

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROVINCIA DI NUORO



COMUNE DI SINISCOLA

VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A VIA RELATIVA
ALLA REALIZZAZIONE DI UNA ATTIVITA' DI
ESTRAZIONE MATERIALI INERTI IN AGRO DI
SINISCOLA, LOCALITA' MURTAS ARTAS.

COMMITTENTE: S'INERTI s.n.c. di Pau Michele & C. - Siniscola (NU)

Allegato

2

RELAZIONE IDROGEOLOGICA E IDRAULICA

ING. GIOVANNI A. FADDA

GEOL. ANTONIO E. MANCA

ARCH. PAOLO CONTEDDU

OTTOBRE 2022



**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A VIA RELATIVA ALLA REALIZZAZIONE
DI UNA ATTIVITA' DI ESTRAZIONE MATERIALI INERTI IN AGRO DI SINISCO-
LA, LOCALITA' MURTAS ARTAS.**

Committente: S'INERTI s.n.c. di Pau Michele & c.

RELAZIONE IDROGEOLOGICA E IDRAULICA PRELIMINARE

Premessa

Il presente progetto di coltivazione interessa un'area leggermente ondulata, quasi pianeggiante, caratterizzata da un reticolo idrografico poco inciso con gerarchie dei rami del primo e del secondo ordine.

Scopo della presente relazione, oltre alla trattazione sugli aspetti generali dell'idrogeologia, riguarda lo studio idrologico delle portate di piena dei suddetti rami al fine di dimostrare l'assenza di implicazioni negative dell'attività di cava che si intende realizzare nel sito.

Il vincolo di natura idraulica presente nell'area, oltre a quello relativo al P.A.I. riguarderebbe il rispetto della distanza minima relativa alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

Per le modalità di gestione dell'alveo e delle aree circostanti si farà riferimento alla cosiddetta "Direttiva Alvei" contenuta nella Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 07.07.2015.

A questo proposito è opportuno richiamare la Deliberazione n. 6 del 23 Giugno

2011 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino che dà un'interpretazione attuativa dell'art.8, commi 8, 9, 10 e 11 delle Norme di Attuazione.

La Delibera recita testualmente: *“che le fasce di tutela dei corpi idrici superficiali naturali, di cui ai commi 8, 9, 10 e 11 dell'articolo 8 delle vigenti Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna, non vengano istituite qualora le portate di piena previste per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, corrispondenti a tutti i tipi di pericolosità previsti dal P.A.I. (da Hi4 a Hi1) siano tutte contenute all'interno dell'alveo naturale”*.

Questa delibera consentirà di non tenere conto delle fasce di rispetto nel piano di coltivazione sfruttando tutta l'area e lavorando sugli alvei con un asporto mirato come previsto nella direttiva alvei.

Il calcolo delle portate di piena e la verifica che queste resteranno contenute nell'alveo naturale saranno oggetto degli ultimi paragrafi della presente relazione.

Idrogeologia

L'area sulla quale insiste il progetto presenta la giacitura originaria degli strati semi – pianeggiante. Si tratta di alluvioni fini, Oloceniche, essenzialmente di colore marrone nocciola derivanti da sedimentazioni spinte in ambiente palustre e in sub ordine fluvio-lacustre. All'orlo della predetta formazione affiorano le filladi, filladi carboniose e quarziti del cambrico carbonifero della Formazione di Lula.

Ancora, nel bordo nord Ovest la formazione di tipo ghiaioso e/o sabbioso del Pleistocene superiore.

La descrizione delle caratteristiche idrogeologiche dei materiali presenti nell'area in studio è stata basata sulle osservazioni dirette e su quanto riportato in letteratura. Le rocce, in funzione della loro natura, origine e storia geologica, possono pre-

sentare caratteri tali da consentire l'assorbimento, l'immagazzinamento, il deflusso e la restituzione di acque sotterranee in quantità apprezzabili, o possono non presentare tali caratteri. Le rocce che hanno la capacità di permettere il deflusso e la restituzione delle acque sotterranee vengono dette rocce serbatoio o acquiferi.

Le rocce serbatoio unitamente alle altre, che non presentano tali caratteri, hanno diverse proprietà idrauliche derivanti dai caratteri fisico-chimici e meccanici.

Alcune di queste proprietà, come la porosità, la capacità di assorbimento, la capacità di percolazione e la permeabilità, condizionando quantitativamente l'assorbimento, l'immagazzinamento ed il movimento delle acque che possono essere captate, sono molto importanti dal punto di vista idrogeologico.

In idrogeologia si parla di rocce permeabili e rocce impermeabili, in relazione alla facilità con cui l'acqua sotterranea penetra, circola e si distribuisce nel sottosuolo. Sono definite permeabili le rocce nelle quali le acque si muovono con una velocità tale da permetterne la captazione, sono invece "impermeabili", quelle nelle quali, in condizioni di pressione naturali, per mancanza di meati comunicanti e/o sufficientemente ampi, non è possibile rilevare movimenti percettibili delle acque.

La permeabilità viene distinta in due tipi fondamentali: primaria e secondaria, a seconda che sia una caratteristica congenita o acquisita.

La permeabilità primaria, o in piccolo, è tipica delle rocce porose, caratterizzate da vuoti intercomunicanti fra i granuli, ed è una proprietà intrinseca del litotipo, poiché la formazione dei meati è singenetica alla formazione della roccia. Solo in alcuni casi, come nei prodotti di alterazione dei graniti e delle arenarie la permeabilità per porosità è secondaria.

La permeabilità secondaria, detta anche per fratturazione, o in grande, è invece tipica delle rocce, sia coerenti che compatte, fessurate. Questa è generalmente una

proprietà acquisita, dovuta principalmente a sforzi tettonici o da decompressione, che hanno determinato l'apertura di fessure, spesso successivamente allargate da processi chimico-fisici. Si può parlare di proprietà intrinseca solo nel caso in cui la permeabilità è dovuta a fessure singenetiche, ossia che si sono formate contemporaneamente alla formazione della roccia come i giunti di raffreddamento, nelle rocce laviche, i giunti di stratificazione ed i piani di scistosità.

Esiste anche un altro tipo di permeabilità, quello per carsismo, non osservabile nell'area in studio (ma presente nel massiccio del Monte Albo).

Le rocce oltre che per il tipo di permeabilità possono essere distinte anche per il grado di permeabilità, che può essere espresso in termini relativi, quindi in modo qualitativo, alta, media e bassa, o in termini assoluti, quindi in modo quantitativo con il coefficiente di permeabilità k in cm/s.

La permeabilità di queste formazioni è pertanto influenzata esclusivamente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso.

L'estensione della rete di fratture all'interno dell'ammasso roccioso, lo stato di apertura dei giunti ed il fatto che gli stessi siano comunicanti, oltre alla potenza ed alla morfologia degli affioramenti, sono gli altri fattori che concorrono ad aumentare la capacità di immagazzinamento di tali formazioni.

Sono pertanto le litofacies, caratterizzate da un sistema di giunti di fratturazione ben sviluppato, dovuto sia a fenomeni di contrazione, nella fase di raffreddamento della roccia, sia a fenomeni tettonici, che possono risultare acquiferi d'interesse.

Nella gran parte del territorio costituito dal potente complesso detritico, plio-quaternario, la circolazione idrica sotterranea è invece per porosità.

Nella sequenza stratigrafica, costituita da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi, ciottoloso-sabbioso - argillosi, ciottolosi ghiaiosi, ciottoloso-sabbioso-argillosi, va-

riamente disposti, e lenti argillose o argillo - limose intercalate, la porosità e conseguentemente la permeabilità variano al variare della composizione granulometrica della facies.

I sedimenti a grana da fine a molto fine, presentano una porosità relativamente elevata ed una permeabilità molto bassa, in quanto gli interstizi fra i granuli che compongono la roccia hanno diametri assai piccoli che non permettono il deflusso delle acque. Esse pertanto agiscono come barriera al movimento dell'acqua, anche se hanno la capacità di immagazzinare grandi quantità d'acqua, che può defluire molto lentamente.

I sedimenti a granulometria maggiore, composti cioè da sabbie, ghiaie e ciottoli di ambiente fluviale, con porosità comprese tra il 20%, nei depositi grossolani scarsamente selezionati, ed il 40%, nei materiali uniformemente selezionati, costituiscono dei buoni acquiferi. La maggior parte degli acquiferi in tali depositi presentano permeabilità variabile tra 1×10^{-4} e 1×10^{-3} cm/s, anche se non è infrequente trovare valori superiori a 5×10^{-3} cm/s. Pozzi scavati in tali depositi possono mostrare rendimenti moderati, anche se si possono riscontrare rendimenti maggiori se lo strato permeabile è potente, come nel caso di canali sepolti.

I sedimenti che si rinvenivano nella fascia costiera, costituiti sia da depositi alluvionali che da depositi marini, mostrano rendimenti specifici molto simili a quelli dei depositi alluvionali, con permeabilità che variano tra 1×10^{-5} ad oltre 5×10^{-3} cm/s. I depositi francamente sabbiosi e ghiaiosi possono avere un rendimento specifico tra il 15 ed il 35%.

Le sabbie e le ghiaie sono quindi i depositi detritici più importanti per quel che riguarda le riserve d'acqua sotterranee. Naturalmente i valori riportati non tengono conto delle facies intermedie che contengono una frazione grossolana immersa in

una matrice da sabbiosa ad argillosa o limosa e del grado di cementazione dei depositi, fatti questi che influiscono negativamente sulla permeabilità.

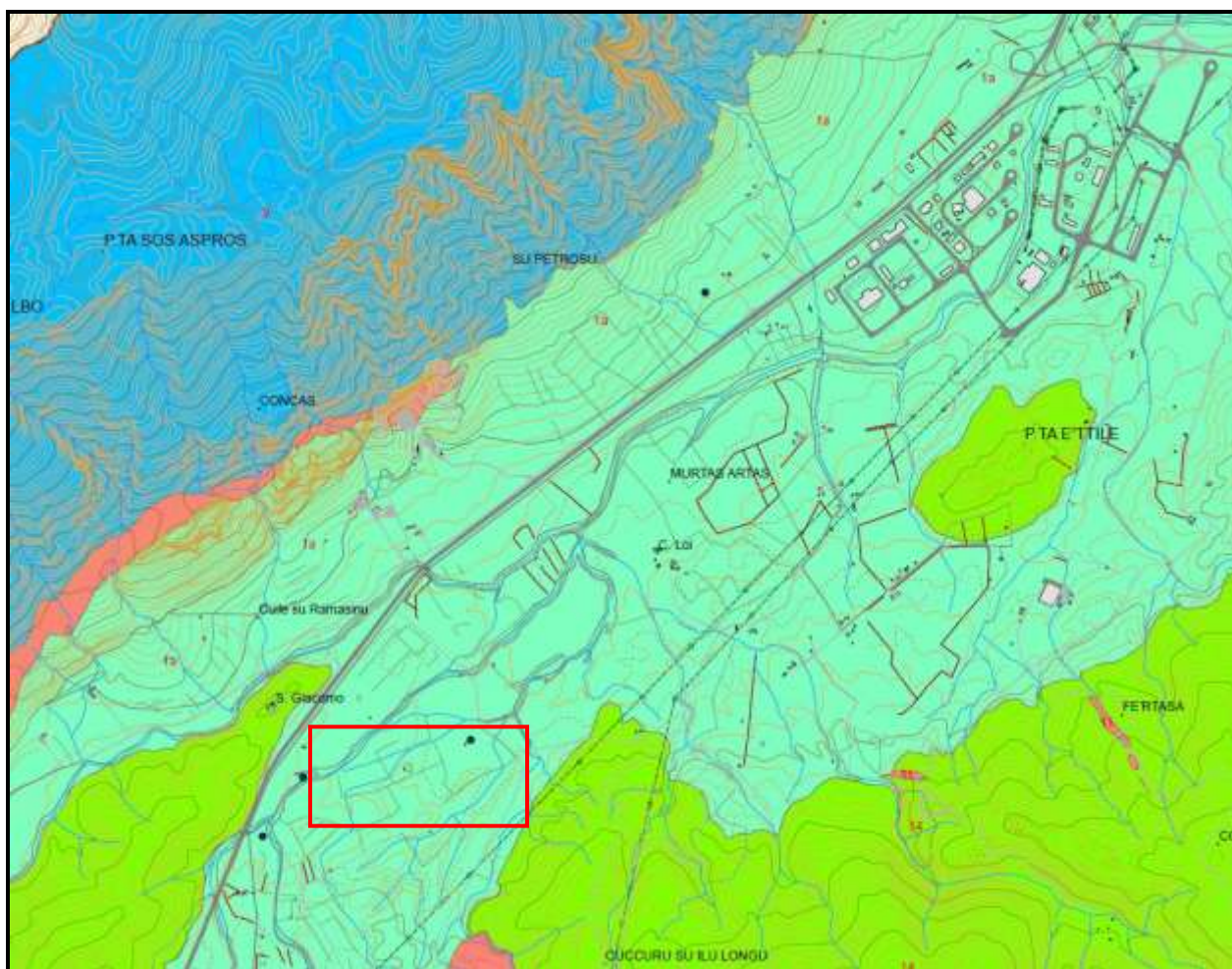
Nell'area in studio i depositi alluvionali si presentano in diverse facies.

Le alluvioni antiche terrazzate eterometriche, costituite da blocchi, ciottoli, sabbie e ghiaie in abbondante matrice sabbio-argillosa, sovente cementate da ossidi di ferro (ferrettizzate) e talvolta da gel silicei, sono generalmente poco permeabili. Stesso comportamento presentano i depositi di conoide, anch'essi eterometrici, arrosati, spesso ben cementati e costipati.

Le alluvioni rimaneggiate, ciottoloso-ghiaiose, mostrano nel complesso permeabilità media, mentre quelle recenti, sabbioso-ghiaiose, sciolte, presentano una porosità efficace maggiore delle alluvioni antiche e di quelle medie e conseguentemente la loro permeabilità è generalmente alta, anche se si possono avere, in funzione della percentuale di materiali fini presenti, situazioni in cui la permeabilità decresce ed altre in cui invece aumenta consistentemente.

I depositi detritici, che si rinvengono alla base dei versanti, composti da clasti di varie dimensioni e blocchi di roccia immersi in matrice argillosa, presentano permeabilità da scarsa a media. Il grado di permeabilità è funzione della maggior o minor quantità di materiali fini presenti.

I depositi palustri, che rivestono una parte delle rive degli stagni, a granulometria da fine a molto fine, possono invece essere considerate in gran parte impermeabili, così come le lenti di argille e limi che si rinvengono intercalate ai livelli a granulometria più grossolana nel sottosuolo degli stessi.



(Schema Carta idrogeologica territoriale)

Legenda	
Idrogeologia	
IDR, PERM, DESCR_PERM	
1a, 0303, Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione. Depositi sciolti del Quaternario	
1a, 0404, Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione. Depositi sciolti del Quaternario	
1a, 0505, Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione. Depositi sciolti del Quaternario	
1b, 0303, Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione. Depositi palustri.	
9, 1045, Permeabilità complessiva medio-alta per fessurazione e carsismo nei termini carbonatici e per porosità nei termini arenacei; localmente bassa nei termini marnosi e argillosi	
11, 1001, Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente media in corrispondenza delle aree con sistemi di fratturazione sviluppati	
11, 1102, Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente media in corrispondenza delle aree con sistemi di fratturazione sviluppati	
11, 2002, Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente media in corrispondenza delle aree con sistemi di fratturazione sviluppati	
14, 1001, Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente, in corrispondenza delle lenti carbonatiche, medio-alta per fessurazione e carsismo.	
14, 1023, Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente, in corrispondenza delle lenti carbonatiche, medio-alta per fessurazione e carsismo.	

(Legenda Carta idrogeologica territoriale)

Il sistema idrografico del territorio è condizionato essenzialmente dal regime delle precipitazioni e dalla morfologia, che ammette dislivelli poco marcati per modeste distanze orizzontali.

Le pendenze laterali dei versanti sono sempre poco accentuate e conferiscono al

paesaggio un aspetto tipico determinato da vegetazione cespugliosa bassa e da fondovalle erosi a causa della discreta velocità che assumono le acque di corrivazione in caso di piogge torrenziali.

Per contro, nelle zone dove i versanti si presentano con acclività minore e quindi è presente un substrato terroso più importante, è presente una vegetazione più stabile costituita da alberi a fusto medio alto.

I corsi d'acqua sono dunque ascrivibili alla categoria dei torrenti di pianura e/o collina, a carattere temporaneo, che seguono l'andamento delle precipitazioni (concentrate nel periodo autunnale-invernale nel nostro clima).

La zona oggetto del presente studio è pertanto interessata solo marginalmente da un reticolo idrografico di secondo e terzo grado.

Sono presenti, infatti, alvei stabili con ruscellamenti di tipo perenne il più importante dei quali è il Rio Siniscola che conferisce le sue acque al mare in zona La Caletta – Santa Lucia, dopo aver avuto il contributo di alcuni importanti affluenti.

Le acque di cui sopra, scorrono nei fondivalle poco acclivi a bassa velocità senza significativo trasporto solido, vista soprattutto la litologia affiorante sicuramente molto lapidea. Non essendo comunque sottesi bacini idrografici importanti (fatta esclusione del Rio Mannu) le portate generate sono molto limitate.

Gli altri fondivalle sono sicuramente meno importanti come posizionamento rispetto alla zona di intervento ma rivestono più interesse dal punto di vista della continuità ed estensione.

Il sistema idrografico sotterraneo è rappresentato da numerose falde di modesta entità, che si sviluppano al contatto fra la coltre superficiale di materiali sciolti e/o arenizzati ed il sottostante strato litoide e/o semi litoide (substrato impermeabile).

Nel terreno oggetto di studio la falda freatica si trova ad una profondità tale da non causare problemi agli scavi e alle eventuali future strutture.

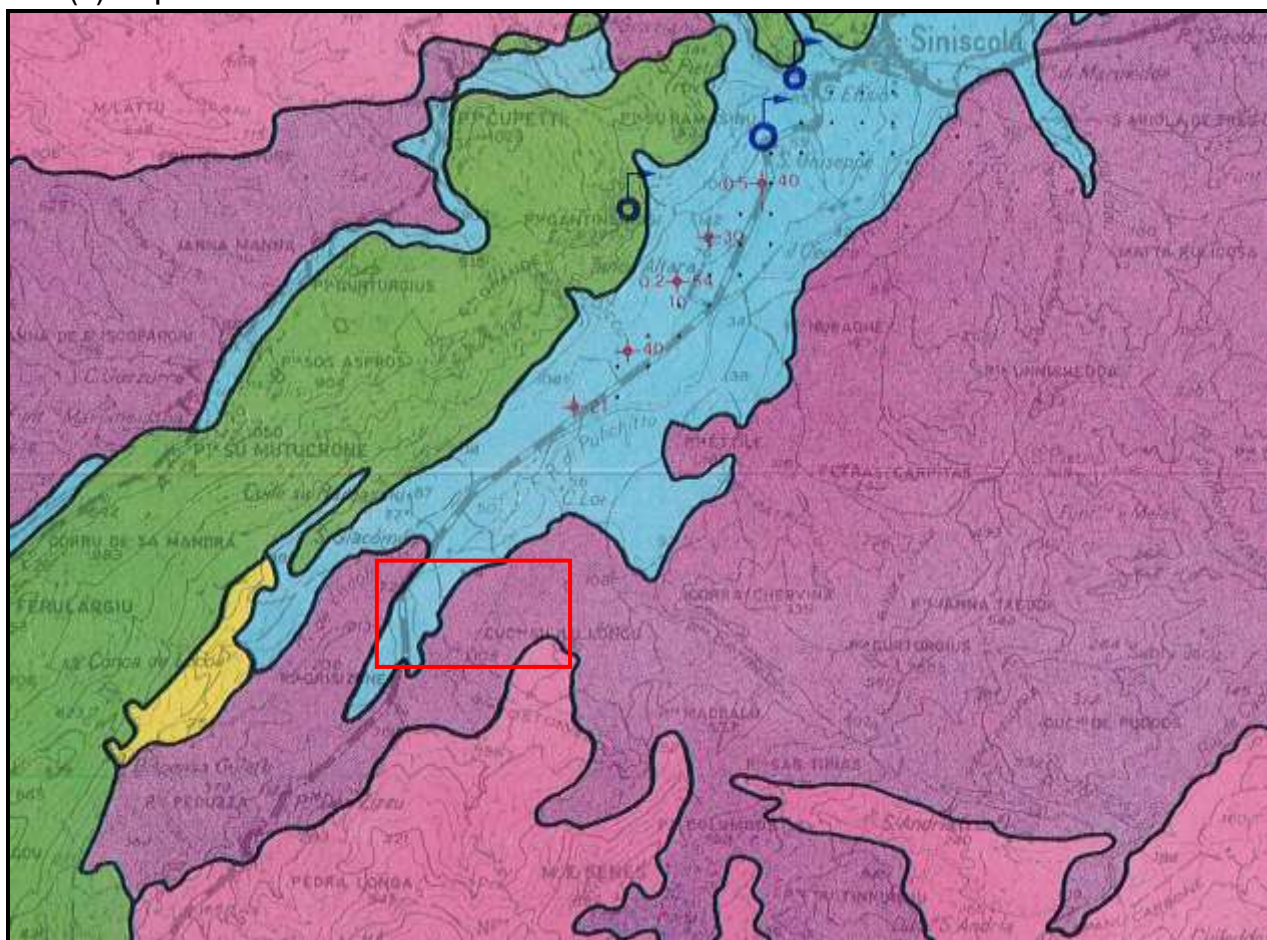
Nel corso dei sondaggi non è mai stata riscontrata la falda superficiale.

Le falde acquifere, sono di due tipi; uno a carattere stagionale impostato sulle alluvioni, mentre l'altro a regime perenne con portata effimera, è impostato sulle frattu-

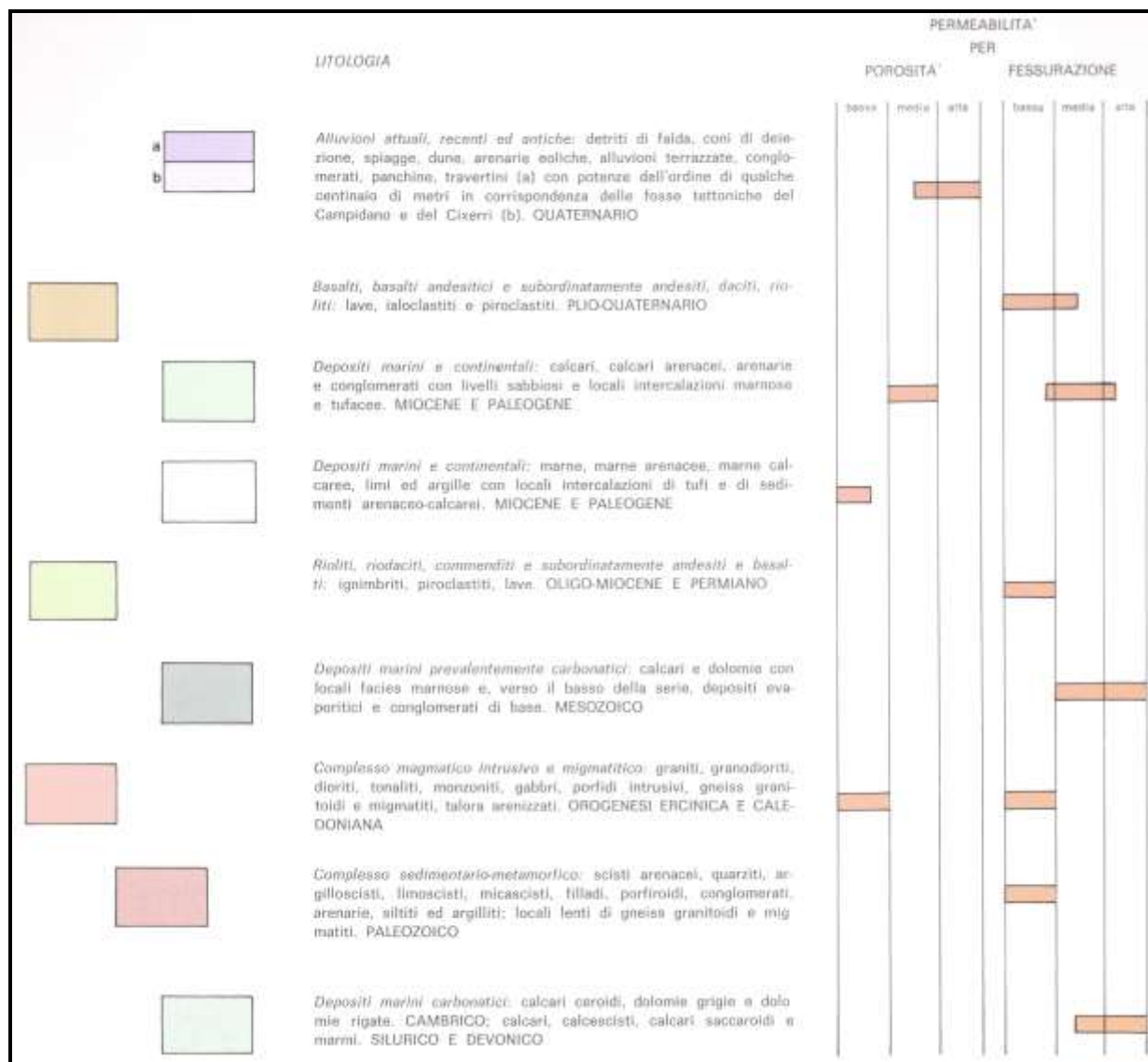
re delle rocce litoidi o semi litoidi.

Per approfondire l'aspetto dell'idrogeologia ci si è inoltre serviti dell' Atlante Idrogeologico della Sardegna redatto a cura dell' Università degli Studi di Sassari (Istituto di mineralogia e geologia) e della Cassa per il Mezzogiorno di Roma (Progetto Speciale n° 25) – scala 1:100.000 Vol. 65 – Anno 1979 – 1980.

Le misure sono riportate al Fg. 195 (Orosei) mediante la simbologia costituita da un cerchio rosso pieno dal quale si dipartono rispettivamente tre frecce, sempre rosse, delle quali quella a destra del lettore (x) indica la profondità dell'opera, quella in basso (y) la profondità del livello statico della falda in m. e infine quella a sinistra (z) la portata in litri/sec.



(stralcio Fg. 181 Atlante Idrogeologico della Sardegna)



Nella piana di Murtas Artas risultano nell' Atlante censiti 5 pozzi distribuiti ai margini dell'arteria stradale.

La profondità delle perforazioni oscilla tra circa 20/50 m. sotto il p.c con un livello statico rilevato su due pozzi da 1 a 10 m. e portata da 0,2 a 0,5 l/sec.

Sono inoltre evidenziate tre sorgenti sempre sulla direttrice stradale ma molto vicine all' abitato, con cerchio blu e freccia a destra, delle quali due con portata fra i 5 e 10 l/sec (S. Efisio e Gantine) e una con portata fra i 150 e 200 l/sec (S. Giuseppe ovvero Fruncu e' Oche).

Climatologia

Data la fondamentale importanza che in uno studio di questo genere rivestono le caratteristiche climatiche della zona, si è proceduto all' esame dei valori relativi alle precipitazioni e alle temperature che sono appunto i parametri che prioritariamente definiscono il clima.

Si è fatto a tal scopo riferimento ai dati rilevati nella Stazione pluviometrica di Santa Lucia (Cantoniera) posta ad un'altitudine di 35 metri s.l.m. e relativa ad un periodo di osservazione di 40 anni e ai dati rilevati nella stazione termometrica di Orosei posta rispettivamente a un'altitudine di 19 m. s.l.m. e relative a un periodo di osservazione di 37 anni.

I valori dei dati sono stati desunti dagli "Annali dell'Istituto Idrografico".

L' altezza media annua delle precipitazioni è risultata pari a 851 mm.

Per la stazione suddetta si ha un massimo di 127 mm. nel mese di Dicembre ed un minimo di 8 mm. nel mese di Luglio.

Lo studio della densità delle precipitazioni mostra una distribuzione non omogenea come appresso desumibile.

Conseguenza di questo fatto in generale un carattere torrentizio delle precipitazioni che generalmente innesca fenomeni di accentuata erosione dei suoli dovuta al ruscellamento superficiale.

Una valutazione sufficientemente attendibile della Evapo - traspirazione reale la si può ottenere mediante la formula di L. Turc che ricava il valore di questo complesso termine del bilancio idrologico da una relazione tra le medie annue di precipitazione e temperatura.

Si ha dunque:

$$Er = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

dove:

E_r = Evapotraspirazione reale in mm.

P = Altezza media di pioggia annua in mm.

$L = 300 + 25T + 0.05T^3$

T = Temperatura media in °C

Nel nostro caso introducendo nella formula:

P (Santa Lucia) = 851 mm.

T (Orosei) = 17.48 C°

si ottiene:

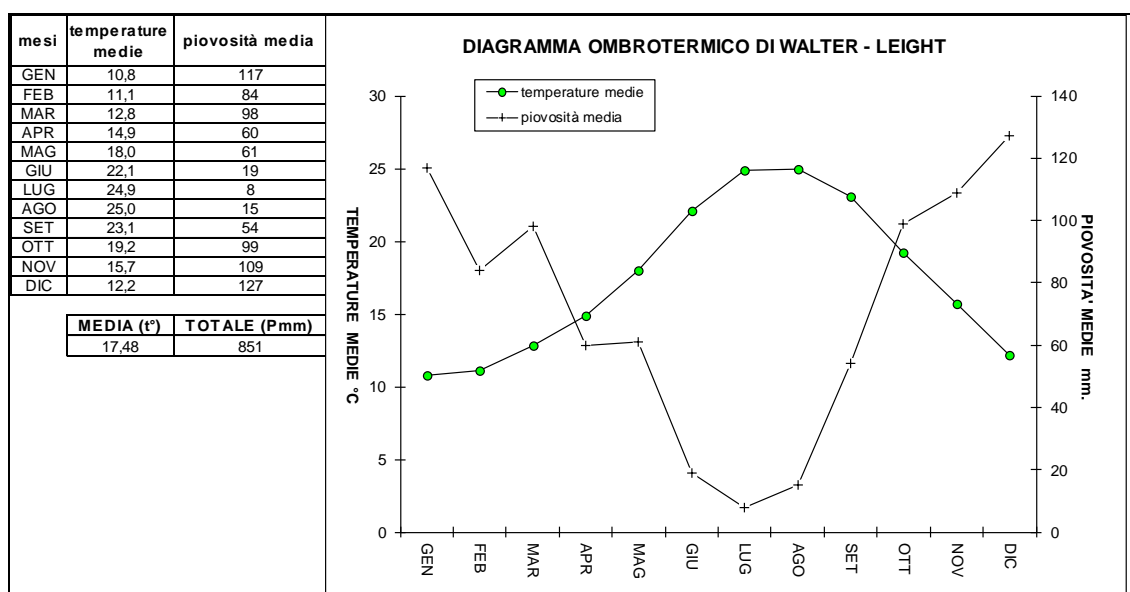
$E_r = 608,91$ mm.

pari al 71.55 % circa delle precipitazioni.

Si ricava dunque un valore reale annuo piuttosto elevato e che potrebbe apparire eccessivo.

Se si tiene conto però che la formula di Turc offre dei valori indicativi di un ordine di grandezza possiamo ritenere che tale quantità non si discosti molto dalla realtà.

Da quanto sopra esposto risulta che circa il 28.45 % delle precipitazioni risulta disponibile all' infiltrazione ed al ruscellamento.



Il diagramma ombrotermico di Walter - Leith, di seguito riportato e realizzato dal confronto dei dati medi mensili di precipitazione e di temperatura delle stazioni suddette, registra un'area rappresentativa del periodo asciutto, nella quale si verificano condizioni tali da favorire la evapotraspirazione, nell' intervallo di tempo fra i mesi di Aprile e Settembre. Secondo Emberger la zona è situata nella fascia a clima semi - arido dell'orizzonte inferiore.

Idrologia - Caratterizzazione qualitativa e quantitativa del corpo idrico nelle sue diverse matrici

Verrà qui determinata la portata di piena dei diversi rami presenti all'interno del sito di interesse.

Come visibile nella planimetria allegata abbiamo diversi rami denominati ciascuno con un codice.

Verranno determinate le portate di piena per i diversi tronchi, relative ai vari periodi di ritorno, per poter eseguire le verifiche in regime di moto permanente nelle varie sezioni del Rio.

In questo modo si potrà valutare la capacità di smaltimento di ciascun tronco in considerazione poi della valutazione della distanza di rispetto.

Si dimostrerà che, poiché la sezione naturale dei vari tratti di alveo è in grado di smaltire la portata di piena relativa al periodo di ritorno di 500 anni, non si applicherà alcuna distanza di rispetto ai tronchi sopracitati (Art. 30 ter delle norme di attuazione del PAI).

Verranno determinati i valori di piena per i periodi di ritorno da 50 a 500 anni come previsto dalla normativa.

Trattandosi di piccoli bacini verrà utilizzato il metodo indiretto S.C.S. che sfrutta il

metodo razionale di stima delle portate al colmo dei bacini di superficie inferiore a 60 km².

Detto metodo fa riferimento alla formula empirica del Soil Conservation Service Method, in base ai seguenti criteri:

- _ le precipitazioni intense vengono desunte dalla regionalizzazione VAPI;
- _ i tempi di corrivazione vengono valutati a partire dai parametri morfometrici definiti come specificato, secondo le espressioni empiriche più rispondenti alle tipologie dei bacini in esame;
- _ i coefficienti di deflusso derivano dall'analisi secondo il metodo SCS – Curve Number, raffrontato con i dati disponibili da studi pregressi e da eventuali misure idrologiche relative a eventi di piena storici.

Sono stati individuati tre piccoli bacini, denominati rispettivamente Bacino 0, Bacino 1 e Bacino 2.

Essi fanno riferimento a tre tronchi individuati da un codice nella rete idrografica definita dalla cosiddetta “Direttiva Alvei” e descritti nelle pagine seguenti.

Tecnica illustrativa ed esplicativa delle procedure adottate e delle analisi svolte

Metodo indiretto S.C.S.

Il metodo si basa sulle Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in Sardegna determinando il volume netto di pioggia per unità di superficie.

Per la definizione delle precipitazioni è innanzi tutto necessario definire la sottozona omogenea SZO (della Regione Sardegna) di appartenenza del bacino in esame, secondo la divisione riportata in figura 1).

Il bacino in oggetto rientra nella zona omogenea SZO 3, colore verde nella figura

Il metodo adotta le seguenti assunzioni:



$$Q_c = 0.28 R_o A / t_p \text{ (m}^3/\text{s)}$$

dove:

R_o = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);

A = superficie del bacino (km²);

t_p = tempo di crescita dell'onda di piena (h).

Vengono nel seguito descritte le assunzioni e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

La pioggia indice $\mu(\tau)$ di durata τ (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata τ) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g ,

$$a_1 = \mu_g / (0,886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \text{Log}_{10} \mu_g ,$$

La pioggia indice giornaliera μ_g viene stimata sulla base della carta delle isoiete.

L'altezza di pioggia $hT(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per un coefficiente di crescita $KT(\tau) = a_2 \cdot \tau^{n_2}$:

$$hT(\tau) = \mu(\tau) \cdot KT(\tau) = (a_1 a_2) \cdot \tau^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le seguenti relazioni, distinte per sottozona, per differenti T e τ :

a) per tempi di ritorno $T \leq 10$ ANNI

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad a_2 &= 0,66105 + 0,85994 \text{ Log}_{10} T ; \\ n_2 &= -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SZO 2} \quad a_2 &= 0,64767 + 0,89360 \text{ Log}_{10} T ; \\ n_2 &= -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T ; \end{aligned}$$

SZO 3 $a_2 = 0,62408 + 0,95234 \text{ Log}_{10} T$;
 $n_2 = -2,5392 \cdot 10^{-2} + 4,7188 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$;

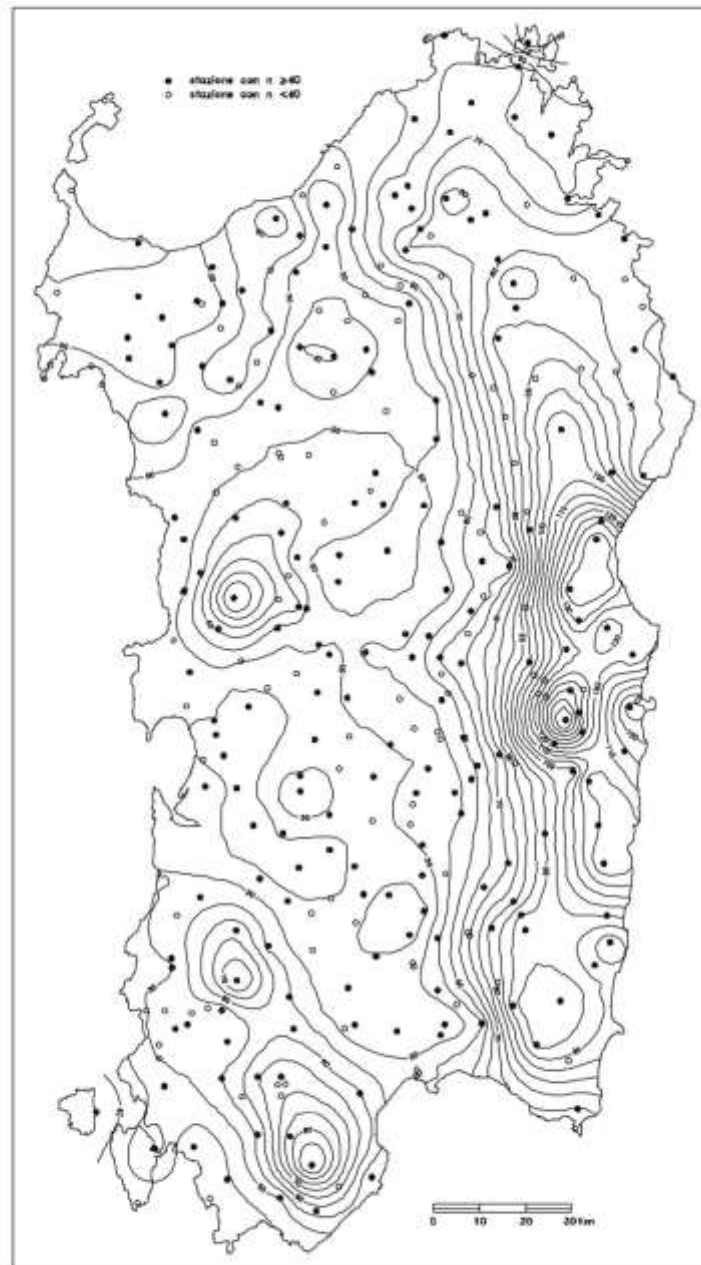


Figura 2: Carta delle isoiete per identificare la pioggia indice giornaliera μ_g (espressa in mm).

b) per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

$$\text{SZO 1 } a_2 = 0,46378 + 1,0386 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18449 + 0,23032 \log_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } T \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } T \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 2 } a_2 = 0,44182 + 1,0817 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \log_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } T \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } T \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 3 } a_2 = 0,41273 + 1,1370 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,19055 + 0,25937 \log_{10} T - 3,8160 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } T \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = 1,5878 \cdot 10^{-2} + 7,6250 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } T \geq 1 \text{ ora})$$

La pioggia ottenuta viene quindi ragguagliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

$$r = 1 - (0,0394 \cdot A^{0,354}) \cdot d^{(-0,40 + 0,0208 \ln(4,6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0,0394 \cdot A^{0,354}) \cdot d^{(-0,40 + 0,003832 \cdot (4,6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

dove

d è la durata della precipitazione;

A è la superficie del bacino (espressa in km^2).

Il coefficiente R_o prima citato tiene conto della capacità di infiltrazione del terreno nell'ipotesi che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico,

$$R_o = (h - 0,2 S)^2 / (h + 0,8 S) \quad (\text{mm})$$

dove

h = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);

S = valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm).

Il valore S è calcolato dall'equazione:

$$S = 25((1000/\text{CN}) - 10) \quad (\text{mm})$$

I valori del parametro di assorbimento CN (Curve Number) da inserire nella formula, vengono determinati facendo riferimento alla carta del CN costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione.

La tabella 1 per l'assegnazione dei valori di Curve Number alle diverse tipologie di uso del suolo è stata pubblicata dalla Regione Sardegna nel documento riguardante le metodologie di analisi relative agli "STUDI, INDAGINI, ELABORAZIONI ATTINENTI ALL'INGEGNERIA INTEGRATA, NECESSARI ALLA REDAZIONE DELLO STUDIO DENOMINATO PROGETTO DI PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF).

Le descrizioni di tipologia di uso del suolo riportate all'interno della tabella suddetta e ritenute le più attinenti sono quelle riportate successivamente e rispecchiano le varie zone del bacino idrografico; per il valore di CN da utilizzare nel calcolo, si procederà con la media pesata fra i seguenti valori, peraltro molto vicini fra loro.

Descrizione	CN
2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	60
321 - AREE A PASCOLO NATURALE	75
3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	65
3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	65

La stima del tempo di crescita dell'onda di piena è invece ricavata con la seguente formula:

$$t_p = D/2 + t_{lag}$$

dove:

D = durata della pioggia (h);

t_{lag} = intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo (h).

si assume:

$$D = 0,133 \cdot t_c$$

$$t_{lag} = 0,6 \cdot t_c$$

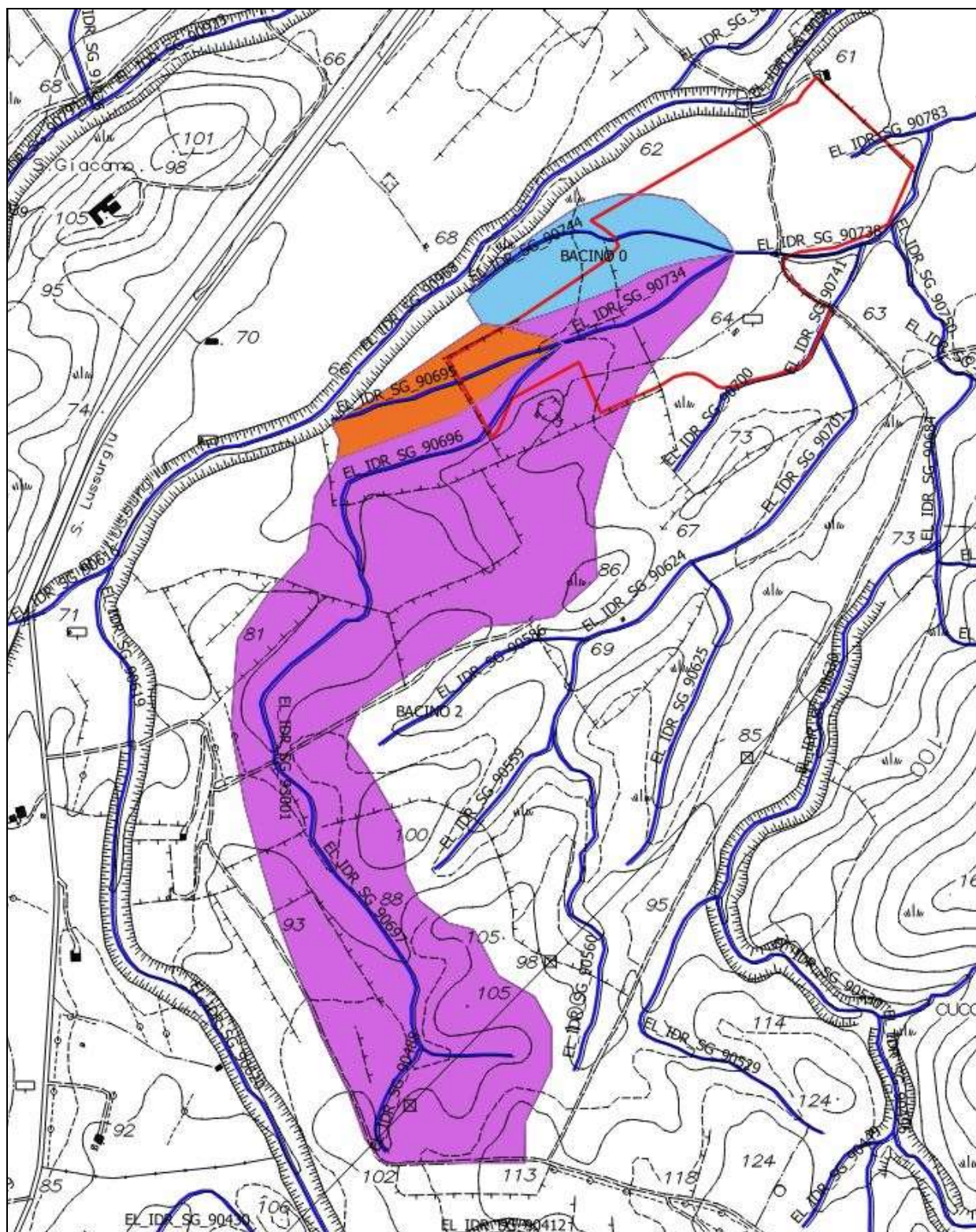
quindi

$$t_p = 0,133/2 \cdot t_c + 0,6 \cdot t_c$$

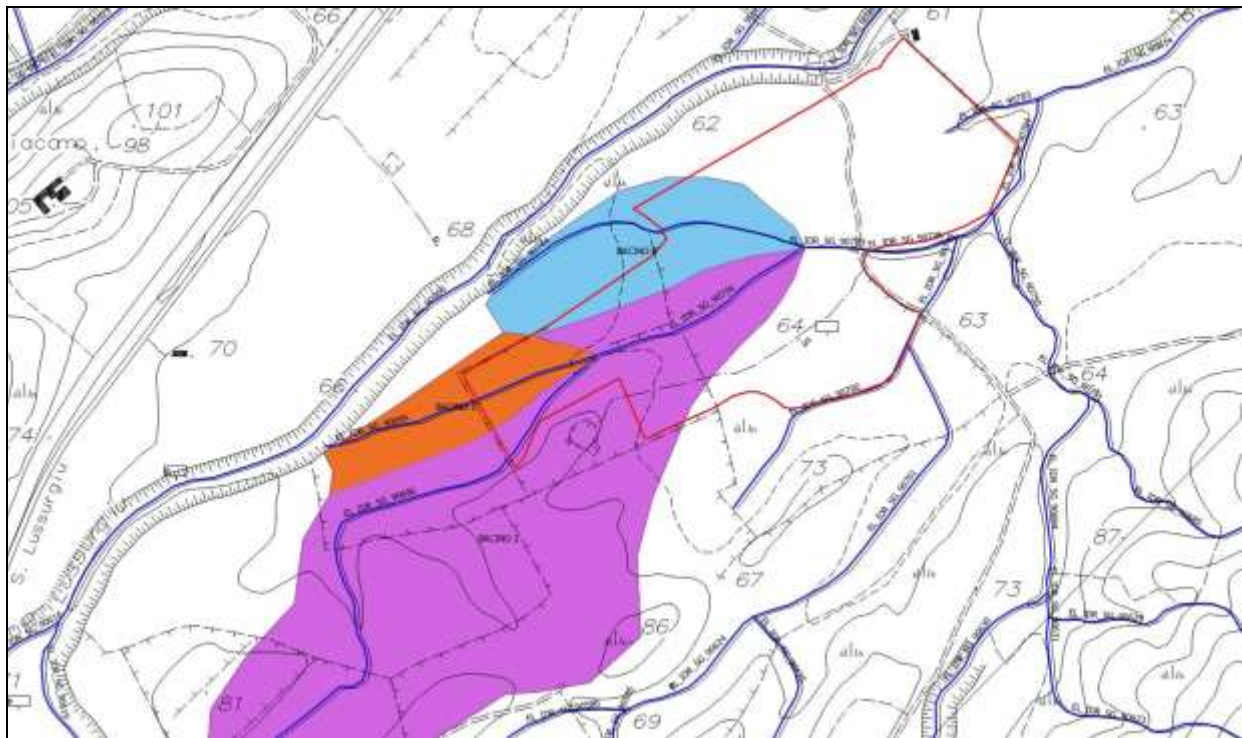
Per il calcolo del tempo di corrivazione sono stati verificati i valori ottenuti con le formule più conosciute ed è stata assunta la media dei valori più vicini fra loro.

Nelle immagini allegate possiamo individuare i tre bacini oggetto del calcolo e la loro ubicazione rispetto all'area di coltivazione bordata di rosso.

Nel dettaglio possiamo individuare i relativi rami con i rispettivi codici.



- | | |
|--|----------|
| | BACINO 0 |
| | BACINO 1 |
| | BACINO 2 |



Dettaglio planimetria bacini su base C.T.R.

Si riportano di seguito i dati per singolo bacino, prima quelli dimensionali, poi quelli ottenuti dal calcolo delle portate.

Ramo n. 96535

Bacino 0 km² 0,033 asta principale km. 0,379 CN 71 tc = 0,221 ore

T > 10 anni	50	100	200	500	
Qc =	0,010	0,022	0,039	0,24	m ³ /s
Qc =	10	22	39	244	l/s

Ramo n. 116756

Bacino 1 km² 0,021 asta principale km. 0,320 CN 74 tc = 0,146 ore

T > 10 anni	50	100	200	500	
Qc =	0,002	0,006	0,012	0,17	m ³ /s
Qc =	2	6	12	168	l/s

Ramo n. 91058

Bacino 2 km² 0,323 asta principale km. 1,636 CN 66 tc = 0,513 ore

T > 10 anni	50	100	200	500	
Qc =	0,29	0,53	0,82	1,99	m ³ /s
Qc =	293	529	822	1993	l/s

SCHEMA GENERALE DEL CALCOLO			
Pioggia indice giornaliera	(da carta isoiete)		
	$\mu_g =$	82	mm
Pioggia indice $\mu(\tau)$			
$\mu(\tau) = a_1 \cdot \tau^{n_1}$	$\mu(\tau) =$	18,548	
calcolo coefficienti a_1 e n_1			
$a_1 = \mu_g / (0,886 \cdot 24^{n_1})$	$a_1 =$	24,52	
$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log_{10} \mu_g$	$n_1 =$	0,418	
	$\tau =$	0,513	
Calcolo altezza di pioggia			
$hT(\tau) = \mu(\tau) \cdot kT(\tau) = a_1 \cdot a_2 \cdot \tau^{(n_1+n_2)}$	$hT(\tau) =$	38,93	[mm]
$kT(\tau) = a_2 \cdot \tau^{n_2}$	$kT(\tau) =$	2,10	50 anni
	$A =$	0,323	Superficie del bacino [Km ²]
Ragguaglio all'area del bacino	$d =$	0,513	durata della precipitazione
$r = 1 - (0,0394 \cdot A^{0,354}) d^{(-0,40+0,0208 \cdot \ln(4,6 \cdot \ln(A)))}$	$r =$	0,966	$A < 20 \text{ Km}^2$
$r = 1 - (0,0394 \cdot A^{0,354}) d^{(-0,40+0,003832 \cdot (4,6 \cdot \ln(A)))}$	$r =$	0,966	$A > 20 \text{ Km}^2$
altezza di pioggia ragguagliata	$h =$	37,6	[mm]
Calcolo volume netto di pioggia per unità di superficie			
$Ro = (h - 0,2 \cdot S)^2 / (h + 0,8 \cdot S)$	$Ro =$	1,0	[mm]
[min]			
$S = 25((1000/CN) - 10)$	$S =$	128,8	[mm]
	$CN =$	66	in funzione dell'uso del suolo
Calcolo del tempo di corrivazione			
	$t_c =$	0,12	[ore]
	$L =$	1,636	lunghezza asta principale [km]
	$i_v =$	5	pendenza di versante [%]
Tc da formule classiche	$t_c =$	0,179	[ore] Ventura
	$t_c =$	0,418	[ore] Ventura modificato
	$t_c =$	0,505	[ore] Pasini
	$t_c =$	0,513	[ore] valore medio
Calcolo portata al colmo			
$Qc = 0,28 \cdot Ro \cdot A / tp$	$Qc =$	0,26	portata in [m ³ /sec]
$tp = D/2 + t_{lag}$	$tp =$	0,34	tempo di crescita dell'onda [ore]
$D = 0,133 \cdot tc$	$D =$	0,07	durata della pioggia [ore]
$t_{lag} = 0,6 \cdot tc$	$t_{lag} =$	0,31	intervallo di tempo fra il centroide ed il colmo [ore]

Tabella 2: Schema esemplificativo del calcolo

A titolo di esempio vengono riportati i risultati delle portate di piena per il bacino di maggiori dimensioni, il bacino 2.

TABELLE E CALCOLO PIENE AI VARI PERIODI DI RITORNO						
T > 10 anni		50	100	200	500	
SZO 1	$a_2 =$	2,22833	2,54098	2,85363	3,26693	
	$n_2 =$	0,11061	0,14283	0,16901	0,19435	$\tau < 1$ ora
	$n_2 =$	-0,02399	-0,02637	-0,02875	-0,03189	$\tau > 1$ ora
SZO 2	$a_2 =$	2,279596	2,60522	2,93084	3,3613	
	$n_2 =$	0,123925	0,15763	0,18491	0,2111	$\tau < 1$ ora
	$n_2 =$	-0,0126	-0,01383	-0,01506	-0,01669	$\tau > 1$ ora
SZO 3	$a_2 =$	2,344459	2,68673	3,029	3,48146	
	$n_2 =$	0,139963	0,17555	0,20422	0,23151	$\tau < 1$ ora
	$n_2 =$	0,028833	0,03113	0,03342	0,03646	$\tau > 1$ ora
T > 10 anni		50	100	200	500	
$kT(\tau) =$		2,14	2,39	2,64	3,40	
$hT(t) =$		39,61	44,32	49,02	63,02	
$h =$		38,3	42,8	47,4	60,9	
$Ro =$		1,1	2,0	3,1	7,5	
Qc =		0,29	0,53	0,82	1,99	m^3/s
Qc =		293	529	822	1993	l/s

Tabella 3. Risultati del calcolo delle portate di piena

I risultati ottenuti verranno utilizzati per la verifica delle aste fluviali al fine di dimostrare l'assenza della fascia di rispetto.

Analisi idraulica

In seguito alla determinazione delle portate di piena si procede alla verifica delle aste fluviali.

Occorre verificare appunto se queste portate restano all'interno dell'alveo e non al-

lagano le aree circostanti.

Questa verifica è essenziale al fine di operare delle scelte in fase di progettazione della cava in oggetto.

Infatti, si dimostra che le portate di piena defluiscono all'interno dell'alveo. In tal modo si riduce a zero la distanza di rispetto da tenere rispetto al bordo dell'alveo.

Si è proceduto con le verifiche suddette, ottenendo esito positivo.

Le specifiche relative verranno allegate al progetto definitivo.

Analisi idraulica dell'asta fluviale e dell'area di allagamento compresa tra due sezioni caratterizzate da condizioni al contorno definibili;

Per avere una rappresentazione completa dell'andamento delle portate di piena nell'alveo, sono state considerate diverse sezioni per ciascuno dei tratti sopra citati, estendendo l'analisi per un tratto significativo sia a monte che a valle.

Per la verifica delle sezioni nella condizione di moto permanente è stato utilizzato il programma HEC-RAS, sviluppato dall'US Army Corps Of Engineers;

Tecnica illustrativa ed esplicativa delle procedure adottate e delle analisi svolte

Verifica delle sezioni idrauliche:

Il programma HEC-RAS, utilizzato per la verifica delle sezioni idrauliche dell'alveo con le portate di piena ai vari periodi di ritorno, si basa sulla soluzione iterativa dell'equazione dell'energia.

$$H = Z + Y + \alpha \cdot V^2 / 2 \cdot g$$

Il programma, per valutare il profilo idraulico in un determinato tronco di canale o ramo fluviale, assume la condizione di moto permanente gradualmente vario, attraverso il metodo *direct step*.

Gli output del programma utilizzati nel presente lavoro sono le sezioni verificate nelle condizioni di progetto nelle quali compaiono i vari livelli dell'acqua (e, se richiesto, anche quelli dell'energia) riferiti alle piene dei vari periodi di ritorno.

Per avere una rappresentazione completa dell'andamento delle portate di piena

nell'alveo, sono state considerate, data la regolarità dell'alveo, n° 7 sezioni per ciascun tratto, estendendo l'analisi a monte ed a valle del tratto interessato.

Condizioni al contorno in moto permanente

Assegnati i valori di portata in moto permanente, è necessario, per la risoluzione del problema iterativo, fissare delle condizioni al contorno.

Per le correnti lente va fissata la condizione al contorno di valle mentre per le correnti veloci occorrerà fissare la condizione di monte.

Per un regime transcritico si rende invece necessario specificare entrambe le condizioni, sia a monte che a valle. É possibile pertanto fissare un valore assegnato, se noto, oppure imporre l'altezza di moto uniforme o l'altezza critica.

In questo caso si è optato per quest'ultima soluzione.

Risultati delle elaborazioni numeriche

Considerato il livello preliminare della presente relazione, non si ritiene necessario allegare alla presente i tabulati di calcolo prodotti dal programma dove compaiono i principali elementi scaturiti dal calcolo di verifica nelle varie condizioni ipotizzate.

Gli stessi verranno senz'altro allegati alla relazione del progetto esecutivo.

Documentazione grafica con apposite sezioni e profili idraulici a scala adeguata atti a identificare i livelli di piena;

Si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo precedente.

Siniscola, Ottobre 2022

il tecnico

Ing. Giovanni Antonio Fadda