

COMUNE DI CAPOTERRA
PROVINCIA DI CAGLIARI



PIANO DI LOTTIZZAZIONE PARCO DI BACCU TINGHINU
ZONA DI ESPANSIONE RESIDENZIALE C.3 -4.1

**COMMITTENTI : BAIRE ADELINA-BAIRE GIANLUCA-BAIRE MARIO-BAIRE MATTEO-BAIRE VITTORINA-
CABONI ALBINA-LAI GIANCARLO-LAI LUCIANO-PINNA REGINA - FARIGU EFISIO - SEGURO PAOLA**

GEOLOGO

Dott. Geol. Tarcisio Marini



INGEGNERE

Dott.Ing. Caterina Francavilla



DATA:
FEBBRAIO
2024

PROGETTISTA PIANO DI
LOTTIZZAZIONE
Dott. Ing. Efisio Farigu

Elaborato: STIMA DELL'INVARIANZA IDRAULICA- STUDIO IDROGEOLOGICO
AI SENSI DEL'ART.8 E ART.47 DEL P.A.I. REGIONE SARDEGNA

VAR 1

1. PREMESSA

Il presente Studio Idrogeologico è stato redatto ai sensi dell'art 47 commi 2 e 3 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico), in particolare rivolto a ottemperare alle linee guida

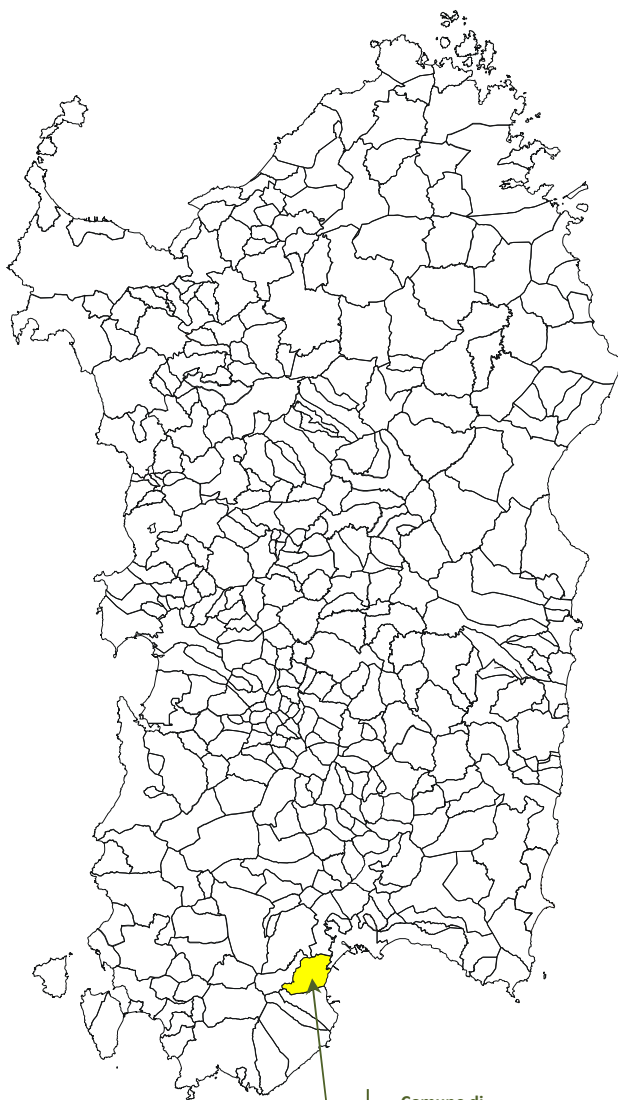


FIGURA 1
Inquadramento geografico

per l'attuazione del principio di invarianza idraulica. Esso recepisce inoltre le Proposte di Variante del C.I. dell'Autorità di Bacino Regionale (Delib. n.9 del 9 Agosto 2018 e del Presidente della Regione – decreto n.132/20). Lo studio si riferisce ad un settore sud occidentale del centro urbano di Capoterra (tra la Via Cavour e la Via Cagliari in località Baccu Tinghinu) nel quale è in corso la progettazione per la realizzazione di una nuova lottizzazione residenziale. Si è tenuto conto del contesto legislativo di riferimento e delle note interpretative riportate nella circolare n.1 del 2019 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino atte a soddisfare il principio di invarianza idraulica.

Attraverso lo studio di compatibilità idraulica, è stata approntata la seguente analisi tesa a dimostrare come l'intervento sottoposto ad approvazione, insista su un settore del reticolo idrografico in grado di non generare pericolosità e rischio rispetto alla condizione esistente.

I Comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro

varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.

Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.”

Lo studio ha seguito, oltre all'art 47 del P.A.I. commi 2,3 delle N.T.A., la Direttiva Comunitaria 2007/60/CE "Valutazione e gestione del rischio alluvioni e al D.Lgs. 49/2010" in attuazione della stessa direttiva e la deliberazione n.2 del 30.07.2015 dell'Autorità di Bacino Regionale le seguenti norme:

- Norme P.A.I. (artt. 4 c. 5 e 37 c. 7, delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico);
- Stralcio della Carta delle aree inondabili-Stato di fatto al 15 Ottobre 2005 (Centro urbano e aree limitrofe - Responsabile Scientifico Prof. G.M. Sechi)
- Studio di supporto alla compatibilità idraulica - Perimetrazione proposta come approvata dall'ADIS con delib. N.7 del 17.02.2012 (Ing.G.Perfetto e Dott. Geol.A.Frau)
- A.D.I.S : Adozione definitiva Proposta di Variante al P.A.I del Comune di Capoterra Del.n.9 del 9 Agosto 2018;

Si è proceduto secondo il seguente schema di lavoro:

1. Inquadramento geografico su cartografia I.G.M. E .C.T.R. in scala 1:10.000
2. Modellazione geologica- idrogeologica con descrizione dell'area vasta e della serie litologica locale derivante da prove in situ;
3. Studio dell'invarianza idraulica con descrizione della situazione ante e post operam; calcolo dell'idrogramma di piena e il corrispondente volume di deflusso per tempi di ritorno $T = 20$ e $T = 50$ anni; dimensionamento, in via preliminare, delle opere di compensazione.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Come riportato in figura 1, la località nella quale sorgerà la lottizzazione, si trova nella zona occidentale dell'area urbana di Capoterra, nel settore compreso tra il Rione Santarosa e il Rio Baccu Tinghinu, all'interno della zona di espansione urbanistica C3.4.1. L'area ricade nel F. 565-I Capoterra (scala 1:25.000) e nel F. 565-040 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. Dal punto di vista catastale viene inquadrata al F. 9 - Particelle 403 (parte), 405 (parte), 1127 (parte), 1126 (parte), 964 (parte), 864, 431 (parte), 1216 (parte), 1212, 1213, 1261 (parte), 1215, 778, 1210 (parte), 808, 772, 404 (parte).

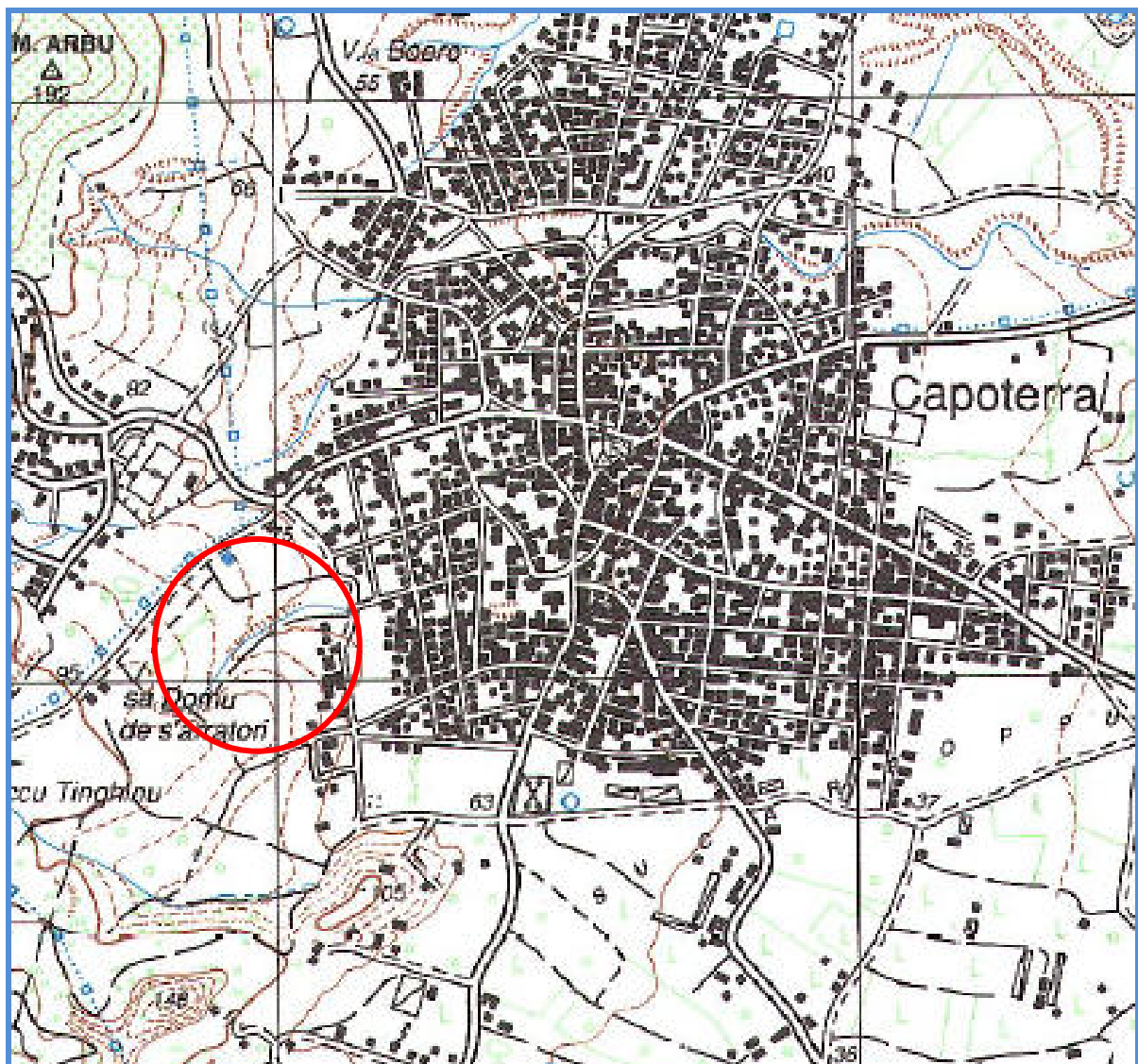


Fig 2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO I.G.M.I. 1:25.000 F.565 - I CAPOTERRA (non in scala)

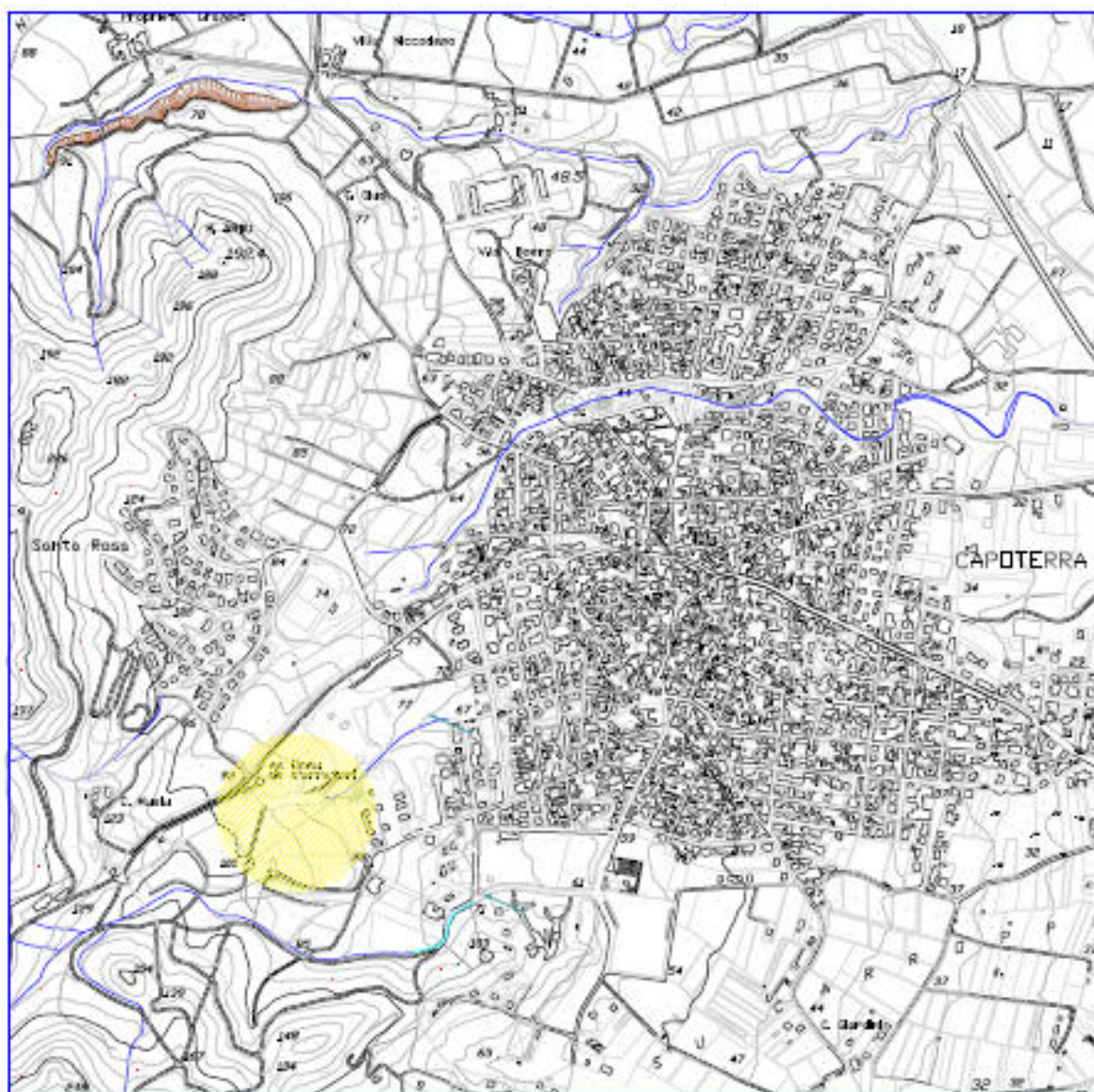


Fig. 3 INQUADRAMENTO COROGRAFICO C.T.R. F.565 040 (modif.)

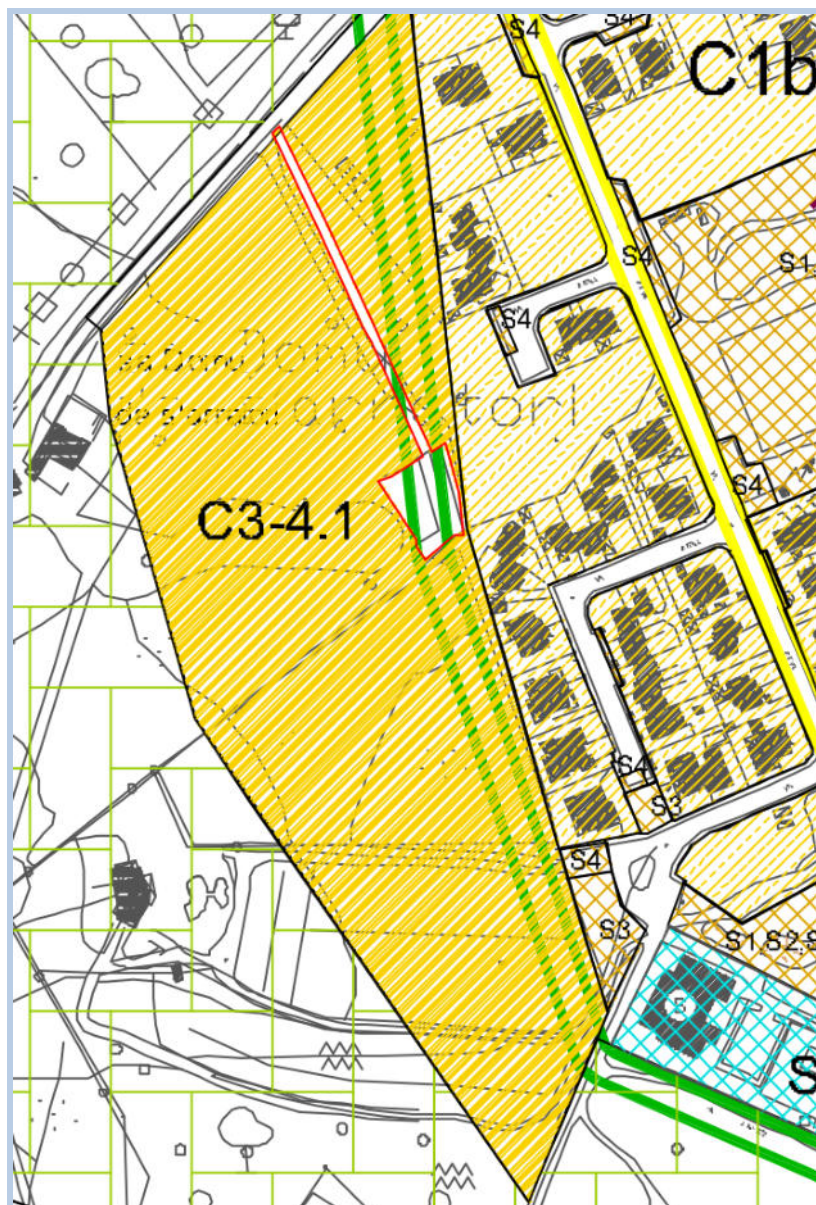


Fig. 4 INQUADRAMENTO URBANISTICO CON PERIMETRO DELLA LOTTIZZAZIONE
 In evidenza (in rosso) una vasca per acque meteoriche a protezione dell'abitato a valle
 realizzata dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale

L'intervento riguarda la realizzazione di un piano di lottizzazione a destinazione residenziale, ubicato a Capoterra in località Baccu Tinghinu. Il Settore di interesse risulta attualmente ineditato e confinante con altra lottizzazione. Viene riportata la tavola planimetrica utilizzata per lo studio idrogeologico e geologico geotecnico e per le relative verifiche dell'invarianza idraulica.

Nel progetto sono previste diverse tipologie di unità abitative. Le villette, composte da due livelli di cui uno seminterrato, saranno dotate di giardino. Sarà lasciata ai singoli proprietari la scelta di edificare esclusivamente fuori terra oppure di realizzare il piano interrato. Fanno parte del progetto le opere di urbanizzazione primaria, la realizzazione di piazzali parcheggio e di strade di servizio, i sottoservizi e le aree destinate a verde. Queste ultime, in accordo con l'Amministrazione, sono state individuate in una porzione di terreno posta di fronte alle scuole di Corti Pisedda (Via Cavour).

Le Norme di Attuazione del PUC per la zona "C3-3.1" consentono l'edificazione previa approvazione di un piano attuativo, esteso all'intero ambito d'intervento individuato nella cartografia di piano.

I piani di lottizzazione devono interessare superfici continue estese all'intero comparto individuato nella zonizzazione del P.U.C. senza esclusione di alcuna area all'interno del loro perimetro, delimitate in modo da garantire soluzioni coerenti con l'assetto urbanistico dell'ambito territoriale nel quale ricadono e dimostrare il collegamento con le urbanizzazioni comunali esistenti.

Nella zona "C3-3.1" l'indice di fabbricabilità territoriale è pari a 1 mc/mq mentre l'indice fondiario massimo è pari a 2 mc/mq.

Il piano attuativo dovrà prevedere cessioni gratuite di aree per interventi pubblici o di interesse pubblico, nella misura di 18 mq/abitante insediabile; la somma delle singole aree sono così determinate:

- S1 (area per l'istruzione): 4,50 mq/abitante;
- S2 (area per attrezzature di interesse comune): 2,00 mq/abitante;
- S3 (spazi pubblici attrezzati): 9,00 mq/abitante;
- S4 (area per parcheggi pubblici): 2,50 mq/abitante.

-Il dimensionamento delle aree da cedere a standard dovrà essere redatto utilizzando il parametro di 150 mc per abitante insediabile.

- Tali aree dovranno essere obbligatoriamente ubicate in continuità tra loro, al fine di garantirne un utilizzo più razionale da parte dell'Amministrazione.
- Nella zona "C3-3.1" è consentita la realizzazione di tipologie unifamiliari, bifamiliari, a schiera ed edifici in linea nel rispetto dei sottoelencati parametri urbanistici:

TIPOLOGIE UNIFAMILIARI E BIFAMILIARI:

- superficie minima del lotto: 350
- numero di piani fuori terra (esclusi seminterrati e volumi sanitari sottotetto): 3 piani
- altezza massima: 10,50 metri

Tipologie a schiera:

- superficie minima del lotto: 160 mq
- larghezza minima del semilotto di pertinenza dell'unità immobiliare: 8 metri
- lunghezza massima del prospetto continuo della schiera: 40 metri
- numero di piani fuori terra (esclusi seminterrati e volumi sanitari sottotetto): 2 piani
- altezza massima: 7,50 metri

EDIFICI IN LINEA:

- superficie minima del lotto: 1.000 mq
- lunghezza massima del prospetto continuo della schiera: 50 metri:
- numero di piani fuori terra (esclusi seminterrati e volumi sanitari sottotetto): 3 piani
- altezza massima: 10,50 metri
- il 50% massimo delle unità abitative potrà avere la superficie minima interna calpestabile pari a 38 mq.

Le altre prescrizioni delle Norme di Attuazione prevedono per la zona "C3-3.1":

- E' prescritta una superficie destinata a verde nella misura non inferiore al 25 % della superficie fondiaria;
- Superficie coperta massima del lotto urbanistico: 40%;
- Gli edifici devono distare dal confine prospiciente la strada non meno di m 5,00 e, nello stesso tempo, devono distare da qualsiasi confine del lotto con strada non meno di m 5,00;
- La distanza fra edifici non dovrà essere inferiore a m 10,00;
- Larghezza carreggiata stradale (banchine comprese): 8 metri;
- Larghezza marciapiedi su entrambi i lati: 1,50 metri.

Sono vietate le costruzioni all'interno dei cortili e nelle aree di distacco dei fabbricati, a qualunque uso destinate, ad eccezione dei locali completamente interrati ad uso autorimessa e serbatoi nei limiti delle distanze prescritte dal Codice Civile e volumi tecnici con superficie utile non superiore a 3 mq e con altezza massima 1,50 metri.

Devono essere previsti parcheggi privati, anche all'aperto, in ragione di un minimo di 1 mq per ogni 10 mc di costruzione.

Le pavimentazioni relative a percorsi privati di fruizione dovranno essere preferibilmente realizzati con superfici drenanti (prato armato, ghiaia, terra stabilizzata, asfalti ecologici...etc. evitando per quanto possibili pavimentazioni impermeabili).

OPERE DI URBANIZZAZIONE

Rete stradale

Si prevede un solo tipo di sezione stradale di larghezza complessiva di mt 11.00 con carreggiata di mt 8.00 e marciapiedi di mt 1.50.

La struttura stradale sarà costituita da una massiciata in tout-venant dello spessore di 30-40 cm con sovrastante conglomerato bituminoso (binder) di 7 cm e tappeto di usura di 3 cm.

I marciapiedi saranno delimitati da un cordolo prefabbricato in calcestruzzo e realizzati con pavimentazione in piastrelle di cemento 20 x 20 su sottostante sottofondo in calcestruzzo. Nei marciapiedi saranno previsti appositi scivoli per l'accesso di carrozzelle.

I parcheggi saranno realizzati con materiale drenante.

Rete acque nere

Lo smaltimento delle acque nere verrà effettuata mediante allacciamento alla rete comunale, presumibilmente in due punti posti in corrispondenza della Via Cavour ed uno in prossimità dell'incrocio della nuova strada con la Via Cagliari.

All'interno della lottizzazione la rete fognaria sarà realizzata con condotte in gres o altro materiale idoneo.

Rete acque bianche

Le acque meteoriche afferenti alla lottizzazione, generate in seguito ad un evento di precipitazione intensa, saranno raccolte e convogliate al reticolo fognario urbano mediante collettori in polietilene strutturato e sistemi di accumulo e laminazione.

Gli allacciamenti alla rete di acque bianche cittadina sono previsti in corrispondenza della Via Cavour e della Via Cagliari, mentre l'opera idraulica che fungerà da sistema di equalizzazione e laminazione, nonché di collegamento idraulico al sistema di canali che proteggono ed allontanano le acque dal centro

urbano di Capoterra, è costituito da una vasca già esistente, di seguito descritta, realizzata dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale, concepita allo scopo di proteggere la lottizzazione di valle che nasce e si sviluppa a partire dalla Via Siena.

L'opera, realizzata in cemento armato ed avente dimensioni in pianta rettangolare pari a m 40.00x4.00, trovando collocazione in corrispondenza del principale compluvio del sub bacino interessato dalla lottizzazione in Progetto, costituisce di fatto la sezione di chiusura, in quanto le acque interrompono in tale punto il loro deflusso a valle poiché raccolte e deviate nel sistema di canali già descritto che, attraversando la località Santa Rosa, allontanano le acque di precipitazione dal centro abitato.

Le infrastrutture descritte garantiranno la laminazione del picco di piena, ripristinando le condizioni idrologico/ idrauliche pre-intervento e ottemperando al principio dell'invarianza idraulica, così come indicato all'art. 47 delle N.A. del PAI.

Si prevede di usare tubi in polietilene strutturato per la raccolta delle acque bianche provenienti dalle strade, maggiorandone adeguatamente il diametro, mentre l'acqua precipitata sui singoli lotti delle abitazioni, provviste tutte di giardino, sarà assorbita dal terreno o al più, nelle condizioni più gravose di precipitazione eccezionale, laminerà nelle strade prospicienti, andando ad alimentare il sistema di raccolta e smaltimento costituiti da rete fognaria, vasca di equalizzazione e canali di protezione.

Rete idrica

L'approvvigionamento idrico sarà effettuato mediante allaccio alla condotta esistente, con condotte adeguate, conformemente ai calcoli e alle indicazioni degli enti preposti.

Rete elettrica

La rete di alimentazione elettrica sarà realizzata dall'Ente gestore, realizzando una cabina di trasformazione necessaria a servire la zona. In questo caso verrà ceduta la superficie necessaria alla sua realizzazione.

Rete telefonica

La rete telefonica sarà realizzata secondo le indicazioni dei tecnici della Telecom.

Illuminazione pubblica

E' prevista la posa in opera dei punti luce che saranno realizzati con pali troncoconici di mt. 8.00 di altezza, del tipo testa-palo con armature per lampade a led.

Ai fini del presente studio, la geologia generale del territorio di Capoterra è caratterizzata da un basamento cristallino montano a sua volta sormontato da un complesso di litologie di origine sedimentaria. Essi possono essere meglio descritti all'interno dei seguenti tre complessi litologici:

1. un complesso metamorfico costituito da rocce terrigene di varia età (dal Cambriano al Siluriano) in cui vengono annoverate filladi, metarenarie, quarziti, conglomerati, etc. che, dopo varie fasi di deformazione hanno subito un metamorfismo di contatto, a tratti anche molto spinto;

Area tipo: Ovest del paese di Capoterra – Zona collinare occidentale;

2. un complesso granitoide in cui le varie litologie intrusive sono rappresentate da granitoidi (composizione intermedia da monzoniti – sieniti – tonaliti - granodioriti – graniti franchi); questi sono stati successivamente pervasi da manifestazioni magmatiche a carattere filoniano di composizione da basico-intermedia (lamprofiri) ad acida (micrograniti e filoni di quarzo); l'aureola di alterazione di queste rocce basali (granito arenizzato e derivati di origine sedimentaria, granito argillificato e caolinizzato, sabbie di alterazione a prevalente Quarzo- Kfeldspato-Biotite- Argille) interessa il settore pedemontano occidentale e costituisce la formazione di appoggio delle ghiaie costituenti il piano di posa principale ; Area tipo: Monte Arbu- Su Sinzuru (sponda destra del Baccu Tinghinu e colline meridionali)

3. un complesso alluvionale e detritico composto da depositi di conoidi alluvionali riferibili al Quaternario antico (litologie in sito);, da depositi alluvionali di età quaternaria recente ed attuale e, infine da depositi di versante anch'essi recenti ed attuali dal punto di vista litologico sono costituiti da massi, ciottoli-ghiaie-sabbie-argille arrossati, mediamente compatti, composti da rocce paleozoiche (metacalcari, granitoidi, quarziti, lamprofiri, metarenarie). La matrice delle litologie più fini è prevalentemente sabbioso-limosa, ma presenta piccole percentuali della frazione argillosa. Area tipo : Litologia in sito estesa fino al centro abitato (Capoterra-Villa Boero-Rui S'AcquaTomaso) ;

Sinteticamente, l'assetto litologico stratigrafico generale, a partire dai termini più antichi della successione stratigrafica e facendo riferimento alla "Carta Geologica d'Italia" edita a cura dell'APAT, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia, (Fig.3) può essere riassunto come segue, dal basso verso l'alto:

A. BASAMENTO ERCINICO (Cambriano – Ordoviciano - Carbonifero Inf.- Siluriano Inf.)

[VS] Metavulcaniti intermedio-acide

[SVI] F.ne delle Arenarie di San Vito

[PMN] F.ne di Pala Manna

[MUX] F.ne di Genna Muxerru ("Scisti a graptoliti "Auct.)

[VLD_b] Leucomonzograniti a biotite

B. DEPOSITI PLEISTOCENICI

[PVM_{2a}] Subsintema di Portoscuso (Litologia in sito)

C. DEPOSITI OLOCENICI

[a] Depositi di versante costituiti da accumuli detritici caotici a clasti angolosi (glacis), parzialmente

cementati, con livelli a componente sabbiosa e siltosa di origine colluviale

[b_{na}] Depositi alluvionali terrazzati (Ghiaie poligeniche prevalenti, con limitate lenti e livelli di sabbie

fini a stratificazione incrociata)

[b_a] Depositi alluvionali (Ghiaie poligeniche da grossolane a molto grossolane, con subordinate intercalazioni sabbiose)

5.

ASSETTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO - SERIE LITOSTRATIGRAFICA IN SITO

Estendendo il rilievo al più vicino contorno, constatato che affiorano principalmente i litostrati della formazione **[PVM_{2a}]** che sarà più avanti descritta nel dettaglio, è stata verificata anche l'area pedemontana avente relazioni con i processi di versante.

Risulta la seguente serie:

DEPOSITI DI VERSANTE COSTITUITI DA ACCUMULI DETRITICI CAOTICI A CLASTI ANGOLOSI (GLACIS) [a]

Si tratta di accumuli detritici caotici, parzialmente cementati, con livelli a componente sabbiosa e siltosa di origine colluviale. Questi depositi (glacis) la cui giacitura è il risultato di una evoluzione morfodinamica all'insegna di ripetuti episodi di sovralluvionamento, avvenuti in condizioni climatiche diverse dall'attuale. Essi si localizzano nel settore pedemontano del Mont'Arbu e presentano una matrice prevalentemente sabbiosa legata a frazioni argillose che nell'insieme conferiscono elevate caratteristiche di densità e coesione. Si tratta della litologia presente in sito. Nel rione Santarosa tale formazione sfuma in eteropia nella coltre di arenizzazione del granito. Nel settore a monte del sito non risulta presente se non in limitatissime aree.

DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI-CONOIDI [b_a e b_{na}] Olocene

Tali coperture quaternarie sono composte da depositi di conoidi alluvionali **[b_{na}]** e depositi alluvionali poligenici **[b_a]**, riferibili al Quaternario, da ghiaie terrazzate poligeniche, subordinate sabbie e ghiaie a stratificazione planare, brecce e clasti a spigoli angolosi

Le conoidi alluvionali affiorano al piede della rottura di pendio con il basamento ercinico (allineamento Mont'Arbu - Monte Arrubiu- Su Sinzurru) e come detto, si possono presentare anche terrazzati. La potenza media di queste conoidi, può essere valutata intorno ai 10 - 15 metri di spessore.

Dal punto di vista litologico sono costituiti da blocchi e clasti grossolani, ciottoli-ghiaie-sabbie-argille, appaiono arrossati e mediamente compatti, composti da rocce paleozoiche (calcari, granitoidi, quarziti, lamprofiri, metarenarie).

Più a est, i depositi terrazzati vengono sormontati da alluvioni recenti poligeniche, incoerenti ed eterometrice, associate all'attività deposizionale del Rio Santa Lucia

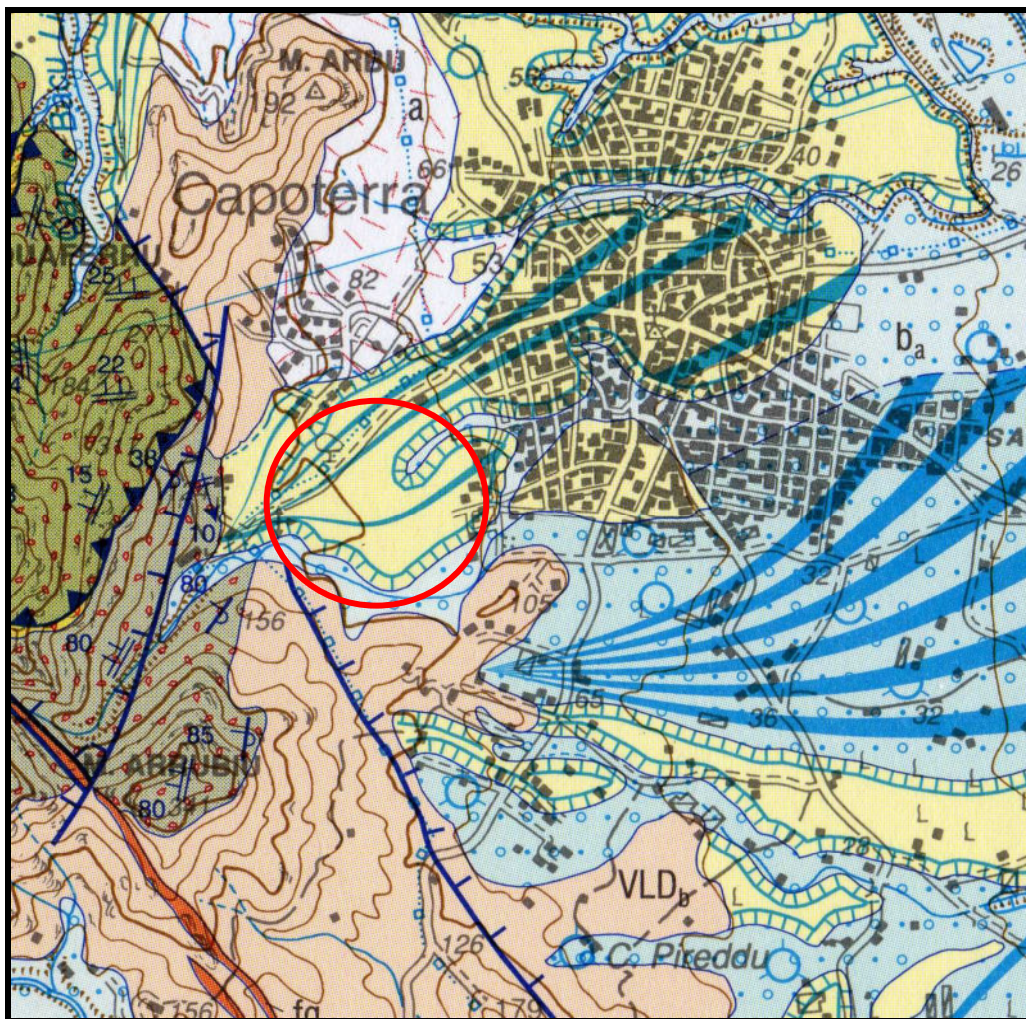


FIG. 5 – CARTA GEOLOGICA DI INQUADRAMENTO F.565 CAPOTERRA (modif.)

tratta dalla Cartografia geologica in scala 1:50.000 dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)

LEGENDA

1. **Campitura rosa** Leucomonzograniti a biotite [**VLD_b**]
2. **Campitura rosa chiaro** Depositi di versante (Olocene) [**a**]
3. **Campitura celeste** Depositi alluvionali [**b_a**] [**b_{na}**]
4. **Campitura gialla** Ghiaie terrazzate (Sintema di Portovesme-Pleistocene) [**PVM_{2a}**];

SUBSINTEMA DI PORTOSCUSO [PVM_{2a}] Pleistocene

Questa unità, presente in sito ed estesamente diffusa a Capoterra, si trova al contatto sia con il basamento granitico, sia con i depositi di versante (Baccu Tinghinu). Essa prende il nome da depositi del Pleistocene superiore di età post-tirreniana, di origine continentale, affioranti nella sezione-tipo di Portoscuso. Sono in genere caratterizzati da una chiara associazione o relazione laterale con unità litostratigrafiche terrazzate. I depositi più estesi sono costituiti da ghiaie medio-grossolane, con clasti da sub-arrotondati ad angolosi e a spigoli vivi che talora raggiungono la taglia dei blocchi. Presentano una stratificazione incrociata concava con canali molto piatti che raramente si approfondiscono anche nel substrato.

Lo spessore totale può essere superiore i 10 m, ma più frequentemente è di alcuni metri. Il fatto è stato confermato dai sondaggi eseguiti che hanno attraversato la formazione per 6,50 m (S.1) e 7,80 m (S.2)

Questi depositi rappresentano i residui di estese conoidi alluvionali terrazzate coalescenti di vaste proporzioni che delimitavano il bordo del Campidano e i settori di piana costiera (Cagliari-Pula). La loro messa in posto è da riferirsi al rimaneggiamento di detriti prodotti per processi di degradazione fisica dei versanti (termoclastismo, crioclastismo) in condizioni di clima arido come quelle verificatesi durante l'ultima fase fredda pleistocenica.

UNITA' INTRUSIVA DI VILLACIDRO Carbonifero Sup. - Permiano

Questa unità, estesamente rappresentata nella zona di Capoterra dalla tipologia VLD_b (leucomonzograniti a biotite a grana media e medio fine, di colore rosato con struttura porfirica da equigranulare a moderatamente inequigranulare e tessitura isotropa) è senz'altro molto diffusa in questo settore del Basso Sulcis. Appartiene al più vasto plutone del Monte Lattias, intruso tardivamente entro le formazioni metamorfiche più antiche della Formazione di Pala Manna e di quella di Masoni e Porcus (Carbonifero Inf.-Siluriano) affioranti più a Ovest tra la valle del Rio Gutturreddu e l'area della Miniera di San Leone (P.ta Gennasoli). Si tratta di ammassi rocciosi fondamentalmente massivi, associati alle rispettive aureole di alterazione e argillificazione.

La serie locale, esaminata nel corso di una campagna sondaggi eseguita il giorno 5 febbraio 2021, ha fornito i seguenti risultati:

[A] 0.00 m ÷ 7,80 m (max) Ghiaie grossolane a spigoli angolosi e rari blocchi, con intercalazioni sabbiose e limose di colore beige-rossastro, molto addensate (Formazione PVM2a)

Prova S.P.T. : sondaggio S.1 (m 1,50) 50 colpi/10cm – (m 4,00) 50 colpi (13 cm);
sondaggio S.2 (m 2,50) 50 colpi/11 cm

Peso di volume	γ'	=	2.0 ÷ 2.1 t/m ³
Angolo di attrito interno	ϕ	=	38° ÷ 42°
Coesione	c	≥	0
Modulo Elastico	E	=	400 ÷ 500 kg/cm ²
Modulo Edometrico	E _{ed}	=	250 ÷ 300 kg/cm ²

[B] Da 6,50÷7,80 (variabile) Sabbione molto addensato e legato, prodotto di alterazione in sito, senza spostamento dei singoli grani, della medesima roccia che costituisce il basamento granitico della zona, contenente nuclei (blocchi e clasti) di roccia parzialmente alterata.

Viene assimilato ad una sabbia grossolana uniforme (arcose) a grani spigolosi, minutamente incastrati fra loro e variamente legati da una coesione il cui valore, sempre $\gg 0$, tende a crescere con la profondità. Sulla base dei dati dell'indagine e di dati sperimentali noti si possono assegnare all'arena granitoidale i seguenti parametri geotecnici:

Peso di volume	γ'	=	1.9 ÷ 2.0 t/m ³
Angolo di attrito interno	ϕ	=	33° ÷ 35°
Coesione	c	≥	0
Modulo Elastico	E	=	250÷300 kg/cm ²
Modulo Edometrico	E _{ed}	=	160÷190 kg/cm ²

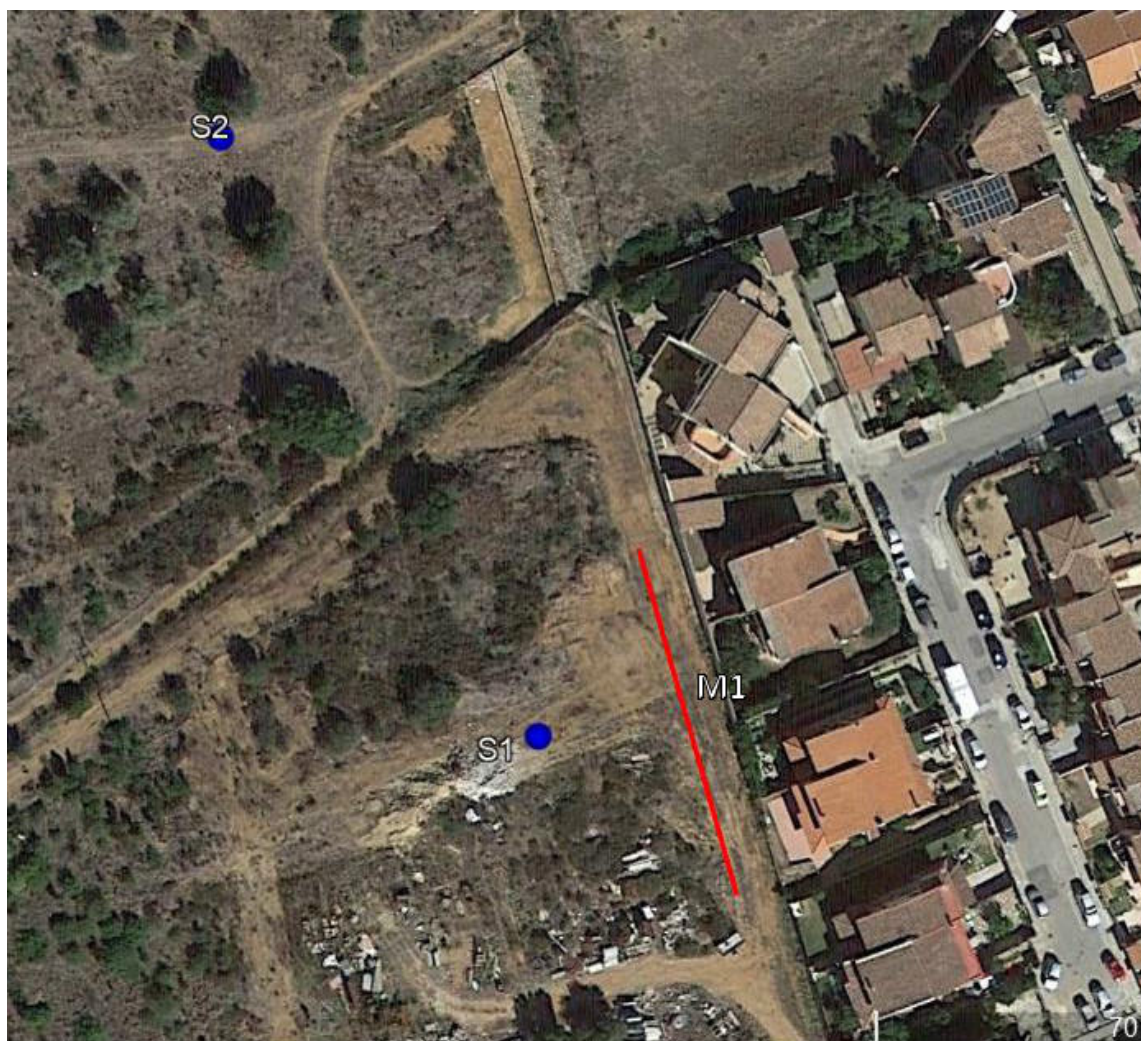


Fig.6 Posizione dei sondaggi e della prova M.A.S.W. (5/02/2021)

Dal punto di vista litotecnico la serie locale viene accorpata nelle seguenti n. 2 tipologie:

[C] 0.00 m ÷ 7,80 m (max) Ghiaie grossolane a spigoli angolosi e rari blocchi, con intercalazioni sabbiose e limose di colore beige-rossastro, molto addensate (Formazione PVM2a)

Prova S.P.T. : sondaggio S.1 (m 1,50) 50 colpi/10cm – (m 4,00) 50 colpi (13 cm);
sondaggio S.2 (m 2,50) 50 colpi/11 cm

Peso di volume	γ'	=	2.0 ÷ 2.1 t/m ³
Angolo di attrito interno	φ	=	38° ÷ 42°
Coesione	c	≥	0
Modulo Elastico	E	=	400 ÷ 500 kg/cm ²
Modulo Edometrico	E _{ed}	=	250 ÷ 300 kg/cm ²

[D] Sabbione molto addensato e legato, prodotto di alterazione in sito, senza spostamento dei singoli grani, della medesima roccia che costituisce il basamento granitico della zona, contenente nuclei (blocchi e clasti) di roccia parzialmente alterata.

Viene assimilato ad una sabbia grossolana uniforme (arcose) a grani spigolosi, minutamente incastrati fra loro e variamente legati da una coesione il cui valore, sempre >> 0, tende a crescere con la profondità. Sulla base dei dati dell'indagine e di dati sperimentali noti si possono assegnare all'arena granitoide i seguenti parametri geotecnici:

Peso di volume	γ'	=	1.9 ÷ 2.0 t/m ³
Angolo di attrito interno	φ	=	33° ÷ 35°
Coesione	c	≥	0
Modulo Elastico	E	=	250 ÷ 300 kg/cm ²
Modulo Edometrico	E _{ed}	=	160 ÷ 190 kg/cm ²



Sondaggio S1, 0.00-5.00 m



Sondaggio S1, 5.00-8.60 m

Fig. 7 Cassette catalogatrici del sondaggio S.1



Sondaggio S2, 0.00-5.00 m



Sondaggio S2, 5.00-9.50 m

Fig. 8 Cassette catalogatrici del sondaggio S.2

6. IDROGRAFIA DELL'AREA - OPERE IDRAULICHE E ATTUALE ASSETTO IDRAULICO

La rete idrografica che fa capo al comune di Capoterra è costituita da 6 bacini principali ripartiti in 216 sottobacini. Viene evidenziato il settore di interesse, ricadente nella denominazione di “bacini minori” così come da proposta di variante P.A.I. , approvata nel 2018 (Ing. Idraul. S.Liberatore - Ing. F.Porcedda):

1. Santa Lucia (18,2 Km²)
2. San Gerolamo (1,51 Km²)
3. Stagno di Cagliari (Capoterra 7,2 Km²)
4. Mason'e Ollastu (10,7 Km²)
5. Monte Nieddu (11,2 Km²)
6. Bacini minori (6,2 Km²)

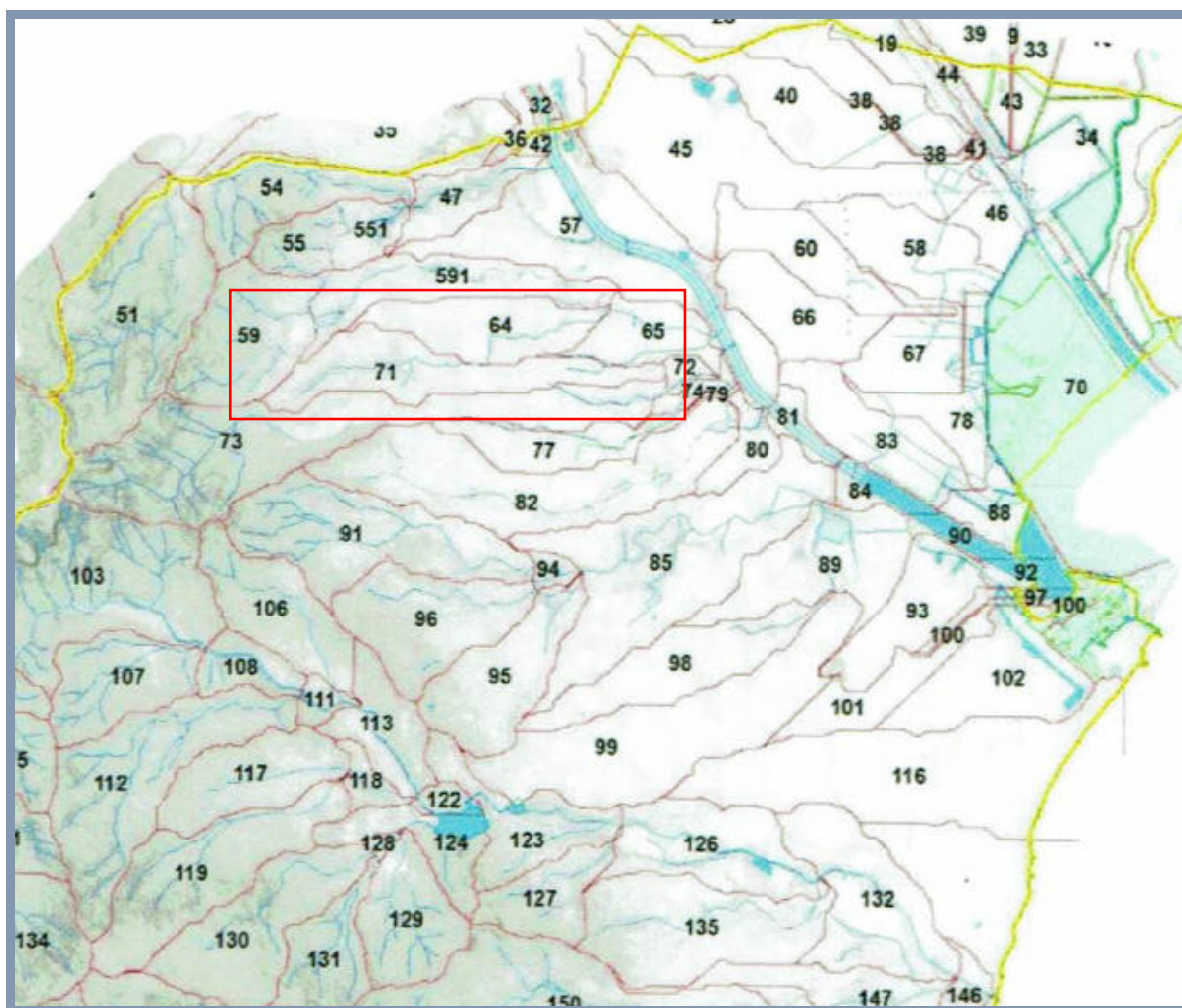
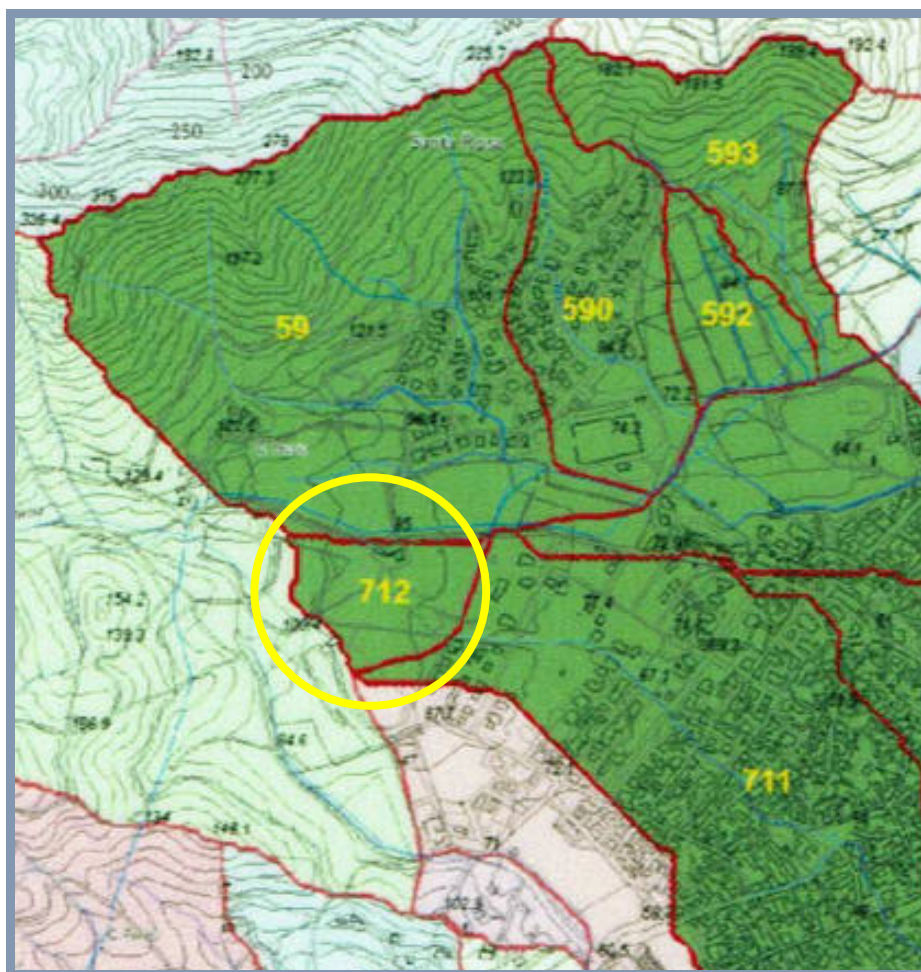


FIGURA 9 RETICOLO IDROGRAFICO DEL RIO SANTA LUCIA – SUB-BACINI DEL RIO CONCIA-MANGIOI (estratto dalla Relazione dello studio idrologico e idraulico per la variante al PAI- 2018)



**FIGURA 10 – BACINO DEL RIO CONCIA MANGIOI
IDROGRAFIA DI DETTAGLIO**
(estratta dalla Relazione geologica al P.U.C. 2012 Dott. Geol.A. Frau)

La pertinenza idraulica del settore di intervento è quella del bacino del Rio Mangioi. Esso viene suddiviso nei suoi sub-bacini numerati da 1 a 5 (Fig. 11). Due limitate porzioni di lottizzazione, rientrano in quelli del Rio Liori (L.1) e della porzione del Mangioi direttamente confinante a sud con il Rio Baccu Tinghinu (M.4). L'andamento dei compluvi, derivato dal D.T.M. regionale (fonte R.A.S.) è rappresentato più in dettaglio dalla cartografia sottostante nella quale vengono identificati i confini dei sottobacini M.1-M.2-M.3-M.4 ed M.5. Essi corrispondono al bacino 712 (Mangioi Monte) e 711 (Mangioi Urbano) dello studio geologico per il P.U.C. (2012) del Dott. Geol. A. Frau (fig.10)

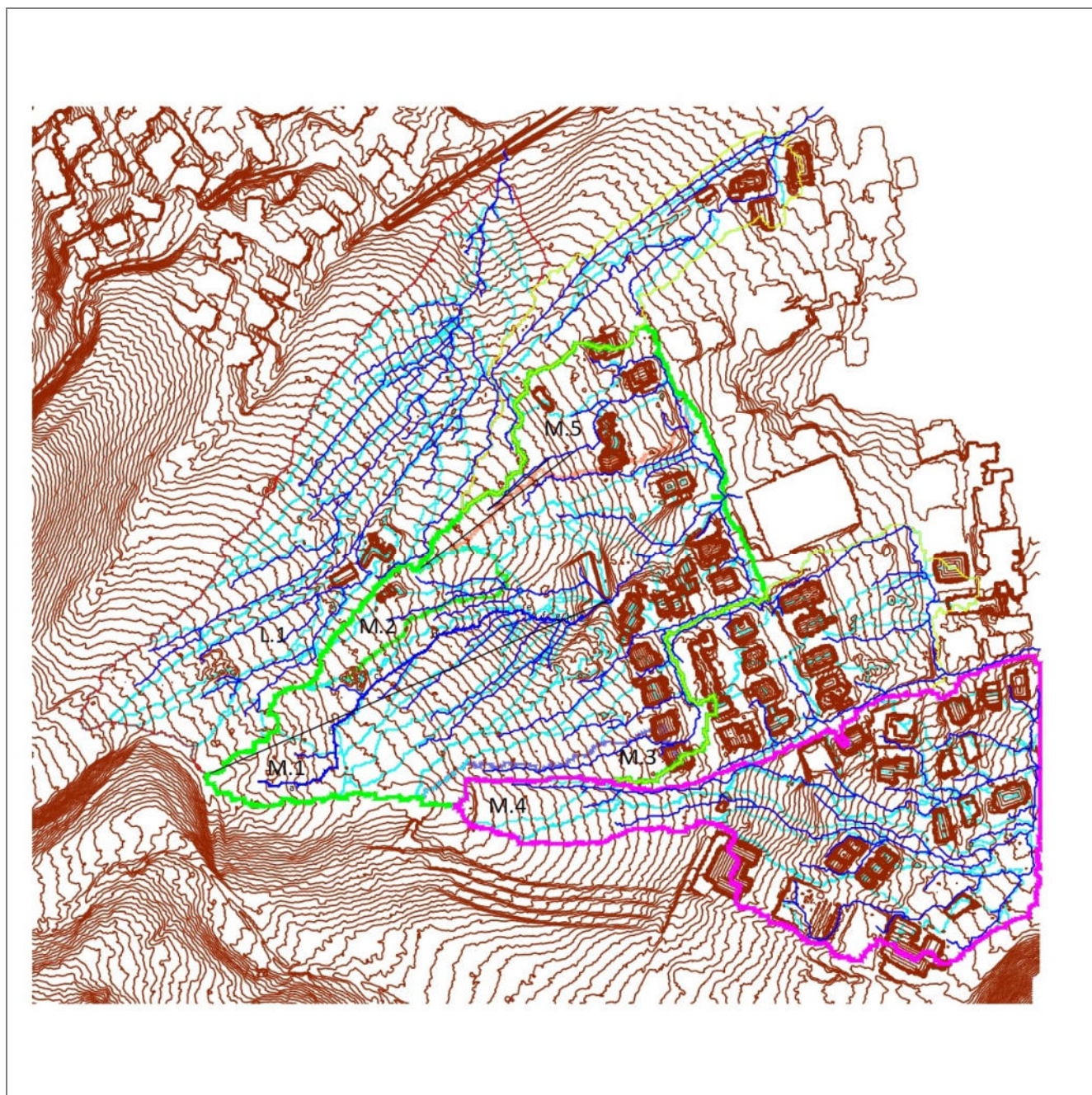
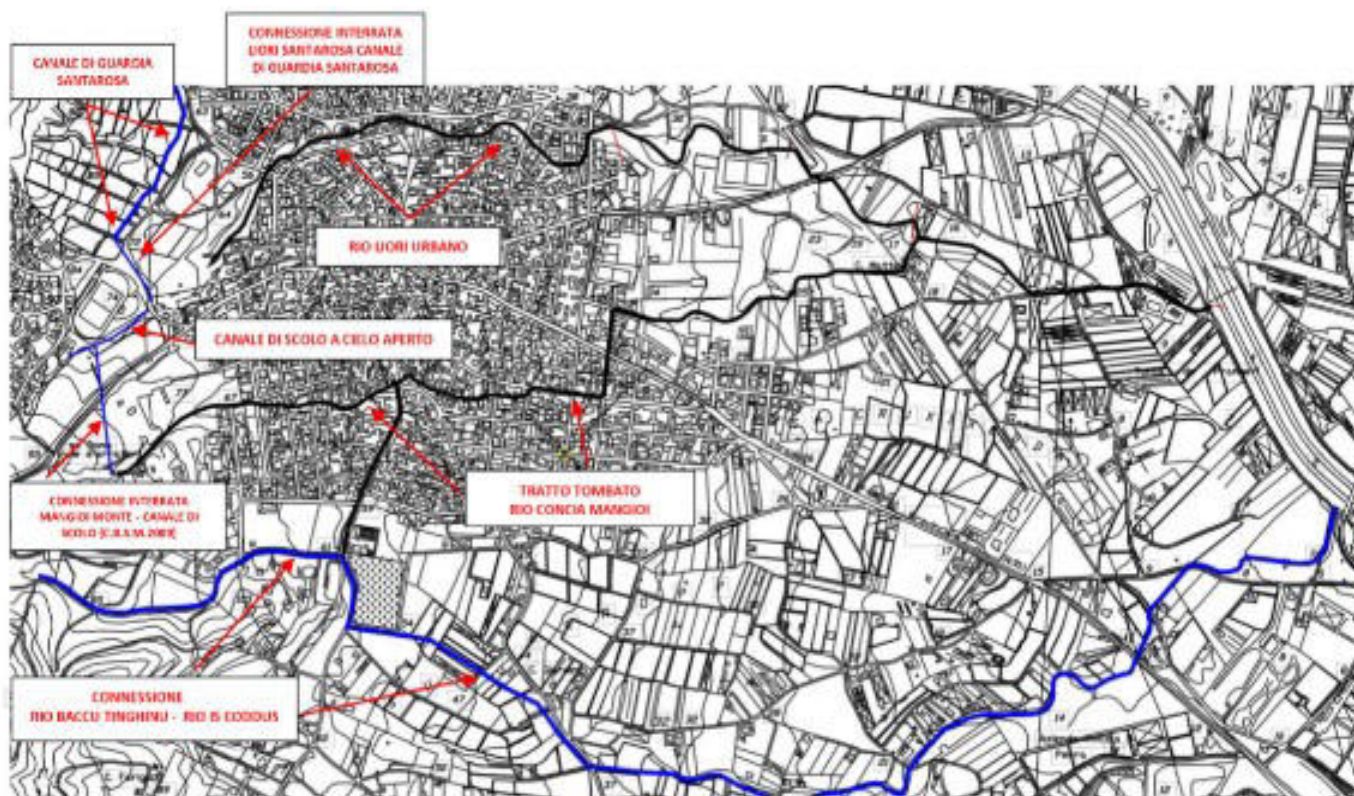


FIGURA 11 Reticolo idrografico locale (Fonte R.A.S.)

Come è noto, il recapito delle acque di deflusso in questo settore dell'abitato di Capoterra è stato modificato. La figura sottostante riassume graficamente lo stato attuale.

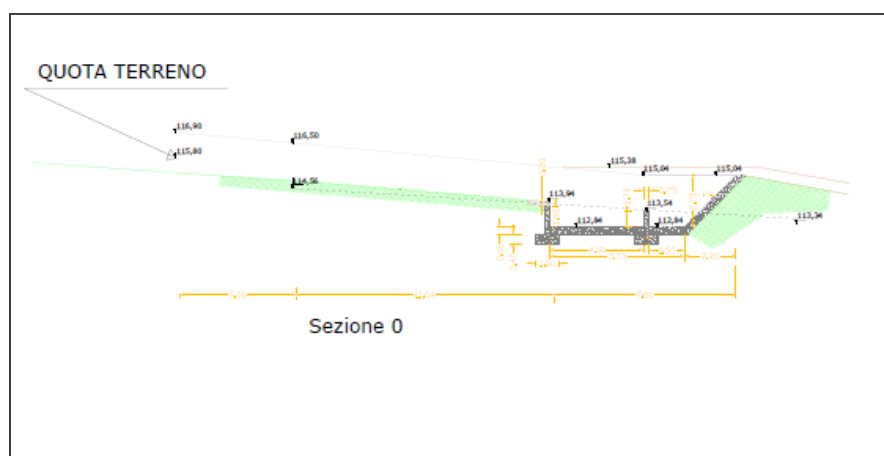
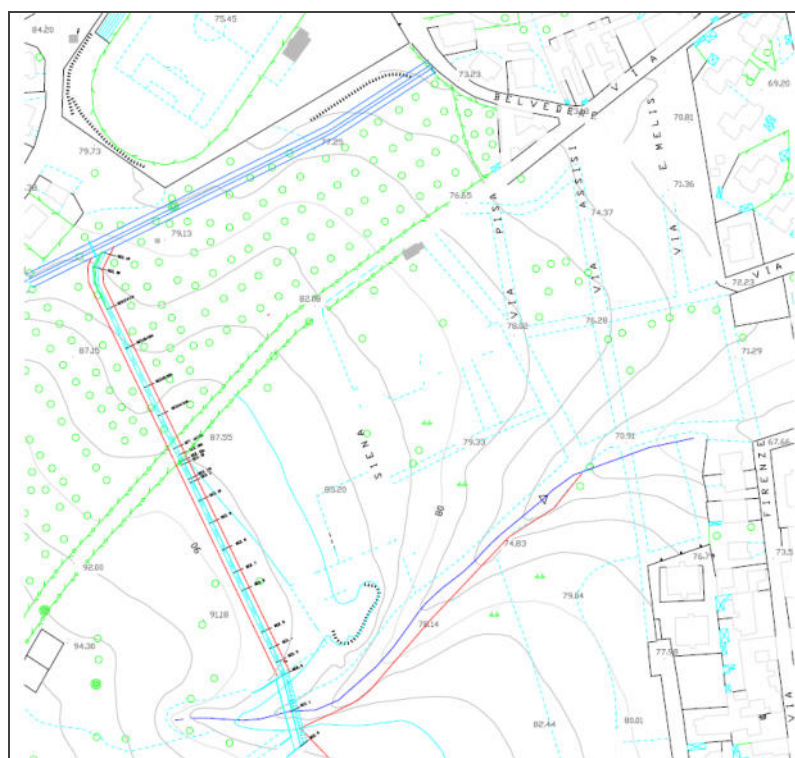
Gli interventi di regolazione idraulica post alluvione (anno 1999), realizzati in diverse fasi dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale (C.S.B.M.), hanno comportato la disconnessione dei bacini scolanti del Rione Santa Rosa, recapitate ad un canale di guardia che li convoglia al Rio S'Acqua Tomaso. Nell'ambito del sito studiato, la realizzazione del raccordo tra il Rio Mangioi (monte) e il suddetto canale di guardia (traversa in tubazione rettangolare m.1,50) impedisce l'indirizzamento di questi deflussi al canale tombato, interno al paese.

La messa in sicurezza del settore orientale e sud del nucleo abitato (Rio Baccu Tinghinu) è stata completata grazie alla realizzazione di una seconda canalizzazione a monte del cimitero di Capoterra (C.B.S.M.). Le acque di questo bacino sono state recapitate al Rio Is Coddus (vedi figura sotto, con in blu l'andamento dei canali di guardia).



**FIGURA 12 PLANIMETRIA CON RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI CANALI INTERNI (IN NERO)
E DEI CANALI DI GUARDIA (IN BLU)**

Lo schema idraulico delle opere rappresentato in fig. 12, mette in evidenza (colorati in blu,) il sistema di salvaguardia realizzato con fondi ministeriali, per deviare a monte le acque dell'abitato altrimenti recapitate al Rio Liori e al Rio Concia Mangioi. Tali corsi d'acqua interni al paese, per cause legate alle insufficienti sezioni idrauliche ed alle ostruzioni limitanti i deflussi (sottodimensionamento e tombinature), sono risultati incapienti in occasione degli eventi alluvionali del 1999 e del 2004, dando luogo ad esondazioni ed allagamenti con gravi danni materiali e perdita di vite umane. Lo schema più sotto rappresentato mostra la tipologia costruttiva conseguente alle verifiche idrauliche e la topografia delle diverse canalizzazioni artificiali.



**FIGURA 13 Planimetria e sezione della canalizzazione scatolare e vasca di laminazione sul Rio Mangioi
Impresa Sarroch Granulati Srl – S.A.I.BO. Srl (D.L. Ing.G.Sanna Anno 2014)**

MODELLO IDROGEOLOGICO - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI - OPERE IDRAULICHE ZONIZZAZIONE P.A.I.

In funzione degli scopi prefissi viene descritto il quadro idrogeologico comprendente le caratteristiche di permeabilità delle litologie, dalle quali è possibile estrapolare i dati di trasmissività e il coefficiente di deflusso. L'area viene distinta nel modo seguente:

- n complesso litologico superiore permeabile per porosità associato a litologie detritico – alluvionali;
- n complesso litologico permeabile per fessurazione a impermeabile associato alle rocce del basamento metamorfico – intrusivo

Le stratigrafie esaminate in sondaggio e nei pozzetti portano a considerare il complesso litologico superiore a permeabilità da medio bassa a bassa. Ciò risulta confermato dalle misure effettuate entro il tubo piezometrico del sondaggio 1 e dalla prova di permeabilità in pozzetto. L'analisi dei risultati della prova sismica ha fatto rilevare la presenza del complesso 2 in forma massiva a m. 22,00 d.p.c.. In tale litotipo la circolazione sotterranea avviene prevalentemente per fessurazione entro rocce granitoidi. Ciò trova conferma anche nei risultati di una ricerca idrica eseguita presso una vicina abitazione (quota dei ritrovamenti: - 48,00 m). Non si può escludere in assoluto la presenza di accumuli idrici localizzati entro la coltre arenizzata (a partire da m 4,60), o in lenti circoscritte entro la formazione PVM_{2a} non rinvenuti nel corso dell'indagine, ma si ritiene poco probabile che essi possano determinare un incremento diretto in termini di portata aggiuntiva.

Dal punto di vista morfologico, il sito in oggetto è situato entro un versante a debole inclinazione impostato entro una formazione ghiaiosa molto addensata. Gli elementi clastici sono grossolani, angolosi e immersi in una matrice sabbioso-limoso argillosa. La pendenza media in sito risulta compresa tra circa 5° e 10° gradi. La scarpata di erosione fluviale su cui si imposta la via Bari e il lato Nord del Palasport Fitness Club HF è assai incisa e dell'ordine di 2-5 m.

Il bacino di pertinenza della lottizzazione (a monte della freccia rossa indicatrice) è quello da cui trae origine l'inciso d'alveo del Rio Concia Mangioi. Tale solco, per lo più a fondo piatto e attualmente ricoperto da vegetazione formatasi nel tempo su substrati pedogenizzati; esso presenta un orlo di scarpata di altezza compresa tra 1m e 1,5 m in media - vedi figura pertanto meno profonda del solco più a valle. Per questo motivo l'inclinazione delle superfici e del suolo non sono tali da determinare processi di velocizzazione dei fenomeni erosivi e ruscellamento canalizzato.

La freccia rossa (Via Siena- Via Bari) indica il compluvio centrale, più marcato e corrispondente all'antico corso del rio. Per mitigare gli effetti del ruscellamento nell'area cittadina e nel quadro generale delle opere per il riassetto idrogeologico dell'area di Capoterra e riordino delle aree urbane (Relazione idraulica e Idrologica dell'Ing. G.Masala e dell'Ing. A.Masala Anno 2004), è stata realizzata una

canalizzazione scatolare sul Rio Mangioi (Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale - Sub Comprensorio di Capoterra e Uta). Il lavoro, affidato all'Impresa Sarroch Granulati Srl – S.A.I.BO. Srl (Anno 2014) ha permesso di convogliare le portate della porzione di bacino a monte della via Siena, ricadenti nel settore di pertinenza della lottizzazione in studio.

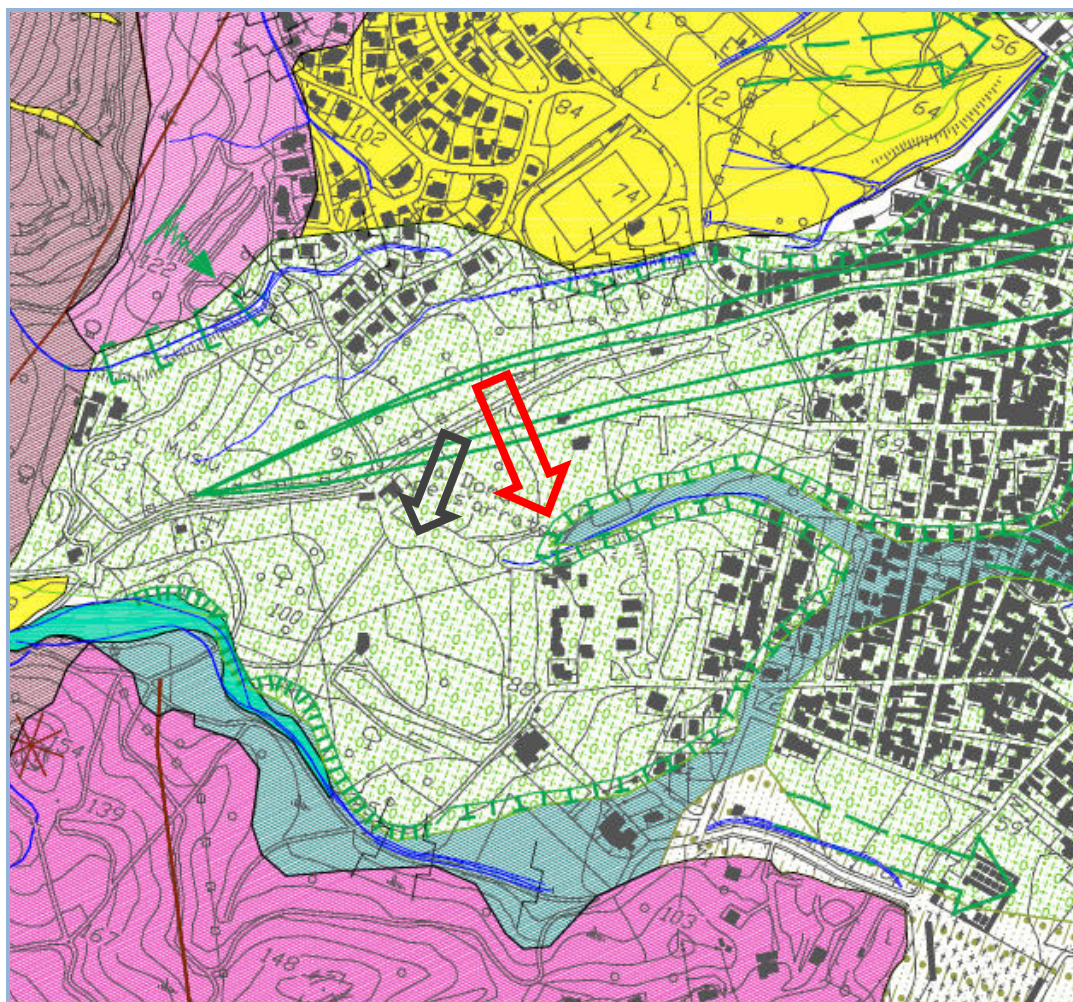


Fig.14 Inquadramento geomorfologico Stralcio Tav. AA.3 P.U.C. Capoterra



 Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo: altezza inferiore a 5 metri



Cono alluvionale con pendenza fra il 2% e il 10%

L'opera idraulica intercetta le acque del rio nel suo tratto più occidentale e le recapita al canale a cielo aperto di Santa Rosa attraverso un'ulteriore derivazione, posta a valle della via Belvedere.

Gli altri rami laterali del Rio Liori provenienti dalla sinistra idrografica, vengono a loro volta recapitati allo stesso canale per consentirne l'immissione al Rio S'Acqua Tomaso. In questo modo l'antico corso del Rio Liori viene alimentato con le sole acque zenitali locali (vedi schema Fig.8).

Dal punto di vista dei parametri significativi esaminati alla scala locale, considerando la componente litologica presente in sito, i dati di fonte R.A.S. e la tav. AA.4 del P.U.C. di Capoterra, è possibile individuare i seguenti n.2 complessi, dall'alto vero il basso:

Unità idrogeologica 1

Ghiaie della formazione PVM_{2a} - Depositi eluvio-colluviali

Coefficiente di permeabilità

Coefficiente di Infiltrazione

[PVM_{2a}]

(k): $10^{-4} \div 10^{-5}$ m/s

Pe% 15÷35%

Si caratterizza per una permeabilità medio bassa per porosità causata dall'elevato grado di addensamento, presenza della componente fine e di quella della frazione limoso-argillosa, nella quale possono localizzarsi falde intercluse tra acquicludo e/o acquitardi (livelli lenticolari ancor più argillosi o diagenizzati); la prova in pozzetto non ha rilevato falde nell'ambito dello scavo (-1,80m ÷ -2,50). Si tratta del substrato in sito

Unità idrogeologica 2

Arena granitica e granito fratturato

Coefficiente di permeabilità

Coefficiente di Infiltrazione

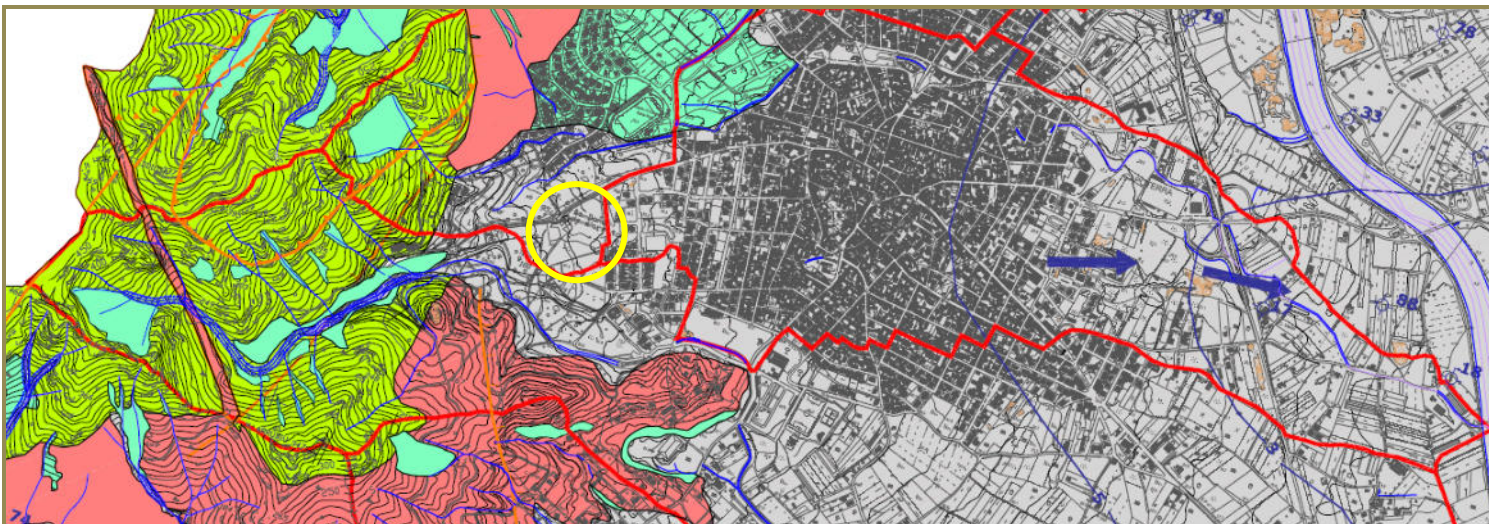
$10^{-4} < K < 10^{-7}$

Pe% 20÷40%

$K(m/s)$		10^1 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11}											
GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia			Sabbia		Sabbia molto fine		Silt		Argilla		
	varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia		Sabbia e argilla — Limi							
GRADI DI PERMEABILITA		ELEVATA					BASSA					NULLA	
TIPI DI FORMAZIONI		PERMEABILI					SEMI-PERMEABILI					IMPER.	

limiti convenzionali

FIGURA 12 – G. Castany Idrogeologia: Principi e Metodi (1985)



LITOLOGIE DEL SUBSTRATO			
	UNITA'	FORMAZIONE GEOLOGICA	DESCRIZIONE
	Alluvioni plio quaternarie	Alluvioni antiche, alluvioni recenti, alluvioni attuali, depositi fluvio lacustri, Sintema di Portovesme	Permeabilità per porosità complessiva medio bassa; localmente medio alta nei livelli a matrice più grossolana
	Detritico quaternaria	Depositi sabbiosi spiaggia, detrito di versante	Permeabilità alta per porosità
	Magmatica paleozoica	complesso filoniano, complesso grantico	Permeabilità complessiva bassa per fessurazione localmente media in corrispondenza delle aree con sistemi di fratturazione sviluppati
	Metamorfica superiore paleozoica	complesso metamorfico scistoso	Permeabilità complessiva bassa per fessurazione, localmente in corrispondenza delle lenti carbonatiche medio alta per fessurazione e carsismo

Fig. 15 Stralcio della tavola AA.4 del P.U.C. di Capoterra (Carta Idrogeologica)

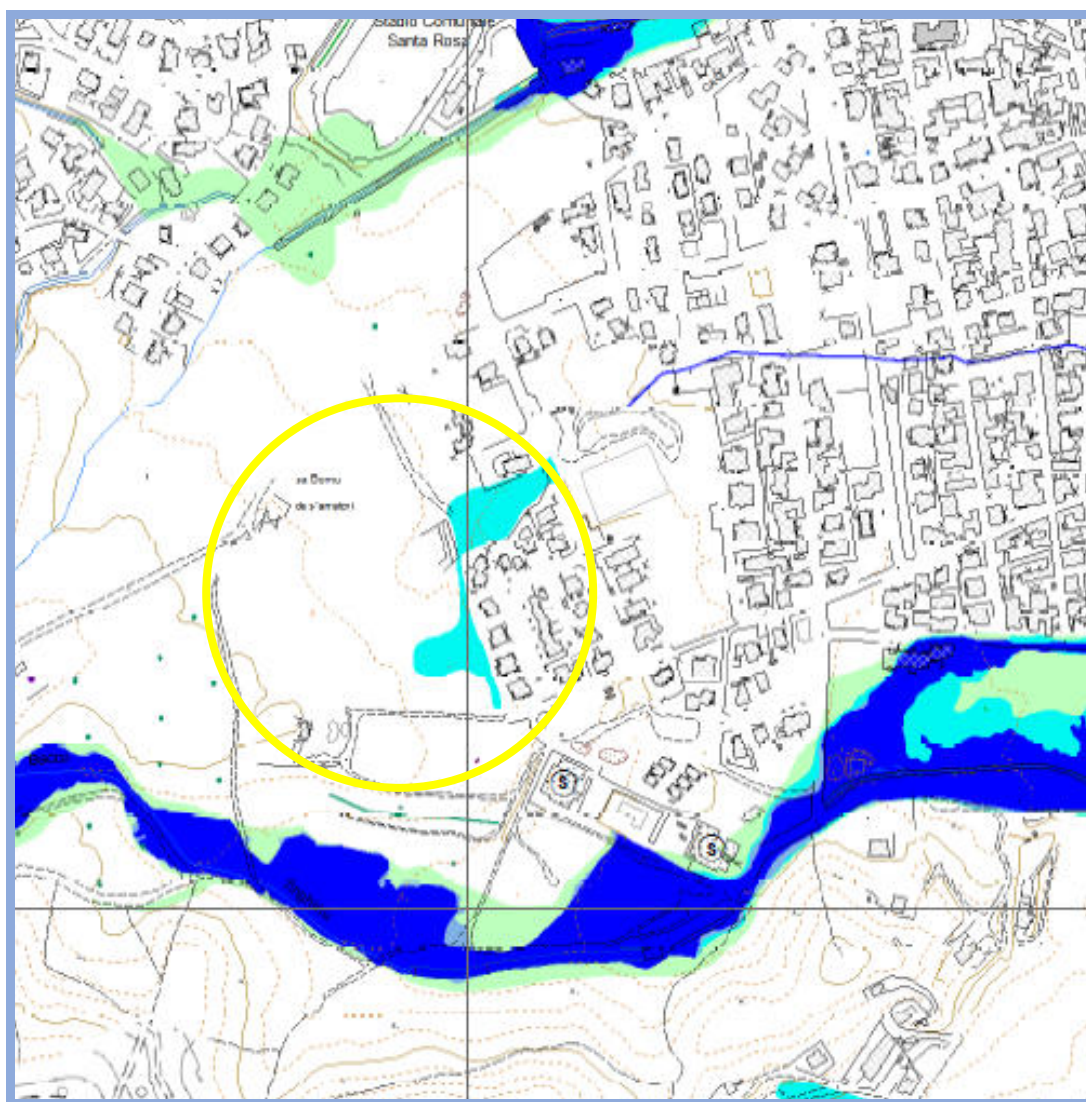
Si tratta di una formazione che presenta bassi valori di permeabilità, in funzione del grado di addensamento e della presenza di argille di alterazione a spese dei silicati nell'arena, in funzione del grado di fratturazione nel granito lapideo, la cui variabile circolazione idrica interstiziale, può avvenire per porosità e/o fessurazione; si tratta della formazione alla base della PVM_{2a}



FIGURA 14 Pozzetti geognostici e prove di permeabilità (indicatori in rosso)

PERICOLOSITA' IDRAULICA

Dal punto di vista della pericolosità idraulica, la lottizzazione ricade nella pertinenza del bacino del Rio Concia Mangioi, nel suo tratto montano iniziale; in essa ricadono le due aree classificate Hi2 (colore celeste in Fig.16). La prima più a Nord è attualmente quasi totalmente esterna. La seconda si riferisce ad un settore residuale morfologicamente depresso, intercluso tra due dossi oggi poco visibili, in cui si convogliano acque zenitali di ruscellamento, interrotte nel loro flusso dalla recinzione della lottizzazione adiacente. Queste acque vengono drenate entro una canaletta collegata alla vasca di laminazione e al canale scatolare precedentemente descritto.



**Figura 16– Individuazione delle zone di pericolosità idraulica nella Proposta di Variante al P.A.I approvata dal C.I. dell'ADIS con Delib. n.9 del 9 Agosto 2018
(Ing.S.Liberatore-Ing.F.Porcedda) Entrata in vigore nel 12.Novembre 2020**

USO DEL SUOLO

L'area si trova ad occidente rispetto al centro abitato di Capoterra e dal punto di vista pedologico ricade in un settore di confine tra il paesaggio urbanizzato e quello dei depositi di versante, con suoli poco profondi, da franco sabbiosi a franco argillosi, mediamente permeabili.

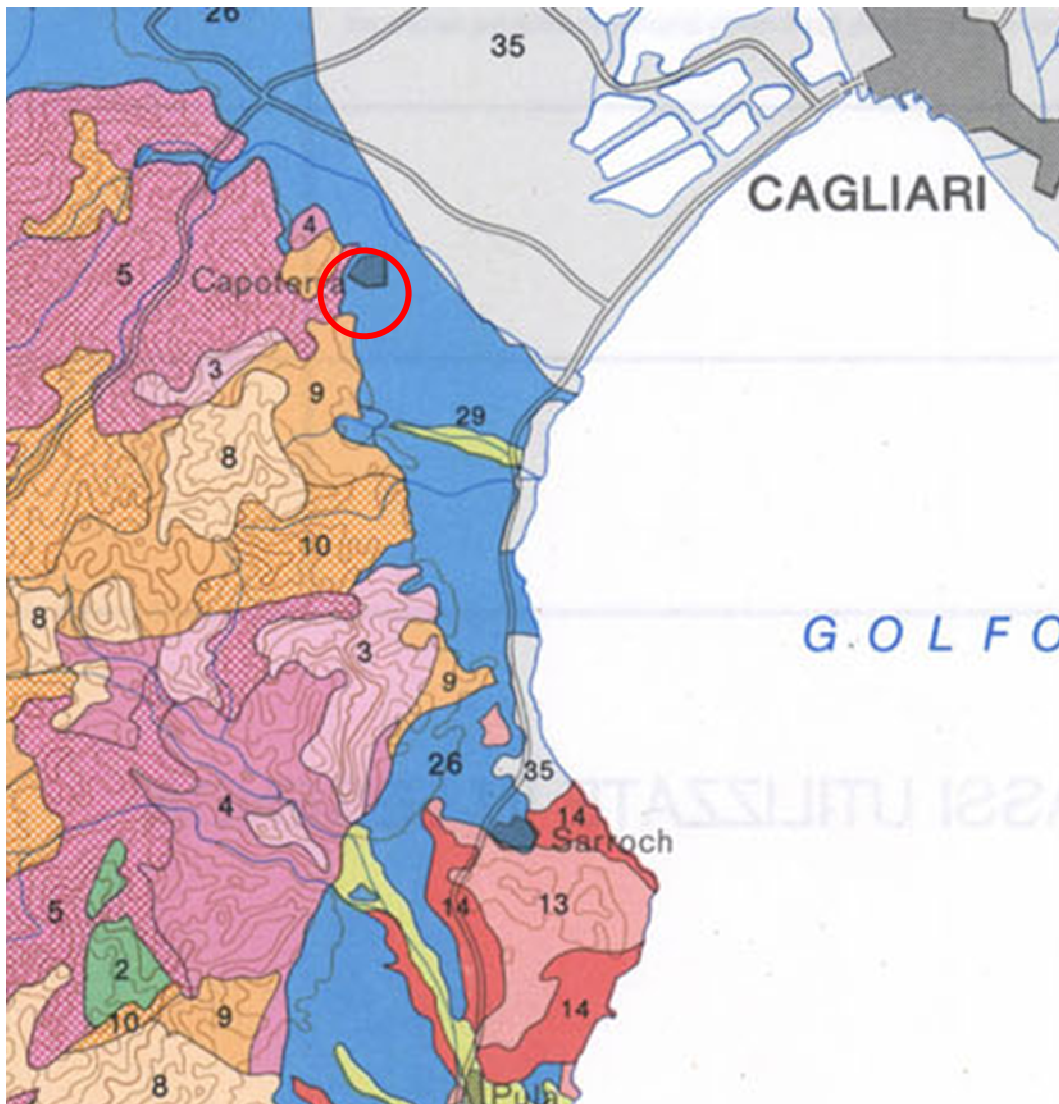


Fig.17 Carta dei Suoli della Sardegna (a cura di A.Aru, P.Baldaccini et Alii 1989 Modif.)

Confina con l'area a campitura azzurra con simbolo numerico 26, coincidente con i terreni alluvionali del settore di piana. Quest'ultimo ambito pedologico appartiene all'Unità di paesaggio su alluvioni,

classe di substrati: Aree “da subpianeggianti a pianeggianti con prevalente vocazione agricola” (Unità 26-CAMPITURA AZZURRA).

Dalla tavola UDS della Regione Sardegna (Corine Land Cover RAS-2008) si ricava che l’area è principalmente interessata da seminativi semplici e pascolo, in parte riqualificato da colture arboree impiantate da un privato. Questo settore è inquadrato nella carta UDS con il codice 2112 (prati artificiali)

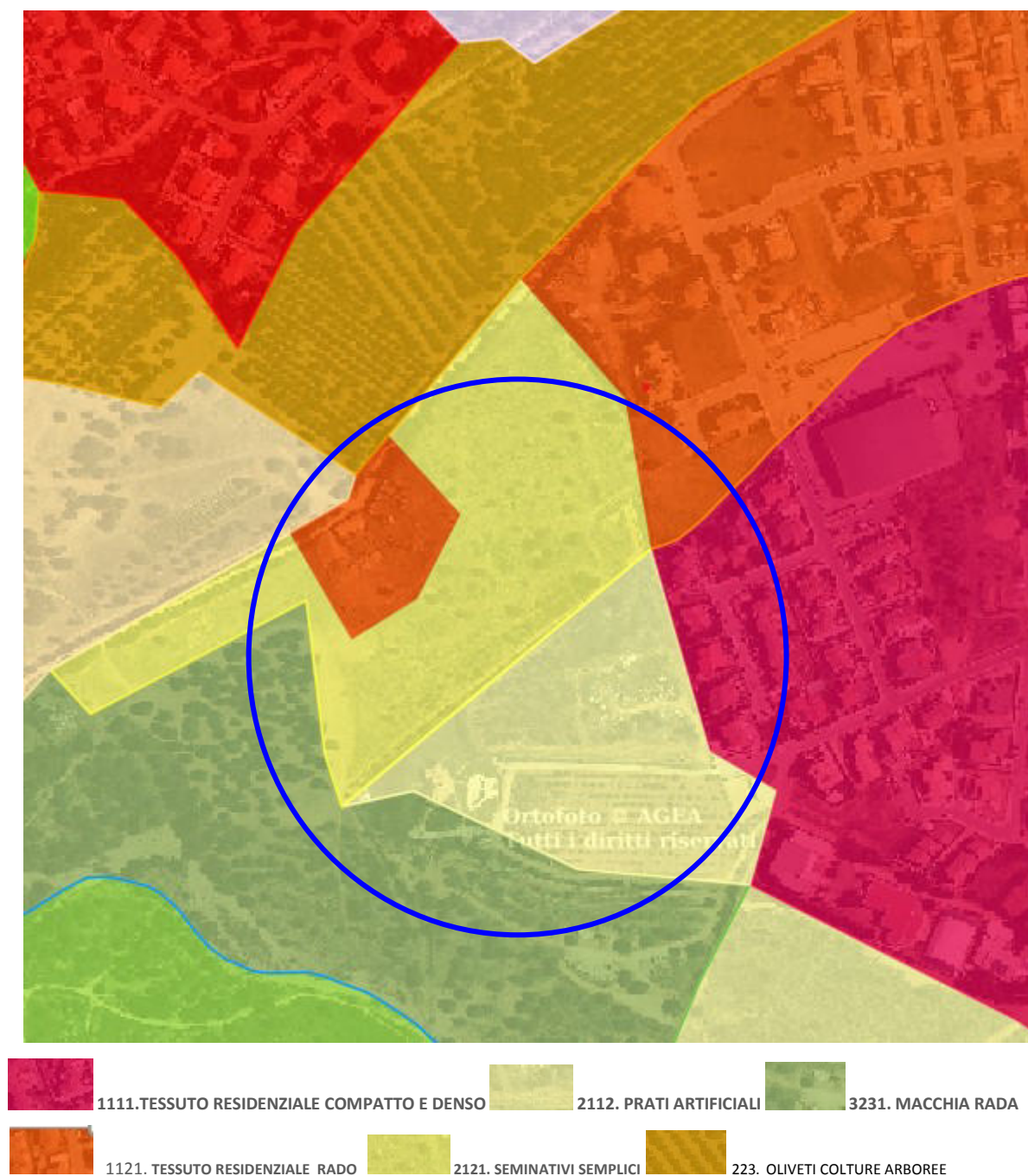


Fig.18 Carta dell’Uso del suolo (UDS- Corine Land Cpver 2008 R.A.S.)

STUDIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

10.

IL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Si intende col termine di **'Invarianza idraulica'** il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione prevista in progetto. I Comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio in parola. Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare questo principio negli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento anche mediante realizzazione di vasche di laminazione.

Lo studio a noi affidato ha lo scopo di valutare l'andamento dei deflussi superficiali nella fase pre e post urbanizzazione tenuto conto dei seguenti parametri:

- intercettazione arborea;
- evapotraspirazione
- scorrimento superficiale
- infiltrazione superficiale
- infiltrazione in falda

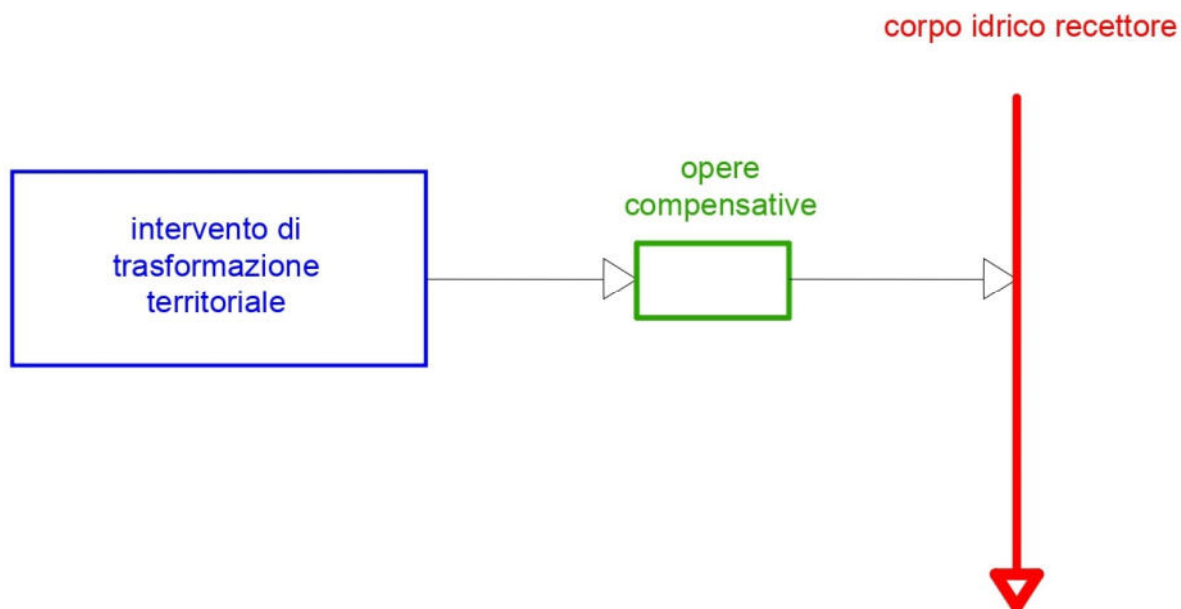


Fig.19 SCHEMA DI FUNZIONAMENTO

Nel rispetto delle Linee guida della Regione Sardegna che vengono più sotto riportate in tabella, lo schema di lavoro è stato il seguente:

- Individuazione dell'intervento di trasformazione territoriale;
- Valutazione dei coefficienti di afflusso Q ante e post intervento;
- Valutazione dei CN (curve number) ante e post intervento;
- Calcolo delle variazioni di portata tra ante (Q_a) e post (Q_p) per $Tr = 50$ anni
- Individuazione dimensionamento delle opere compensative (tali che Q in uscita sul recettore finale sia al massimo pari a Q_a)
- Valutazione a cura del Comune del sistema complessivo di smaltimento del recettore finale che può portare a limitare ulteriormente la Q in uscita

Nell'ambito dello studio dei piani di attuazione è quindi necessario determinare la portata di piena ed il corrispondente volume di deflusso per tempi di ritorno significativi, allo stato attuale (ex ante operam) e allo stato di progetto (post operam).

STATO ATTUALE ANTE OPERAM

In ottemperanza alle Linee guida e indirizzi per l'attuazione del Principio di Invarianza (Art 47 del P.A.I.) essendo la superficie della lottizzazione pari a 38.600 mq, l'area di sedime ricade all'interno della **CLASSE DI INTERVENTO C** "livello di impermeabilizzazione potenziale significativo".

CLASSE	LIVELLO DI IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE	SUPERFICIE TERRITORIALE
A	trascurabile	< 0,1 ha
B	modesta	compresa tra 0,1 e 0,5 ha
C	significativa	compresa tra 0,5 e 10 ha
D	Sostanziale	> 10 ha

Fig.20 TABELLA DELLE CLASSI DI IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE

Lo Studio è stato realizzato sull'intero comparto e il calcolo del volume di compenso è stato accompagnato da prove geognostiche in situ (sondaggi e pozzetti), prove di permeabilità in pozzetto (n.2), analisi granulometriche derivanti da analisi comparate su terreni identici (Consorzio di Bonifica Sardegna Meridionale e Cantiere Conad). Il tutto è integrato da dati provenienti da fonti RAS e dalle Relazioni del P.U.C. di Capoterra.

Con riferimento alle risultanze ottenute dal suddetto studio geologico, i terreni interessati dal Piano di Lottizzazione 'Parco di Baccu Tinghinu' vengono fatti ricadere nella tipologia di suolo -**Tipo C** – in cui l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione e deflusso superficiale potenziale moderatamente alto.



FIGURA 21– Verifica della presenza della falda e prova di permeabilità in pozzetto

La prova di permeabilità, eseguita per verificare i dati in sito, consente di attribuire ai valori di pag.26, il valore minimo del “range” riportato nella relazione al P.U.C.: $K = 2,06 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ nella postazione 1.

A ulteriore supporto viene allegata una prova di classificazione standard su un campione di matrice delle ghiaie sabbiose e limose molto addensate, di colore beige-rossastro della formazione PVM2a, proveniente da identici terreni studiati dallo scrivente nel cantiere CONAD (Via Monteverdi-Via C.Battisti). Esse vengono classificate A2-6 (ghiaia ben gradata con argilla) con indice plastico 21 ($i_p \gg 10$). Le percentuali delle varie componenti granulometriche estrapolate dalle analisi sono le seguenti: Limo e argilla 14%÷16%; Sabbia 6%÷10%; Ghiaia in tutte le granulometrie 74%÷80%.

CERTIFICATO N.: PL 0141/2013

COMMITTENTE: Dott. Geol. Tarcisio Marini
LOCALITA': Capoterra (CA)
CANTIERE: CONAD
SIGLA CAMPIONE: PZ1-C1
TIPO LITOLOGICO: Ghiaia ben gradata con argilla
QUOTA PRELIEVO: -0,50 m $\pm$ -1,50 m da p.c.

CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

[UNI-CNR 10006]

DATA INIZIO PROVA: 29/10/2013
CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE: Disturbato composito
Contenuto d'acqua iniziale **4,65**

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

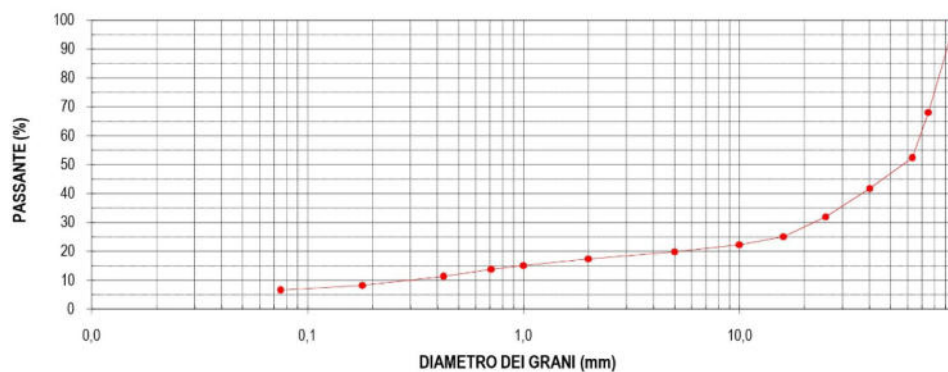
[Boll. Uff. CNR - Anno V, n° 23 - 14 dicembre 1971]

Setacci (mm)	Passante (%)
100,0	100,00
75,0	68,06
63,0	52,31
40,0	41,78
25,0	31,96
16,0	25,11
10,0	22,30
5,0	19,84
2,0	17,46
1,0	15,16
0,710	13,83
0,420	11,33
0,180	8,25
0,075	6,57

LIMITI DI ATTERBERG

[Boll. Uff. CNR - UNI 10014]

Limite liquido (W_L)	38
Limite plastico (W_p)	17
Indice plastico (I_p)	21
Indice di gruppo	0
Coefficiente di uniformità (C_u)	218
Coefficiente di curvatura (C_c)	23
Classif. UNI-CNR 10006	A2-6
Classif. USCS	GW-GC



IL TECNICO DI LABORATORIO
Dott. Geol. Alessandro Stancari

Alessandro Stancari

IL DIRETTORE TECNICO:
Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina

Maria Francesca Lobina

Fig.22 Report di prova Classificazione delle terre (UNI CNR 10006)

La stratigrafia in sito, verificata anche attraverso pozzetti di saggio (eseguiti con pala gommata il giorno 29.03.2021) risulta coerente con i dati provenienti dai sondaggi.

Considerando il periodo di poco posteriore alle piogge invernali, il fondo scavo e le pareti non presentano flussi idrici o falde definite. Le misure piezometriche effettuate ad una e a due settimane dalla loro esecuzione, successive ad un evento piovoso di lunga durata (febbraio 2021), non hanno segnalato la presenza d'acqua.

L'elevato grado di addensamento che in termini di permeabilità deve essere associato ad una porosità modesta, è confermato dalla resistenza del terreno all'escavazione già a partire da 0,50 cm; tale condizione ha permesso di raggiungere solo nel pozzetto n.3 la profondità di – 2,1 m d.p.c.

TIPO IDROLOGICO DI SUOLO	DESCRIZIONE
A deflusso superficiale potenziale basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) basso, ed è alta la permeabilità. Sono caratterizzati da avere meno del 10% di argilla e oltre il 90% di sabbia e/o ghiaia e la tessitura è sabbiosa o ghiaiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo

TIPO IDROLOGICO DI SUOLO	DESCRIZIONE
B deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente basso, e l'acqua attraversa il suolo senza impedimenti. Sono caratterizzati da avere tra il 10% e il 20% di argilla e tra il 50 e il 90% di sabbia e la tessitura è sabbioso-franca, franco-sabbiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo

TIPO IDROLOGICO DI SUOLO	DESCRIZIONE
C deflusso superficiale potenziale moderatamente alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limosa, franco-argilloso-sabbioso, franco-argillosa, e franco-argilloso-limosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo

TIPO IDROLOGICO DI SUOLO	DESCRIZIONE
D deflusso superficiale potenziale alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili. La conducibilità idraulica (Ksat) è $\leq 0,36$ cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate

Come prescritto dalle Linee Guida Regionali, è stata di seguito eseguita la verifica delle diverse classi d'uso del suolo ricadenti all'interno del perimetro della lottizzazione, secondo la classificazione CORINE LAND COVER R.A.S. 2008.

E' stata consultata a tal proposito la cartografia regionale aggiornata, e prodotta la tavola riportata in fig.23.

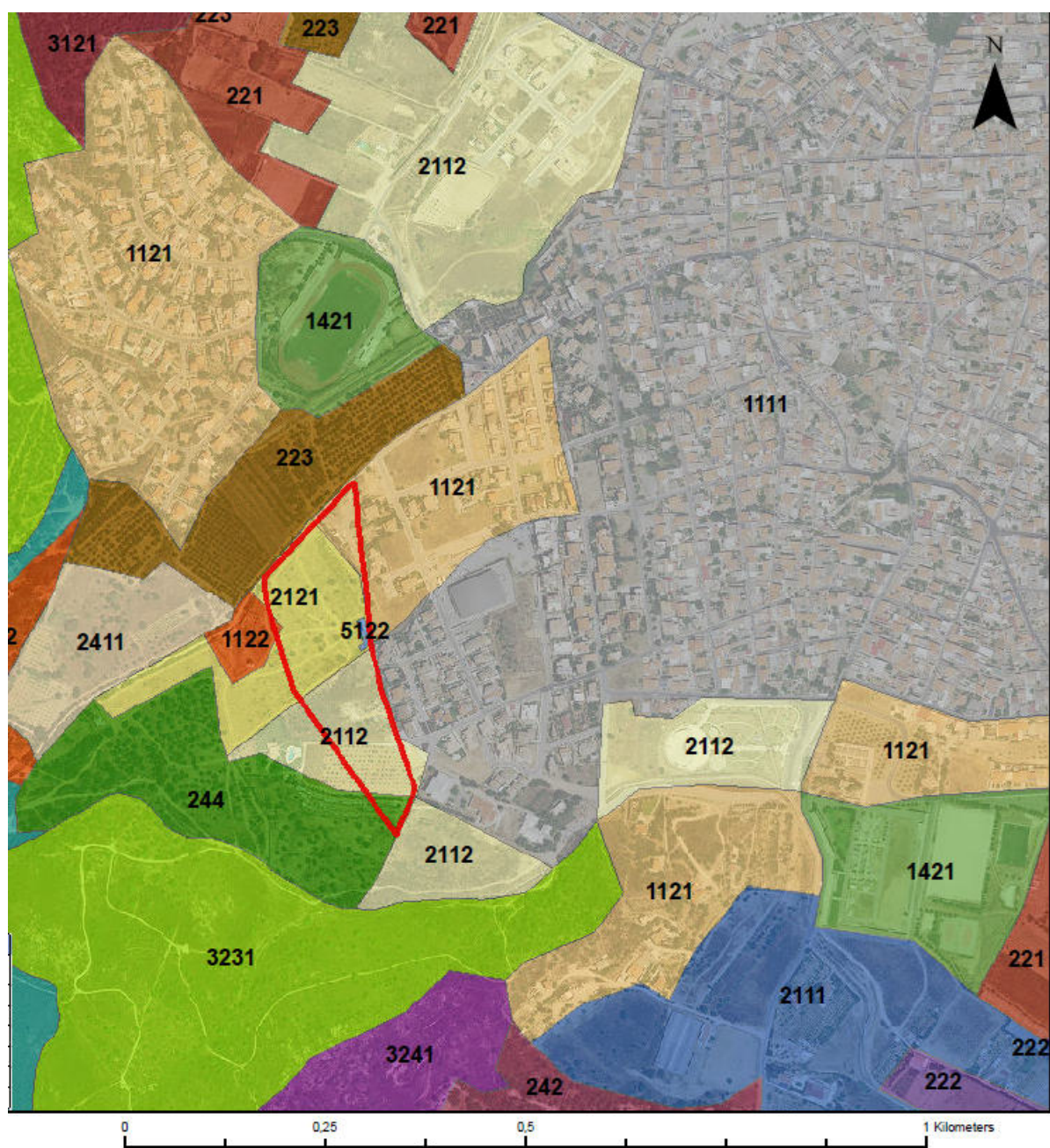


Fig.23 Tavola UDS con area della lottizzazione

CLASSE DI INTERVENTO 'C'- STATO ATTUALE: Valore del Curve Number in funzione dell'uso del suolo (Corine Land Cover RAS 2008) e del tipo di suolo (Elaborazione ADIS).






Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN _{II}			
		A	B	C	D
1111	tessuto residenziale compatto e denso	77	85	90	92
1112	tessuto residenziale rado	61	75	83	87
1121	tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87
1122	fabbricati rurali	59	74	82	86
1211	insediamenti industriali-artigianali e commerciali e spazi annessi	89	92	94	95
1212	insediamenti di grandi impianti di servizi	81	88	91	93
1221	reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98
1222	reti ferroviarie e spazi annessi	98	98	98	98
1223	grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	98	98	98	98
1224	impianti a servizio delle reti di distribuzione	98	98	98	98
123	aree portuali	98	98	98	98
124	aree aeroportuali ed eliporti	98	98	98	98
131	aree estrattive	76	85	89	91
1321	Discariche	76	85	89	91
1322	depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	76	85	89	91
133	Cantieri	76	85	89	91
141	aree verdi urbane	39	61	74	80
1421	aree ricreative e sportive	49	69	79	84
1422	aree archeologiche	68	79	86	89
143	Cimiteri	68	79	86	89
2111	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84
2112	prati artificiali	68	79	86	89
2121	seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	63	73	80	83
2122	Risaie	96	96	96	96
2123	Vivai	68	79	86	89
2124	colture in serra	68	79	86	89
221	Vigneti	66	74	80	82
222	frutteti e frutti minori	62	71	78	81
223	Oliveti	62	71	78	81
231	prati stabili	30	58	71	78
2411	colture temporanee associate all'olivo	62	71	78	81
2412	colture temporanee associate al vigneto	66	74	80	82
2413	colture temporanee associate ad altre colture permanenti	64	73	79	82
242	sistemi colturali e particellari complessi	64	73	79	82
243	aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	64	73	79	82
244	aree agroforestali	64	73	79	82
3111	boschi di latifoglie	36	60	73	79
31121	pioppetti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	36	60	73	79
31122	Sugherete	36	60	73	79
31123	castagneti da frutta	36	60	73	79
31124	altri tipi di latifoglio	36	60	73	79
3121	boschi di conifere	45	66	77	83
3122	arboricoltura con essenze forestali di conifere	45	66	77	83
313	boschi misti di conifere e latifoglie	36	60	73	79
321	aree a pascolo naturale	49	69	79	84
3221	cespuglieti e arbusteti	35	56	70	77
3222	formazioni di ripa non arboree	35	56	70	77
3231	macchia mediterranea	35	56	70	77
3232	Gariga	35	56	70	77
3241	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. naturale	43	65	76	82
3242	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. artificiale	43	65	76	82



Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN _{II}			
		A	B	C	D
3311	spiagge di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3312	aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3313	aree dunali coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3315	letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	98	98	98	98
332	pareti rocciose e falesie	76	85	89	91
333	aree con vegetazione rada >5% e <40%	63	77	85	88
411	paludi interne	98	98	98	98
421	paludi salmastre	98	98	98	98
422	Saline	98	98	98	98
423	zone intertidali (zona del litorale che dipende dalle maree)	98	98	98	98
5111	fiumi, torrenti, fossi	98	98	98	98
5112	canali e idrovie	98	98	98	98
5121	bacini naturali	98	98	98	98
5122	bacini artificiali	98	98	98	98
5211	lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5212	acquaculture in lagune, laghi e stagni costieri	98	98	98	98
5213	estuari e delta	98	98	98	98
5231	aree marine a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5232	acquaculture in mare libero	98	98	98	98
523	Mare	98	98	98	98



Applicando i valori alla lottizzazione in studio, ed eseguendo una media ponderata rispetto alle superfici, si ottiene:

DESCRIZIONE	UDS COD	TIPO DI SUOLO	SUPERFICIE in m ²	CN II	CNIII
Aree agroforestali	244	C	1536.88	79	89,74
Fabbricati rurali	1122	C	224.76	82	91,37
Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	2121	C	18571.31	80	90,29
Tessuto residenziale rado e nucleiforme	1121	C	3312.25	83	91,90
Prati artificiali	2112	C	14301.34	86	93,46
Bacini artificiali	5122	C	653.46	98	99,13
TOTALE LOTTIZZAZIONE			38600	82.76	91.69

Tabella I – Valori CN Ante Operam.

Dalla combinazione tra tipo di suolo e uso del suolo si è stimato un CN-II medio dell'area interessata dalla lottizzazione in studio, pari a 82,76, successivamente convertito in CN-III (AMC II) pari a 91,69 secondo le procedure indicate dal METODO SCS C-N.

STATO DI PROGETTO POST OPERAM

In funzione degli interventi previsti nel piano di lottizzazione, è stato assegnato un differente valore di Curve Number in funzione della copertura suolo previste tra quelli indicati nell'ALLEGATO 1 delle "LINEE GUIDA E INDIRIZZI OPERATIVI PER L'ATTUAZIONE DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA".

Nel dettaglio sono state considerate le seguenti categorie di superfici:

S1	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole	CN 71-78
S3	Incolto, sterrato, superfici naturali degradate	CN 74-84
C7	Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili)	CN 93-99
P10	Pavimentazioni in asfalto o cls	CN 93-99

Tabella II: Parametri di riferimento per l'utilizzo del suolo in situazione di Progetto

Riassumendo i parametri urbanistici riferiti alla lottizzazione, classificata in zona C3-4.1, si è tenuto conto dei seguenti dati:

- l'indice di fabbricabilità territoriale è pari a 1 mc/mq mentre l'indice fondiario massimo è pari a 2 mc/mq.

Il piano attuativo dovrà prevedere cessioni gratuite di aree per interventi pubblici o di interesse pubblico, nella misura di 18 mq/abitante insediabile; la somma delle singole aree sono così determinate:

- S1 (area per l'istruzione): 4,50 mq/abitante;
- S2 (area per attrezzature di interesse comune): 2,00 mq/abitante;
- S3 (spazi pubblici attrezzati): 9,00 mq/abitante;
- S4 (area per parcheggi pubblici): 2,50 mq/abitante.

Di conseguenza, i nuovi coefficienti CN in condizioni di Progetto, secondo il nuovo utilizzo del suolo, saranno i seguenti:

DESCRIZIONE	TIPO DI UTILIZZO DEL SUOLO	SUPERFICIE in m ²	CN II	CNIII
SUPERFICIE COPERTA EDIFICI RESIDENZIALI (40% SUPERFICIE RESIDENZIALE)	Superfici edificate	10177	97	98,67
SUPERFICI PAVIMENTATE (RAMPE E GARAGE)10% SUPERFICIE AD USO RESIDENZIALE	Pavimento in cls o tettoie esterne	1012	97	98,67
CABINA ENEL	Superfici edificate	60	97	98,67
SUPERFICI NUOVE STRADE E MARCIAPIEDI	Superfici bitumate e/o cementate	8168	97	98,67
SUPERFICI CESSIONI S1+S2 SUPERFICI EDIFICI+SUPERFICI PAVIMENTATE ESTERNE	Superfici bitumate	640	97	98,67
PARCHEGGI	Superfici drenanti	810	74	86,75
VERDE PUBBLICO	Superfici drenanti	2315	74	86,75
SUPERFICI LIBERE	Superfici drenanti	15478	74	86,75
TOTALE LOTTIZZAZIONE		38600	85.93	93.35

Tabella III – Valori CN Post Operam per la lottizzazione oggetto del presente studio

STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA PRE E POST INTERVENTO

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Per la valutazione dell'Idrogramma di piena è stato considerato lo IETOGRAMMA CHICAGO avente una durata di 30 minuti con picco in posizione $r = 0.4$ e con passo temporale Δt di 1 minuto.

Nel caso in esame è stata effettuata una doppia analisi con Tempi di Ritorno a T_r 20 e T_r 50 anni.

Le opere di dreno e collettamento delle acque meteoriche devono essere dimensionate per eventi meteorici con tempi di ritorno di 20 anni, mentre le direttive per l'applicazione dell'invarianza idraulica impongono, per la verifica ed il dimensionamento delle opere di compensazione, che le analisi siano condotte per eventi meteorici con tempi di ritorno di 50 anni.

L'altezza di precipitazione è stata calcolata in funzione della durata della pioggia e del tempo di ritorno, sulla base delle 'Curve di possibilità pluviometrica regionalizzate' per la Regione Sardegna (Deidda et al.2000) per tempi di ritorno pari a 20 e 50 anni.

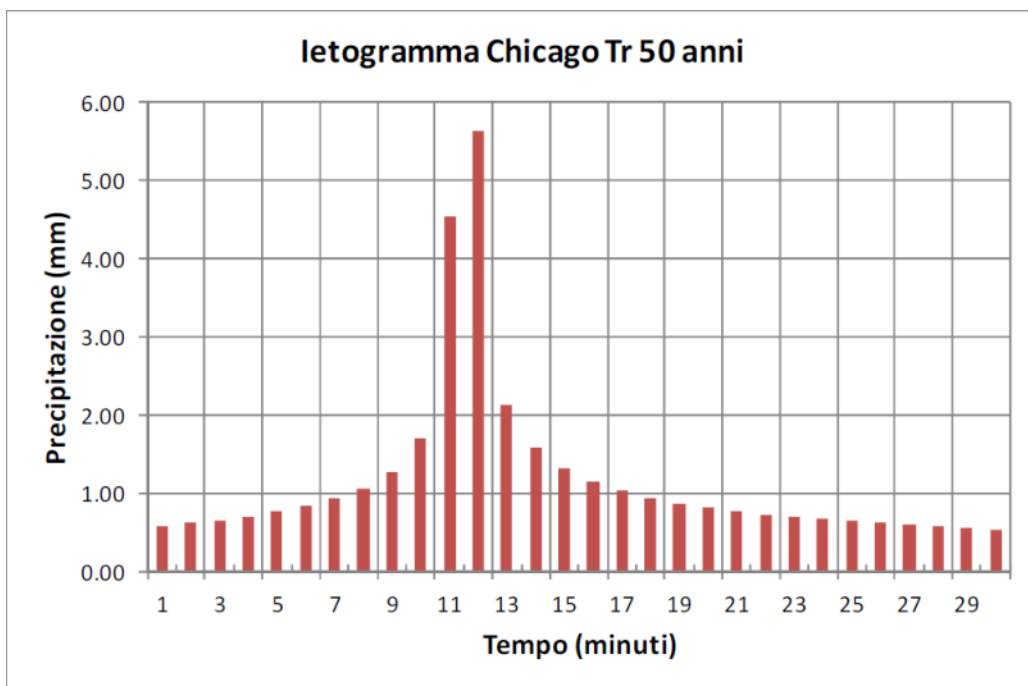
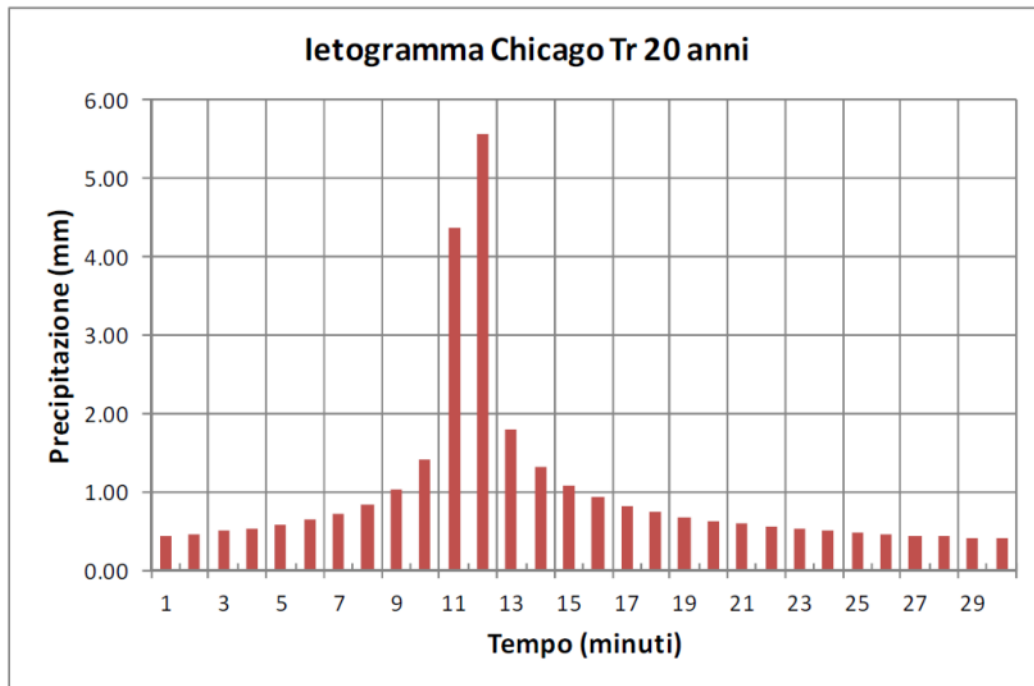
Di seguito si riportano i dati relativi al piano di lottizzazione in oggetto.

	T = 20	T = 50
a	40,85508	50,40052
n	0,42819	0,48378
μg (mm)	60,00	60,00
SZO	2	2
DURATA IETOGRAMMA (MINUTI)	30	30
ARF - Coefficiente di Riduzione Areale	1	1
SUPERFICIE TOTALE (MQ)	38.600	38.600

Tabella IV – Dati utilizzati per le aree interessate dagli interventi in progetto.

Le altezze di pioggia sono i dati di input immessi all'interno del software HEC - HMS per la determinazione degli idrogrammi di progetto del bacino complessivo.

Nelle immagini seguenti sono riportati i risultati ottenuti rispettivamente per i tempi di ritorno dei 20 e dei 50 anni.



Con riferimento al metodo CN-SCS, di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri considerati per il calcolo della **portata** e dell'**idrogramma di progetto** nella situazione attuale e nella situazione post intervento.

	CN (AMCII)	CN (AMCIII)	S	la [mm]
Stato attuale	82.76	91.69	23.7664	4.75
Post intervento	85.93	93.35	20.2302	4.04

Tabella V: parametri caratteristici ante e post intervento

Il valore dell'infiltrazione iniziale $I_a = c \cdot S$ in cui $c=0.2$ e S rappresenta il volume specifico infiltrabile nel terreno.

Per la costruzione dell'idrogramma di piena alla risposta del bacino alla pioggia precedentemente definita, si è utilizzato il modello dell'idrogramma unitario del SCS.

Preliminarmente, la pioggia lorda è stata trasformata in pioggia netta ottenendo il corrispondente ietogramma di pioggia netta. Il metodo utilizzato per la depurazione della pioggia sono quelle del Curve Number del SCS.

Per la determinazione dell'idrogramma si è considerata come sezione di chiusura del bacino, il punto morfologicamente più depresso, in corrispondenza della vasca di equalizzazione esistente, avente dimensioni in metri 40,00x4,00x0.70, realizzata dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale, che risulta collegata al sistema di canali che allontanano le acque meteoriche dal centro abitato e che di fatto deviano le acque, altrimenti confluenti Canale Mangioi. Tale vasca, che alimenta il canale in cunicolo, rappresenta il corpo ricettore del modello di invarianza in studio.

Il tempo di corrivazione è stato stimato con la formula proposta da BOYD, utilizzata in letteratura per areepianeggianti di piccole dimensioni e aree urbane:

$$T_c = T_0 + T_r$$

$$T_0 = k \times S^\delta$$

$$T_r = \frac{\sqrt{(1,5 \times S)}}{v}$$

Dove:

$$K = 2,51;$$

S = superficie in Km^2 ;

V = velocità = 1 m/s per bacini pianeggianti;

$$\delta = 0,38.$$

Da cui

$$T_c = 30 \text{ minuti}$$

Come **Tlag**, che tiene conto del tempo di risposta idraulica, si è assunto un valore pari a **0,6 Tc** = 18 minuti.

I modelli di formazione del deflusso superficiale permettono di depurare lo ietogramma delle piogge lorde $i(t)$ dagli effetti dell'intercettazione da parte della copertura vegetale, della detenzione superficiale nei piccoli invasi naturali, della infiltrazione nel terreno e dell'effetto di saturazione del terreno stesso, per valutare l'intensità di pioggia netta $P(t)$ che, a causa del rifiuto del bacino di assorbire una parte più o meno rilevante di $i(t)$, determina il deflusso superficiale (Risposta del terreno). Questo, per effetto complessivo di laminazione, concentrazione e di trasporto da parte della rete di drenaggio superficiale (Dispersione idrografica o Risposta della rete), genera l'onda di piena $q(t)$ allo sbocco del bacino, e in particolare consente la valutazione del valore della portata al colmo.

Per la generazione dell'idrogramma di piena si è utilizzato l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers. Il tempo di ritardo (Lag Time) richiesto dal programma è posto pari al 60 % del tempo di corrivazione e rappresenta la distanza temporale tra il baricentro dello ietogramma e il picco dell'idrogramma risultante.

Tenendo conto che le valutazioni riferite ad un Tempo di ritorno pari a 20 anni sono valide per fognature ed opere di collettamento, mentre quelle relative ad un Tempo di ritorno di 50 anni valgono per la stima delle opere di compensazione, quali vasche di equalizzazione, si riportano qui di seguito gli idrogrammi di piena ottenuti:

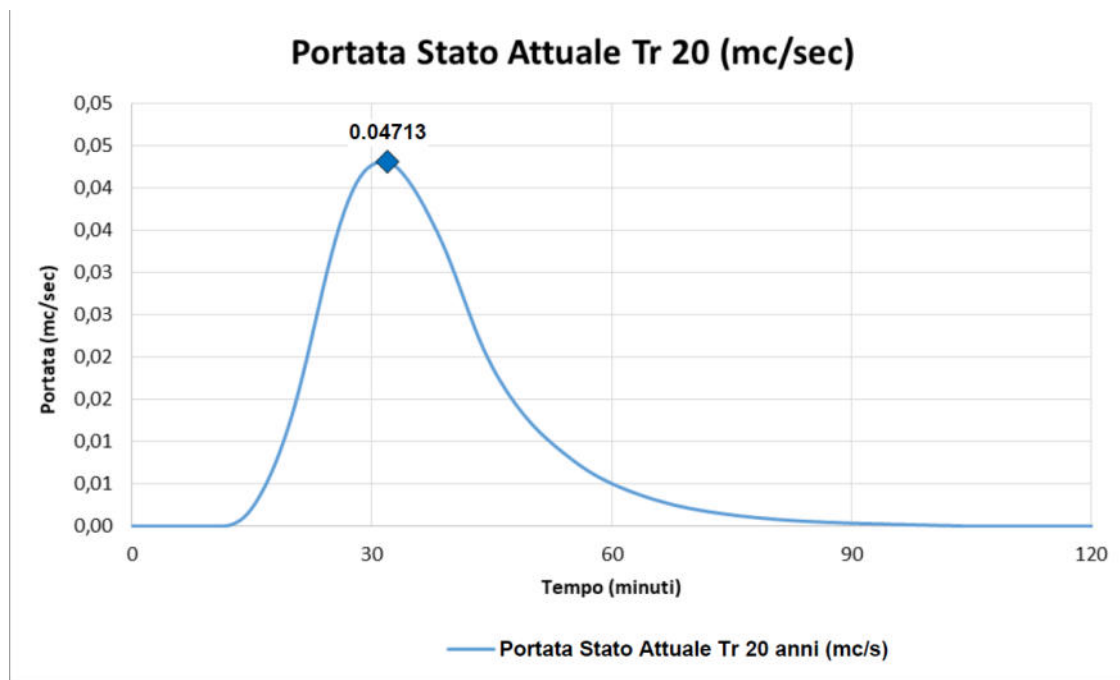


Fig.24 – Idrogramma di piena relativo allo Stato Attuale del bacino

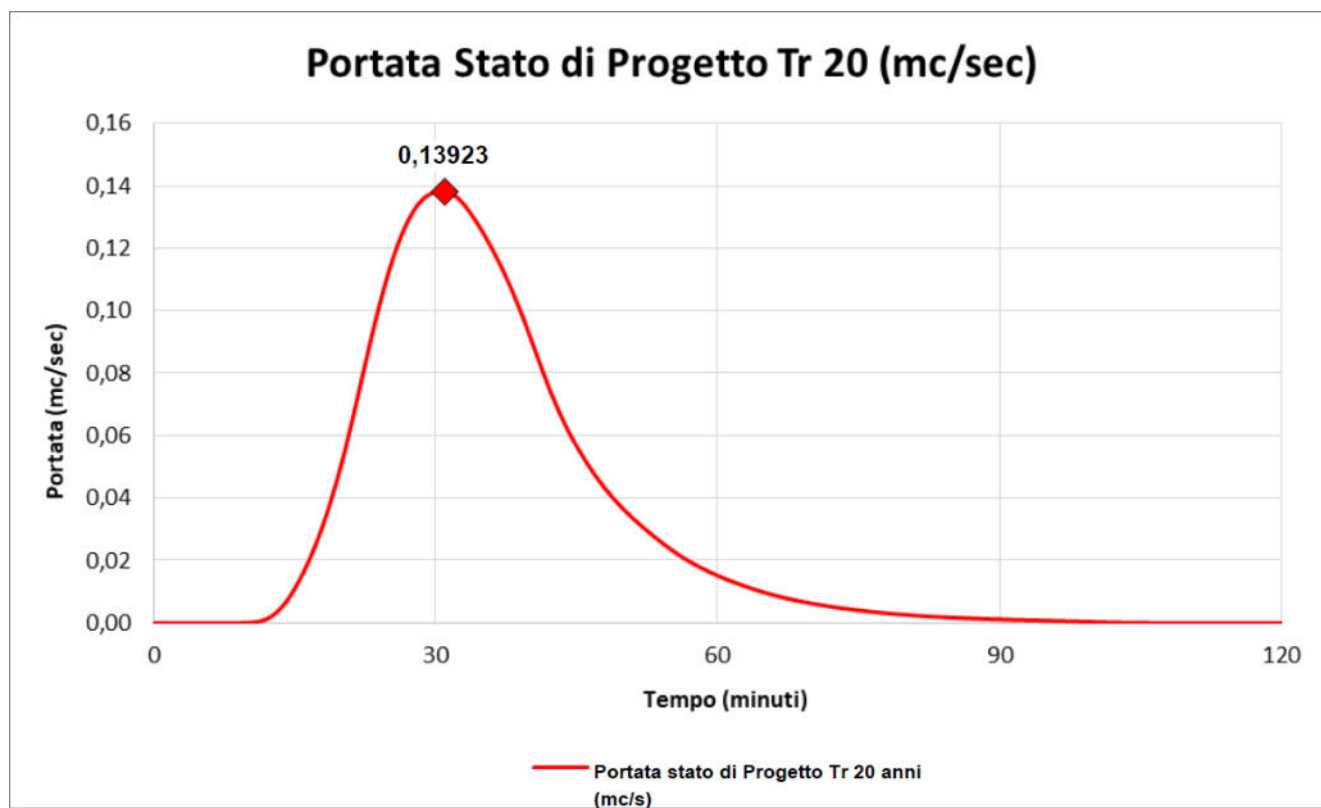


Fig.25 – Idrogramma di piena relativo allo stato di Progetto

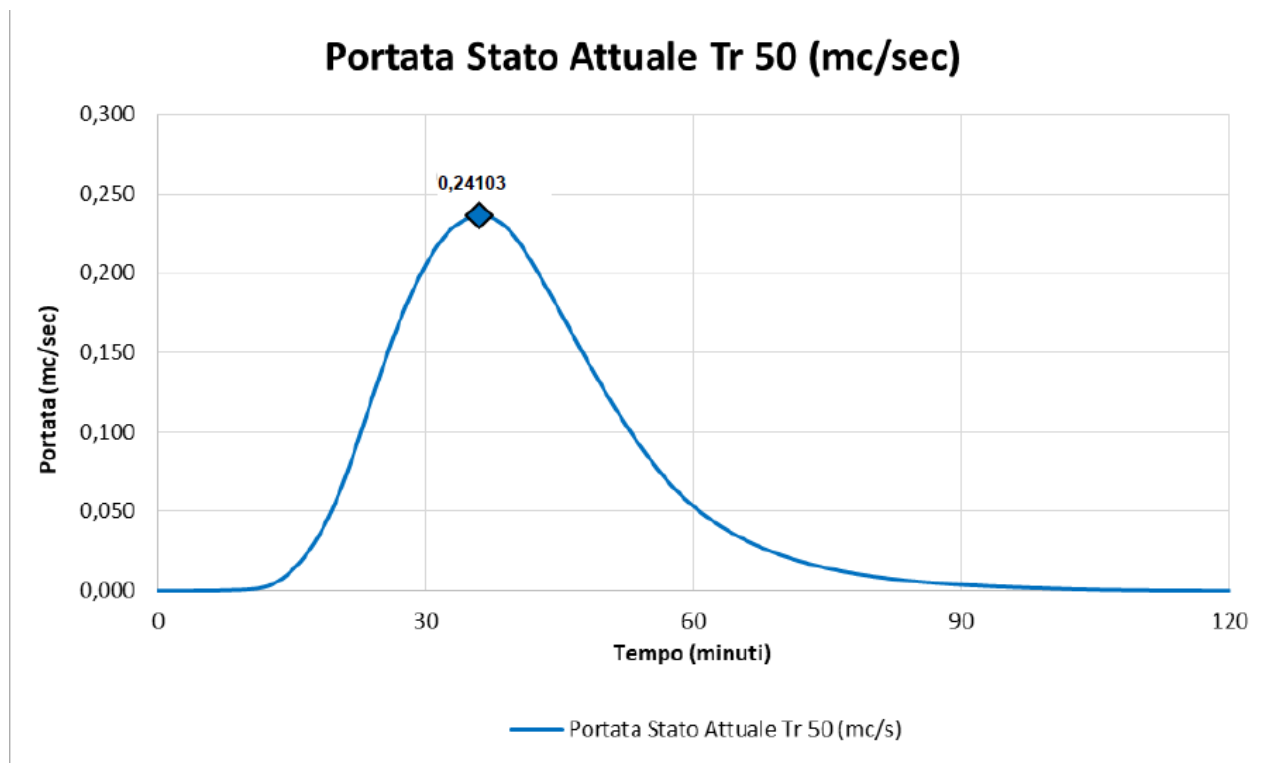


Fig.26 – Idrogramma di piena relativo allo Stato Attuale per un Tr pari a 50 anni

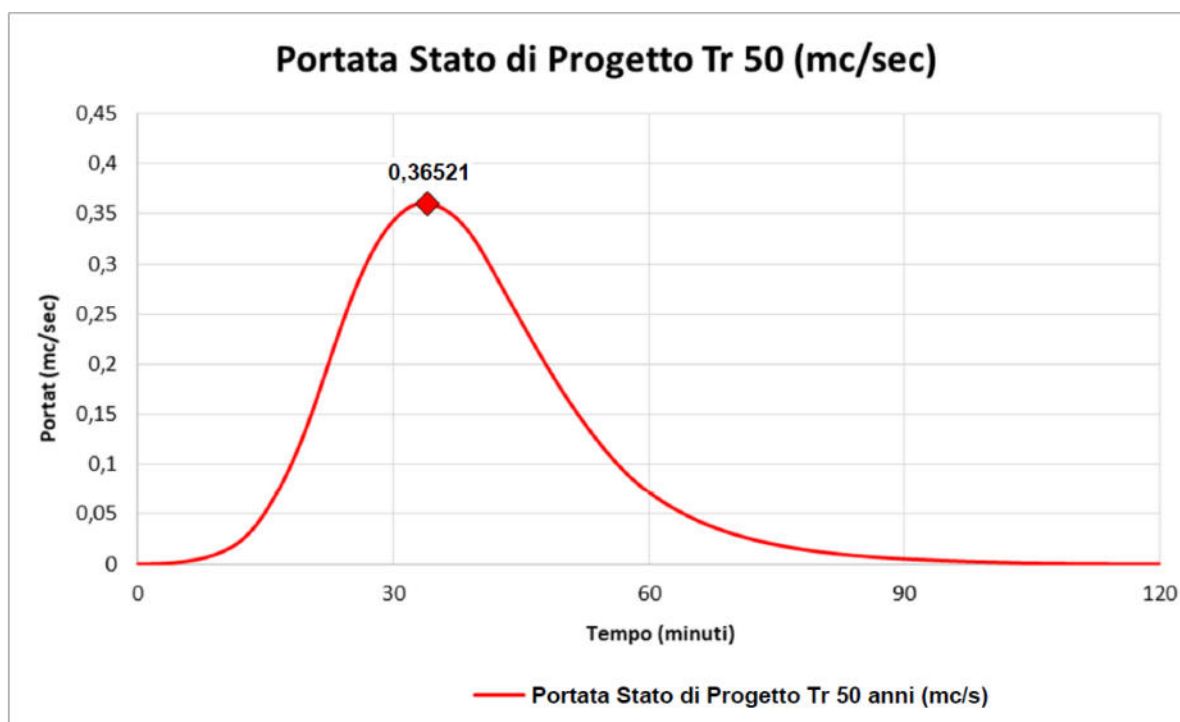


Fig.27 – Idrogramma di piena relativo allo Stato di Progetto per un Tr pari a 50 anni

RISULTANZE DELLO STUDIO DI INVARIANZA

I risultati più significativi sono riassunti nelle seguenti tabelle:

Portata di picco[mc/s]		
	Tr 20 anni	Tr 50 anni
Situazione attuale AMC III	0.04713	0.24103
Post intervento	0.13923	0.36521
Differenza [mc/s]	0.09210	0.12418

Volume di piena [mc]		
	Tr 20 anni	Tr 50 anni
Situazione attuale AMC III	124,40	637,00
Post intervento	367,00	965,01
Differenza [mc]	242,60	328,01

I valori ottenuti evidenziano i volumi di deflusso in eccedenza (per i tempi di ritorno pari a Tr 20 e 50 anni) che con le opportune opere di collettamento e di compensazione vanno captati per evitare che vadano a riversarsi a valle della lottizzazione in Progetto, a causa del mutato utilizzo del suolo dell'area in studio e della sua conseguente riduzione della capacità di infiltrazione, nel rispetto del principio dell'Invarianza Idraulica.

Tali valori, scaturiscono dall'aver considerato le superfici destinate alla viabilità e parcheggi, costituite da materiale bituminoso e le coperture dei fabbricati realizzati in tegole.

Significativo sarebbe il contributo se si realizzassero le strade di lottizzazione con asfalti drenanti e le coperture con tetti verdi.

Una volta valutate le portate ed i volumi di progetto è necessario verificare che il recettore finale sia in grado di smaltire questi nuovi contributi generati dalla nuova area in trasformazione.

In particolare è compito del Comune individuare lo stato del recettore, classificandolo sulla base di 3 differenti categorie: Alta, Media e Bassa capacità di smaltimento di ulteriori portate.

A seconda della categoria di appartenenza, possono essere applicati dei coefficienti correttivi alla portata massima defluente dall'intera area in trasformazione nella situazione attuale (valori Q_a CN-III_a; Tr 50) sulla base della Tabella 4.

Capacità di smaltimento del recettore	Parametro correttivo k
Alta	1
Media	0.8
Bassa	0.5

Tabella 4. Valori del Parametro correttivo k per la definizione della portata max scaricabile nel recettore

$$Q_{amm} = k Q_a$$

Nel caso in esame è stato considerato un valore del parametro k pari a 1, che equivale a ritenere che il sistema ricettore a valle sia in grado di smaltire le portate eccedenti rispetto alla situazione ante operam.

STIMA DELLE MISURE COMPENSATIVE

L'Allegato 4 delle Linee Guida per l'attuazione del principio dell'Invarianza Idraulica – art. 47 delle NTA del PAI, propone una serie di interventi finalizzati a compensare i volumi idrici che risultano eccedenti rispetto alla situazione ante operam.

Gli interventi proposti si dividono in 2 differenti tipologie, a seconda che interessino la modellazione del terreno oppure la realizzazione di manufatti. L'elenco delle misure di compensazione suggerite è qui di seguito riportato.

Manufatti

T1 Cisterne di raccolta esterna

T2 Tetti verdi

T3 Invasi sotterranei

T4 Pozzi perdenti

T5 Superfici permeabili

T6 Superfici

Modellazioni del terreno

T7 Filtri sabbiosi

T8 Trincee di infiltrazione

T9 Canali inerbiti

T10 Strisce vegetate

T11 Fasce tampone

T12 Bacini di infiltrazione

T13 Bacini di microlaminazione

T14 Zone di fitodepurazione

T15 Zone umide

L'intervento compensativo prescelto riguarda la Modellazione del terreno, e nello specifico l'intervento T8 riferito alla realizzazione di una **trincea di infiltrazione** da realizzarsi nella sezione di chiusura del bacino, a ridosso della vasca di equalizzazione del CdBSM.

Le trincee sono fossi di scolo riempiti con materiale inerte che accumulano l'acqua meteorica e ne favoriscono l'infiltrazione profonda, migliorata talvolta con l'installazione di un sistema a tubi drenanti sul fondo.

Si riporta la Scheda Tecnica delle trincee:

Classe di intervento *				Processo				Destinazione d'uso					Spazio diponi- bile		Tipo di suolo **		Rischio idraulico		Qualità		Costi	
a	b	c	d	Infiltrazione	Defenzione	Trasporto	Riutilizzo	Residenzia/servizi	Strade e parcheggi	Commerciale	Industriale	Riqualificazione urbana	Basso	Alto	A, B - Permeabile	C, D - Impermeabile	Riduzione picchi di deflusso	Riduzione del volume	Valore figurativo	Valore ecologico	Realizzazione	Manutenzione
●	●	●	●	●	●			●	●	●			●	●	●	●	++	++++	++	++	+	+
Intensità di precipitazione								++++					Tempo max svuotamento invaso						++			



1 - Trincea di infiltrazione

Le motivazioni che hanno condotto a tale scelta progettuale sono le seguenti:

- E' un sistema di compensazione avente un'efficacia sinergica rispetto alla vasca di laminazione esistente;
- L'intervento è migliorativo dal punto di vista ambientale e paesaggistico e non comporta la realizzazione di manufatti impattanti;

- Non richiede variazioni della progettazione esecutiva dei fabbricati (necessarie ad esempio nell'eventualità di realizzare tetti verdi), e dei parametri urbanistici di volumi e superfici (necessari per la realizzazione di manufatti di una certa importanza).

Una trincea di infiltrazione si realizza con uno scavo riempito di roccia frantumata, che riceve i deflussi meteorici. Una volta all'interno della trincea i volumi idrici si accumulano negli spazi vuoti fra il materiale solido di riempimento e si infiltrano all'interno del terreno attraverso il fondo e i lati della trincea.

La trincea di infiltrazione prevede la presenza di una condotta forata disposta all'interno della trincea stessa con una pendenza minima, sempre riempita di elementi lapidei. In questo modo avviene il convogliamento delle acque meteoriche ed una riduzione del volume del deflusso durante il trasporto lungo la condotta. Le caratteristiche dei materiali di riempimento, possibilmente da reperirsi localmente, sono differenti a seconda dello strato considerato, ma essi dovrebbero avere una porosità compresa fra il 30 e il 40%. Va inoltre posizionato un telo di geotessile per impedire ai sedimenti presenti nel flusso idrico ed alle particelle del terreno in sito di intasare il materiale litoide posto all'interno della trincea.

Il dimensionamento di una trincea d'infiltrazione va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con la capacità di immagazzinamento del sistema.

Il confronto è espresso con una equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti ed uscenti attraverso il mezzo filtrante:

$$(Q_p - Q_f) * \Delta T = \Delta W$$

dove:

$Q_p \Rightarrow$ portata in ingresso in m³/s

$Q_f \Rightarrow$ portata infiltrata in m³/s

$\Delta T \Rightarrow$ intervallo di tempo in secondi

$\Delta W \Rightarrow$ volume invasato nel mezzo filtrante, nell'intervallo ΔT , in m³

La capacità di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione con la **legge di Darcy**:

$$Q_f = K * J * A$$

dove:

$Q_f \Rightarrow$ portata infiltrata in m³/s

$K \Rightarrow$ permeabilità in m/s

$J \Rightarrow$ cadente piezometrica in m/m

$A \Rightarrow$ superficie netta di infiltrazione in m²

Il valore di permeabilità K , desunta dalle prove in sito, è pari $K = 0,000206$ m/s.

La cadente piezometrica può essere assunta pari a 1 qualora il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda sia al di sotto del fondo della trincea drenante.

Il progetto della trincea prevede di fissarne la larghezza l e la profondità h , ricavando, dall'equazione di continuità sopra riportata, la lunghezza L .

Il volume invasato può essere determinato con la seguente espressione:

$$\Delta W = L * l * \Delta h * n$$

dove:

$L \Rightarrow$ lunghezza della trincea in m

$l \Rightarrow$ larghezza della trincea in m, assunta pari a 3.00 m;

$\Delta h \Rightarrow$ altezza della trincea in m, posta pari a 2.00 m;

$n \Rightarrow$ porosità del materiale di riempimento della trincea, assunto pari a 0.30.

La superficie netta di infiltrazione è data dalla seguente espressione:

$$A = L * l + 2 * (L + l) * h$$

I volumi d'acqua da captare a carico della trincea sono pari a 328,01 m³, come riportato nel paragrafo 15.

A tali volumi corrisponde un manufatto avente una lunghezza pari a $L=57.00$ m.

Tale ingombro non è compatibile con gli spazi a disposizione, in corrispondenza della sezione terminale del bacino.

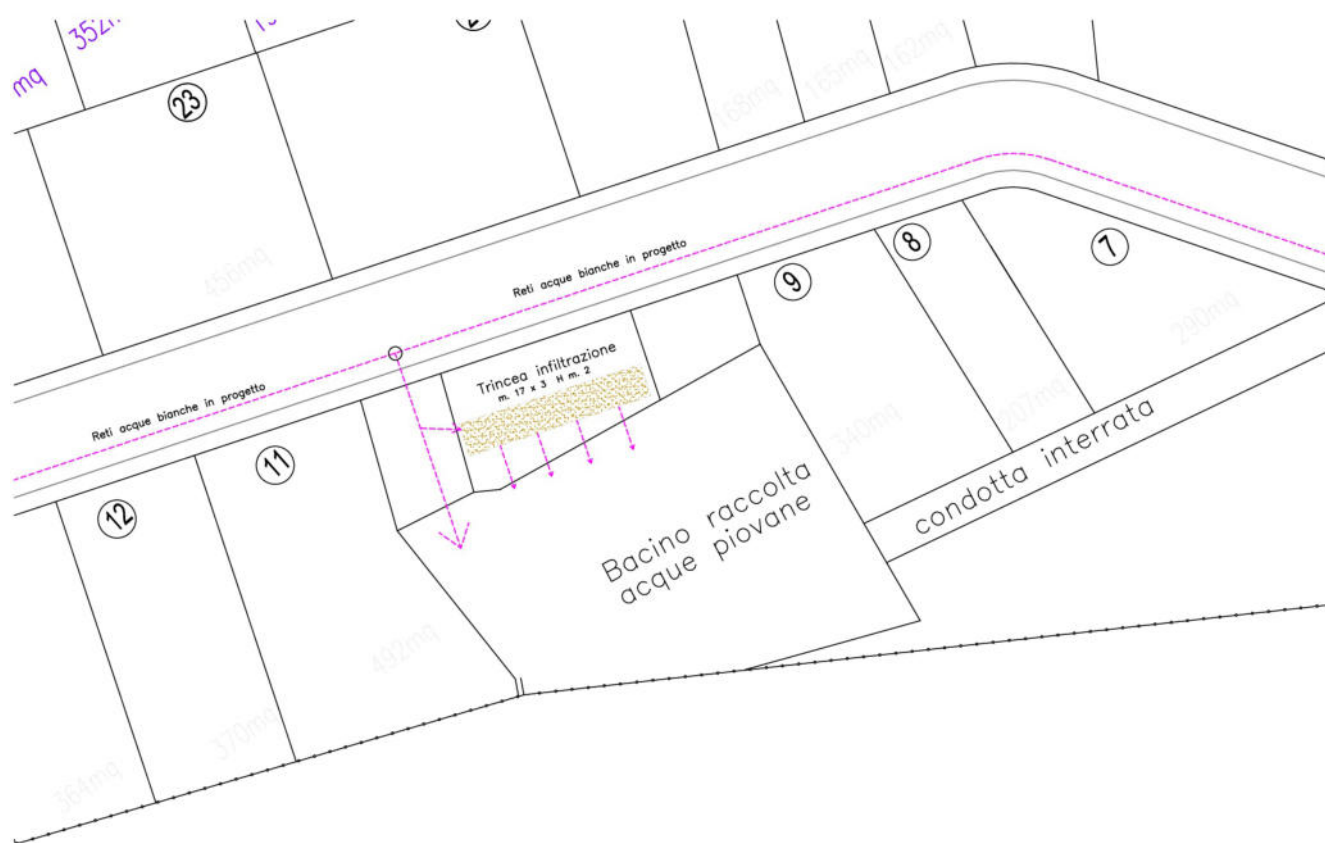
Per questo motivo si decide di adottare un sistema combinato di TRINCEA DI INFILTRAZIONE e CISTERNE DI RACCOLTA ESTERNE, da collocarsi all'interno dei lotti residenziali.

La scelta delle cisterne di raccolta esterne (previste dalle Linee guida, allegato 4 art. 47 delle NTA del PAI, intervento T1 – Manufatti) scaturisce dall'elevato numero di lotti presenti, tutti dotati di area verde privata, e dalla loro uniforme distribuzione.

Da ciò scaturisce un volume esiguo del singolo serbatoio da collocare all'interno della singola proprietà ed una raccolta distribuita in maniera puntuale e uniforme su tutta l'area del bacino idrografico, contribuendo in modo significativo alla riduzione dei deflussi superficiali.

La ripartizione dei volumi d'acqua da raccogliere in situazione di piena è la seguente: 100.00 m³ attribuiti alla trincea di infiltrazione e 228.00 m³ a carico delle cisterne di raccolta.

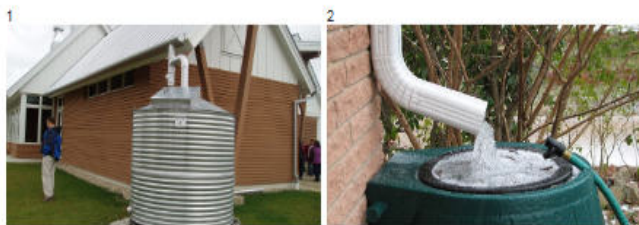
Eseguendo le verifiche per un volume da captare pari a 100,00 m³, scaturisce la realizzazione di una trincea di infiltrazione avente larghezza di base pari a 3.00 m, altezza netta di 2.00 m e lunghezza totale risulta pari a L= 17.00 m. All'interno della trincea è posizionata una tubazione in PEAD De 300 forata.



COMPENSAZIONE RESIDUA E CONCLUSIONI

La compensazione del volume di piena residuo, pari a 228.01 mc, sarà perseguita in parte mediante la realizzazione di cisterne di raccolta esterne, da collocarsi all'interno di ciascun lotto residenziale.

Classe di intervento *				Processo				Destinazione d'uso				Spazio disponibile		Tipo di suolo **		Rischio idraulico		Qualità		Costi			
a	b	c	d	Infiltrazione	Detenzione	Trasporto	Riutilizzo	Residenzia/servizi	Strade e parcheggi	Commerciale	Industriale	Riqualificazione urbana	Basso	Alto	A, B - Permeabile	C, D - Impermeabile	Riduzione picchi di deflusso	Riduzione del volume	Valore figurativo	Valore ecologico	Realizzazione	Manutenzione	
●	●	●	●		●		●	●		●		●	●	●	●	●	++	++	+	+	++	++	
Intensità di precipitazione								++++				Tempo max svuotamento invaso				++++							



1, 2 - Cisterna di raccolta esterne

e in parte mediante la realizzazione di invasi sotterranei, con connessione alla rete sotterranea, da collocarsi all'interno di ciascun lotto residenziale.

Classe di intervento				Processo				Destinazione d'uso					Spazio disponibile	Tipo di suolo		Rischio idraulico		Qualità		Costi		
a	b	c	d	Infiltrazione	Detenzione	Trasporto	Riutilizzo	Residenzia/servizi	Strade e parcheggi	Commerciale	Industriale	Riqualificazione urbana	Basso	Alto	A, B - Permeabile	C, D - Impermeabile	Riduzione picchi di deflusso	Riduzione del volume	Valore figurativo	Valore ecologico	Realizzazione	Manutenzione
●	●	●	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	●	●	+++	++++	+	+	++++	++++
Intensità di precipitazione								++					Tempo max svuotamento invaso					++++				



1, 2 - Invaso sotterraneo

La ripartizione della compensazione all'interno dei singoli lotti sarà distribuita secondo la tabella seguente.

LOTTO NUMERO	SUPERFICIE LOTTO MQ	SUPERFICIE COPERTA LOTTI MQ	VOLUMI INVASI O CISTERNE SINGOLI LOTTI
			228,01 mc
1	466,00	186,40	4,20
2	467,00	186,80	4,21
3	502,00	200,80	4,53
4	502,00	200,80	4,53
5	574,00	229,60	5,17
6	1.321,00	528,40	11,91
7	290,00	116,00	2,61
8	207,00	82,80	1,87
9	340,00	136,00	3,07
11	492,00	196,80	4,44
12	370,00	148,00	3,34
13	364,00	145,60	3,28
14	358,00	143,20	3,23
15	489,00	195,60	4,41
16	475,00	190,00	4,28
17	495,00	198,00	4,46
19	465,00	186,00	4,19
20	522,00	208,80	4,71
21	859,00	343,60	7,74
22	460,00	184,00	4,15
23	456,00	182,40	4,11
24	493,00	197,20	4,44
25	295,00	118,00	2,66
26	168,00	67,20	1,51
27	165,00	66,00	1,49
28	162,00	64,80	1,46
29	265,00	106,00	2,39
30	1.000,00	400,00	9,01
31	1.000,00	400,00	9,01
32	1.000,00	400,00	9,01
33	432,00	172,80	3,89
34	265,00	106,00	2,39
35	204,00	81,60	1,84
36	204,00	81,60	1,84
37	268,00	107,20	2,42
38	273,00	109,20	2,46
39	176,00	70,40	1,59
40	176,00	70,40	1,59
41	176,00	70,40	1,59
42	282,00	112,80	2,54
43	307,00	122,80	2,77
44	192,00	76,80	1,73
45	352,00	140,80	3,17
46	346,00	138,40	3,12
47	207,00	82,80	1,87
48	259,00	103,60	2,33
49	1.002,00	400,80	9,03
50	370,00	148,00	3,34
51	370,00	148,00	3,34
52	370,00	148,00	3,34
53	370,00	148,00	3,34
54	370,00	148,00	3,34
55	520,00	208,00	4,69
56	756,00	302,40	6,82
58	506,00	202,40	4,56
59	506,00	202,40	4,56
60	506,00	202,40	4,56
61	506,00	202,40	4,56
TOTALE	25.293,00	10.117,20	228,01

I Professionisti

Dott. Ing. Caterina Francavilla

N° 4296 Ordine Ingegneri Provincia di Cagliari



Dott. Geol. Tarcisio Marini

N° 110 Ordine Geologi della Sardegna



Capoterra, 19 febbraio 2024