminuisce di spessore per erosione (lacuna mesocretacica) ed è sepolto sotto modesti spessori di vulcaniti (area tra Surigheddu e Valverde, fuori Foglio), dove lo spessore degli acquiferi e la capacità di immagazzinamento è limitata.

- Unità idrogeologica della successione sedimentaria miocenica

Questo acquifero interessa tutto il settore centro orientale del Foglio, all'interno della successione sedimentaria miocenica. I livelli più permeabili sono costituiti dai litotipi francamente carbonatici delle formazioni di Mores (RESa) e di Monte Santo (NST), interessati da fessurazione e carsismo.

La formazione di Borutta (RTU), pur caratterizzata da elevati spessori e co-spicui affioramenti, presenta una permeabilità molto modesta essendo costituita da litotipi prevalentemente marnosi, ma assume comunque una certa importanza idrogeologica in quanto funge da acquicluda/aquitarde rispetto alla sottostante fal-

da ospitata nei livelli carbonatici basali (RESa). Le altre unità mioceniche presentano nell'area un'importanza idrogeologica praticamente irrilevante, solo le sabbie della formazione di Florinas sono caratterizzate da permeabilità elevate ma la loro scarsa continuità laterale fa sì che non siano sede di falde acquifere di una certa rilevanza. L'acquifero miocenico rappresenta un acquifero strategico per utilizzi di tipo idropotabile, civile ed irriguo. Le portate assicurate da alcuni pozzi presenti nei dintorni di Sassari e di Porto Torres e monitorati o realizzati nel Progetto Speciale n. 25 (CAS.MEZ., 1984a; 1984b) arrivano sino a 20 l/s, anche se il più delle volte le portate di esercizio si attestano intorno a 10 l/s. Questi valori si raggiungono però ammettendo di attraversare interamente l'acquifero miocenico dove questo presenta gli spessori maggiori, arrivando sino alle vulcaniti che costituiscono in genere il letto della successione sedimentaria miocenica, come per esempio il pozzo di Li Punti (perforazione Cas.Mez. n. 4) dove il substrato vulcanico è stato intercettato a 204 m di profondità. Pozzi incompleti, di profondità in genere inferiore a 100 m, permettono di assicurare inoltre l'approvvigionamento idrico all'elevato numero di abitazioni monofamiliari edificate nell'agro intorno alla città di Sassari che risultano sprovviste di rete idrica pubblica. Il gran numero di pozzi trivellati presenti in tutto l'areale dell'acquifero miocenico ha fortemente impoverito il numero e la produttività delle sorgenti, che in molti casi marcano il contatto tra i calcari di Monte Santo (NST) e le litologie marnose della formazione di Borutta (RTU), come ad esempio in regione Setti Funtani e presso la vecchia stazione di Scala di Giocca a S di Sassari. Simili piccole sorgenti di contatto sono presenti costantemente alla base dei calcari della formazione di Monte Santo presso Tissi, Ossi e Usini. Sorgenti per limiti di permeabilità sono presenti anche lungo il contatto, in parte eteropico, tra i calcari di Mores (RESa) e le marne della formazione di Borutta nelle alture a N di Sassari; da alcune risorgive localizzate nella valle di Eba Giara provengono le acque che alimentano la

fontana monumentale del Rosello, situata all'interno della città di Sassari, che mostra valori di portata medi intorno a 10 l/s e che deve la sua conformazione attuale ai lavori realizzati nei primi anni del 1600 (PORCU GAIAS, 1996).

Altre sorgenti importanti si rinvencono nella vallata di Badde Olia, subito ad E di Sassari, al contatto tra le litologie carbonatiche e le piroclastiti di Mon-te sa Silva (ILV), con portate di 15 l/s che vengono immesse nell'acquedotto cittadino.

Sempre a Sassari, tra le tante sorgenti e sorgentelle ancora presenti, si segnalano la fontana delle Conce con portate nell'ordine di 3-4 l/s, la sorgente di Caniga con portate in genere superiori a 5 l/s, le sorgenti di Rizzeddu con portate complessive maggiori di 5 l/s. Tra Florinas e Ittiri la sorgente Briai fornisce acqua all'abitato di Ittiri con una portata di 15 l/s. Altre svariate sorgenti (S'Abbaiaira, Badolu Dosu, Sa Pedraia, Norajalvu, Banzos, Sa Cannija, Funtana Fritta, alcune fuori Foglio), sono sorgenti poste al contatto tra i termini permeabili dei calcari di Monte Santo (NST) o delle sabbie di Florinas (LNS) e le marne di Borutta (RTU), oppure sono risorgive carsiche all'interno dei litotipi più carsificati. Tali sorgenti vengono utilizzate per l'acquedotto comunale di Florinas con una portata complessiva di circa 10 l/s. Alcuni pozzi comunali vengono inoltre utilizzati per integrare le risorse idriche dei centri abitati di Tissi, Ossi e Uri anche se le portate sono limitate ad alcuni litri al secondo.

- Unità idrogeologica del Quaternario

I depositi travertinosi e alluvionali, con le loro notevoli permeabilità, consentono ai flussi di passare al di sotto nel sistema carbonatico. Qualora alla base di questi depositi si trovino paleosuoli o livelli ricchi di argille, possono raccogliersi falde non molto produttive che, laddove incisioni fluviali mettono a nudo il contatto stratigrafico che rappresenta il letto impermeabile di queste falde, alimentano sorgenti di contatto (es. Fontana di Riu su Mattone). Queste falde, molto superficiali in virtù del modesto spessore degli acquiferi, sono spesso sfruttate con pozzi scavati; alcune volte (regione I Piani) questi pozzi hanno intersecato sistemi carsici che interessano le facies carbonatiche quaternarie con portate superiori a 20 l/s. Nella zona costiera di Sorso, che lambisce il limite settentrionale del Foglio, le sabbie pleistoceniche hanno permeabilità elevata con pozzi e sorgenti con portata superiore a 5-6 l/sec per porosità. I depositi alluvionali olocenici sono poco rappresentati e sono trascurabili dal punto di vista idrogeologico.

3.1. ISOPIEZOMETRICHE DEGLI ACQUIFERI

I dati relativi alle quote piezometriche sono stati utilizzati per l'elaborazione delle isopiezometriche. In generale si può affermare che, durante le varie fasi di studio, non si sono evidenziate sostanziali modifiche sull'andamento generale delle linee preferenziali di flusso e sulle cadenti piezometriche. Sono riportate le elaborazioni relative al monitoraggio eseguito nel dicembre 2004, dove sono rappresentate le direzioni di flusso principali relative ai complessi idrogeologici identificati. Nell'area della Nurra le direzioni di flusso preferenziali hanno un andamento che tende a convergere verso il golfo di Fertilia, nella zona costiera immediatamente a W del limite del Foglio. Per quanto riguarda la piana verso Porto Torres, dalla lettura delle isopieze e delle linee di flusso è possibile ricostruire il deflusso delle acque sotterranee, che risulta diretto verso il mare, il gradiente piezometrico decresce verso N.

3.2. CARTA DELLE PEREMEABILITÀ

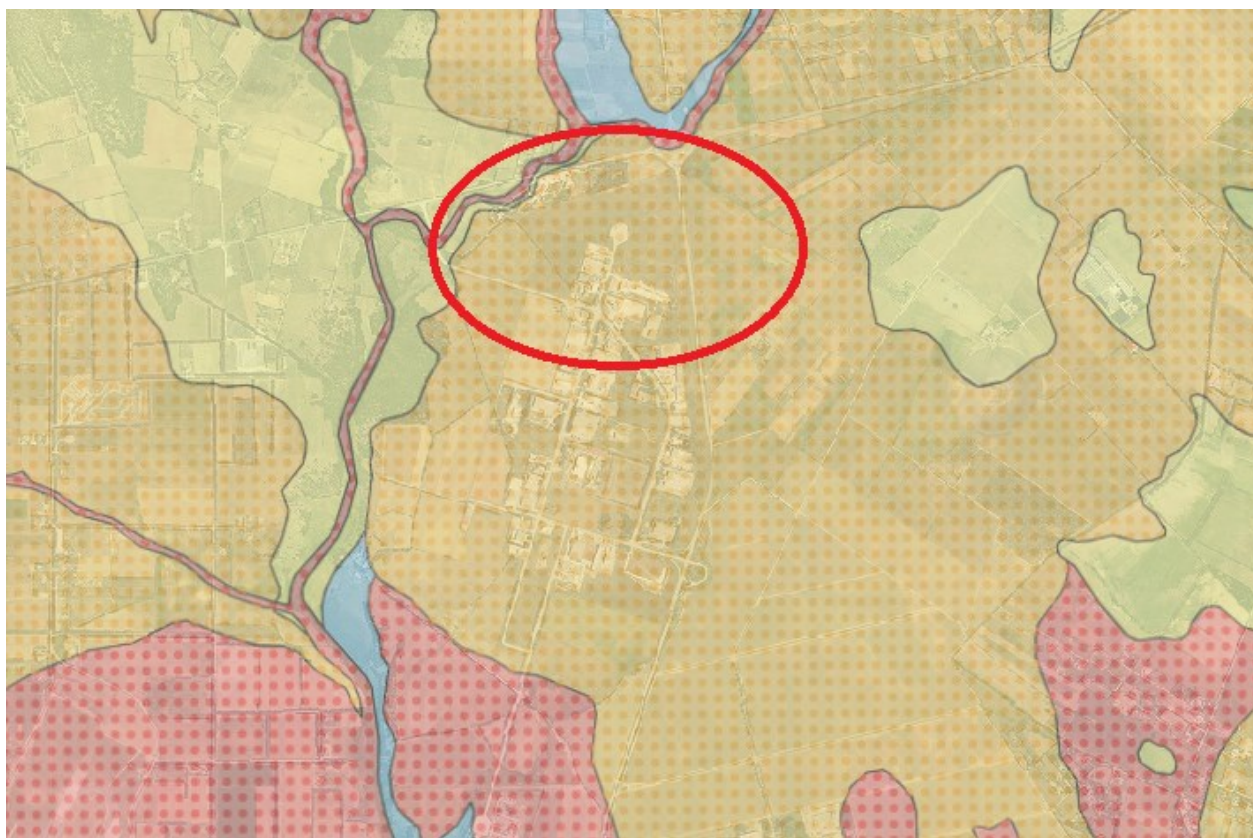


Figura 6 - Carta della permeabilità. Geoportale Sardegna.

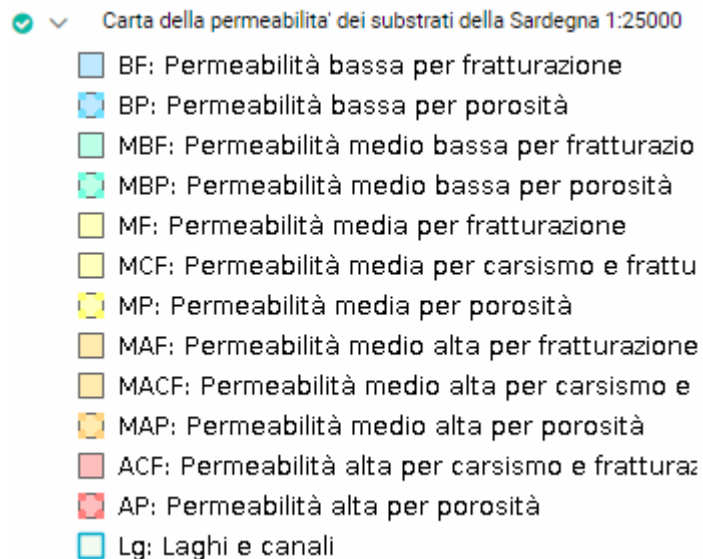


Figura 7 - Legenda carta permeabilità.

L'area risulta nella zona caratterizzata da permeabilità medio alta per porosità.

4. MODELLO IDROGEOLOGICO

Per la ricostruzione del modello idrogeologico locale si è fatto riferimento alle stratigrafie di pozzi presenti nelle vicinanze dell'area oggetto di studio e classificate nell'archivio pozzi dell'Ispra.

Si riportano qui sotto le stratigrafie del pozzo cod.29025 sito a pochi metri dall'area e a nord della stessa e la stratigrafia del pozzo cod.26524 sito più a sud ovest nell'area industriale San Marco.



Figura 8 - Aree interessate dall'intervento.

POZZO 29025**FALDE ACQUIFERE**

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	40,00	50,00	10,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
set/1987	40,00	50,00	10,00	0,050

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	60,00	60,00		ROCCIA CALCAREA

POZZO 26524**FALDE ACQUIFERE**

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	30,00	30,00	0,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/2000	10,00	35,00	25,00	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	50,00	50,00	MESOZOICO	CALCARE FRATTURATO E ARGILLIFICATO

Da quanto riportato sulla stratigrafia del pozzo 29025 la falda nel sito in esame si imposta a profondità elevate intorno ai -40 m dal piano campagna.

Come evidenziato dagli studi di carattere regionale, il primo acquifero individuato al di sotto del lotto in esame, è quello contenuto all'interno della sequenza carbonatica giurassica costituita da litotipi calcareo-dolomitici stratificati e sovente fratturati.

I valori di soggiacenza, e la direzione generale della falda profonda è verso Sud-Ovest

5. VINCOLISTICA

L'area in esame ricade in ambito agricolo principalmente seminativo.

L'area è pianeggiante e non soggetta a potenziali fenomeni franosi – Pericolo e rischio Geomorfologico nulli come evidenziato dalla cartografia seguente riportata.



Figura 9 - Pericolo Geomorfologico.



Figura 10 - Rischio Geomorfologico.

Si esamina di seguito la cartografia tecnica relativa al pericolo e il rischio idraulico redatte dal PAI. Dall'esame delle carte risulta che nessuna porzione interessata dall'intervento ricade in classi di pericolo e/o pericolosità idrauliche.

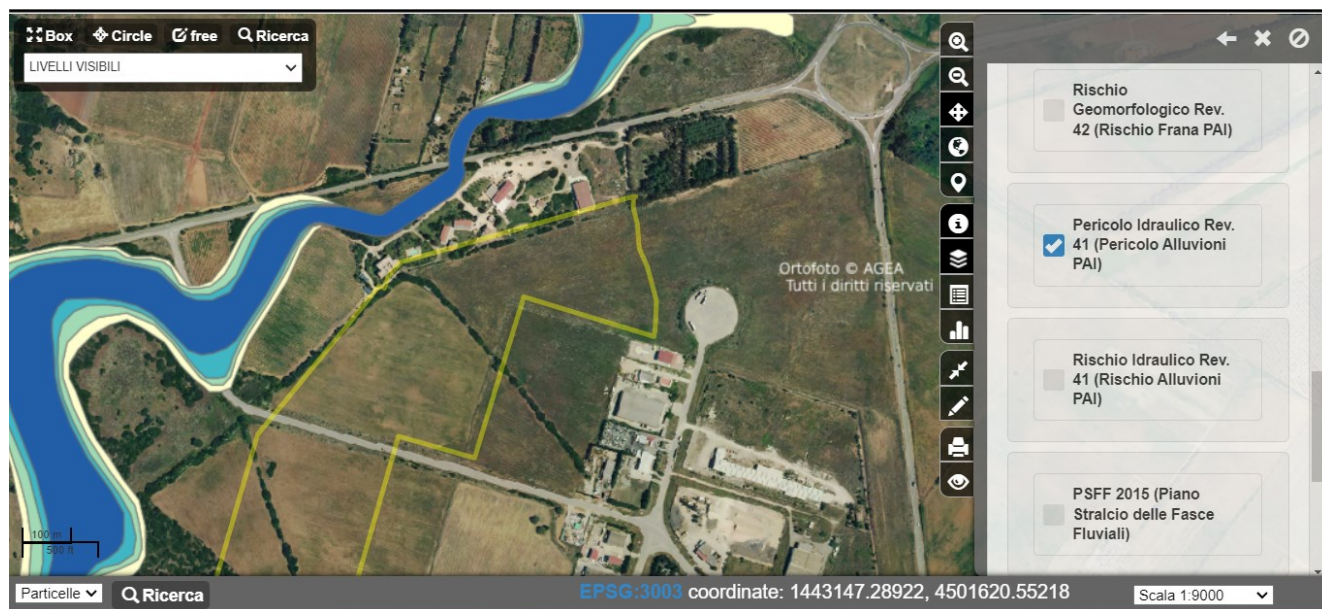


Figura 11 - Pericolo alluvioni PAI.

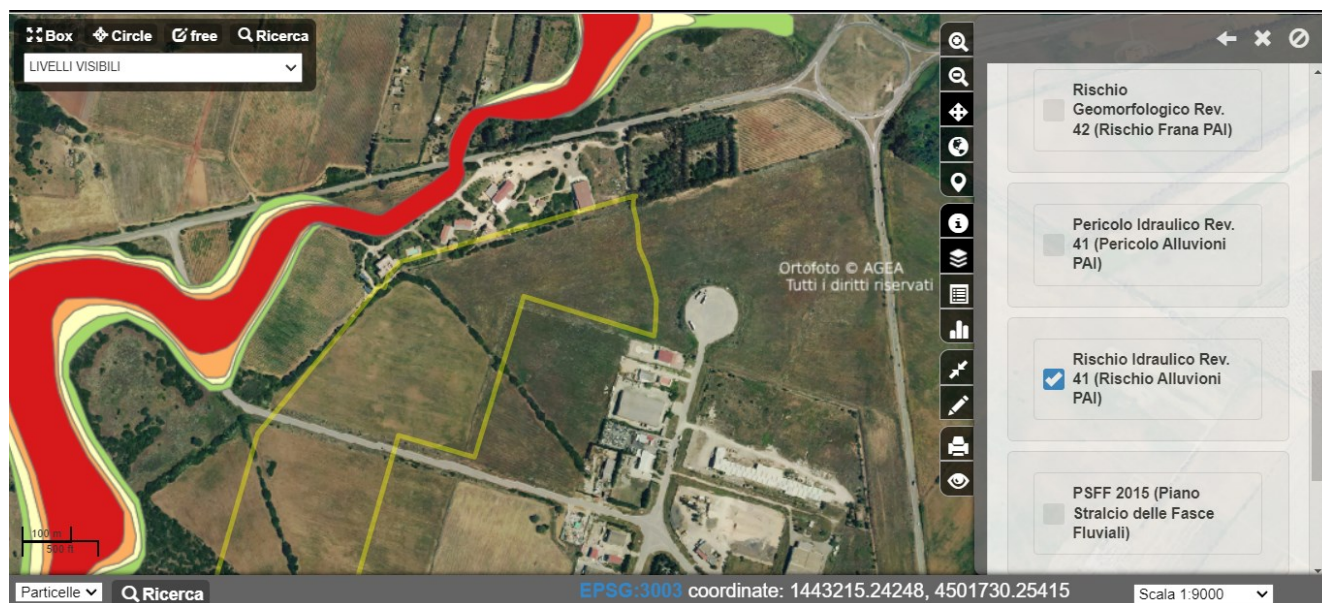


Figura 12 - Rischio alluvioni PAI.

Si esamina di seguito la cartografia tecnica redatta dal PSFF dove vengono riportate le fasce fluviali. Dall'esame della carta si evince come nessuna area interessata dall'intervento ricade all'interno delle fasce di rispetto.

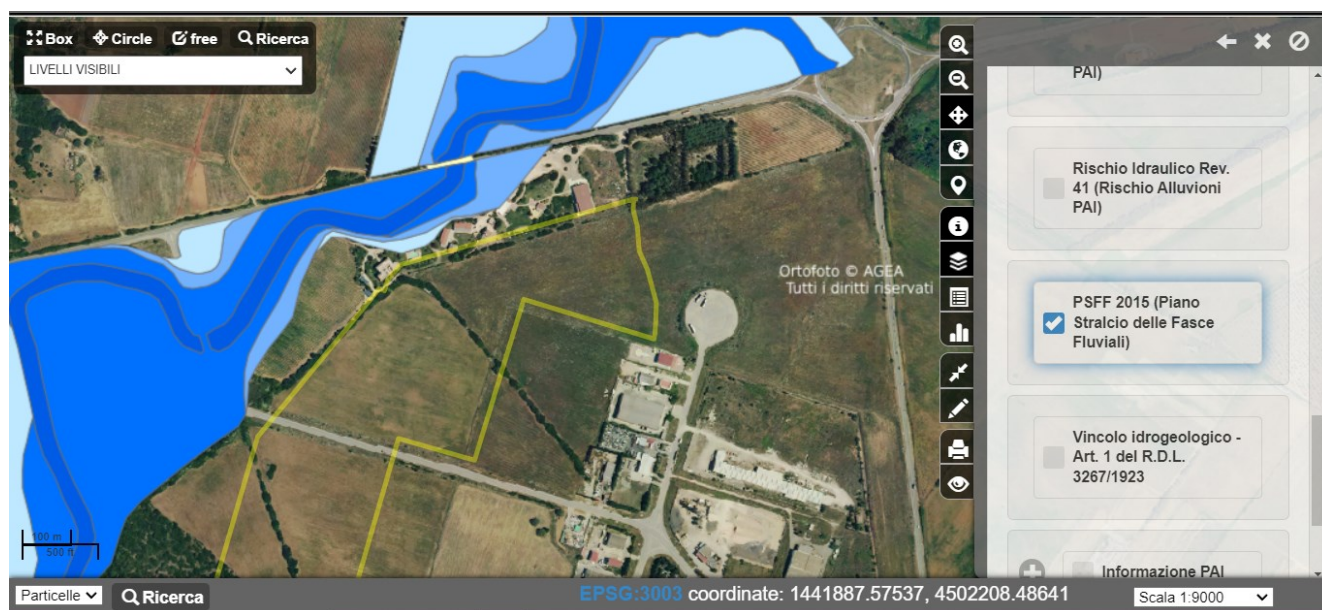


Figura 13 - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Si esamina, in seguito, la carta dei vincoli redatta dal Comune di Alghero. Dall'esame della carta si evince come nessuna area interessata dall'intervento risulta soggetta a vincoli.

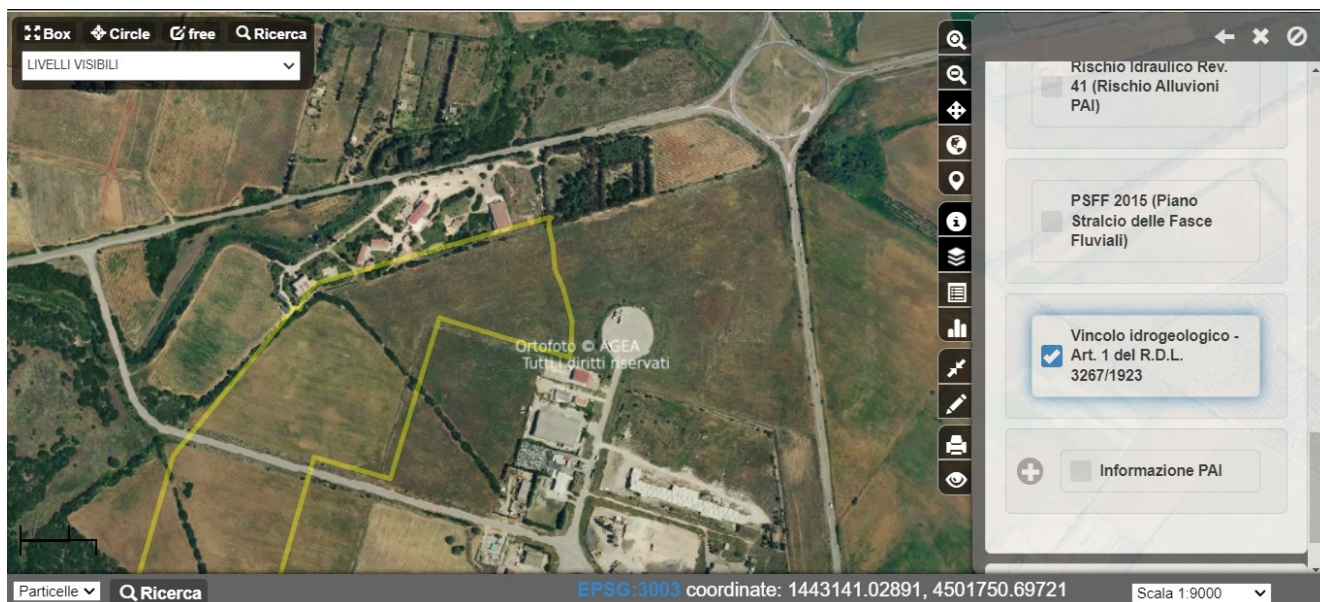


Figura 14 - Cartografia dei Vincoli.

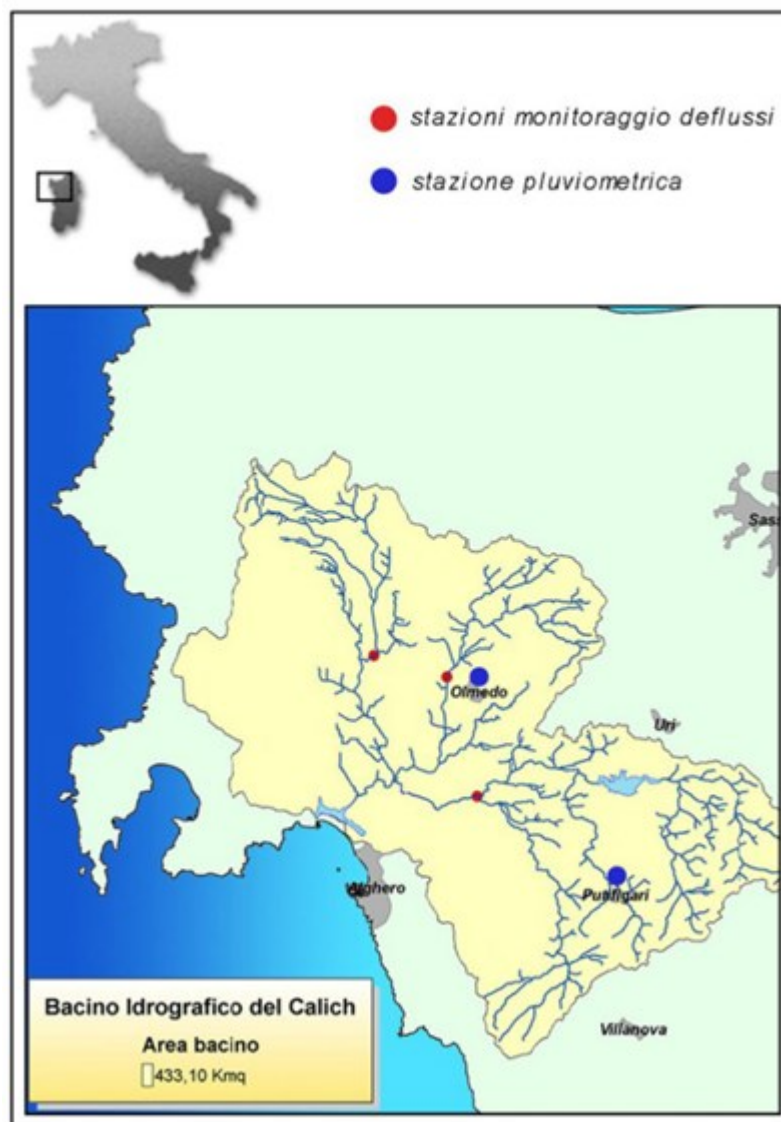
6. LINEE GUIDA SULL'INVARIANZA IDRAULICA NELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

Per le “Linee guida sull'invarianza idraulica nelle trasformazioni territoriali” si fa riferimento al D.Lgs 49/2010 in merito alla “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”.

6.1. PREMESSA

Nell'Allegato A delle suddette “Linee guida”, nel capitolo 1 - FINALITA' si legge: «Le presenti linee guida sono volte a disciplinare il concetto d'invarianza idraulica, ovvero che ogni nuova trasformazione dello stato del suolo non aggravi la portata del reticolo idrografico, evitando d'incrementare potenziali situazioni di rischio e conservando l'equilibrio idraulico dello stato dei luoghi.

L'invarianza idraulica rappresenta il principio base al quale, nella previsione di trasformazione dell'uso del suolo, dovranno prevedersi “azioni compensative” tese a far sì che le massime portate di deflusso meteorico, provenienti dalle aree oggetto delle trasformazioni e recapitate nei corpi idrici recettori di valle, non risultino maggiori delle massime portate di deflusso meteorico preesistenti alla suddetta trasformazione».



Rifacendosi al capitolo 4 – DISCIPLINA DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA – viene determinata la “soglia dimensionale” da cui si determina la “classe d’intervento” secondo lo schema sinottico della Tabella I:

Tabella I classificazione degli interventi di trasformazione dell'uso del suolo ai fini dell'invarianza idraulica	
CLASSI D'INTERVENTO	SOGLIE DIMENSIONALI
1) Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1ha (1000 m ²)
2) Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione maggiore di 0.1ha (1000 m ²) e inferiore a 1ha (10.000 m ²)
3) Significativa impermeabilizzazione potenziale	- Intervento su superfici di estensione maggiore di 1ha (10000 m ²) e inferiore a 10ha (100.000 m ²). -Interventi su superfici di estensione superiore a 10 ha (100.000 m ²) con Imp(*) <0.3
4) Marcata impermeabilizzazione potenziale	Interventi su superfici di estensione superiore a 10 ha (100.000 m ²) con Imp(*) >0.3

6.2. VOLUMI DI INVASO

Il volume minimo d'invaso atto a garantire l'invarianza idraulica, in termini di deflusso meteorico, provenienti dall'area sottesa dal "Progetto di un impianto fotovoltaico e relativo allaccio alla rete di distribuzione" nel Comune di Olmedo, è stato calcolato con il "metodo dell'invaso" tramite la seguente espressione:

$$w = w^{\circ} * \left(\frac{f}{f^{\circ}}\right)^{\frac{1}{1-n}} - (15 * I) - (w^{\circ} * P)$$

In cui:

$w^{\circ} = 100 \div 150 \text{ m}^3/\text{ha}$	volume di riferimento da assumersi nei territori di "bonifica"
$w^{\circ} = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$	volume di riferimento da assumersi nei territori di "non impermeabilizzati in ambito urbano".
$w^{\circ} = 15 \text{ m}^3/\text{ha}$	volume di riferimento da assumersi nei territori "impermeabilizzati in ambito urbano".
f	coefficiente di deflusso <i>post trasformazione</i> . $f = 0.9 * Imp + 0.2 * Per$ (vd. nota_1)
f°	coefficiente di deflusso <i>ante trasformazione</i> $f^{\circ} = 0.9 * Imp^{\circ} + 0.2 * Per^{\circ}$ (vd. nota_1)
$n = 0.48$	Esponente delle curve di probabilità pluviometrica [$h = a * t^n$] di durata inferiore all'ora, assunto nell'ipotesi che le percentuali di pioggia oraria, precipitata nei 5, 15 e 30 minuti, siano rispettivamente il 30%, il 60% e il 75% come risulta, orientativamente, da vari studi sperimentali

I	quota (%) dell'area oggetto d'intervento, interessata dalla trasformazione. Tale quota è comprensiva anche delle aree che seppur non pavimentate (impermeabilizzate), a seguito della trasformazione vengono, eventualmente, sistemate e/o regolarizzate
P	quota (%) dell'area oggetto d'intervento, non interessata dalla trasformazione, tale che $[I + P = 100\%]$. Tale quota è rappresentata solo da quelle aree che non vengono sistemate e/o regolarizzate nè sottoposte a qualsivoglia altro tipo d'intervento, anche non impermeabilizzate

Il volume [w] misurato in [mc/ha] e ricavato applicando l'espressione sopra, va moltiplicato per l'area totale d'intervento [St], cioè la superficie territoriale; questo a prescindere dalla quota [P] dell'area oggetto dell'intervento stesso, non interessata dalla trasformazione.

È doveroso esplicitare il significato dei seguenti simboli:

- Imp° = quota parte dell'area totale da ritenersi impermeabile prima della trasformazione
- Per° = quota parte dell'area totale da ritenersi permeabile prima della trasformazione
- Imp = quota parte dell'area totale da ritenersi impermeabile dopo la trasformazione
- Per = quota parte dell'area totale da ritenersi permeabile dopo la trasformazione

6.3. CALCOLO PER IL SITO IN OGGETTO

Riprendendo la formula:

$$w = w^{\circ} * \left(\frac{f}{f^{\circ}}\right)^{\left(\frac{1}{1-n}\right)} - (15 * I) - (w^{\circ} * P)$$

Si riportano in seguito i coefficienti utilizzati:

w° (volume di riferimento)

w° = 100 m/ha, nei territori "di bonifica".

"n" (esponente della curva di probabilità pluviometrica)

n=0.48 in quanto è applicabile che le percentuali di pioggia oraria, precipitata nei 5, 15 e 30 minuti, siano rispettivamente il 30%, il 60% e il 75%.

“Imp°, Per°, Imp, Per” (quote parti delle aree impermeabili/permeabili ante e post realizzazione impianto fotovoltaico)

L'attuale uso del suolo avviene su campi a seminativo per cui l'intero fondo agricolo viene assunto al 100% permeabile.

La trasformazione del fondo agricolo in un campo a uso fotovoltaico è praticamente trascurabile ai fini del coefficiente di deflusso, in quanto le opere che riducono la permeabilità del suolo sono assai modeste e si risolvono quasi esclusivamente nelle cabine elettriche e nelle strade di servizio (in misto stabilizzato). Esse consistono in:

	Campo Ovest	Campo Est
Area recintata	127758	63229
Area pannelli	48206.34	27016.74
Area strade interne	2152	2343

Nel campo fotovoltaico, invece, l'area impermeabilizzata si deve alla sola testa dei picchetti infissi per stabilizzare/ancorare i tracker ove sono installati i pannelli fotovoltaici. I picchetti hanno diametro $\Phi=0.10\text{m}$ e sono considerati con una densità di 100/ha di superficie ricoperta dai pannelli (stima media)

Stimando il numero di pali si ottiene $A_{\text{imp}}=6\text{ m}^2$

Le strade in misto stabilizzato non alterano il deflusso delle acque.

Non è stata segnalata la presenza di cabine elettriche nell'area.

Di conseguenza l'area totale impermeabilizzata ammonta a $A_{\text{imp}}=6\text{ m}^2$ su una superficie territoriale di $S_t=190\,987\text{ m}^2$. Riassumendo:

- $\text{Imp}^\circ = 0$ Impermeabilità ante trasformazione,
- $\text{Per}^\circ = 100$ Permeabilità ante trasformazione è, ovviamente, complementare
- $\text{Imp} = 0.00003$. Impermeabilità post trasformazione
- $\text{Per} = 0.99997$ Permeabilità post trasformazione

f° e f (coefficiente di deflusso ante e post trasformazione)

Sostituendo nelle espressioni ($f = 0.9 * \text{Imp} + 0.2 * \text{Per}$) i valori sopra calcolati si ottiene:

- $f^\circ = 0.20$ coefficiente di deflusso ante impianto fotovoltaico
- $f = 0.20$ coefficiente di deflusso post impianto fotovoltaico

Dunque, come nelle aspettative, il coefficiente di deflusso rimane immutato a seguito della realizzazione dell'impianto fotovoltaico

“I” (quota (%) dell’area oggetto d’intervento, interessata dalla trasformazione)

Dall'Elaborato Progettuale risulta:

$I = 0.00003$

“P” (quota (%) dell’area oggetto d’intervento non interessata dalla trasformazione)

Dovendo necessariamente essere $[I + P = 100\%]$, segue:

$P = 0.99997$

“w” (volume d’invaso)

Sostituendo i coefficienti calcolati sopra nell’equazione dell’invarianza idraulica si trova:

$w = 0.0025 \text{ m}^3/\text{ha}$

Si ravvisa la condizione espressa nel capitolo 3 del D.Lgs 49/2010 per cui «Tali disposizioni non si applicano: ad attività di trasformazione dell’uso del suolo che possono comportare una trascurabile impermeabilizzazione potenziale», come definito nella Tabella I; ossia per interventi di trasformazione del suolo inferiore a 1000m².

La topografia non subisce mutamenti e non vengono eseguite opere idraulico-forestali che convogliano le acque anticipatamente nei corpi idrici recettori, pertanto vale quanto riportato nel capitolo 3 della citata DGR: «... Tali disposizioni non si applicano:

- ad attività di trasformazioni dell’uso del suolo che possono comportare una trascurabile (...) impermeabilizzazione potenziale.

7. CONCLUSIONI

- L'area in oggetto è stata caratterizzata mediante parametri geotecnici desunti dalle prove penetrometriche condotte nei pressi dell'area in esame.
- Lo studio dell'idrologia e degli acquiferi presenti è stato condotto mediante le informazioni dedotte dai pozzi presenti nella zona e dalla bibliografia tecnica.
- Lo studio dell'invarianza idraulica è stato svolto ai sensi delle LINEE GUIDA E INDIRIZZI OPERATIVI PER L'ATTUAZIONE DEL PRINCIPIO DELLA INVARIANZA IDRAULICA (articolo 47 delle NTA del PAI).
- L'intervento, per le modeste superfici impermeabili coinvolte, ricade in classe d'intervento 1 (trascurabile)
- l'area totale impermeabilizzata ammonta a $A_{imp}=6m^2$ su una superficie territoriale di $St=190\,987\,m^2$.
- Si ottiene un volume di invaso di $w = 0.0025m^3/ha$ il quale, tuttavia, può essere trascurato in quanto la topografia non subisce mutamenti e non vengono eseguite opere idraulico-forestali che convogliano le acque anticipatamente nei corpi idrici recettori, pertanto vale quanto riportato nel capitolo 3 della citata DGR: «... Tali disposizioni non si applicano: ad attività di trasformazioni dell'uso del suolo che possono comportare una trascurabile impermeabilizzazione potenziale.

È stata analizzata la compatibilità idraulica dell'opera in oggetto ai sensi dei regolamenti vigenti in materia di rispetto dell'invarianza idraulica con esito positivo.

Seriate, 17 Novembre 2023

Dott. Alberto Velicogna

BIBLIOGRAFIA

- Brinch-Hansen, J. [1970] "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- Burland, J.B. e Burbidge, M.C. (1984) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Glasgow and West of Schotland Association, Centenary Literature
- Per la cartografia: <http://www.isprambiente.gov.it> (cartografia geologica)
- PAI comune di Alghero (SS)