

Città Metropolitana di Cagliari

COMUNE DI CAPOTERRA



Richiesta di autorizzazione a lottizzare un'area in località La Maddalena spiaggia Zona D2B.5 in Comune di Capoterra

Studio comunale di assetto idrogeologico ex art.8 c.2ter delle N.A. del PAI - Parte frane

RELAZIONE ASSEVERATA

ALL. -
Scala -

Il Proponente

Sa Idanu Real Estate s.r.l.s.

I Tecnici

dott. geol. Angelo Vigo

dott. Ing. Fabrizio Staffa

DATA: MARZO 2025

Rev.: 01

DOTT.GEOL. ANGELO VIGO

Via Brigata Sassari, 31 - 09045 Quartu Sant'Elena - Tel/Fax 070 3510912 - Cell +39 3887448274 - P.I. 02940660927 - geol.angelo.vigo@gmail.com

INDICE

1	PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1	<i>Descrizione sintetica della proposta di Piano Attuativo (Accordo di Programma)</i>	<i>5</i>
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA VASTA.....	8
4	INQUADRAMENTO MICROCLIMATICO	11
4.1	<i>Acquisizione ed analisi dei dati locali</i>	<i>11</i>
4.1.1	<i>Analisi della distribuzione delle temperature medie diurne</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Elaborazione umbrotermica di Walter e Lieth</i>	<i>13</i>
5	CONTESTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO LOCALE.....	15
5.1.1	<i>Assetto idrogeologico locale</i>	<i>17</i>
5.2	<i>Idrografia a scala di bacino e locale</i>	<i>17</i>
5.2.1	<i>Inquadramento nell'ambito del PAI idraulico vigente.</i>	<i>18</i>
6	ANALISI E ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA.....	19
6.1	<i>Carta dell'instabilità potenziale.....</i>	<i>19</i>
6.2	<i>Pericolosità da frana</i>	<i>20</i>
7	CONCLUSIONI.....	21

ALLEGATI IN APPENDICE

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	scala 1:1.000
CARTA DELL'ACCLIVITÀ	scala 1:1.000
CARTA DELL'USO DEL SUOLO	scala 1:1.000
CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE	scala 1:1.000
CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA	scala 1:1.000

1 PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli scriventi dott. geol. Angelo Vigo (n.604 Ordine dei Geologi della Regione Sardegna) e Ing. Fabrizio Staffa (n. 5453 - Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari) hanno ricevuto l'incarico per la redazione dello Studio Comunale di Assetto Idrogeologico - parte frane nell'ambito della *"Variante Urbanistica sostanziale di una porzione di Zona G1a.3 in località La Maddalena con conversione in Zona D2b - Proposta di Accordo di Programma per la conversione di un'area in località La Maddalena spiaggia da Zona G1a.3 a Zona D2b in Comune di Capoterra"*.

Il presente studio è redatto ai sensi dell'Art.8 c.2ter delle Norme di Attuazione¹ (di seguito N.A.) del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (di seguito P.A.I.), reso definitivamente vigente con D.P.G.R n.67 del 10.07.2006.

Tuttavia, l'art.8 c.2ter lett.b dispone che *"nei comuni nei quali sia stato adottato dall'Autorità di Bacino gli studi comunali di assetto idrogeologico relativi all'intero territorio o, comunque, l'area interessata dal piano attuativo risulti studiata dai piani regionali in materia di assetto idrogeologico"* si possa omettere la redazione dello studio di assetto idrogeologico. In tali casi *"...il Comune redige e approva una relazione asseverata di accompagnamento al piano attuativo, che illustri, ai fini del PAI, il contesto territoriale sotto l'aspetto dell'assetto idrogeologico e asseveri motivatamente che non si rilevano modifiche al quadro conoscitivo e alle previsioni pianificatorie vigenti in tema di assetto idrogeologico. Nei casi di cui alle lett. a) e b) del presente comma, la relazione asseverata è firmata congiuntamente da un ingegnere esperto nel settore idraulico e da un geologo, iscritti ai rispettivi albi professionali."*

La presente relazione asseverata è redatta ai sensi degli articoli 75 e 76 del D.P.R. n. 445/2000, in piena consapevolezza delle relative sanzioni penali previste dagli articoli 359 e 481 del Codice Penale.

Il presente documento e gli allegati individuano le eventuali aree di pericolosità da frana secondo la procedura prevista dal DPCM 29/09/98 (Cap.6 della Linee Guida del PAI), avvalendosi degli elementi territoriali contenuti nei database storico-geografici e di quelli rilevati in situ, dai quali sono state ricavate le carte di sintesi e le definitive perimetrazioni delle aree di pericolosità da frana.

Detta procedura si è articolata come segue:

1. reperimento, presso l'Amministrazione Comunale, Enti ed Istituti di ricerca, di dati storico-cronologici relativi a dissesti verificatisi sull'area in studio o su aree limitrofe ad essa omogenee per contesto territoriale;
2. redazione degli elaborati cartografici di base, tratti da database geografici in formato vettoriale e da rilevamento sul territorio;
3. elaborazione dei tematismi in ambiente GIS, sino alla definizione delle carte di sintesi del territorio comunale;
4. verifica, correzione ed implementazione degli ulteriori dati territoriali sino alla perimetrazione delle aree di pericolosità da frana su tutto il territorio comunale ed in particolare sulle aree già urbanizzate o oggetto di pianificazione;
5. definizione delle eventuali aree di pericolosità da frana e verifica di compatibilità della Proposta di Piano Attuativo.

Gli elementi considerati e le relative conclusioni sono contenuti nel presente elaborato e nei relativi allegati cartografici in Appendice.

¹ Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 27.2.2018: modifica ed integrazione delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico; Deliberazione della G.R. n.13/12 del 13.3.2018 e successivo DPGR n.35 del 27.4.2018 - BURAS n.23 del 3 maggio 2018.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area d'intervento risulta ubicata nel Comune di Capoterra in località "La Maddalena" e confina, a nord-ovest, con altre proprietà, a nord-est con la Strada Provinciale n.91, in adiacenza ad un esistente ingresso per la lottizzazione "La Residenza del Sole", a sud-est con la Strada Statale n.195 e a sud-ovest con la Strada Vicinale di Santa Barbara: i terreni coinvolti, distinti nel Catasto Terreni di Capoterra al foglio 26, mappali 710 e 711, per una superficie complessiva di 23.246,00 mq, risultano essere suoli agricoli caratterizzati, secondo il classamento catastale, da una qualità della coltura "orto irriguo" con classe di produttività 2 ma, attualmente, non sono interessati da colture agricole.

Dal punto di vista cartografico la lottizzazione oggetto degli interventi è inquadrata nel Foglio 566 IV "La Maddalena" della Cartografia I.G.M. in scala 1:25.000, e nella Sezione 566 010 "Ponte Marmora" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) della Sardegna in scala 1: 10.000.

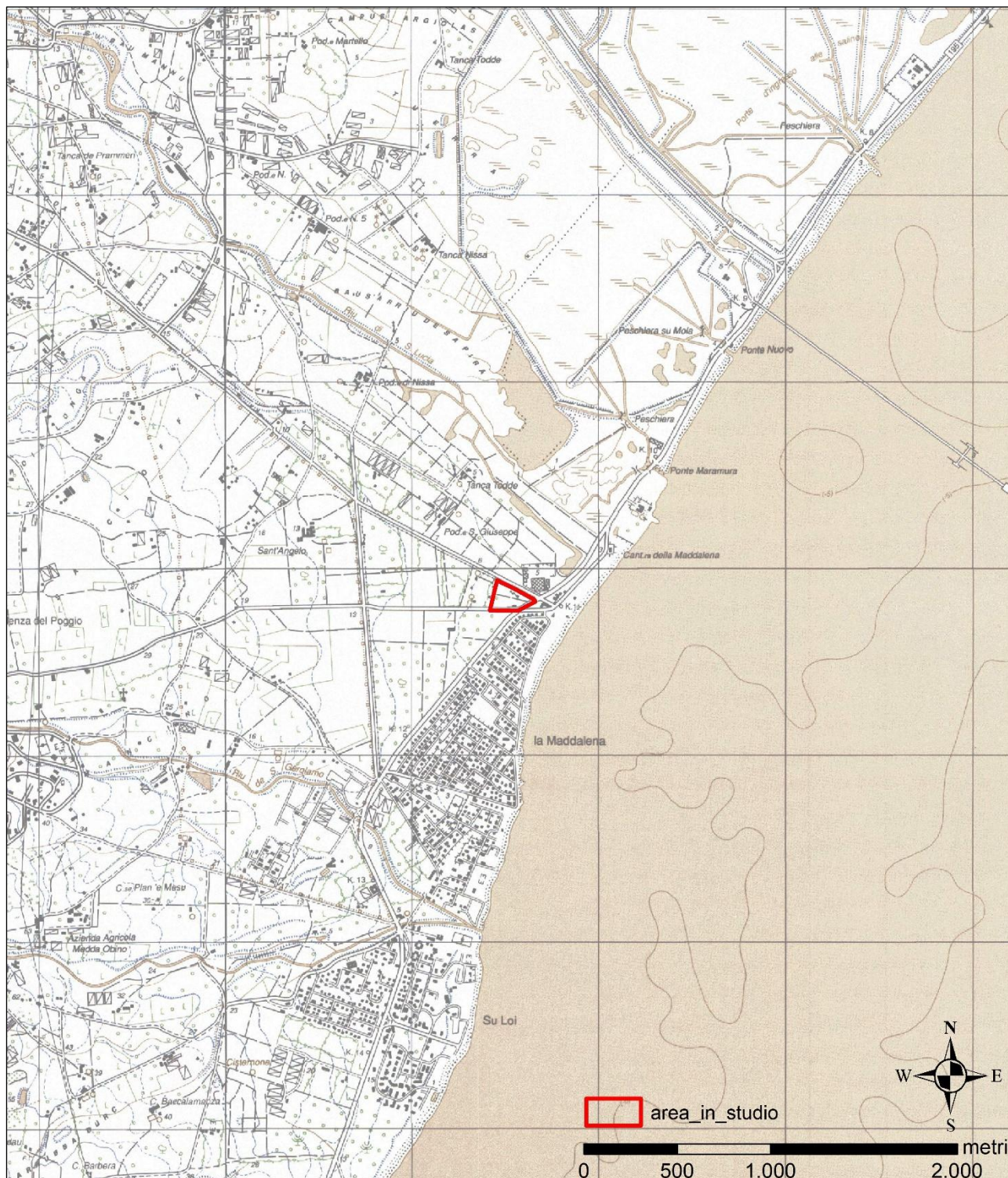


Figura 2.1. Inquadramento nella cartografia IGM.

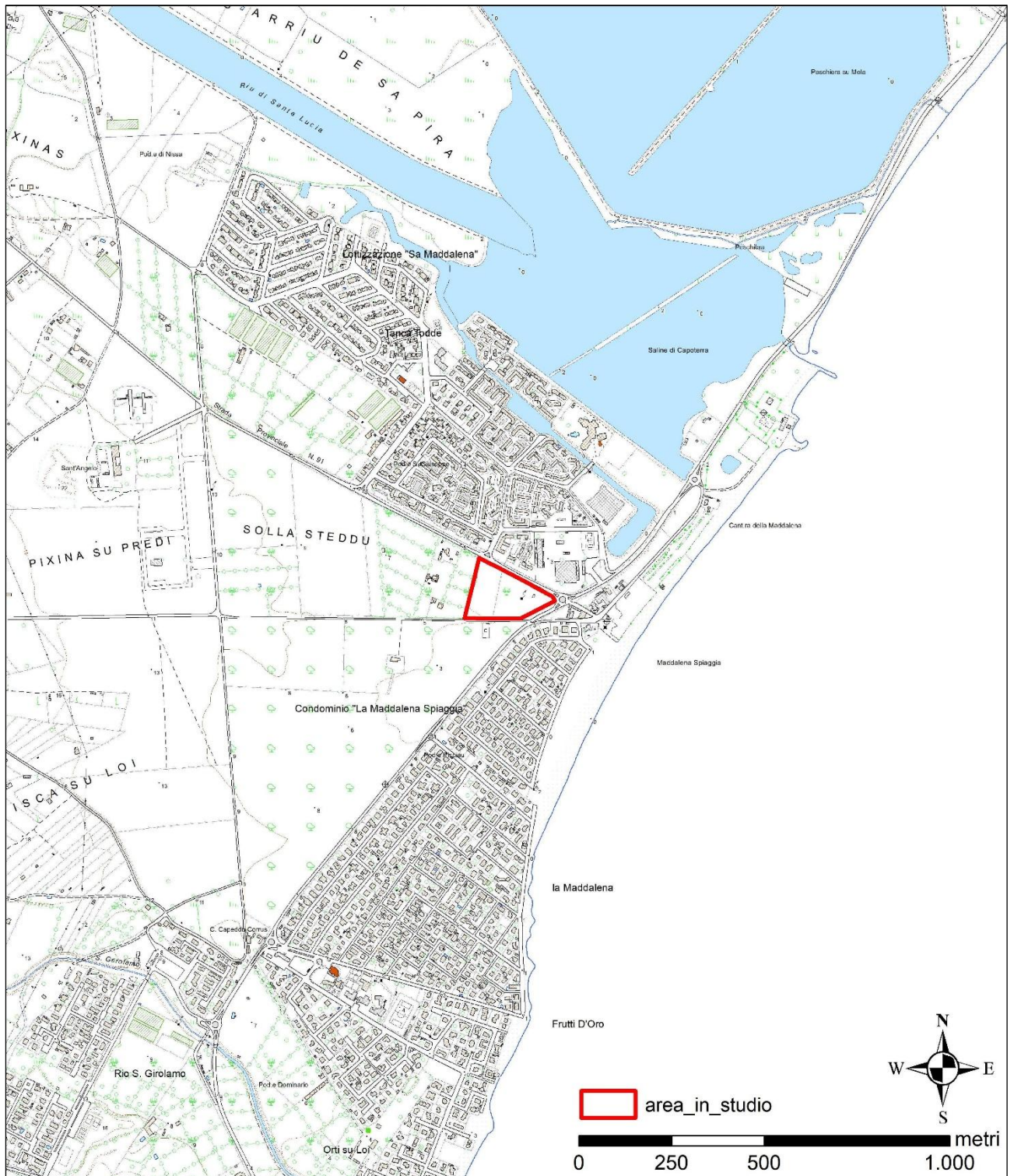


Figura 2.2. Inquadramento nell'ambito del DBGT 10k della RAS.

La scala di rappresentazione dello studio, come prescritto dalle N.A. è quella dello strumento urbanistico vigente in ambito edificato, rappresentato nell'aerofotogrammetrico comunale in scala 1:2.000. Nella elaborazione dei dati territoriali finalizzata alla valutazione della pericolosità geologica si è fatto ricorso alle carte tematiche di base.

Gli elaborati cartografici utilizzati nelle procedure di *overlay*, che saranno dettagliatamente illustrate in seguito, sono quelli previsti dalle Linee Guida del PAI:

1. Tav.1 Carta geo-litologica e geomorfologica – scala 1:1.000 – Da base RAS modificata;
2. Tav.2 Carta delle pendenze – scala 1:1.000 – Da DTM originato da volo LIDAR RAS 2008, con maglia 1 metro;
3. Tav.3 Carta dell'uso del suolo – scala 1:1.000 – Fonte Corine Land Cover 2008.

L'area si inserisce in un ampio contesto sub-pianeggiante, dal quale non è evidentemente estrapolabile un intorno delimitato da specifiche peculiarità geomorfologiche: l'unità fisiografica studiata, pertanto, coincide inevitabilmente con l'area di pianificazione.

2.1 Descrizione sintetica della proposta di Piano Attuativo (Accordo di Programma)

Il progetto prevede la realizzazione nella parte nord-ovest del piano di una strada di lottizzazione 1, perpendicolare all'esistente SP n.91 la quale sarà accessibile attraverso la futura realizzazione di una rotatoria esterna al piano di lottizzazione, che permetterà anche una maggior connessione con la preesistente lottizzazione "La Residenza del Sole" e una strada di lottizzazione 2, adiacente alla Strada Vicinale di Santa Barbara. Sarà posizionato adiacente alla strada di lottizzazione 1 il lotto n.1, che avrà accesso sia dalla strada precedentemente citata, sia dalla Strada Vicinale di Santa Barbara. Accanto al Lotto n.1, sarà invece posizionato il lotto servizi, accessibile dalla Strada Vicinale di Santa Barbara. Si prevede la realizzazione di fasce di verde pubblico nella parte nord-ovest del Piano, adiacente alla SP n.91 e nella parte sud-est del Piano adiacente alla Strada Vicinale di Santa Barbara, favorendo la permeabilità delle aree esterne, funzionale alle esigenze di gestione sostenibile delle acque meteoriche e funga da schermatura per i lotti interni alla lottizzazione. Esse inoltre avranno la funzione di perimetrare la fascia di rispetto dei "Fortini" in modo tale da garantirne una maggiore visibilità e fruibilità da parte dell'amministrazione comunale.

Sulla parte est del Piano, accessibile dalla strada di lottizzazione 2, sarà presente l'area parcheggio che grazie alla sua posizione servirà non solo l'area interessata dal progetto di Piano ma anche il contesto, come la "Maddalena Spiaggia" o le varie lottizzazioni vicine.



Figura 2.3. Estratto Stralcio esplicativo intervento in progetto.



Figura 2.4. Stralcio Tavola 4 – Planimetria generale della proposta di Accordo di programma.

Parallelamente alla viabilità suddetta saranno realizzate le reti tecnologiche (rete di smaltimento acque nere, rete smaltimento acque meteoriche, rete idrica, illuminazione pubblica, rete telefonica, rete elettrica) che serviranno i vari lotti. È ricompresa anche la superficie di 65 mq occupata dalla cabina ENEL.

SUPERFICIE D'INTERVENTO		23246,00	mq
STANDARDS			
superf. MINIMA di aree da destinare a cessione	20%	4649,20	mq
DA PUC_zona D2B			
SERVIZI S1 + S2	10%	2324,60	mq
S3 - verde pubblico attrezzato	5%	1162,30	mq
S4 - parcheggi pubblici	5%	1162,30	mq
CESSIONI DI PROGETTO			
SERVIZI S1 + S2	10,0189%	2329,00	mq
S3 - verde pubblico attrezzato	10,3502%	2406,00	mq
S4 - parcheggi pubblici	13,9508%	3243,00	mq
aree CEDUTE IN PROGETTO	34,3199%	7978,00	mq

CALCOLI PLANOVOLUMETRICI DI PROGETTO		
Sup. da lottizzare	23246,00	mq
Superficie cessioni (S1+S2+S3+S4)	7978,00	mq
PERCENTUALE CESSIONI (min. 20%)	34,3199%	
Superficie strade /marciapiedi	1253,00	mq
Somma sup. cessioni	9231,00	mq
Superficie netta - cessioni	14015,00	mq
Cabina ENEL	65,00	mq
SUPERFICIE FONDIARIA = Superficie - cessioni - ENEL	13950,00	mq
Indice territoriale	1,00	mc/mq
Volume realizzabile totale (Sup. * i.t)	23246,00	mc
Volume PUBBLICO (10% Vol. totale)	2324,60	mc
Volume LOTTI PRIVATI	20921,40	mc
Indice fabbricabilità fondiario definitivo	1,499741935483870	mc/mq

LOTTO	Area LOTTIZZATA	Vol. Totale	Sup. Coperta
	mq	mc	mq
1	13950,00	20921,40	6975,00

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA VASTA

Il territorio di Macchiareddu ricade sul margine meridionale del *Grafeni del Campidano*, una vasta fossa tettonica orientata su un asse NW-SE, che congiunge idealmente il Golfo di Cagliari con quello di Oristano (Figura 4.1)². Essa riattiva parte della porzione meridionale della più antica *Fossa Sarda Auct.*, un semi-graben originatosi nella fase di *rifting Burdigaliano* per effetto della tettonica distensiva che ha portato al distacco e alla rotazione del blocco Sardo-Corso dalla penisola Iberica.

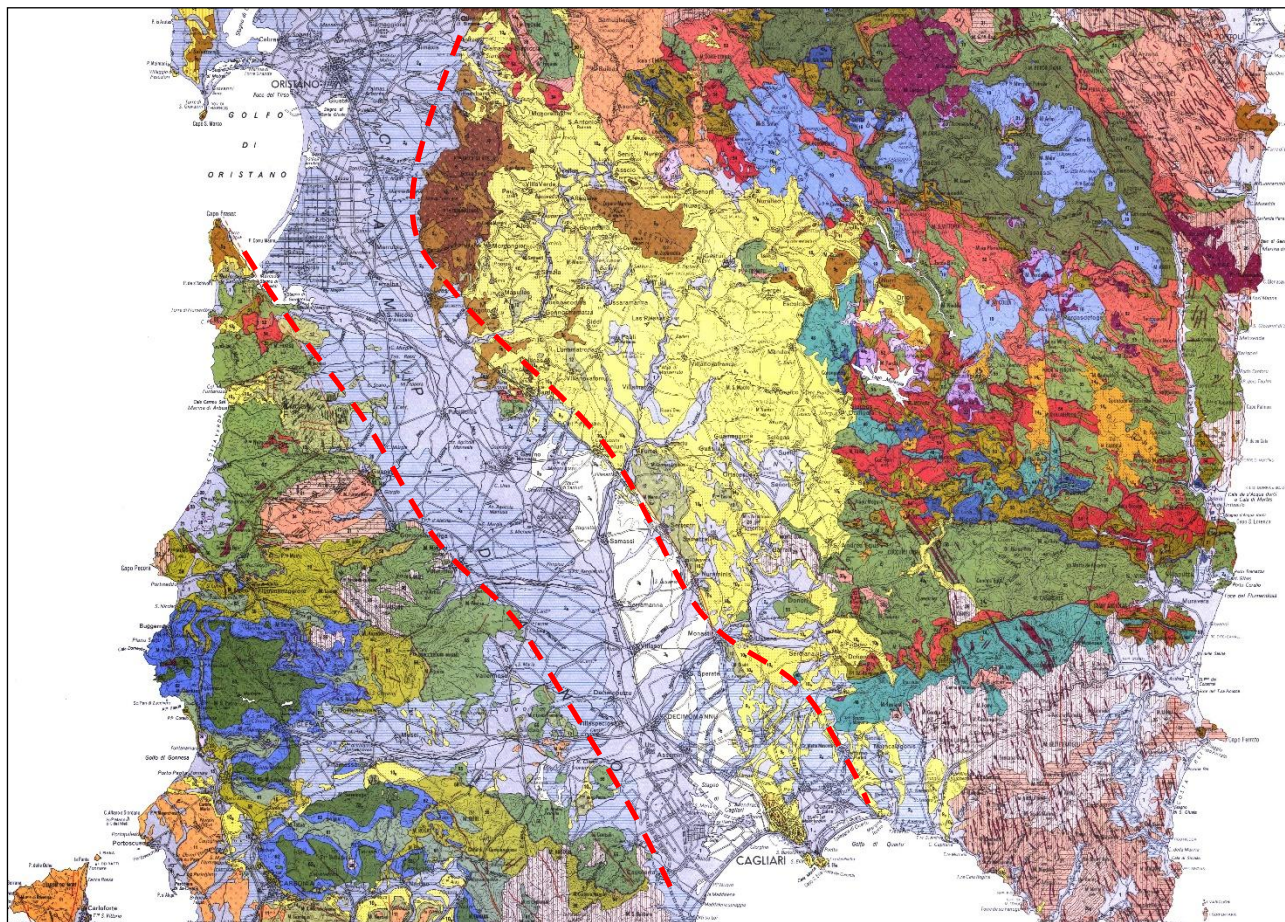


Figura 3.1. Stralcio Carta Geologica della Sardegna (L.Carmignani, S.Barca, G.Oggiano, P.C.Pertusati, I.Salvadori): le linee tratteggiate indicano approssimativamente i limiti del Graben del Campidano.

Dal Miocene Superiore al Plio-Pleistocene, l'Isola è interessata da una nuova fase distensiva collegata all'apertura del Bacino Balearico e del Tirreno centro-meridionale: nel Pliocene Inferiore l'iniziale subsidenza, che raggiunge il picco nel Pliocene Medio-Superiore, favorisce l'ingressione marina nelle aree più depresse, con depositi localizzati nel Sinis e nel Campidano di Cagliari e Oristano. In questa fase la formazione del Graben del Campidano si accompagna alla progressiva colmata, in parte sin-tettonica, di sedimenti continentali (*Formazione di Samassi* e *Alluvioni antiche Auct.*), in facies fluvio-deltizie.

Nell'area in studio il limite è collocabile in prossimità dei rilievi di Capoterra-Uta, modellati prevalentemente sul basamento paleozoico in facies anchimetamorfica (Arenarie di San Vito) e cristallina (Leucograniti dell'Unità Intrusiva di Villacidro), in corrispondenza della quale spiccano le cime con le maggiori altimetrie, quali Monte Lattias (1086 m s.l.m.), Monte Arcosu (946 m s.l.m.) e Monte Seddas (850 m s.l.m.).

In Figura 4.2 è riportato lo schema Geologico-Strutturale del margine sud-occidentale del Campidano, nel quale sono evidenziati i principali sistemi di faglie dirette (*Master Faults*), con una sensibile componente trascorrente, orientate prevalentemente NW-SE e, subordinatamente, N-S e NE-SW. Si tratta in ogni caso di faglie a gradinata con rigetti di alcune centinaia di metri, attualmente inattive, note soprattutto per la notevole circolazione idrotermale, evidenziata dalle numerose sorgenti allineate lungo la Faglia di Siliqua (Pecorini, Pala, Porcu, 1976).

² Lo schema è tratto dalle **Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 557 – Cagliari** alle quali sono riferibili parte della Letteratura geologico-strutturale contenuta nel presente studio. Nessuna modifica sostanziale è stata operata sugli elementi riportati.

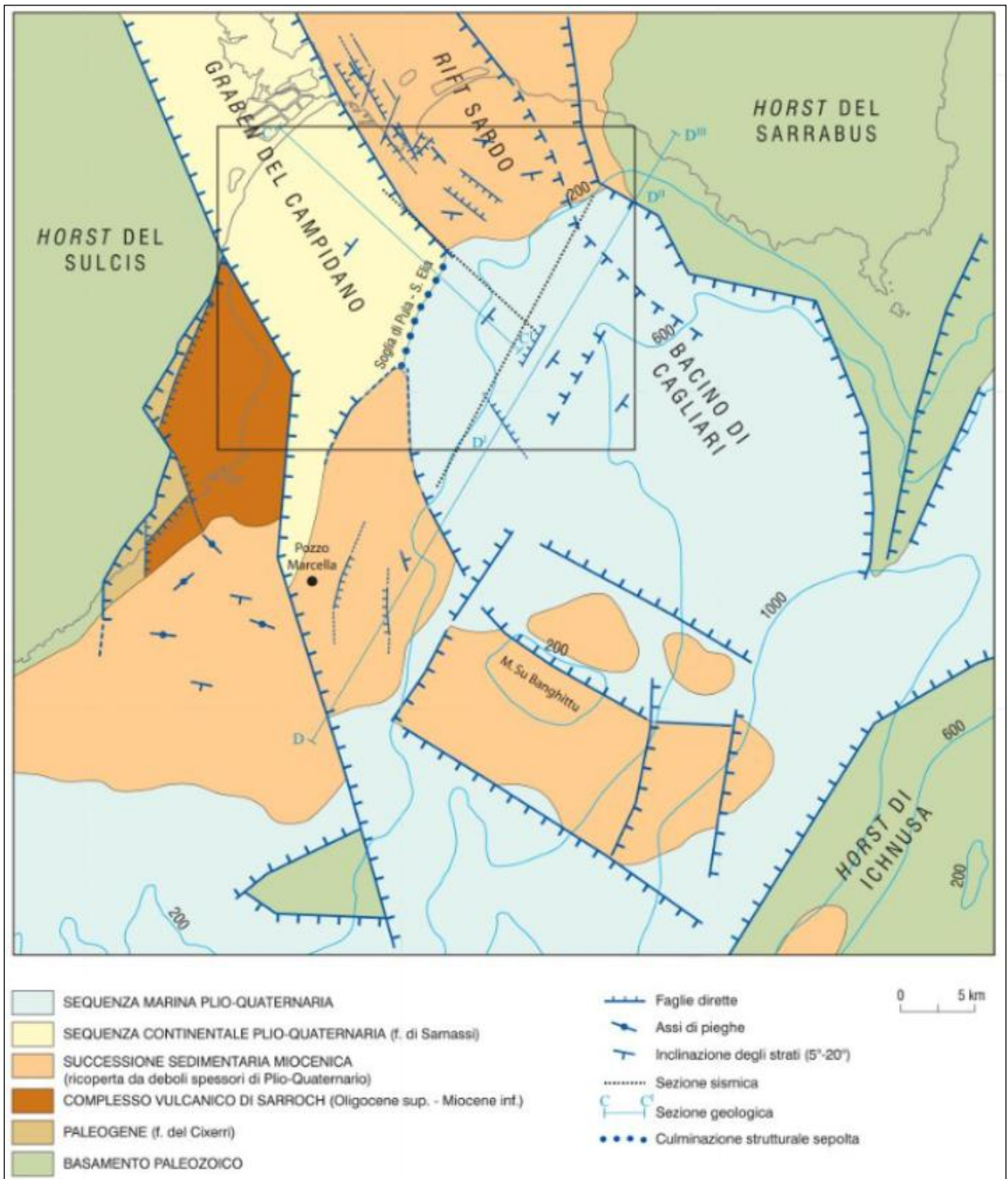


Figura 3.2. Stralcio del Foglio 566 - Pula pubblicato nell'ambito del Progetto CARG in scala 1:50.000: "Schema geologico-tettonico della parte orientale del margine meridionale della Sardegna".

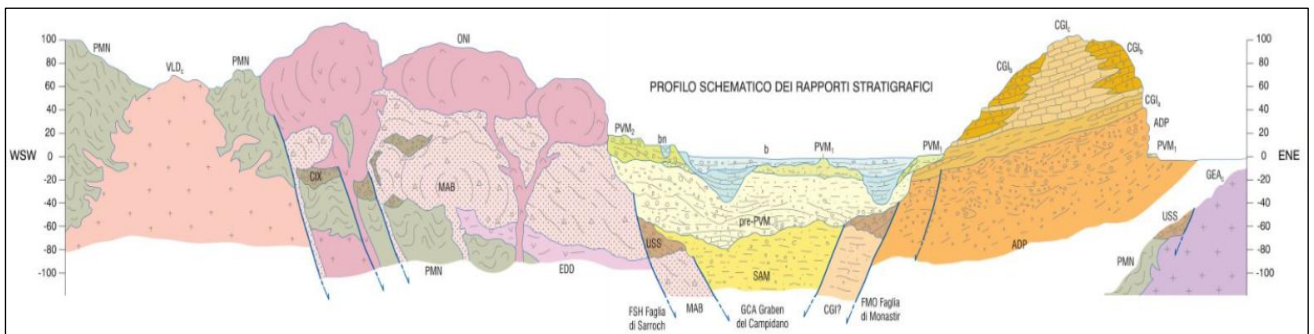


Figura 3.3. Stralcio del Foglio 566: “Profilo schematico dei rapporti stratigrafici”.

La colmata sedimentaria, in parte sintettonica, si chiude nell'area con le alluvioni ciottolose tardo-pleistoceniche che si espandono in coni di deiezione, talvolta anche di notevole estensione: si tratta di sedimenti grossolani e caotici tipici di un ambiente periglaciale caratterizzato da un clima prevalentemente freddo e arido, che determina la netta prevalenza della componente erosiva, cui si deve l'incisione di valli strette e profonde nel massiccio cristallino-metamorfico di Capoterra.

Nella fattispecie l'ampio ventaglio delle conoidi si origina allo sbocco delle valli del Rio San Gerolamo e del Rio Masone Ollastu (Figura 4.4) ricoprendo l'originario *pediment* con una coltre detritica che raggiunge potenze nell'ordine di alcune decine di metri, rapidamente decrescenti da ovest ad est. Nell'ambito della Cartografia Geologica di base della RAS in scala 1:25.000, dette alluvioni afferiscono al *Sistema di Portovesme - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso* e si presentano spesso terrazzate, a partire dallo stesso rio S.Lucia che le reincide talora per alcuni metri entro l'attuale tracciato, con una composizione ciottoloso-sabbiosa, non di rado inglobante blocchi e trovanti decimetrici, e subordinatamente intercalazioni lentiformi di livelli argillosi e argilloso-sabbiosi.

L'ambiente di deposizione si caratterizza quindi per un'elevata energia di trasporto ai danni delle abbondanti falde detritiche che orlavano i versanti. Dal punto di vista litologico, i detriti constano in prevalenza di ciottoli di scisto, di quarzo e di andesite, generalmente poco elaborati e subangolari, frammisti a sabbia quarzosa e ad argilla più o meno ferruginosa e rubefatta (*ferrettizzazione*) per ossidazione in ambiente sub-aereo.

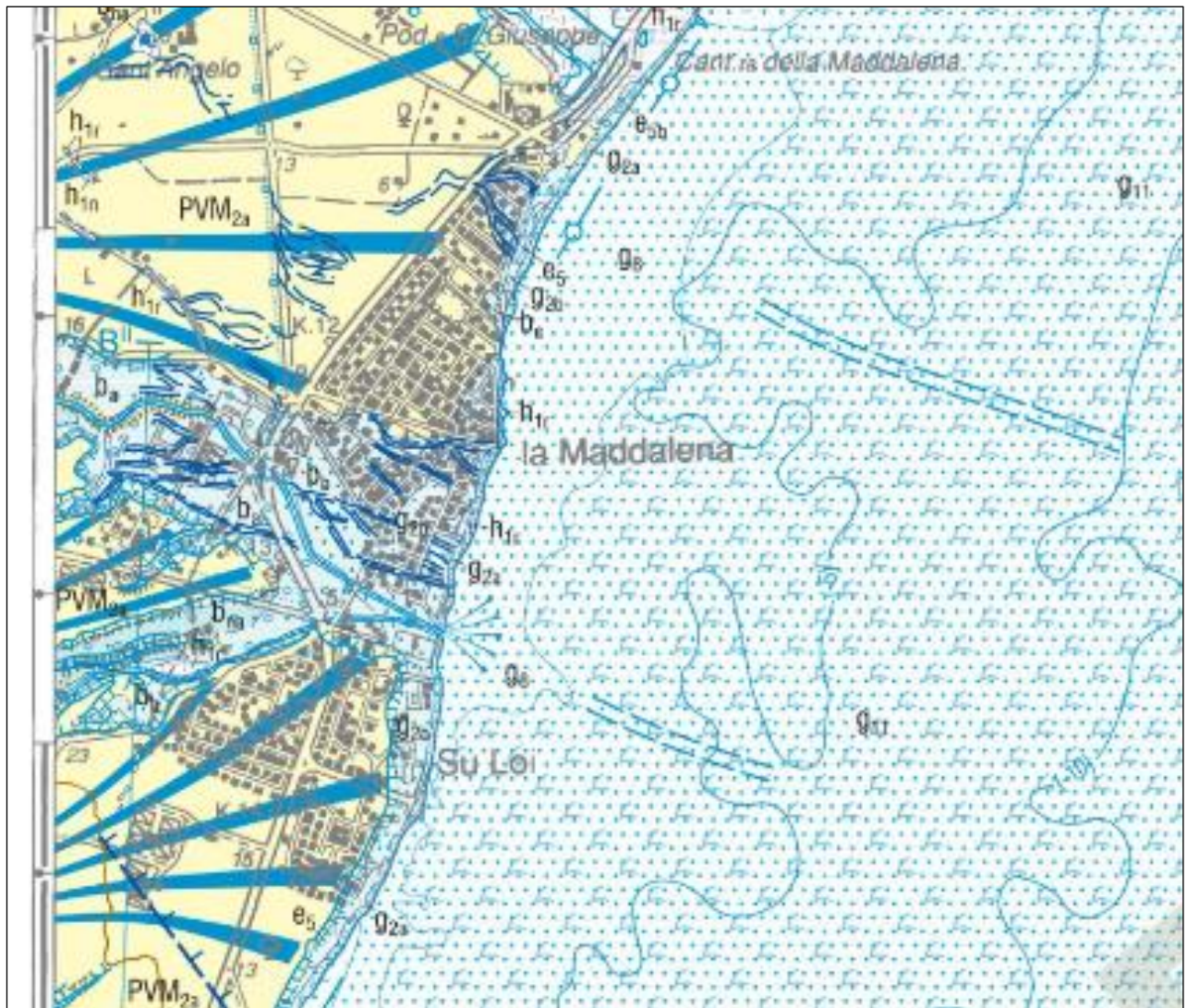


Figura 3.4. Stralcio del Foglio 566 – Pula, pubblicato nell'ambito del Progetto CARG in scala 1:50.000 (qui riprodotto fuori scala originale). Benché ai margini, sono visibili i simboli che indicano i conoidi tardo pleistocenici spinti sino ai margini della costa attuale.

4 INQUADRAMENTO MICROCLIMATICO

La posizione geografica, il carattere di insularità e l'orografia della Sardegna costituiscono i principali fattori che ne condizionano il clima (M. Pinna, 1954): occupando il centro del bacino occidentale del mediterraneo, essa è esposta al dominio dei venti occidentali e delle masse d'aria calda tropicale.

Nella classificazione di Köppen (1936) il clima regionale ricade nel novero di quelli temperati, corrispondente al tipo C – *Climi temperati delle medie latitudini* caratterizzato dal mese più freddo con temperature medie inferiori a 18°C ma superiore a -3°C e da almeno un mese avente temperatura media pari ad almeno 10°C. Si tratta quindi di un clima che esprime sia una stagione estiva che una invernale, ed è genericamente definito come clima Mediterraneo.

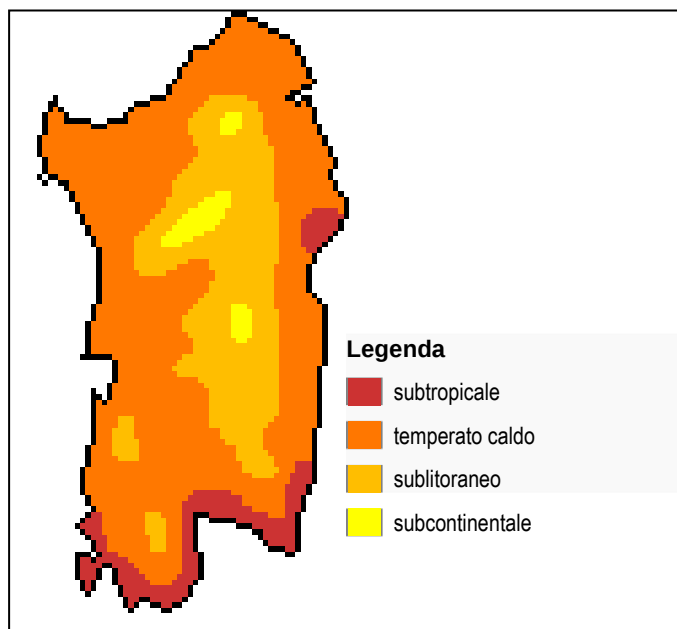


Figura 4.1. Climi temperati (tipo C di Köppen) caratteristici della Sardegna nella classificazione di Pinna (da Carta Climatica d'Italia - Modificata).

In ambito regionale la quasi totalità del territorio, ad eccezione delle zone interne e montuose, ricade nel sottotipo Csa della classificazione di Köppen, che si caratterizza per una temperatura media, nel mese più caldo, superiore ai 22°C e precipitazioni, nel mese più secco del semestre arido, inferiore a un terzo di quello del mese invernale più piovoso, e comunque non superiore a 30 mm. Tale classificazione è stata ulteriormente dettagliata da Pinna nella Carta Climatica d'Italia (Figura 5.1) dove sono distinti quattro sottotipi del tipo C: *subtropicale* lungo tutta la costa meridionale e per un breve tratto della costa orientale (Siniscola-Orosei); *temperato caldo* nelle restanti zone costiere, in particolare quelle occidentali, e per tutto il Campidano e Logudoro-Marghine; le aree interne e montuose sono interessate prevalentemente dai climi *sublitoraneo* e, limitatamente ai rilievi più pronunciati, *subcontinentale*. Il complesso industriale di Macchiareddu ricade nel primo sottotipo.

La peculiare differenziazione delle stagioni deriva principalmente dalla migrazione del limite settentrionale delle celle di alta pressione che insistono nelle fasce subtropicali (Peixoto, 1992). Lo spostamento dell'alta pressione (*Anticiclone delle Azzorre*) raggiunge l'arco alpino nei mesi estivi, determinando un regime stabile talvolta tipico di climi

subtropicali aridi, con temperature elevate e precipitazioni scarse o assenti lungo le coste.

A partire dall'autunno l'alta pressione rimane confinata al margine Nordafricano, favorendo la circolazione di aria umida atlantica che, scontrandosi con le masse d'aria calda ancora stazionanti sul mediterraneo, dà vita alla *ciclogenesi*³ che interessa la Sardegna (Pinna, 1954) generando le perturbazioni cui si deve il più elevato apporto in termini di precipitazioni, seguito dal meno abbondante massimo primaverile.

4.1 Acquisizione ed analisi dei dati locali

La base dati di riferimento è stata ricavata dal nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna (SISS) pubblicato nel 1998 per conto della R.A.S. dall'Ente Autonomo del Flumendosa (oggi ENAS), nel quale si considera un modulo di riferimento che va dal 1922 al 1992 per le pluviometrie e dal 1924 al 1992 per le termometrie. Dette misure sono state completate con i dati resi disponibili dal Servizio tutela e gestione delle risorse idriche della RAS sul sito istituzionale: il modulo pluviometrico è stato esteso sino al 2007, per un totale di 86 anni, mentre quello delle temperature riporta le misure sino al 2011 per un totale di 89 anni. La stazione pluviometrica presa a riferimento è quella di Capoterra, mentre per le temperature i dati sono stati attinti dagli annali delle stazioni di Uta (1922-1992) e Decimomannu (1993-2007).

Di seguito (Tabella 1) si riportano le medie delle precipitazioni e delle temperature medie diurne mensili rispetto al modulo considerato:

Tabella 1. Medie termo-pluviometriche dell'area di intervento.

MESE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNUA
MEDIA PLUV. (mm)	59,8	59,3	51,5	45,8	31,7	10,6	2,5	7,8	35,7	63,2	77,0	74,6	519,5 cumulato
MEDIA TEMP. DIURNE (°C)	9,4	9,9	11,8	14,1	17,9	22,2	25,3	25,5	22,5	18,5	14,0	10,8	16,8

I dati pluviometrici rivelano l'andamento che caratterizza il settore costiero meridionale, con una evidente prevalenza delle precipitazioni nel periodo autunnale ed un minimo altrettanto netto nel periodo estivo (Istogramma in Figura 5.2).

³ La regione mediterranea presenta la più alta frequenza e concentrazione di ciclogenesi del mondo (Landsberg, 1988).

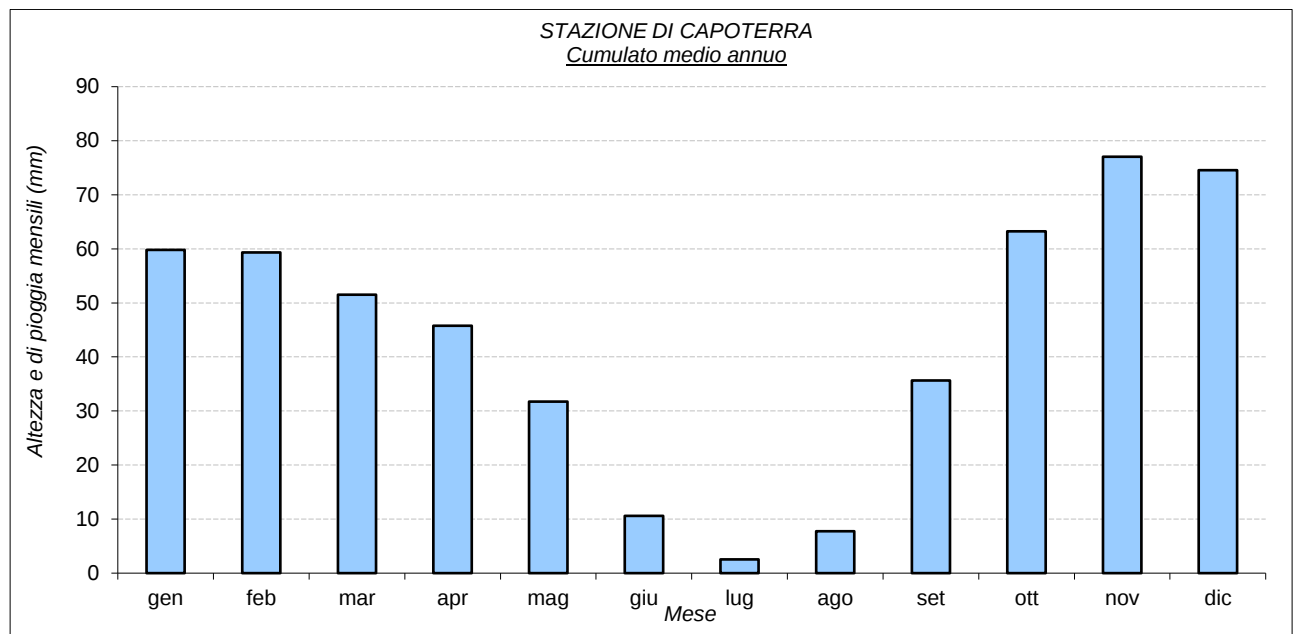


Figura 4.2. Diagramma delle pluviometrie medie mensili ed annue, su un modulo di 86 anni.

Il trimestre invernale (dic-feb), in particolare, fa registrare un cumulado medio pari a circa 193 mm, contro i 176,0 mm del trimestre autunnale e i 129 mm di quello primaverile. In linea con le zone costiere della Sardegna, dove la norma è costituita da estati aride con scarsissime precipitazioni, nell'area in studio durante il trimestre giugno-agosto si registra un'altezza media di pioggia pari a circa 21 mm, che si concentrano in gran parte nel mese di giugno.

La distribuzione delle precipitazioni, quindi, ricalca tipicamente la media dei climi mediterranei costieri, sebbene il massimo, non particolarmente abbondante, si collochi in novembre (77 mm) anziché nel trimestre invernale, dove solo il mese di dicembre vi si avvicina (75 mm). Il minimo, ricade invece nel pieno del trimestre estivo, nel mese di luglio, con soli 2,5 mm.

Per quanto attiene la durata e l'intensità delle piogge, esse sono rappresentate a scala regionale nello studio "Il clima in Sardegna" predisposto a cura di P.A. Chessa e A. Delitala per il Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico dell'ARPA Sardegna (<http://www.sar.sardegna.it>).

Tale studio è stato realizzato su dati circoscritti al periodo 1951-1980 per temperature e precipitazioni, e al 1951-1993 per i restanti parametri. Nella fattispecie, è di notevole interesse la distribuzione del numero di giorni piovosi sul territorio regionale (Figura 5.4a), che evidenzia un massimo di oltre 80 giorni in corrispondenza dell'altipiano di Campeda, e dei massicci del Gennargentu e del Limbara. L'area di Macchiarreddu ricade tra quelle a minore piovosità, con valori medi annui compresi tra 50 e 60 giorni.

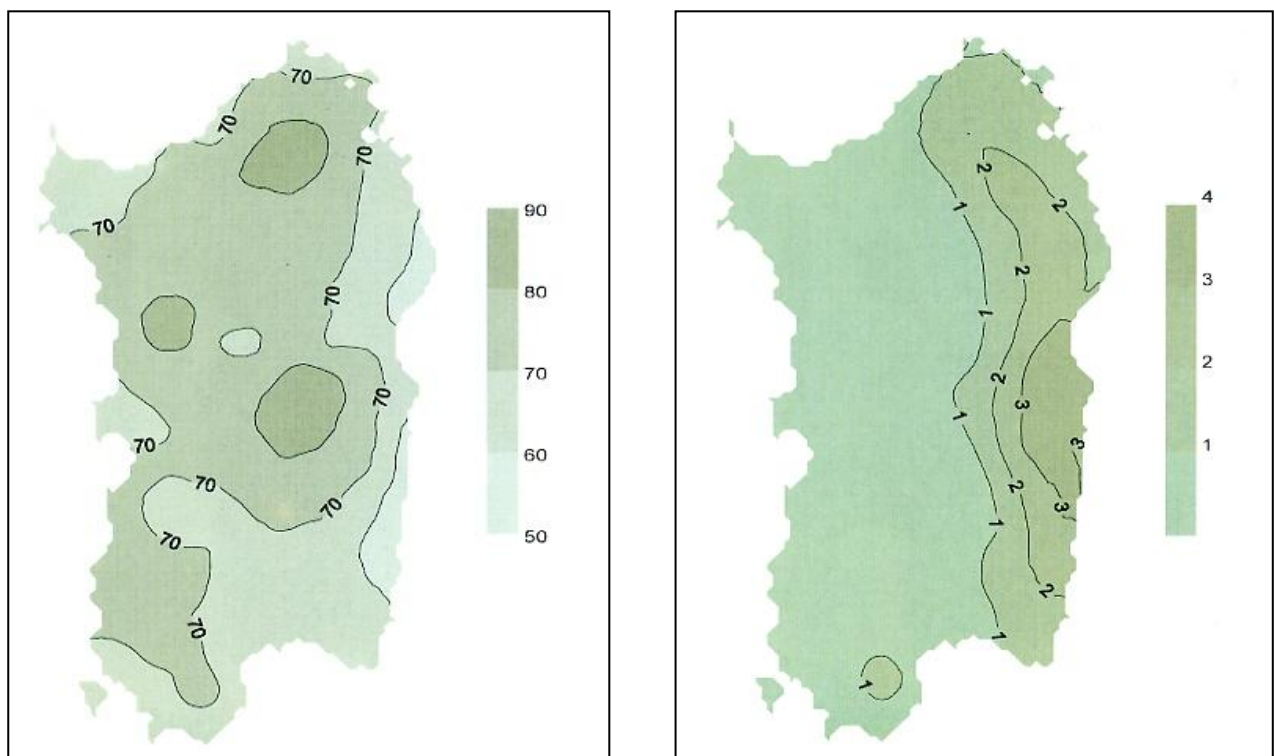


Figura 4.3. A sinistra, distribuzione del numero medio annuo dei giorni piovosi. A destra, distribuzione del numero medio annuo dei giorni con altezze di pioggia superiori a 50 mm.

In termini di intensità giornaliera, espresse in numero medio di giorni per altezza di pioggia, è significativa la carta regionale del numero di giorni con valore di precipitazioni superiore a 50 mm (Figura 5.4b), nella quale si evidenzia un netto gradiente W-E con oltre 3 giorni piovosi in corrispondenza dell'Ogliastra: i rovesci violenti ed intensi sono quindi nettamente localizzati lungo il settore orientale dell'isola, benché il numero dei giorni piovosi sia tra i più bassi, contrariamente a quanto accade nel settore in studio dove al valore non elevato dei giorni piovosi corrisponde comunque una distribuzione più uniforme delle precipitazioni.

4.1.1 Analisi della distribuzione delle temperature medie diurne

La temperatura è un parametro geograficamente più stabile e meno soggetto a variazioni locali rispetto alle precipitazioni, per cui è oggettivamente arduo, e talora artificioso, stabilire correlazioni a scala così ridotta. Con i dati riferiti alla Tabella 2 è stato elaborato il grafico (Figura 5.5) della distribuzione delle medie diurne mensili.

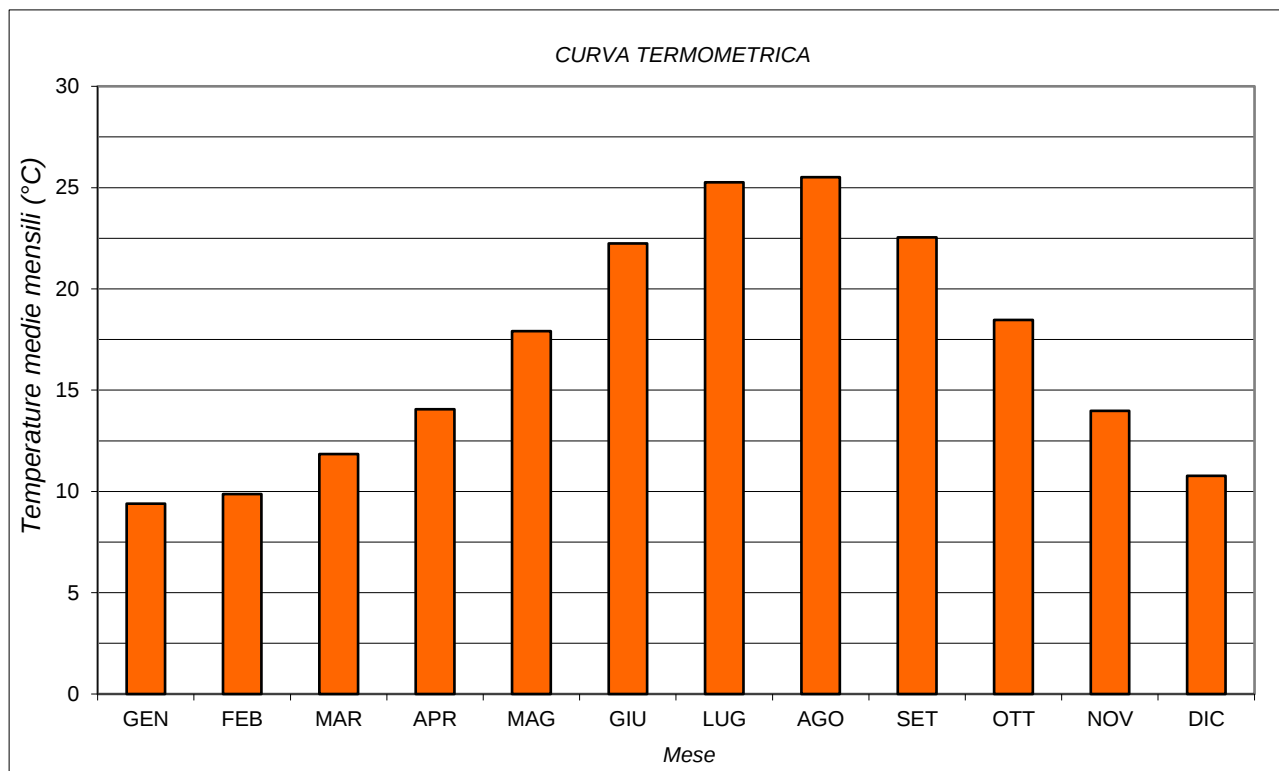


Figura 4.4. Trend annuo delle temperature medie mensili.

La stazione di riferimento descrive un clima costiero mite contraddistinto da una media annua pari a 16,8°C, con un trend delle temperature che presenta il picco estivo nei mesi di luglio ed agosto, con medie praticamente coincidenti (rispettivamente 25,3 e 25,5°C), leggermente più elevate di quelle medie della costa, di norma entro l'isoterma dei 24°C (P.A. Chessa, A. Delitala, 1997). Anche la stagione invernale rientra pienamente nei canoni descritti per il sottotipo climatico, con un minimo di 9,4°C collocato nel mese di gennaio, seguito da 9,9°C in febbraio.

Tali valori sono tipici di un inverno mite che si accompagna ad una ridotta escursione termica annua, ma con un valore medio di 16,0°C, appena superiore all'isodiafora dei 15°C che segna il limite minimo ubicato nella costa meridionale (Pinna, 1954).

4.1.2 Elaborazione ombrotermica di Walter e Lieth

Nella definizione del regime microclimatico è di notevole utilità la correlazione tra la curva termometrica e quella pluviometrica, ottenuta mediante la costruzione del diagramma di Walter e Lieth (Figura 5.5) sulle medie dell'intero comune.

Il diagramma confronta in modo diretto l'andamento stagionale dei due parametri, posti convenzionalmente su scale fisse, con quella delle precipitazioni doppia rispetto a quella delle temperature, evidenziandone il trend stagionale e le reciproche interazioni nel corso dell'anno.

Nel caso in oggetto, si osserva la caratteristica "sfasatura" tra le due curve, tipica del clima mediterraneo: la curva delle temperature subisce un netto incremento nella stagione estiva, con un massimo in luglio-agosto, mentre contemporaneamente le precipitazioni calano ai minimi annui; nella stagione autunno-invernale il processo si inverte, con una progressiva diminuzione delle temperature, con un minimo tra dicembre e gennaio, a fronte di un rapido incremento delle precipitazioni che culmina nei mesi di novembre-dicembre.

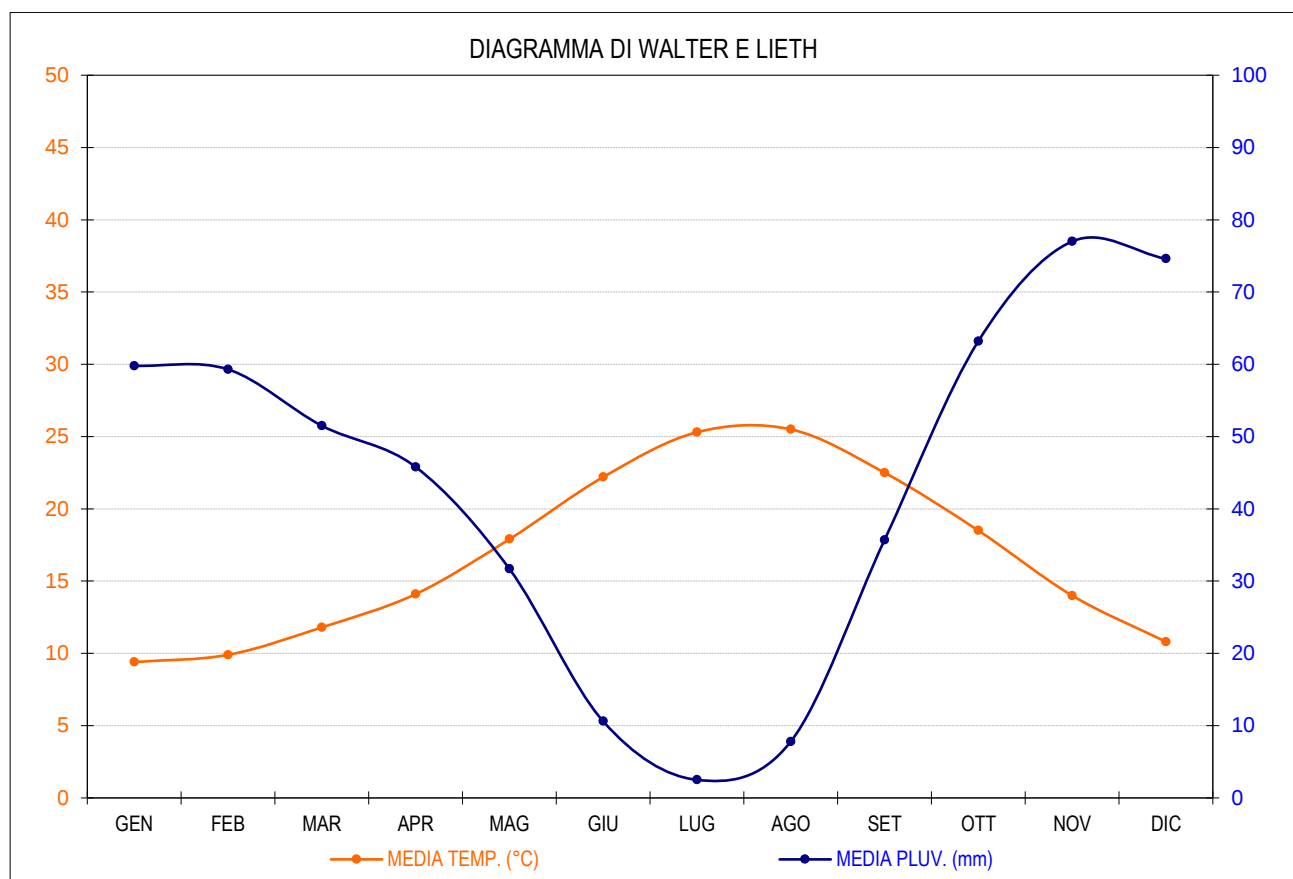


Figura 4.5. Diagramma umbrotermico di Walter-Lieth riferito alle medie dell'area di intervento.

Si registrano quindi due punti di intersezione delle curve che delimitano sulle ascisse l'intervallo di aridità cui corrisponde un periodo di deficit idrico: esso è compreso, in questo caso, tra maggio e settembre, come di norma accade nelle coste della Sardegna e si caratterizza per un tasso elevato di evapotraspirazione ed un ridotto apporto idrometeorico.

L'alternanza così netta di stagioni secche e stagioni umide riveste notevole importanza nella gestione del territorio sia sotto il profilo idrogeologico ed idraulico, con apprezzabili oscillazioni delle portate dei corsi d'acqua principali e delle aste secondarie.

5 CONTESTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO LOCALE

Il fabbricato in studio sorge su un'area pianeggiante alla quota media di circa 3,50 metri s.l.m. su un modesto terrazzo alluvionale che funge da spartiacque costiero tra un impluvio minore, afferente al San Girolamo, e il Rio Santa Lucia.

Tale morfologia si apprezza piuttosto agevolmente nel modello digitale del terreno tratto dal rilievo Lidar 2008 con maglia 1 metro (Fig.3): nonostante la presenza di tale, modesta, gibbosità sia evidente sia a scala vasta che a quella di sedime l'area presenta una giacitura coerente con quella della circostante piana costiera, al limite con lievi depressioni nel settore nord-occidentale, parzialmente regolarizzate con la realizzazione della Residenza del Sole.

Su tale lembo della piana si protendono, anche oltre l'attuale limite costiero, le propaggini delle conoidi alluvionali prodotte dallo smantellamento tardo-pleistocenico dei rilievi granitoidi dell'entroterra Capoterrese, reincise, talora in modo piuttosto netto, dall'attuale idrografia, sino a produrre significative forme terrazzate che procedendo verso monte si assottigliano senza particolari soluzioni di continuità sulle sponde rocciose dei torrenti minori (Rio San Girolamo e Rio Masone 'e Ollastu).

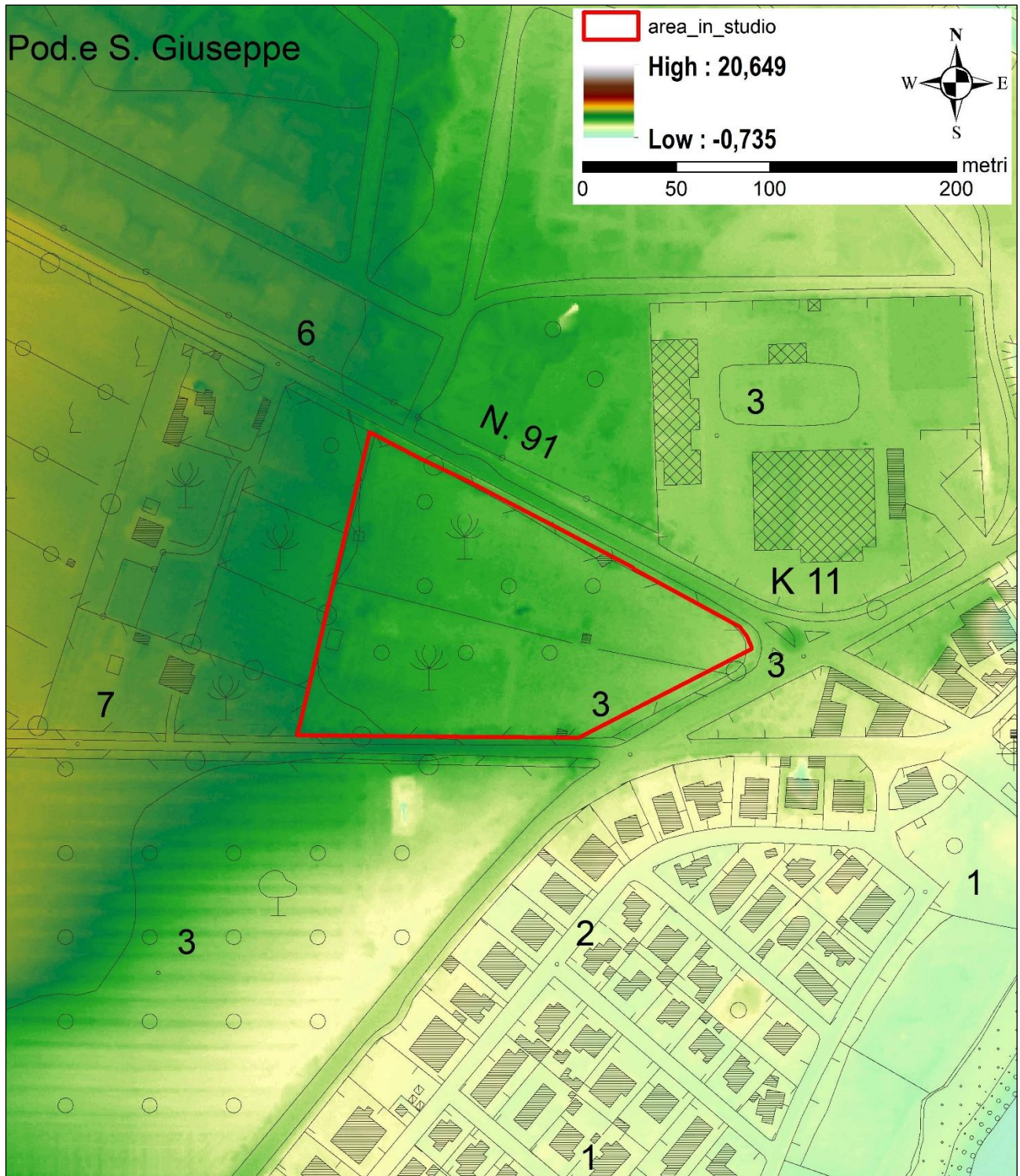


Figura 5.1. Modello digitale del terreno ricavato dal volo costiero LIDAR 2008.

Il corpo della conoide si contraddistingue per una forte componente clastica, generalmente grossolana e poco elaborata, in matrice sabbioso-limosa fortemente ossidata dal colore tipicamente rosso-arancio (ferrettizzazione). Si tratta di depositi spiccatamente eterometrici, spesso caratterizzati da stratificazione planare o incrociata, con frequenti intercalazioni limoso-argillose in giacitura lentiforme, riconducibili a locali e sensibili variazioni dell'energia di trasporto.

In accordo con le dinamiche descritte in precedenza, la composizione petrografica rispecchia quella del massiccio collinare da cui si sono originati tali depositi, con una netta prevalenza di clasti granitoidi generalmente sani o debolmente alterati, frammisti a metarenarie competenti e, assai più di rado, scaglie metapelitiche e scistose. L'insieme è accreditabile di una potenza da metrica a decametrica, di difficile stima in assenza di indagini, che verranno eseguite in fase esecutiva.

La fisiografia sub-pianeggiante dell'area e dell'ampio territorio limitrofo pone il lotto di intervento al riparo da fenomeni di dissesto di tipo gravitativo, né sono noti casi di subsidenza naturale o sink-holes. L'area, coerentemente, nell'ambito del PAI vigente è stata inserita in classe di pericolosità moderata (Hg0), come illustrato in Figura 5.2.

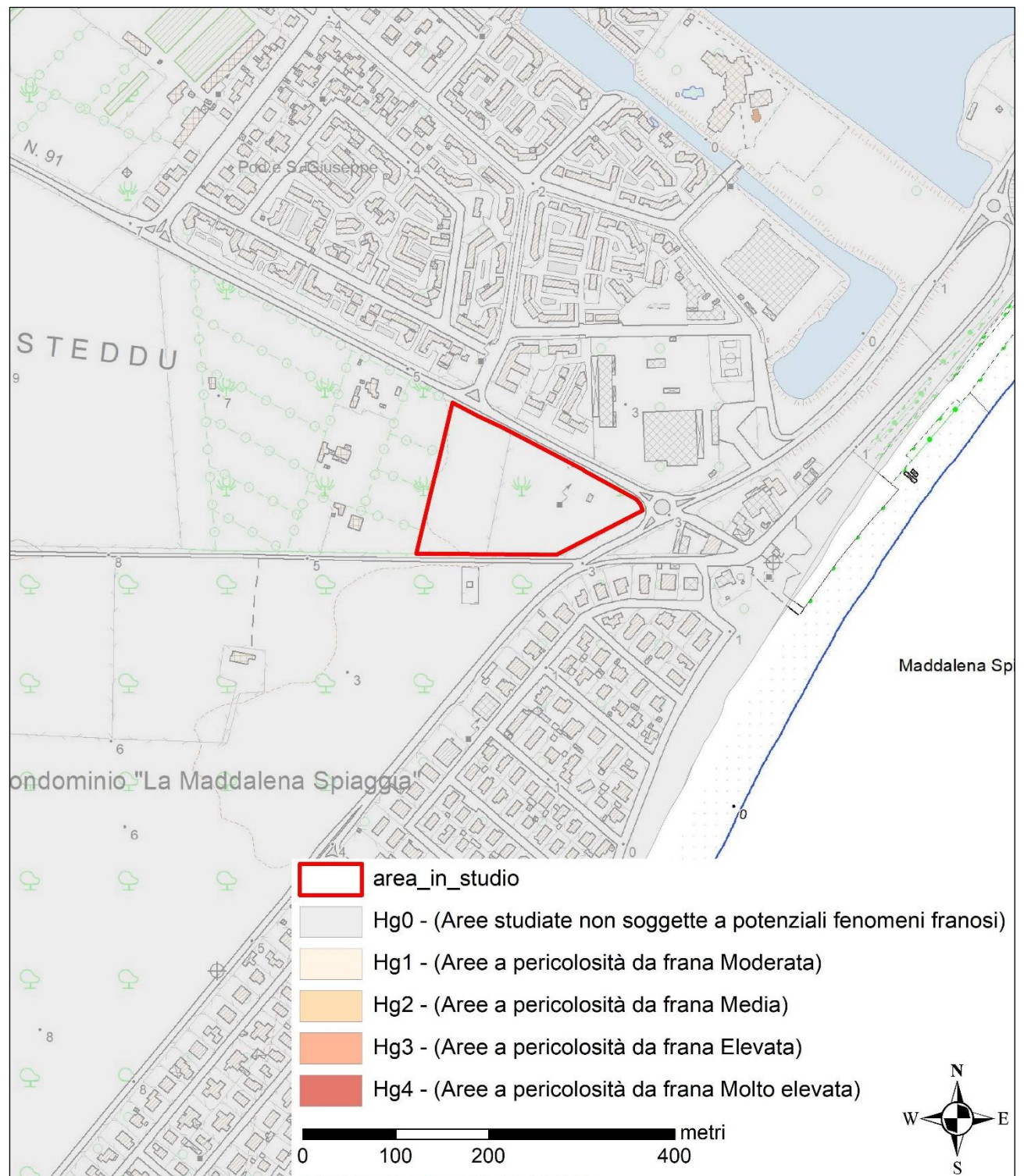


Figura 5.2. Inquadramento nell'ambito del PAI vigente, Pericolosità da Frana

Le Norme di Attuazione del PAI (Testo coordinato 2024) per tali aree non definiscono alcun vincolo né prescrizione, poiché la disciplina è rimandata agli strumenti urbanistici locali.

Tale assetto è confermato dalla pericolosità vigente riferita alla *“Variante puntuale al PAI, ai sensi degli artt. 8 e 37 delle Norme di Attuazione concernente la pericolosità idraulica e da frana del territorio comunale”* approvata con Determinazione n.79 del 24/05/2024, che non delimita aree di pericolosità geologica nel centro abitato di Pirri e dalla perimetrazione vigente in regime di salvaguardia riferita alla *“Variante al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) - parte frana derivante dallo studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nei sub bacini 1 (Sulcis) – 2 (Tirso) – 4 (Liscia) – 5 (Posada – Cedrino) – 6 (Sud-Orientale) – 7 (Flumendosa-Campidano-Cixerri) adottata in via preliminare con Delibera del Comitato Istituzionale n.14 del 28.10.2024*

5.1.1 Assetto idrogeologico locale

I depositi di conoide detritica su cui ricade il lotto e costituiscono l'unità idrogeologica più estesa dell'area vasta compresa tra l'abitato di Capoterra e i villaggi costieri.

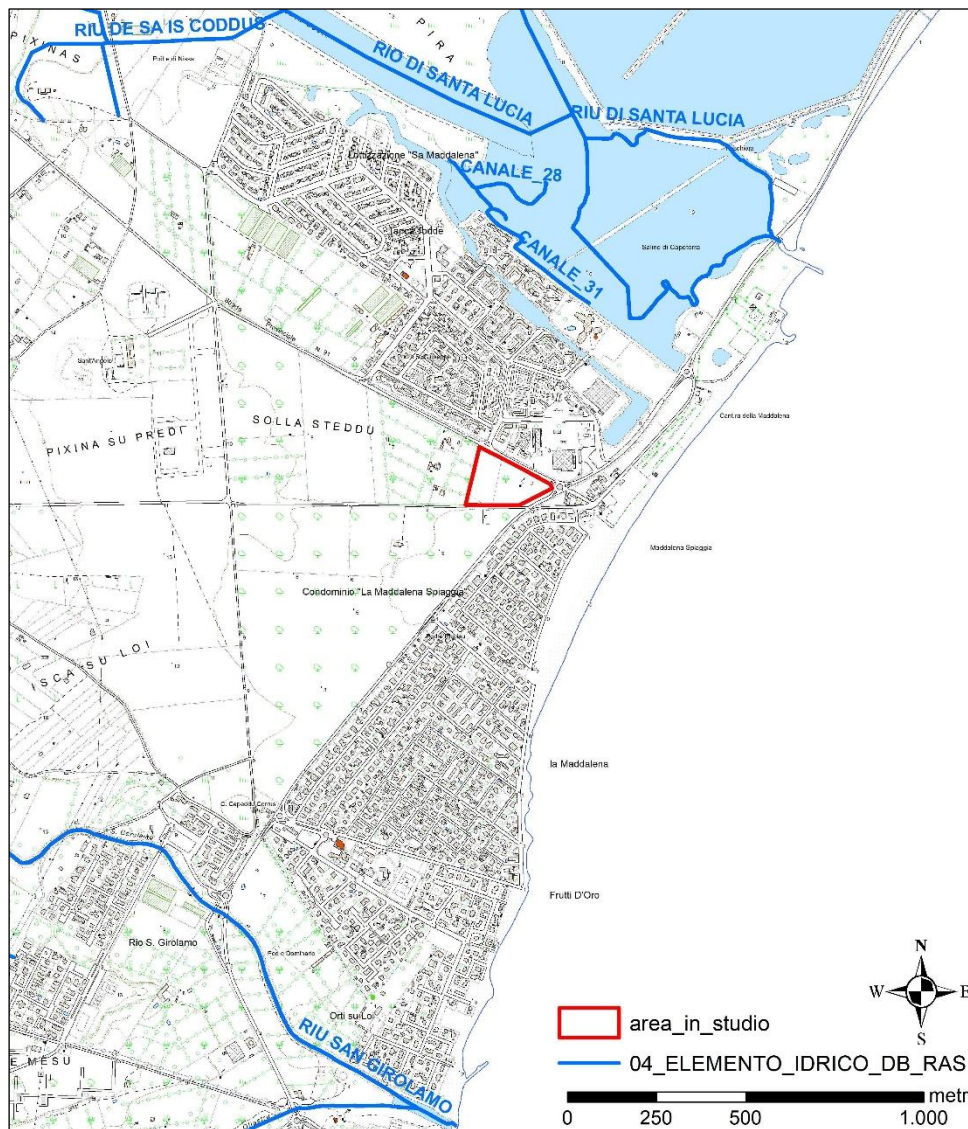
Si tratta, come ampiamente illustrato in precedenza, di depositi prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, generalmente contraddistinti da una permeabilità medio-alta, con interdigitazioni più schiettamente limoso-argillose in giacitura prevalentemente lentiforme. Queste ultime, localmente, possono isolare modeste falde sospese e confinare quelle più profonde.

Si tratta in definitiva quindi di un acquifero multistrato, di spessore pluridecametrico e buona trasmissività.

5.2 Idrografia a scala di bacino e locale

Come anticipato, l'area ricade su un modesto spartiacque che costituisce la sponda destra del tratto focivo del Rio di Santa Lucia, il quale si getta nell'estremità sud-occidentale dello stagno di Cagliari, nel quale è ricavata la peschiera di Capoterra, il cui varco di comunicazione con il mare è rappresentato dal Ponte Maramura, salito alle recenti cronache per il sormonto ed il conseguente danneggiamento delle spalle in occasione della piena eccezionale dello scorso 10 ottobre.

Il Rio di Santa Lucia è un corso d'acqua sotteso ad un bacino di oltre 110 km² nel quale confluiscano tre aste di un certo rilievo (Rio Gutturu Mannu, Rio Gutturreddu e Riu Sa Canna) che apportano un contributo notevole sia in termini di portata liquida che di portata solida, spesso trascinando a valle considerevoli quantità di detriti e legnatico che mandano in crisi, con relativa facilità e frequenza, le principali opere di attraversamento in area pedemontana e costiera.



Il reticolo si presenta piuttosto fitto e ben sviluppato, con un pattern marcatamente dendritico sebbene sia facilmente riconoscibile un consistente controllo tettonico, soprattutto nelle lineazioni a scala regionale, cui si possono attribuire le rapide variazioni di direzione ad angolo retto, spesso associate a locali salti di pendio. Il tratto giovanile, in particolare, rivela una certa tendenza al ringiovanimento con forre piuttosto incise e frequenti meandri incassati: l'elevata pendenza media del bacino e la presenza di estese coperture detritiche in plaghe e piccole conoidi quiescenti, favoriscono la riattivazione degli intensi processi di erosione e trasporto descritti in precedenza, allorchando si registrano apporti idrometeorici a carattere eccezionale. Il sistema stagionale assorbe con una certa facilità le piene ordinarie, fungendo da cassa di espansione, ma ha nello sbocco a mare il suo principale limite che, come osservato di recente, può portare rapidamente al collasso del sistema fivico.

Figura 5.3. Tratti costieri del reticolo idrografico.

5.2.1 Inquadramento nell'ambito del PAI idraulico vigente.

Le perimetrazioni delle aree inondabili afferenti alle aste fluviali riportate in precedenza sono riferibili all'Aggiornamento ai sensi dell'art.37, comma 7 delle Norme di Attuazione del PAI della perimetrazione della pericolosità idraulica e del rischio idraulico sul tratto del Rio San Girolamo e dalla foce all'attraversamento della SS195 a seguito della realizzazione di opere di mitigazione" adottato con delibera del comitato istituzionale n.12 del 16.06.2020, coordinate con le perimetrazioni vigenti alla data dello studio (Figura 5.4).

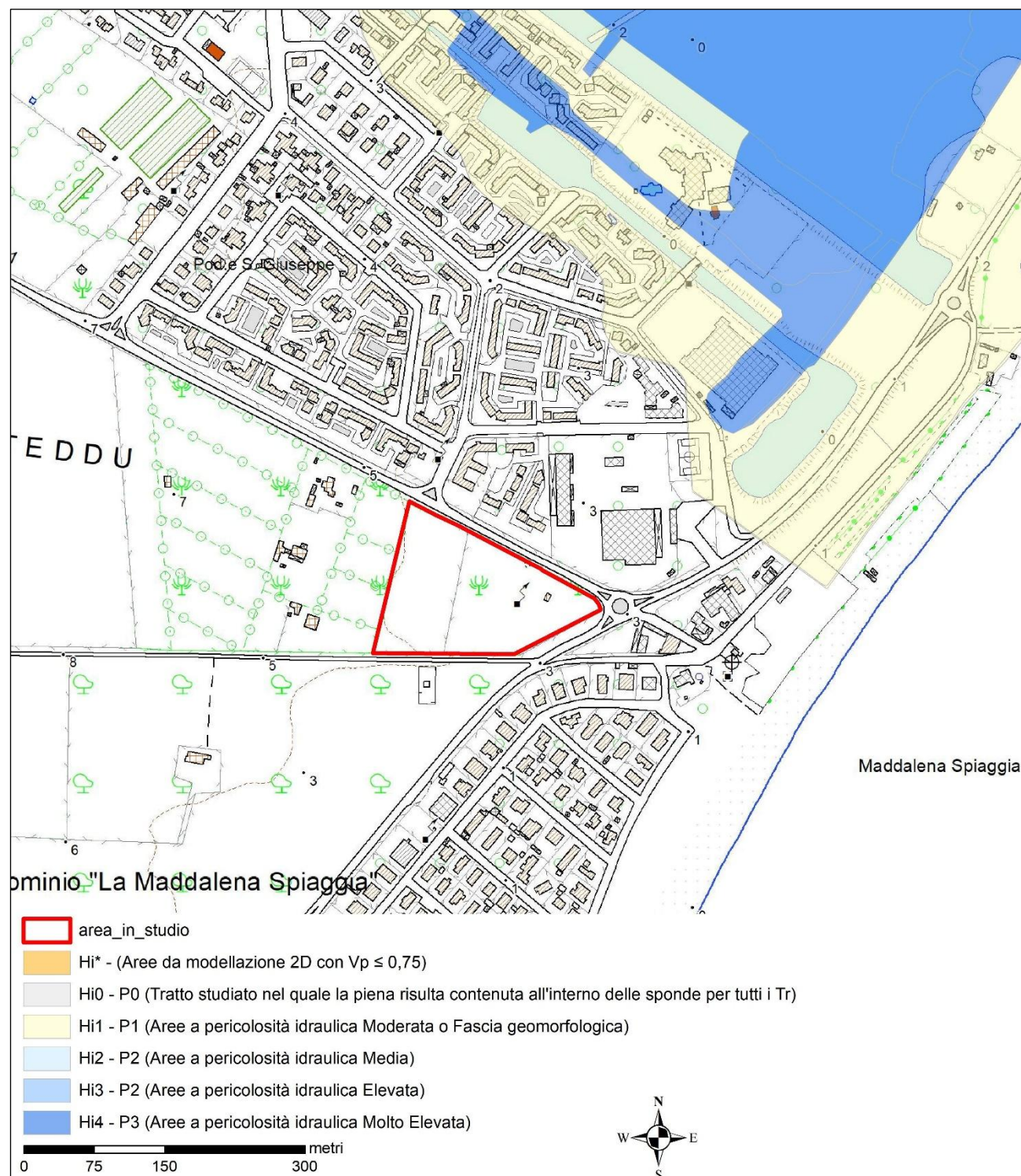


Figura 5.4. Stralcio dell'inquadramento nell'ambito del PAI idraulico vigente

Come si osserva nel suddetto stralcio cartografico, non si registrano sovrapposizioni tra dette aree ed il lotto oggetto di pianificazione.

6 ANALISI E ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA

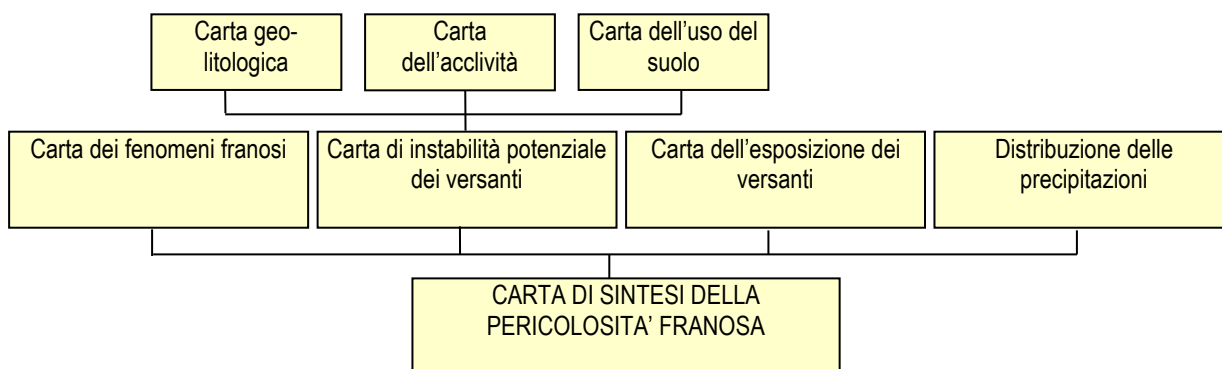
Le Linee Guida del PAI forniscono i riferimenti metodologici nella perimetrazione delle aree soggette a pericolosità da frana (*Linee Guida per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – D.L. 180 e Legge 267/1998*, di seguito Linee Guida), il cui prodotto finale è la *Carta della pericolosità da frana* e, in passaggi successivi, la *Carta degli elementi a rischio* e la *Carta del rischio da frana*.

La metodologia prevede l'analisi di basi di dati territoriali acquisite sia mediante l'indagine diretta sul territorio esposta in precedenza, sia mediante l'utilizzo dei modelli vettoriali resi disponibili dalla RAS ed integrati secondo le specificità reperibili in ambito locale. Nella dinamica dei processi gravitativi, infatti, assumono un ruolo determinante i fattori intrinsecamente connessi all'assetto geologico, geomorfologico e pedologico del territorio che vengono rappresentati nelle rispettive carte tematiche indicate in premessa, riproposte di seguito:

- ☐ *Carta geo-litologica e geomorfologica*
- ☐ *Carta dell'acclività*
- ☐ *Carta dell'uso del suolo*

La propensione ai dissesti è quindi il risultato della fusione delle suddette basi cartografiche che, di norma, viene attuata in ambiente GIS, mediante *overlay mapping*: ogni tematismo, suddiviso in classi con pesi crescenti in funzione dell'azione stabilizzante, viene sovrapposto ottenendo come elaborato di sintesi la *Carta dell'instabilità potenziale dei versanti*.

L'analisi procede secondo la sequenza riportata nel seguente diagramma di flusso:



Il contributo di ogni componente del territorio viene espresso in forma di fattori ponderali attribuiti ai diversi tematismi, la cui somma, suddivisa in intervalli, esprime numericamente la propensione al dissesto dell'area in studio (*Carta di instabilità potenziale dei versanti*). La fase successiva (seconda riga del diagramma di flusso) implementa quei parametri che si rifanno all'osservazione diretta e indiretta a carattere qualitativo (carta geomorfologica e dei fenomeni franosi) e quantitativo (esposizione dei versanti e distribuzione delle precipitazioni), sino ad ottenere la Carta di sintesi della pericolosità franosa che, come verrà illustrato in seguito, è articolata in quattro classi di pericolosità.

Tuttavia, a differenza di quanto avviene per gli studi a tutto il territorio comunale o addirittura ad un intero bacino, la definizione della pericolosità da frana delle aree interessate dalla Proposta di Piano Attuativo è stata ricavata in larga parte dagli elementi geomorfologici di dettaglio descritti in precedenza, pur non trascurando comunque la fase di definizione dell'instabilità potenziale per sovrapposizione (*overlay-mapping*) dei tematismi di base inerenti geologia, uso del suolo e acclività. Tale prassi, fortemente raccomandata anche nelle Linee Guida del PAI, scaturisce dalla netta disparità di dettaglio tra i tematismi di base e quelli dello studio del piano attuativo a scala di strumento urbanistico, che rendono scarsamente significativa, se non totalmente fallace, tale procedura studiata essenzialmente per coprire grandi aree senza ricorrere al rilevamento in situ.

La cartografia di base, soprattutto per quanto attiene alla geologia e alla fisiografia, è stata considerata quindi quasi esclusivamente in termini qualitativi nel compendio con il rilievo geologico-geomorfologico di dettaglio. In particolare, la verifica del livello di pericolosità rispetto alla perimetrazione attuale, si è basata in prevalenza su aspetti geomorfologici locali osservati in fase di rilevamento diretto.

Tale considerazione, peraltro, si allinea alle modifiche introdotte nella definizione dell'instabilità potenziale dalla recente Variante regionale al PAI⁴, nella quale si è fatto ricorso all'utilizzo di pesi mobili funzione diretta della classe di pendenza.

6.1 Carta dell'instabilità potenziale

Come illustrato in precedenza, la carta dell'instabilità potenziale definisce il grado di pericolosità teorica ottenuta dalla combinazione dei tre tematismi di base (litologia, uso del suolo e acclività). Nella pratica la combinazione (*Overlay mapping*) si ottiene quasi esclusivamente in ambiente GIS, mediante sommatoria dei punteggi dei poligoni sovrapposti, secondo la formula:

$$P_{inst_pot} = P_{geol} + P_{uds} + P_{pac}$$

⁴ Variante presentata e pubblicata, in attesa di istruttoria e relativa adozione preliminare.

L'attribuzione della classe di instabilità potenziale si ricava dalla seguente tabella (Fig.6.1):

Tabella 14 - Classi di instabilità potenziale			
Classe di instabilità	Descrizione	Pesi	
		da	a
1	Situazione potenzialmente stabile	10	12
2	Instabilità potenziale limitata	7	9
3	Instabilità potenziale media	4	6
4	Instabilità potenziale forte	1	3
5	Instabilità potenziale massima	-3	0

Figura 6.1. Definizione delle classi di instabilità potenziale, tratta dalle Linee Guida del PAI

Nella fase di elaborazione, sulla scorta delle tabelle proposte nelle Linee Guida del PAI, sono stati attribuiti i seguenti fattori ponderali, suddivisi per strato informativo:

LITOFACIES	PESO
Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE	5

USO DEL SUOLO	PESO
Frutteti e frutti minori	-2

CLASSE ACCLIVITA' (%)	PESO
0 - 10	2
10 - 20	1
20 - 35	0
35 - 50	-1
>50	-2

Nella *Carta dell'instabilità potenziale* (Atlante in Allegato), si riporta la distribuzione delle classi di instabilità potenziale sull'area di pianificazione: si osserva una netta prevalenza della classe di instabilità media, che copre quasi tutta la superficie. Si tratta, come accade di frequente e come anticipato nel paragrafo precedente, di una tipica aberrazione imputabile all'estrema rigidità della classificazione che, nel caso di aree pianeggianti o sub-pianeggianti, conferisce un peso eccessivo all'uso del suolo ed alla litologia, sottostimando considerevolmente l'apporto cruciale della pendenza ridotta o addirittura assente.

Trattandosi di una verifica dell'instabilità potenziale di natura gravitativa, tale limite necessita di ampie correzioni di carattere fisiografico e geomorfologico da operare a valle della procedura di delimitazione delle aree di pericolosità da frana, in modo da evitare aberrazioni che possano riflettersi sulla delimitazione di eventuali aree di pericolosità del tutto slegate dal contesto rilevato ed inutilmente vincolanti.

6.2 Pericolosità da frana

Per i motivi su esposti, l'analisi di instabilità su base cartografica, ed il relativo elaborato di sintesi, sono stati trascurati dagli scriventi in quanto ritenuti totalmente difforni dal contesto geomorfologico rilevato in situ.

Non si rileva, infatti, alcun riscontro causale che ponga in relazione la fisiografia dell'area con l'innesco di fenomeni gravitativi, anche di lieve entità, data l'acclività nulla e l'assenza di significative scarpate naturali e/o artificiali, che in tali contesti di norma costituiscono i principali fattori predisponenti per detti fenomeni.

L'area, inoltre, non risulta storicamente interessata da fenomeni di subsidenza del tipo sink-hole, sia naturali che di origine antropica: i primi, infatti, si sviluppano in prevalenza su aree soggette a carsismo, fenomeno che non interessa il complesso marnoso-arenaceo terziario; i secondi sono generalmente connessi ad attività estrattive, anch'esse assenti nella zona in studio.

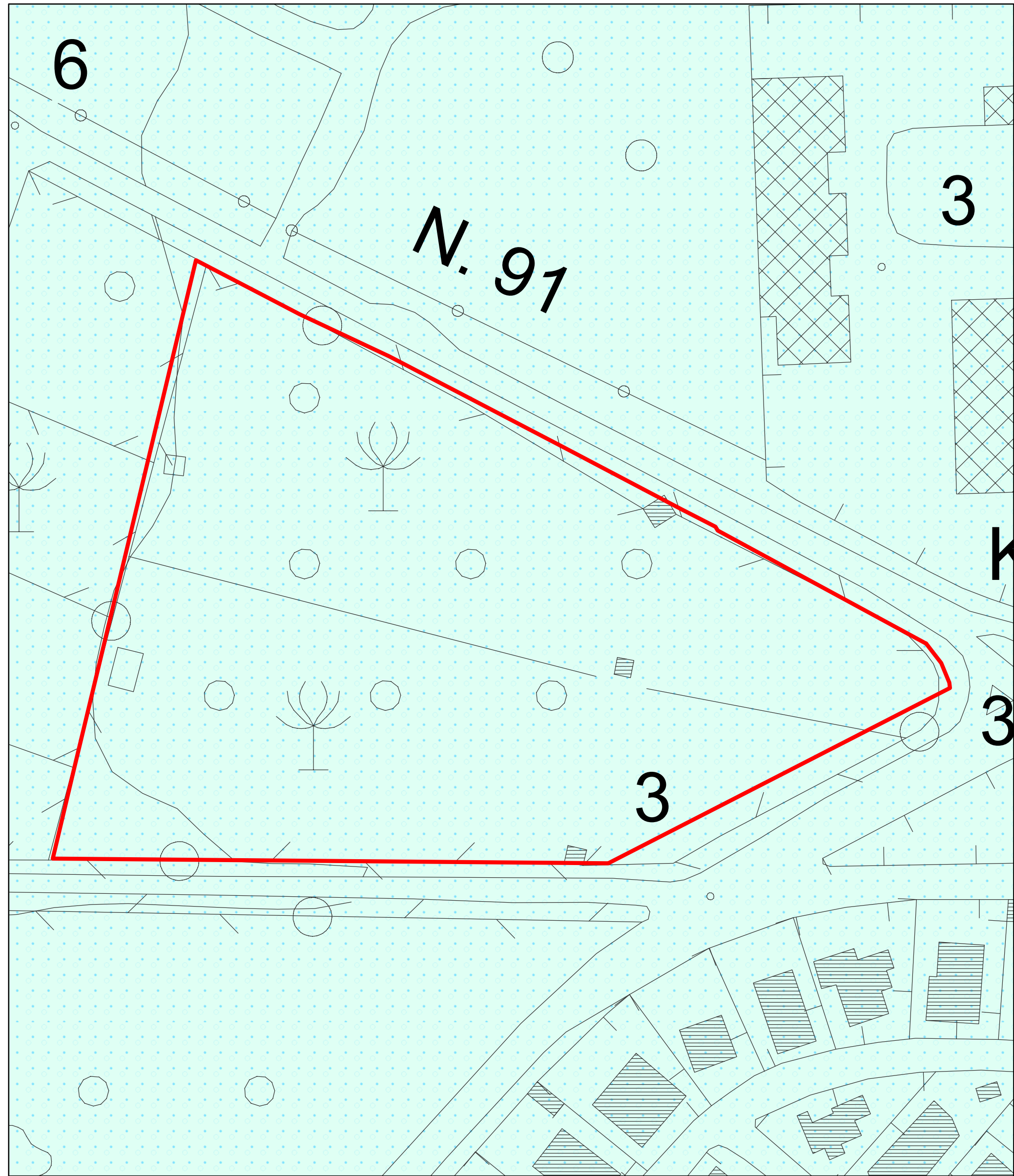
Sulla base di tali considerazioni, l'area in studio ricade nella classe di pericolosità da frana assente (Hg0). Per detto motivo non viene quindi definita alcuna area di Rischio da Frana.

7 CONCLUSIONI

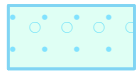
Sulla base degli elementi acquisiti nel presente studio, redatto dagli scriventi in conformità all'Articolo 8 comma 2bis delle N.A. del PAI, non sono emerse criticità che corrispondano ai profili di pericolosità previsti dalla Linee Guida del PAI, pertanto l'area in pianificazione **ricade nella classe di pericolosità da frana assente (Hg0)**.

Sotto il profilo dell'instabilità gravitativa, quindi, si rileva l'assenza di elementi ostativi alla proposta di piano attuativo in relazione alle prescrizioni del PAI vigente.

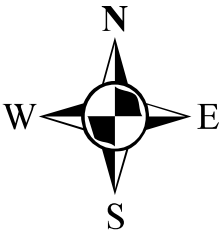
Si ricorda inoltre che, in ottemperanza alle NTC 2008 e ss.mm.ii, sia le opere di urbanizzazione che i singoli fabbricati dovranno essere oggetto di specifico studio geologico, geotecnico e della pericolosità sismica di base a corredo dei vari gradi di progettazione.

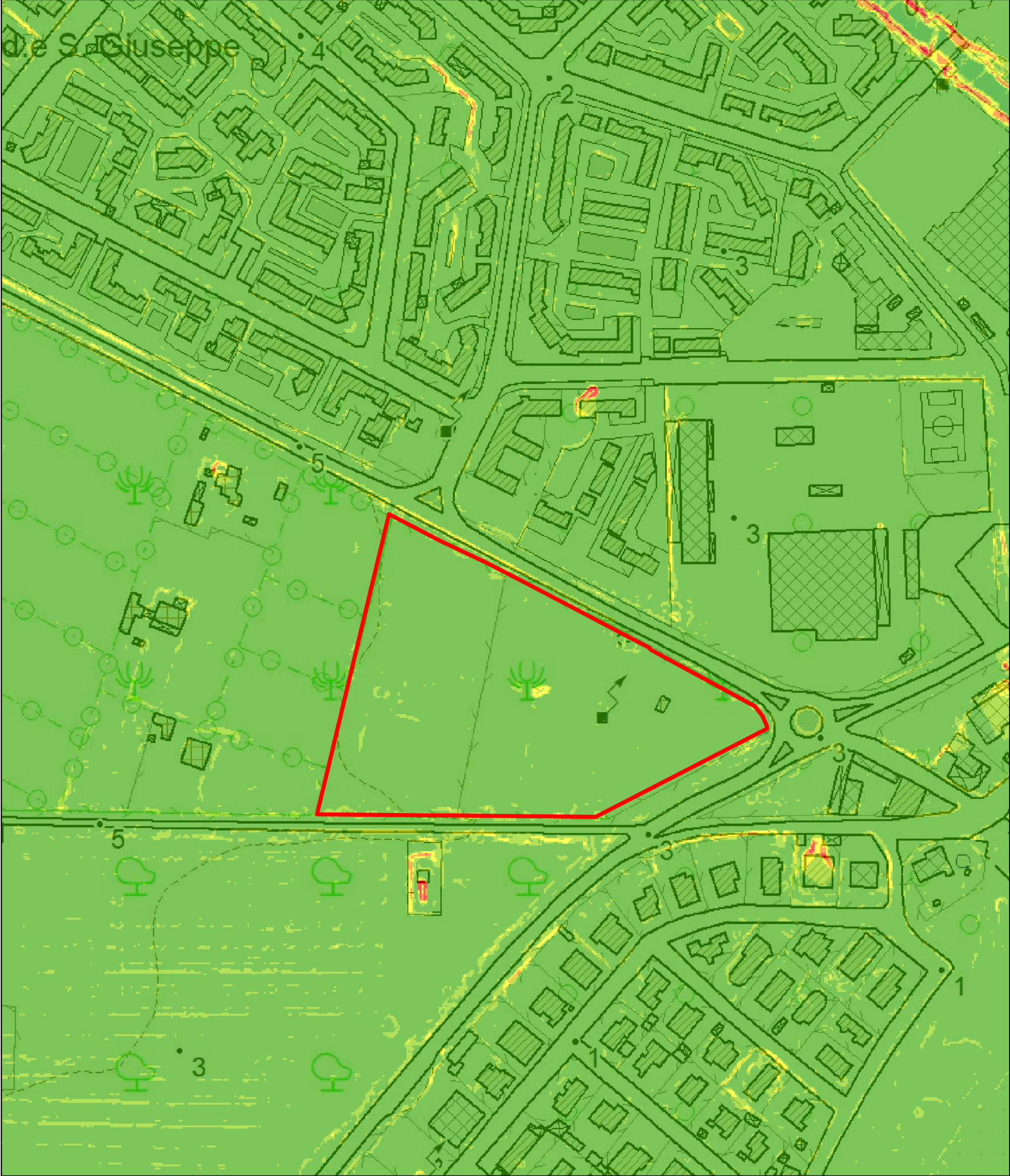


area_in_studio



Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE



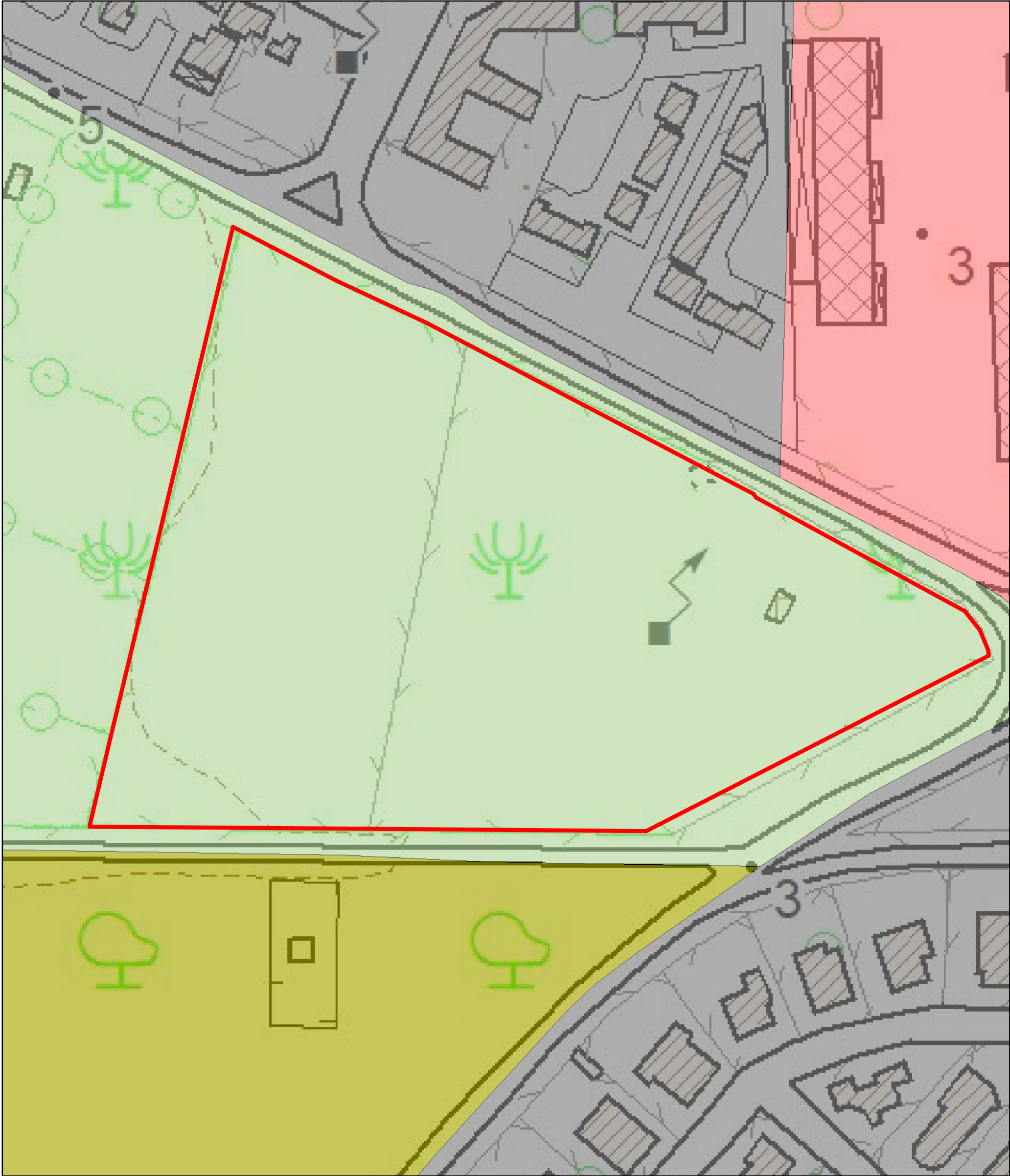


 area_in_studio

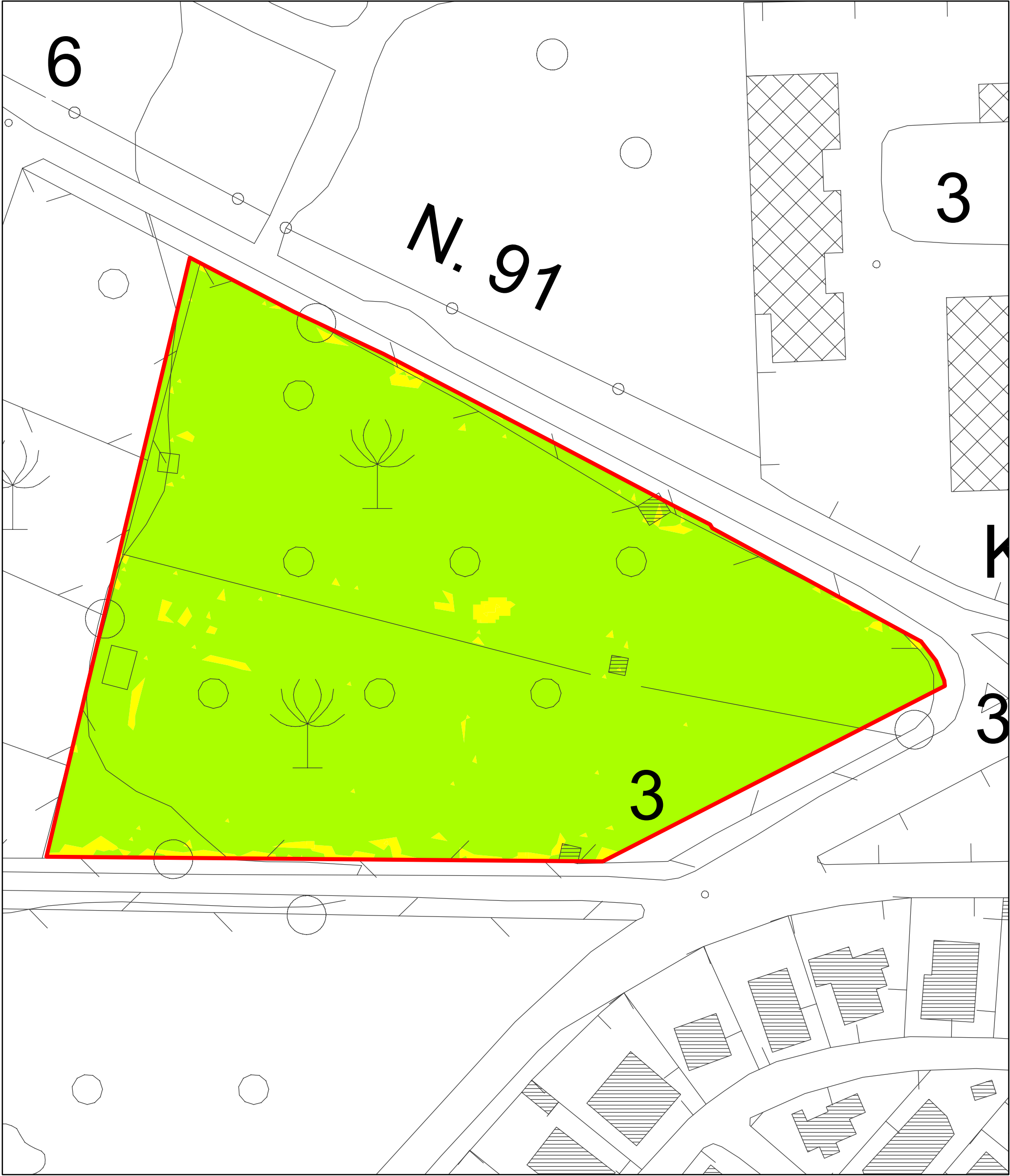
Acclività (%)

-  0,00 - 10,00
-  10,01 - 20,00
-  20,01 - 35,00
-  35,01 - 50,00
-  50,01 - 169,40





-  area_in_studio
-  1111, TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO
-  1211, INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI
-  222, FRUTTETI E FRUTTI MINORI
-  223, OLIVETI



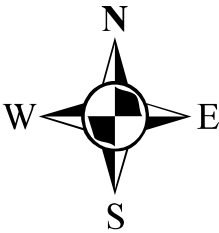
 area_in_studio

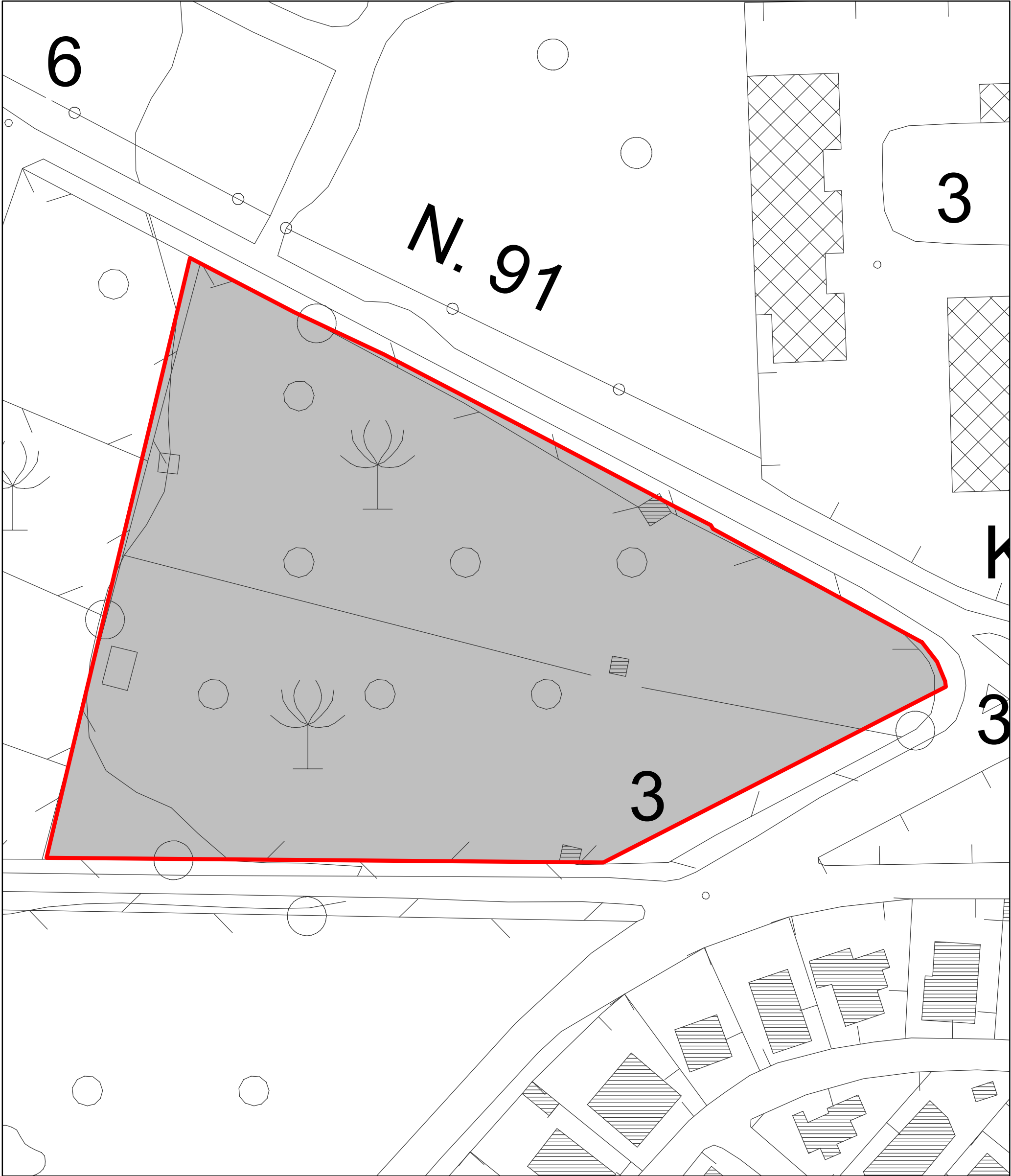
Classe di instabilità potenziale

 Instabilità potenziale limitata

 Instabilità potenziale media

0 25 50 100 metri





 area_in_studio



CLASSE DI PERICOLOSITA' DA FRANA

 Hg1 - Aree non soggette a fenomeni franosi, con pericolosità assente o scarsamente significativa,

