



COMUNE DI SIMAXIS

PROVINCIA DI ORISTANO

**STUDIO DELL'ASSETTO IDRAULICO DEL TERRITORIO COMUNALE
VARIANTE AI SENSI DELL'ART.37, COMMA 3 LETT.B)
DELLE N.A. DEL P.A.I. DELLE AREE A PERICOLOSITA'
IDRAULICA DEL TERRITORIO COMUNALE**

Tavola/Allegato		
Idr_1 Allegati	Relazione	
Data: Gennaio 2022	Revisione: 01	Scala:

Professionisti incaricati / Gruppo di lavoro: <i>Dott. Ing. ALESSANDRO SALIS</i> <i>Dott. Ing. FRANCESCO FAIS</i>	Il Sindaco <i>Ing. Giacomo Obinu</i>
	Il Responsabile del servizio tecnico <i>Geom. Giorgio Pianu</i>
Collaboratori:	Visti di approvazione





INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	INTRODUZIONE.....	6
3.	DESCRIZIONE DELLE AREE DI STUDIO.....	6
4.	INQUADRAMENTO CLIMATICO	8
4.1.1	CARATTERI TERMOMETRICI.....	9
4.1.2	CARATTERI PLUVIOMETRICI.....	11
4.1.3	IGROMETRIA.....	15
4.1.4	BAROMETRIA.....	15
4.1.5	ASPETTI ANEMOLOGICI.....	15
4.1.6	LA CLIMATOLOGIA.....	16
4.1.6.1	INDICI CLIMATICI	16
4.1.6.2	DIAGRAMMI CLIMATICI	17
5.	LE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRUTTURALI DEL SETTORE DI SIMAXIS.....	19
5.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA.....	19
5.2	LA GEOLOGIA DEL CAMPIDANO ORISTANESE.....	24
5.3	CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DEL TERRITORIO COMUNALE	25
5.4	CARATTERI LITOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE.....	26
5.4.1	Alluvioni antiche terrazzate e terrazzate rimaneggiate (PVM2a).....	26
5.4.2	Alluvioni recenti (bnb e bb).....	26
5.4.3	Depositi di ambiente palustre (e e e5)	26
6.	CARATTERISTICHE LITO-GEOTECNICHE DEL TERRITORIO COMUNALE.....	27
6.1	MATERIALI DI RIPORTO (H DI NURAXI SALIS E CAVE)	27
6.2	DEPOSITI ANTROPICI (URBANO).....	27
6.3	ALLUVIONI RECENTI (BB E BNB)	27
6.4	DEPOSITI PALUSTRI (E E E5)	28
6.5	ALLUVIONI ANTICHE (PVM2A).....	29
7.	IL SISTEMA DELLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI NEL TERRITORIO DI SIMAXIS.....	32
7.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE	32
7.2	CARATTERI IDRAULICI DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE.....	34
7.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	37
7.4	LA FALDA FREATICA	39
7.5	VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA E PROBLEMATICHE DEL TERRITORIO COMUNALE.....	40
8.	LE FORME ED I PROCESSI NEL TERRITORIO DI SIMAXIS	42
8.1.1	Caratteri morfologici.....	43
9.	LA TETTONICA	46
10.	VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA E ADEGUAMENTO DEL PUC AL PAI.....	48
10.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E NORMATIVO.....	48
10.2	FINALITÀ DELLA DISCIPLINA DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO	48
11.	LA PROCEDURA DI ADEGUAMENTO.....	49
12.	IL PAI E LE LINEE GUIDA.....	50
13.	CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA IDROGRAFICO.....	52



13.1.1	Sistema Rio Sant'Elena	53
13.1.2	Sistema Rio Merd'e Cani	55
14.	ANALISI IDROLOGICA	59
14.1	CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO	59
14.2	INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI BACINO	61
14.3	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO – METODI DIRETTI.....	62
14.4	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO – METODI INDIRECTI.....	62
15.	ANALISI IDRAULICA	73
15.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	73
15.2	CORSI D'ACQUA PRINCIPALI	73
15.3	METODOLOGIA UTILIZZATA.....	73
	<i>Il modello di calcolo</i>	<i>74</i>
15.4	RISULTANZE DELLE STUDIO.....	76
15.5	RETICOLO PRINCIPALE - SISTEMA ESTESO DEL TIRSO	76
15.6	SISTEMA DEL RIO SANT'ELENA	78
15.7	SISTEMA DEL MERD'E GANI	83
15.8	SISTEMA MINORI	85
16.	INTERAZIONI DEL TERRITORIO COMUNALE CON GLI EVENTI CALAMITOSI DEL MESE DI NOVEMBRE 2013 (CICLONE CLEOPATRA).....	87
17.	INTERAZIONI CON IL SISTEMA DEI DEFLUSSI ARTIFICIALI	87
18.	Interazione tra lo studio e lo scenario di stato attuale di PGRA.	90
19.	Interazione delle portate defluenti con le aree interessate dalle risaie	Errore. Il segnalibro non è definito.
20.	Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia	96
21.	CONCLUSIONI	99



1.PREMESSA

Il presente documento sintetizza e consegna un quadro riepilogativo delle elaborazioni effettuate in ottemperanza a quanto disposto dagli articoli 8 e 26 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I., secondo cui:

“ARTICOLO 8 Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso di aree di costa

2. Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal P.A.I., in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni [...] assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione.

5. In applicazione dell'articolo 26, comma 3, delle presenti norme negli atti di adeguamento dei piani urbanistici comunali al P.A.I. sono delimitate puntualmente alla scala 1: 2.000 le aree a significativa pericolosità idraulica o geomorfologica non direttamente perimetrate dal P.A.I.”

“ARTICOLO 26 Aree pericolose non perimetrate nella cartografia di piano

1. Possiedono significativa pericolosità idraulica le seguenti tipologie di aree idrografiche appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:

a. reticolo minore gravante sui centri edificati;

[..]

3. Per le tipologie di aree indicate nei commi 1 e 2 le prescrizioni applicabili valgono all'interno di porzioni di territorio delimitate dalla pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I., ai sensi dell'articolo 8, comma 5. [...].

4. Alle aree elencate nei precedenti commi 1 e 2, dopo la delimitazione da parte della pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I., si applicano le prescrizioni individuate dalla stessa pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I. tra quelle per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media.”

Il presente documento, unitamente alle elaborazioni cartografiche, attinge dallo studio generale le informazioni legate alle particolari condizioni dell'assetto idrogeologico del territorio comunale.

Sono inoltre recepite le indicazioni scaturite dai tavoli tecnici indetti nell'ambito delle indizioni delle conferenze operative presso gli uffici Adis. Nello specifico sono state stralciate le aree a pericolosità idraulica ricadenti nell'area di cava; le stesse sono tuttavia individuate con un tratteggio in quanto meritevoli di specifico piano di sicurezza da parte degdei gestori delle medesime.

In ottemperanza a quanto disposto assume inoltre le indicazioni legate agli elementi idrografici già mappati e vigenti nel territorio, cui si sommano ulteriori aree ritenute Possedere significativa pericolosità idraulica.

L'intera elaborazione si è avvalsa, oltre che delle informazioni necessarie allo svolgimento dello studio stesso, anche dell'esame delle criticità emerse in occasione di eventi meteorici di rilevante entità.

Il presente elaborato costituisce lo Studio di Compatibilità Idraulica del Piano Urbanistico di Simaxis nell'ambito dell'adeguamento del Piano Urbanistico Comunale al PPR ed al PAI.

2.INTRODUZIONE

Il territorio del Comune di Simaxis, è parte integrante del sistema agricolo del Campidano di Oristano.

Il suo territorio, sostanzialmente immutato come indirizzi d'uso sin dagli anni '30 è pervenuto ad oggi con tutto il suo sistema agricolo, è caratterizzato da una alta qualità e stabilità ambientale.

Nel presente studio sono stati esaminati gli aspetti di maggiore interesse ai fini della del processo di pianificazione territoriale nell'ambito dell'adeguamento del PUC al PPR.



Modello del rilievo – La posizione del territorio di Simaxis nella Sardegna

I sottoscritti professionisti sono stati incaricati dal comune di Simaxis di effettuare l'analisi del territorio comunale per la verifica e la eventuale ripermimetrazione delle aree di pericolosità idraulica.

Il presente lavoro, steso in forma coerente con le N.T.A. del P.A.I., Art. 8, comma 2, riguarda l'analisi del territorio comunale:

- a. valuta la puntuale definizione dei dissesti attivi e potenziali ad una scala di dettaglio;
- b. analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali dell'area interessata;
- c. prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione del pericolo e del rischio riscontrato;

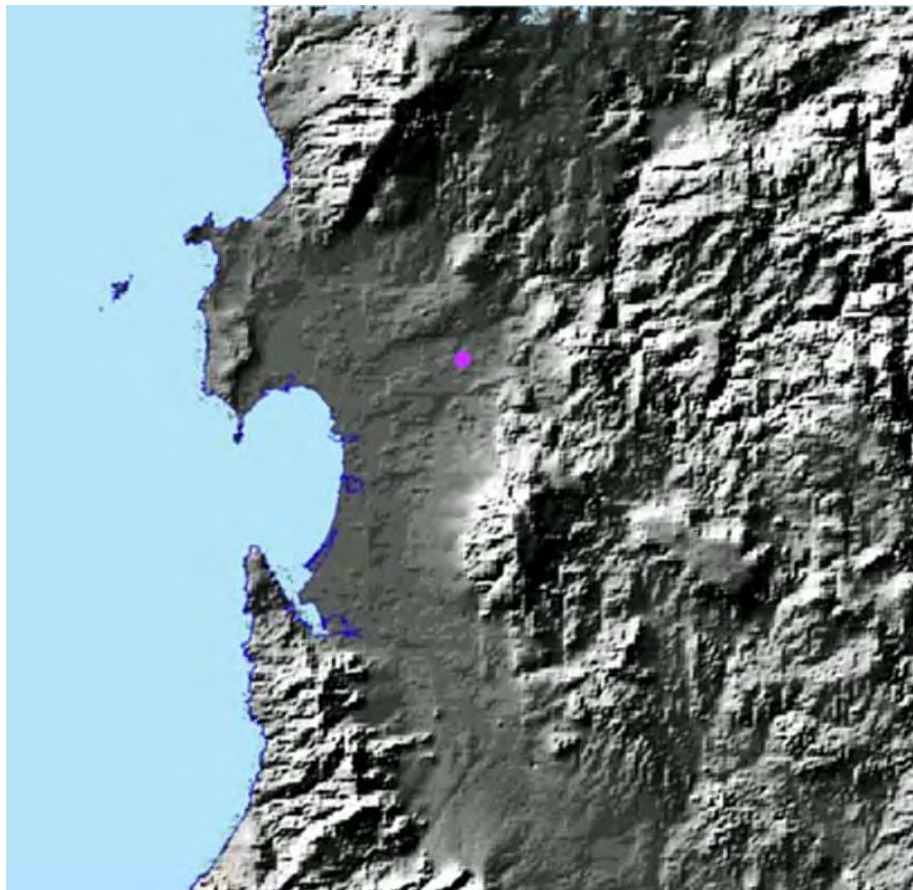
ed in particolare pone attenzione alla:

- edificabilità dei suoli;
- realizzazioni previste nel piano;
- eventuali interventi da porre in atto per la messa in sicurezza delle aree;

proponendo infine una più realistica classificazione della pericolosità dell'area, onde introdurla in una prossima variante al P.A.I. (Art. 37 N.T.A. P.A.I. lett. a, b, f).

3.DESCRIZIONE DELLE AREE DI STUDIO

L'area di riferimento è quella del territorio del Comune di Simaxis, ricadente nel bacino idrografico del Tirso afferente il Golfo di Oristano e marginalmente al bacino idrografico dello Stagno di Pauli Majori – Santa Giusta che si inserisce nel Tirso in corrispondenza della foce.



Mappa – La posizione del territorio di Simaxis alle spalle del golfo di Oristano, in sponda sx del Tirso

Il territorio comunale è costituito da un'area omogenea distribuita sulle formazioni quaternarie e, secondariamente, terziarie.

Lo studio geologico e geotecnico è composto di una relazione analitica, di 3 tavole grafiche alla scala 1:10.000 e 1 al 1:2.000.

Alla scala 1:10.000:

- Tavola 1) Reticolo idrografico e modello del suolo
- Tavola 2) Pericolosità PAI
- Tavola 3) Pericolosità da frana del territorio comunale

Alla scala 1:2.000:

- Tavola 4) Pericolosità idraulica del settore urbano e San Vero Congiù



4.1.1 CARATTERI TERMOMETRICI

Per la definizione del regime termico dell'area in studio sono state elaborate le osservazioni giornaliere rilevate dal 1922 al 1992 nelle stazioni meteorologiche riportate nella Tabella seguente. L'unica stazione posta nel territorio comunale, Simaxis, fornisce anche informazioni di tipo termometrico.

Dall'elaborazione dei dati termometrici giornalieri delle serie storiche relativi alle stazioni considerate la temperatura media annua del territorio comunale è di 16,5°C.

La stazione di Simaxis è caratterizzata da una media annua di 16,8°C, con picco di minima di

codS	ENTE	nome	quota m s.l.m.	Temp media diurna 1922-02	Temp minima diurna 1922-02	Temp massima diurna 1922- 02
98	AER	Capo Frasca (Aer)	92	16.6	16.0	17.4
99	SI	Arborea	7	14.7	14.1	15.7
100	SI	Marrubiu (C.ra)	32	18.1	18.1	18.1
101	SI	Km.82	32	0.0	0.0	0.0
102	SI	S.Anna-Oristano	12	17.2	15.9	18.1
103	SI	S.Giusta	10	16.7	14.8	18.2
104	SI	Sassu Idrovora	5	16.8	15.9	19.8
105	SI	Oristano FF.SS.	12	16.6	13.1	17.7
165	SI	Ex Tanca Regia	332	0.0	0.0	0.0
166	SI	Abbasanta	317	14.5	9.2	18.1
167	SI	Paulilatino	280	16.2	15.5	16.9
168	SI	Fordongianus	32	16.8	15.6	18.5
169	SI	Mogorella	299	15.3	14.9	15.6
170	SI	Santa Vittoria	22	16.5	16.5	16.5
171	SI	Simaxis	17	16.8	16.5	17.3
172	SI	Riola	9	16.7	16.2	17.8
173	SI	Cabras	9	0.0	0.0	0.0
174	SI	Santulussurgiu	557	14.3	10.0	19.4
175	SI	Seneghe	300	0.0	0.0	0.0
176	SI	Bauladu	29	18.2	16.7	20.4
177	SI	Cadreas (C.ra)	74	0.0	0.0	0.0
408	SI	Putzu Idu	4	0.0	0.0	0.0

9,7°C, che si registra generalmente a gennaio, e con picco di massima di 25.3°C che si registra generalmente nei mesi di luglio ed agosto. L'escursione termica annua è di 15,6°C. La media annua più bassa, di 15°C, si registrò nel 1976, mentre quella più alta, di 18,2°C, nel 1972.

Tabella – Dati termometrici caratteristici delle stazioni circostanti Simaxis

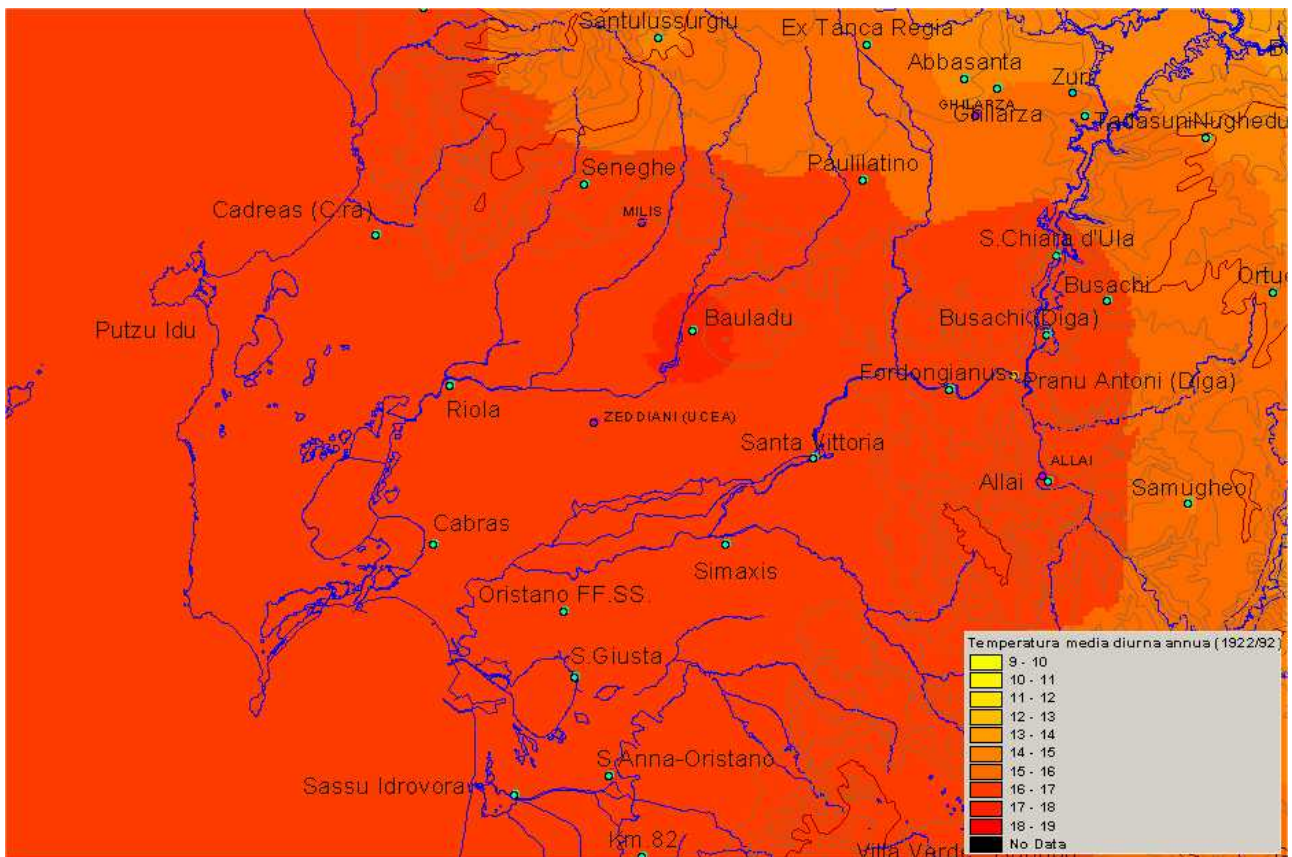
La stazione di Oristano, per la quale si hanno pochi anni di osservazioni, mostra un andamento analogo a quello di Santa Giusta, anche se il valore medio annuo risulta essere di 17°C.

I dati rilevati a Santa Giusta mostrano temperature medie annue di 16,7°C, il picco di minima si verifica a gennaio con

valori di 9,9°C, quello di massima 24,4°C nel mese di agosto, con escursione annua di 14,3°C. Il 1980 è stato l'anno più freddo, con temperatura media annua di 15,7°C, mentre il 1959 è stato quello più caldo con media annua di 17,6°C.

Confrontando i valori registrati nelle diverse stazioni si nota subito una forte variabilità spaziale della temperatura, anche in ambiti ristretti. Le stazioni poste ad altitudini intorno ai 10 m slmm mostrano un andamento dei valori di temperatura simile. La stazione di Oristano, della quale sono stati acquisiti solo 5 anni di rilevamenti, mostra nel complesso la media annuale più elevata. Le temperature medie più basse si registrano nella stazione di Santa Lucia, che rispetto alle altre due risulta più lontana dal mare, mentre l'escursione termica annuale per tutte e tre le stazioni si aggira intorno ai 14 C°.

Per quanto riguarda i valori giornalieri assoluti è sufficiente rilevare che durante l'estate si sono registrate massime diurne intorno ai 40°C, mentre durante l'inverno nelle stazioni di pianura la temperatura alcuni anni non scende mai sotto lo zero neppure nelle ore notturne, mentre nelle stazioni interne durante la stagione invernale non è raro registrare temperature notturne sotto lo zero e diurne intorno allo zero.



Mapa – La temperatura media diurna su base annua attorno a Simaxis

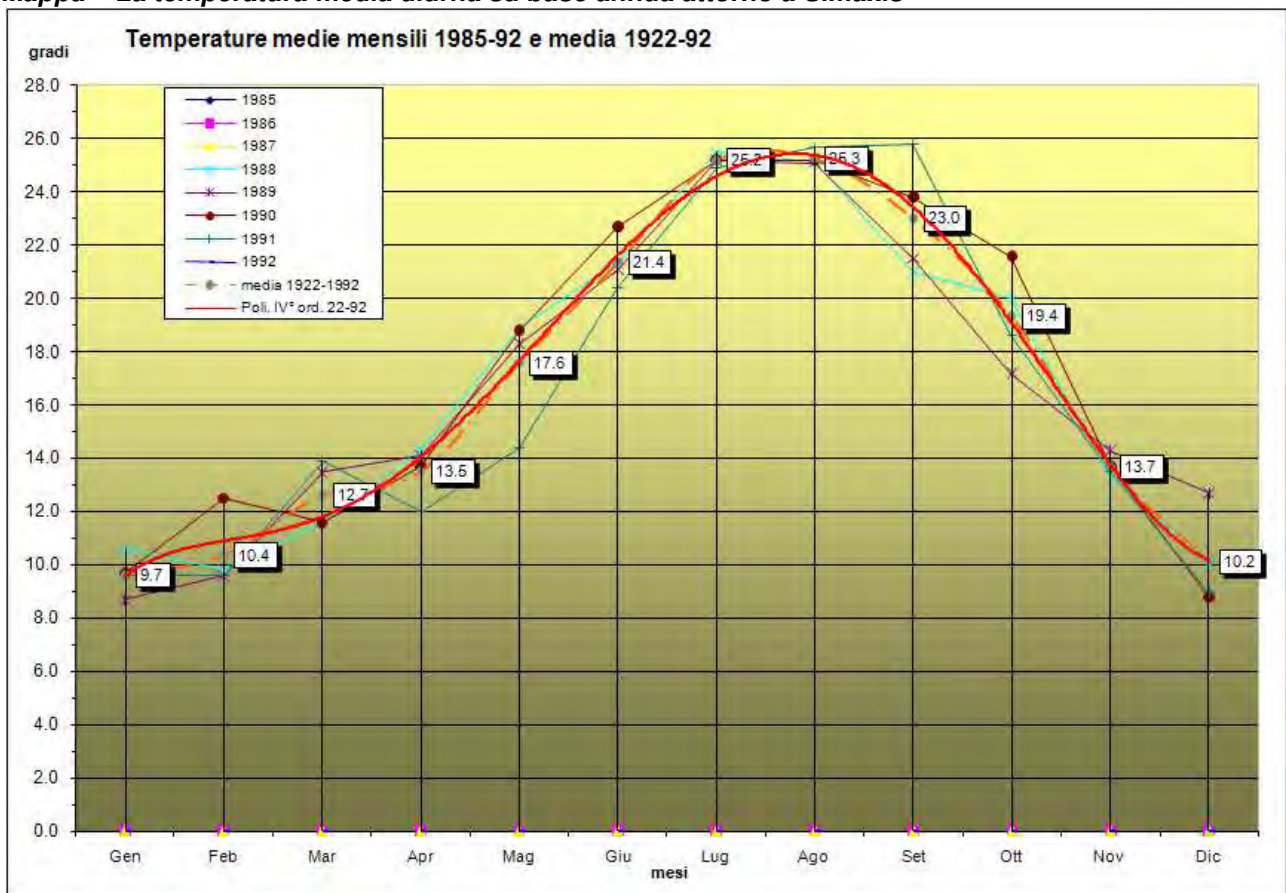


Grafico – L'andamento della temperatura diurna media annua per Simaxis



4.1.2 CARATTERI PLUVIOMETRICI

Per la caratterizzazione del regime pluviometrico dell'area oltre ai dati rilevati nella stazione pluviometrica di Simaxis, sono stati acquisiti ed analizzati i dati delle stazioni limitrofe.

L'elenco delle stazioni di osservazione considerate è riportato nella tabella, dove oltre ai dati relativi alle precipitazioni medie annue sono riportati la quota sul slm della stazione di misura ed

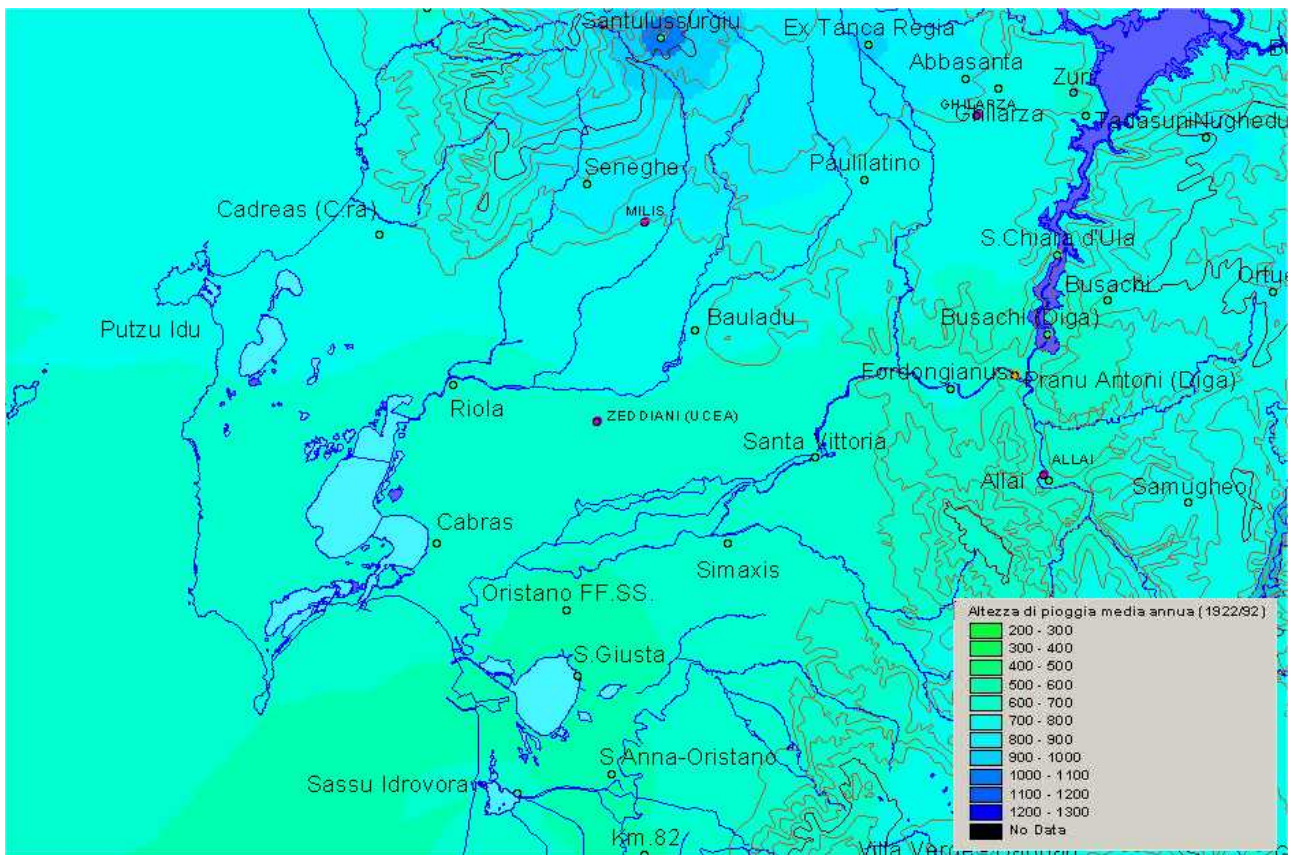
codS	ENTE	nome	quota m s.l.m.	Piovosità media annua 1922-02	Piovosità massima annua 1922-02	Piovosità minima annua 1922-02	Anni di osserv.	Piovosità massima assoluta 24 h 1922-80	Piovosità massima 24 h a 50 anni	Piovosità massima 24 h a 100 anni	Piovosità massima 24 h a 200 anni	Piovosità massima 24 h a 500 anni
98	AER	Capo Frasca (Aer)	92	556.70	721.20	388.60						
99	SI	Arborea	7	669.26	1022.50	419.00	40	112.00	98.08	110.63	123.31	140.14
100	SI	Marmubiu (C.ra)	32	649.98	974.00	345.10	48	90.00	83.50	94.18	104.97	119.30
101	SI	Km.82	32	561.17	609.60	485.50		76.60				
102	SI	S.Anna-Oristano	12	570.48	845.70	283.90	50	68.40	80.75	91.08	101.52	115.38
103	SI	S.Giusta	10	569.84	847.20	307.30	58	72.50	81.45	91.88	102.41	116.39
104	SI	Sassu Idrovora	5	612.14	867.60	366.20	30	129.00	93.77	105.77	117.89	133.99
105	SI	Oristano FF.SS.	12	563.45	841.60	291.60	46	74.00	87.96	99.21	110.58	125.68
165	SI	Ex Tanca Regia	332	994.17	1214.10	753.70	19	85.00	123.06	138.81	154.71	175.83
166	SI	Abbasanta	317	887.06	1323.30	215.80	50	135.00	123.54	139.35	155.32	176.52
167	SI	Paulilatino	280	740.45	1167.40	404.00	51	153.00	105.62	119.14	132.79	150.91
168	SI	Fordongianus	32	769.41	1015.70	520.50	19	150.00	108.28	122.14	136.13	154.71
169	SI	Mogorella	299	741.96	1064.00	448.50	47	101.00	93.23	105.17	117.21	133.22
170	SI	Santa Vittoria	22	598.68	937.50	324.40	29	82.50	84.62	95.45	106.39	120.92
171	SI	Simaxis	17	620.28	1156.00	325.20	57	104.00	84.67	95.50	106.45	120.98
172	SI	Riola	9	642.03	1071.00	336.00	49	97.00	97.82	110.34	122.98	139.77
173	SI	Cabras	9	629.23	968.70	406.90	20	79.40	92.37	104.19	116.13	131.98
174	SI	Santulussurgiu	557	1172.00	1797.60	614.60	45	214.20	172.97	195.11	217.46	247.15
175	SI	Seneghe	300	880.40	1621.20	460.40	48	115.40	122.06	137.68	153.46	174.41
176	SI	Bauladu	29	700.10	1355.10	371.00	38	81.30	94.90	107.05	119.32	135.61
177	SI	Cadreas (C.ra)	74	764.12	1367.00	579.20	17	82.40	100.87	113.79	126.82	144.14
408	SI	Putzu Idu	4									
3	SAR	ARBOREA	2	459.03	732.80	243.80						
4	SAR	MILIS	125	532.10	937.60	335.80						
6	SAR	GHILARZA	293	581.00	936.60	342.80						
11	SAR	ZEDDIANI (UCEA)	14	377.30	477.00	234.20						
14	SAR	SCANO MONTIFERRO	405	648.30	1245.80	461.40						

il numero degli anni di osservazione.

Tabella – Dati pluviometrici caratteristici delle stazioni di misura circostanti Simaxis (1922-1992)

La stazione di Simaxis, su un totale 87 anni di osservazioni, mostra un valore medio annuo di 593,00 mm/a con piogge concentrate nel periodo autunno-inverno, nel quale il mese più piovoso, con valore medio di 91.0 mm, è dicembre. Il periodo secco, caratterizzato da valori medi mensili minimi di 2,8 mm, che si registrano nel mese di luglio, si protrae da maggio a settembre. L'anno con le precipitazioni medie più elevate è stato il 1950 con 1156 mm/a, seguito dai 1032 mm del 1946, mentre il più secco, con 278 mm/a, è stato il 1995. Il massimo pluviometrico giornaliero con 104 mm di pioggia si verificò nel settembre del 1977 pari alla pioggia rappresentativa di un tempo di ritorno superiore a 100 anni..

Per la stazione di Bauladu i rilevamenti mostrano un valore medio annuo di 707,5 mm/a con piogge concentrate nel periodo autunno-inverno, nel quale il mese più piovoso, con valore medio di 115,5 mm, è dicembre. Il periodo secco, caratterizzato da valori medi mensili minimi di 2,2 mm, che si registrano nel mese di luglio, si protrae da maggio a settembre. L'anno con le precipitazioni medie più elevate è stato il 1923 con 1355,1 mm/a, mentre il più secco, con 371 mm/a, è stato il 1945. Il massimo pluviometrico giornaliero con 80 mm di pioggia si verificò nel settembre del 1963.



Mapa – La piovosità media-annua per l'area intorno al settore di Simaxis

Tra le stazioni con i valori medi più bassi troviamo Oristano dove cadono di media 581,8 mm/a di pioggia, con punte estreme di media annua minima di 293 mm/a registrata nel 1927. Le precipitazioni sono generalmente concentrate nel periodo autunno-inverno, mentre il periodo secco si protrae da maggio a settembre. Dicembre con media mensile di 93,6 mm è il mese più piovoso, mentre luglio con media mensile di 2 mm è quello più arido. Di frequente le precipitazioni sono concentrate nell'arco di un giorno, con valori massimi di 74 mm di pioggia nelle 24 ore (1959).

La stazione di Riola (9 m slmm), ubicata al limite tra il Campidano ed il Sinis, mostra una media annua di 655,3 mm/a. L'annata più piovosa è stata quella del 1933 con 1067,2 mm/a, mentre la più secca è stata quella del 1954 con soli 399 mm/a di piogge. La distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno segue l'andamento delle altre stazioni analizzate. Il mese più piovoso è dicembre anche per questa stazione, con valore medio di 111 mm, mentre il più secco è quello di luglio con valore medio di 2,3 mm. Anche a Riola sono stati registrati nel tempo piogge molto intense sviluppate nell'arco di un giorno, con il massimo pluviometrico nelle 24 ore di 97 mm di pioggia, che si verificò nel giugno del 1953.

Il valore medio annuo più basso in assoluto di 570,1 mm/a si registra nella stazione di Santa Giusta. Questo valore medio è compreso tra il massimo di 847,2 mm/a del 1960 ed il minimo di 307,4 mm/a del 1944. Il mese più piovoso è quello di dicembre con 95,2 mm di precipitazioni medie

La stazione di Cabras (9 m slmm), ubicata nel settore di transizione tra la penisola del Sinis ed il Campidano, presenta una media annua di 629,2 mm, con piogge concentrate nel periodo autunno-inverno, mentre da maggio a settembre si riscontra il periodo secco. La media mensile più elevata, con valore di 106,7 mm, si registra generalmente in dicembre, mentre la minima mensile di 2,3 mm si registra nel mese di luglio. Fra gli anni considerati il 1923, con media annua di 968,7 mm/a, risulta il più piovoso con un valore che si discosta decisamente dagli altri, mentre quello più arido risulta il 1942, con soli 473,8 mm/a. I massimi pluviometrici nelle 24 ore risultano uguali o inferiori a 79,4 mm.



, mentre quello più asciutto è quello di luglio nel quale mediamente le piogge sono pari a 3,2 mm. Il massimo pluviometrico nelle 24 ore di 72,5 mm di pioggia si registrò nell'ottobre del 1946.

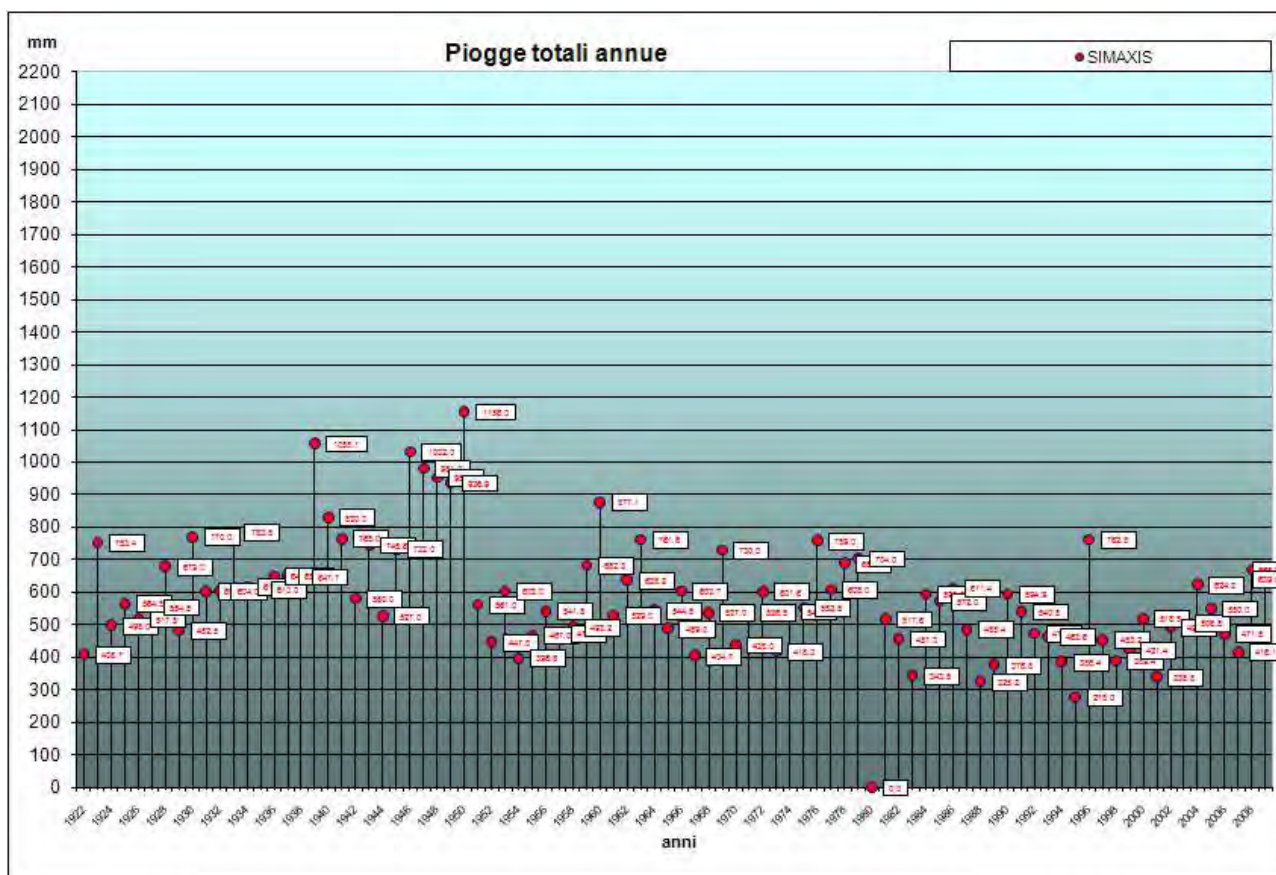


Grafico - Andamento delle piogge annue sulla stazione di Simaxis (1922-2009)

Da questa sintesi risulta che per tutte le stazioni considerate le piogge sono concentrate nel periodo autunno-invernale e che il mese in assoluto più piovoso è per tutte quello di dicembre. Per quanto riguarda il periodo asciutto si nota ugualmente un andamento omogeneo fra tutte le stazioni, con anni nei quali il periodo asciutto raggiunge anche gli otto mesi. Nel periodo invernale, nel mese di gennaio e talvolta di febbraio, si possono verificare alcune settimane di tempo secco, le cosiddette secche di gennaio.

I valori medi annui delle precipitazioni aumentano man mano che si passa da stazioni altimetricamente basse a quelle altimetricamente elevate, e man mano che aumenta la distanza dal mare.

L'elaborazione dei dati acquisiti ha permesso di ricostruire l'andamento delle isoiete in tutto il territorio comunale, mentre la successiva analisi dei dati elaborati ha portato all'identificazione dei caratteri peculiari del regime pluviometrico nell'area suddetta.

Le precipitazioni medie annue variano tra un minimo di 570.1 mm/a ed un massimo di 874.2 mm/a. I valori più elevati si riscontrano nella parte sommitale del territorio comunale dove si raggiungono le massime altimetrie. Scendendo verso la zona di pianura ed procedendo verso il mare si passa da valori intorno ai 750 mm/a a valori sempre più bassi dell'ordine di 600 mm/a. Va evidenziato che nella penisola del Sinis, dove la stretta vicinanza con il mare e la peculiare morfologia la fanno diventare una delle aree più aride della Sardegna, alcuni autori indicano medie annue intorno ai 400 mm/a, come indicato da alcuni autori (Pinna, 1960).

Per quanto riguarda l'intensità delle precipitazioni giornaliere la fascia di pianura è caratterizzata da medie d'intensità giornaliera delle precipitazioni comprese tra 8 e 10 mm. Per il restante territorio questo valore varia tra 10 e 12 mm. L'intensità oraria mostra valori compresi tra 2 e 3 mm/h.

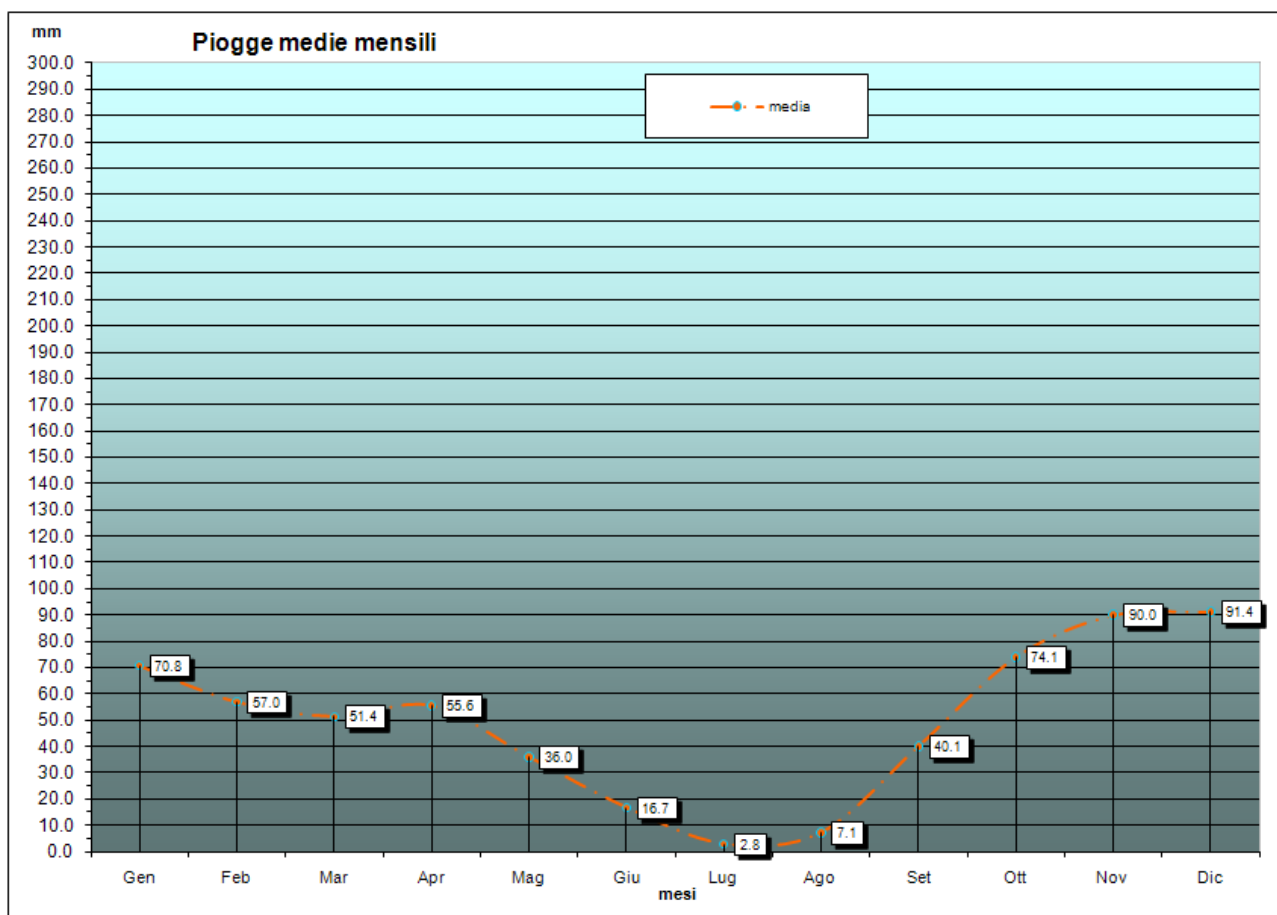


Grafico – Le piogge nell’arco dell’anno per la stazione di Simaxis (media 1922-2009)

La media delle precipitazioni massime che si registrano in un giorno risulta essere compresa tra 100 e 200 mm/g nel settore collinare, mentre è inferiore ai 100 mm/g nella fascia pianeggiante e costiera.

Nel complesso l'area esaminata mostra un regime pluviometrico con una piovosità di media entità, concentrata nel periodo invernale, con estati rigorosamente asciutte, interessate solo da eventi temporaleschi talvolta anche eccezionali. La primavera è generalmente scarsa di apporti mentre l'autunno è sovente più ricco dell'inverno con caratteri di eccezionalità affatto sporadici. La gran parte degli eventi meteorici di rilievo ha avuto luogo in periodo autunnale e precisamente tra ottobre e dicembre, con episodi notevoli anche nei primi 2 mesi dell'anno.

Il regime pluviometrico mostra un andamento generalmente irregolare, che non consente il massimo beneficio che tali quantitativi di precipitazioni possono dare.

Nell'arco di tempo coperto da osservazioni non di rado si sono verificate serie di alcuni anni siccitosi con il conseguente sconvolgimento del regime idrologico dell'area. Così come non sono rari gli anni siccitosi, così non sono rari gli eventi meteorici di portata straordinaria. Dall'analisi risulta particolarmente interessante il fatto che parte degli eventi pluviometrici notevoli nell'arco delle 24 ore non si verificano all'interno del periodo nel quale sono concentrate le piogge (autunno-inverno) ma nel periodo secco. Questo fatto aumenta la potenzialità erosiva di queste piogge. Nel corso di 58 anni di osservazioni, sono state effettuate numerose rilevazioni di piogge giornaliere superiori agli 80-100 mm in alcune delle stazioni considerate.

Tra tutti gli eventi alcuni sono maggiormente degni di nota ed in particolare quelli del febbraio 1923, del marzo 1936, dell'ottobre 1951, del giugno 1953, del gennaio 1971 e del giugno 1977.

La media delle precipitazione massime calcolate su 5 giorni indica valori inferiori ai 200 mm per la fascia costiera e di pianura e valori compresi tra i 200 ed i 400 mm per il resto del territorio comunale.



Dall'elaborazione dei dati la media annua dei giorni piovosi calcolato sulla serie storica a disposizione indica nel settore montano e lungo tutto il versante valori medi compresi tra 90 ed 81 giorni piovosi. Nel settore di pianura si registrano rispettivamente da 80 a 71 giorni piovosi e da 61 a 70 giorni piovosi.

I giorni sereni, con nuvolosità minore di 3/10 di cielo coperto sono 135 all'anno, i giorni nuvolosi, con nuvolosità compresa tra i 3/10 ed i 7/10 di cielo coperto sono di media 106 all'anno, i giorni coperti, con nuvolosità maggiore di 7/10 sono in media 125 giorni all'anno.

4.1.3IGROMETRIA

L'umidità dell'aria mostra generalmente un andamento decrescente dalla costa verso l'interno, per la forte influenza giocata dalle brezze di mare che caricano di umidità l'aria e dall'inverno all'estate. I valori di umidità relativa registrati negli ultimi 10 anni nella stazione di Oristano sono nella tabella seguente:

	Gennaio	Aprile	Luglio	Ottobre
Umidità relativa	84%	82%	77%	80%

4.1.4BAROMETRIA

La pressione atmosferica media annua, ridotta al livello del mare, sempre relativa alla stazione di Oristano, è di 1015,2 mb, con un massimo di 1015,7 mb nel mese di luglio ed un minimo di 1014,5 mb nei mesi di gennaio e aprile.

4.1.5ASPETTI ANEMOLOGICI

L'area è caratterizzata da un'elevata ventosità. I venti dominanti sono quelli provenienti dal IV quadrante (maestrale e di ponente), che spesso raggiungono e superano la velocità di 25 m/s, e quelli provenienti dal II e III quadrante (scirocco e libeccio).

Nella stazione di Oristano il vento dominante è rappresentato dal ponente. Questo vento, con il 20% della frequenza, raggiunge sovente velocità intorno ai 25 m/s. Il grecale mostra una frequenza del 15% con velocità generalmente non superiori ai 25 m/s, ed il maestrale con una frequenza intorno al 13%, raggiunge e supera la velocità di 25 m/s. Il vento meno frequente è lo scirocco, che però talvolta raggiunge e supera i 25 m/s. Le giornate di calma di vento rappresentano il 20,42% del totale.

Nella stazione Cirras (Tabella), prevalgono i venti di NO, con una frequenza del 22,7% sul totale delle osservazioni. Seguono il ponente (14,7%), il levante (11,6%) e la tramontana (11,5%), mentre gli altri presentano frequenze inferiori al 10%.

La frequenza delle calme è dell'ordine del 5,9%, infatti anche nel periodo estivo, generalmente meno ventoso, si instaurano i regimi di brezze di mare, che abbassano la frequenza delle calme di vento.

Nel periodo invernale risultano nettamente prevalenti i venti del I e IV quadrante con particolare frequenza per il ponente, il maestrale ed il grecale. Nel periodo estivo prevale nettamente il ponente con il maestrale con subordinato libeccio. Le giornate di calma non sono elevate in quanto nell'area, circondata dal mare, si instaurano regimi di brezze costiere.

Nel Campidano di Oristano, in condizioni morfologiche e microclimatiche particolari questi dati possono subire variazioni anche rilevanti. La posizione geografica e la forma piuttosto appiattita del settore della piana del Tirso, permettono al vento di raggiungere velocità assai elevate e quasi sempre maggiori di quelle registrate nelle stazioni di riferimento.



Distribuzione del azimutale della ventosità

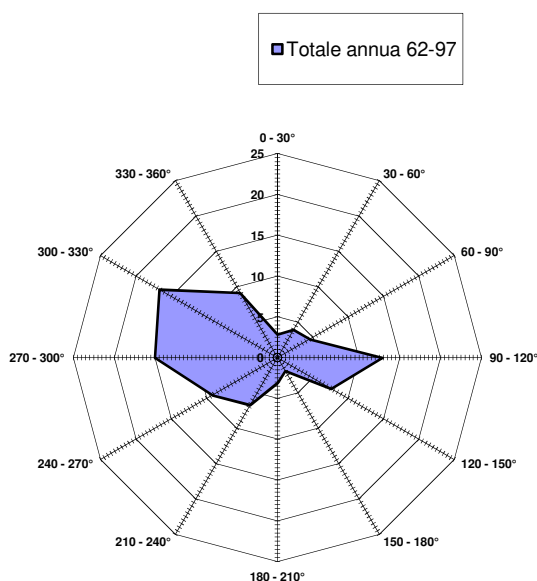
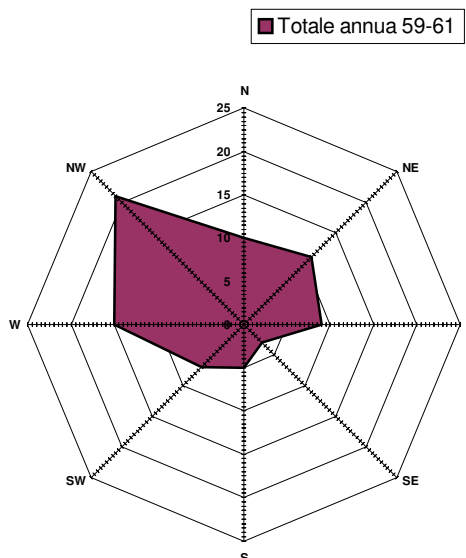
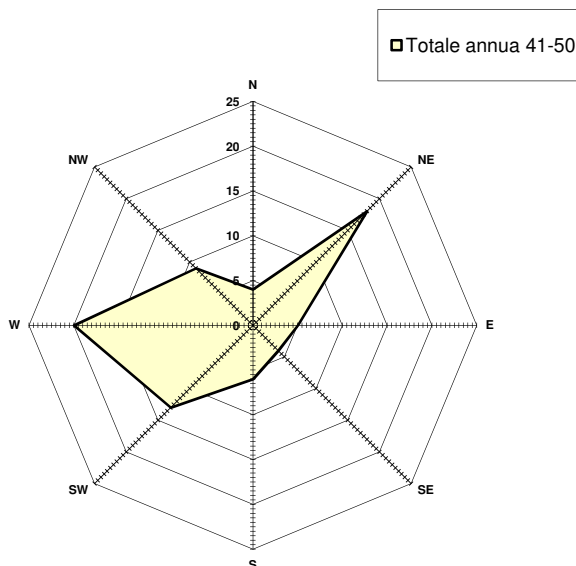


Diagramma – La distribuzione della ventosità in un diagramma anemometrico azimutale per la stazione di Capo Frasca per i tre periodi di misura disponibili

Distribuzione del azimutale della ventosità



Distribuzione del azimutale della ventosità



4.1.6 LA CLIMATOLOGIA

4.1.6.1 INDICI CLIMATICI

Per la classificazione dei vari tipi di clima che caratterizzano una regione, sono stati proposti diversi indici, che mettono in relazione una o più variabili e consentono di suddividere un dato territorio in aree geografiche e/o in fasce vegetazionali, con caratteri climatici diversi.

Di seguito sono illustrati alcuni indici climatici, significativi per la classificazione del clima della regione in esame.

- Indice di continentalità idrica di GAMS ($IG = \cotg P/A$)
 $IG = \cotg P/A = 1^{\circ},01$

I valori soglia dell'indice sono i seguenti:

- da 0° a 5° - zone litoranee
- da 5° a 15° - pianure interne
- da 15° a 30° - aree collinari
- oltre 30° - aree montuose



- **Indice di De MARTONNE**

$$ID = P/T + 10 = 24,30$$

I valori soglia dell'indice sono i seguenti:

- < 5 - condizioni desertiche
- da 5 a 10 - clima steppico
- da 10 a 20 - prateria
- oltre 20 - condizioni ottimali per lo sviluppo della vegetazione forestale

- **Pluviofattore di LANG**

$$PL = P/T = 39,00$$

I valori soglia dell'indice sono i seguenti:

- da 25 a 43 - zone litoranee
- da 43 a 52 - zone sublitoranee
- da 52 a 64 - colline interne
- da 62 a 137 - zone montuose

- **Classificazione Bioclimatica di Emberger**

$$Q = 2.000P/M^2 - m^2 = 73$$

Secondo Arrigoni la regione in esame ricade nel bioclina mediterraneo semiarido, orizzonte superiore.

4.1.6.2 DIAGRAMMI CLIMATICI

I diagrammi climatici sono rappresentazioni grafiche su un piano cartesiano, ottenute dall'elaborazione dei dati termo-pluviometrici.

La loro interpretazione consente di risalire ad una definizione sintetica, ma efficace, delle caratteristiche del clima in ciascun mese dell'anno, evidenziando il/i periodo/periodo aventi maggiore grado di xerofilia.

- *Diagramma di BAGNOULS GAUSSEN - WALTER E LIETH (1960)*

In un sistema di assi cartesiani sono riportati i valori medi delle precipitazioni e delle temperature rilevati nei mesi dell'anno.

Nel diagramma ombrotermico è possibile osservare la presenza di una stagione caldo arida, ricadente nel periodo compreso tra la terza decade di maggio ed il mese di settembre.

In questa stagione il bilancio termico ed idrico è evidenziato con l'area sottesa tra le due curvilinee, rappresentati l'andamento termo-pluviometrico annuale. Il deficit idrico che si presenta nel periodo estivo è conseguenza delle scarse precipitazioni ed elevate temperature.

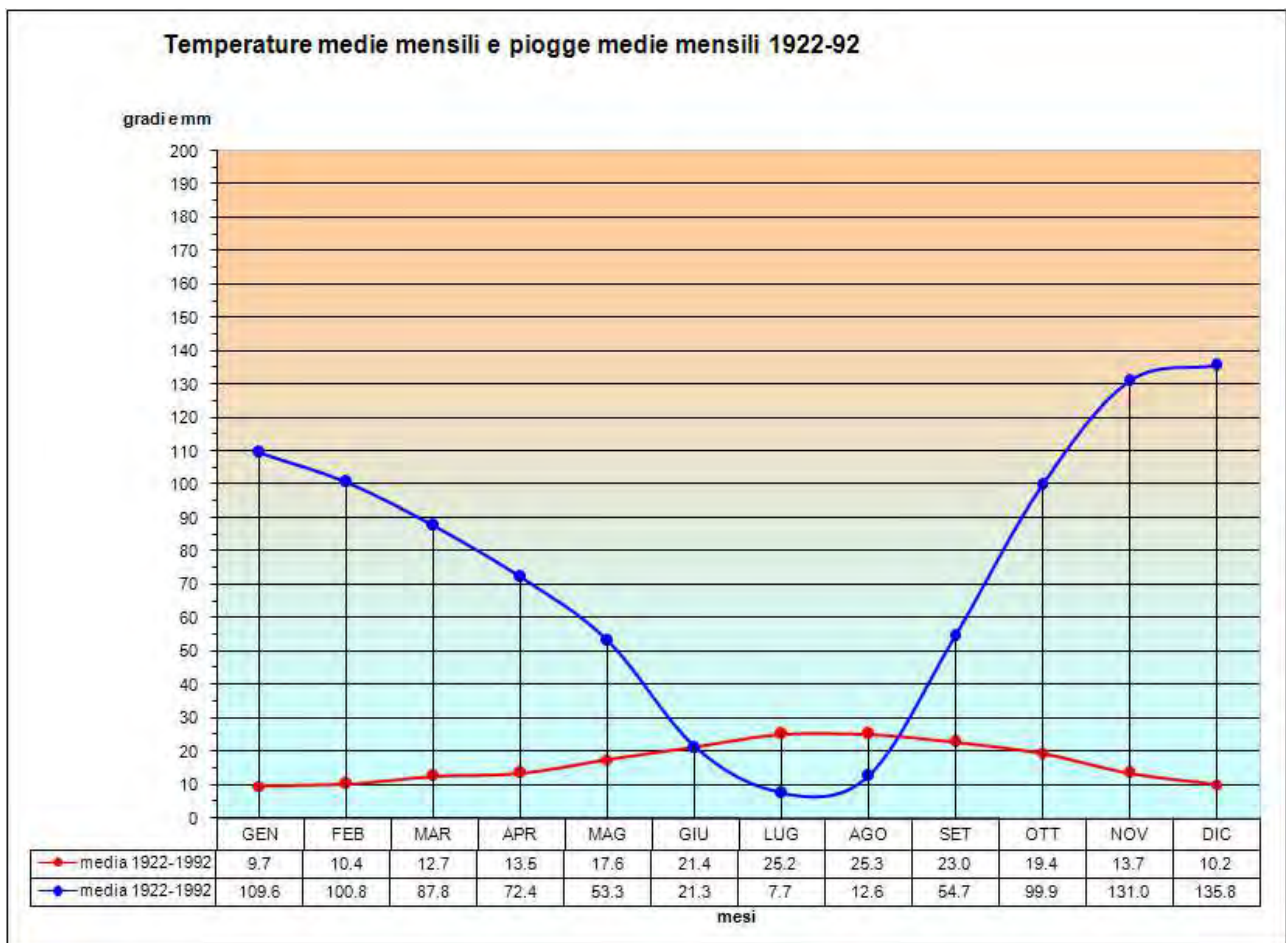


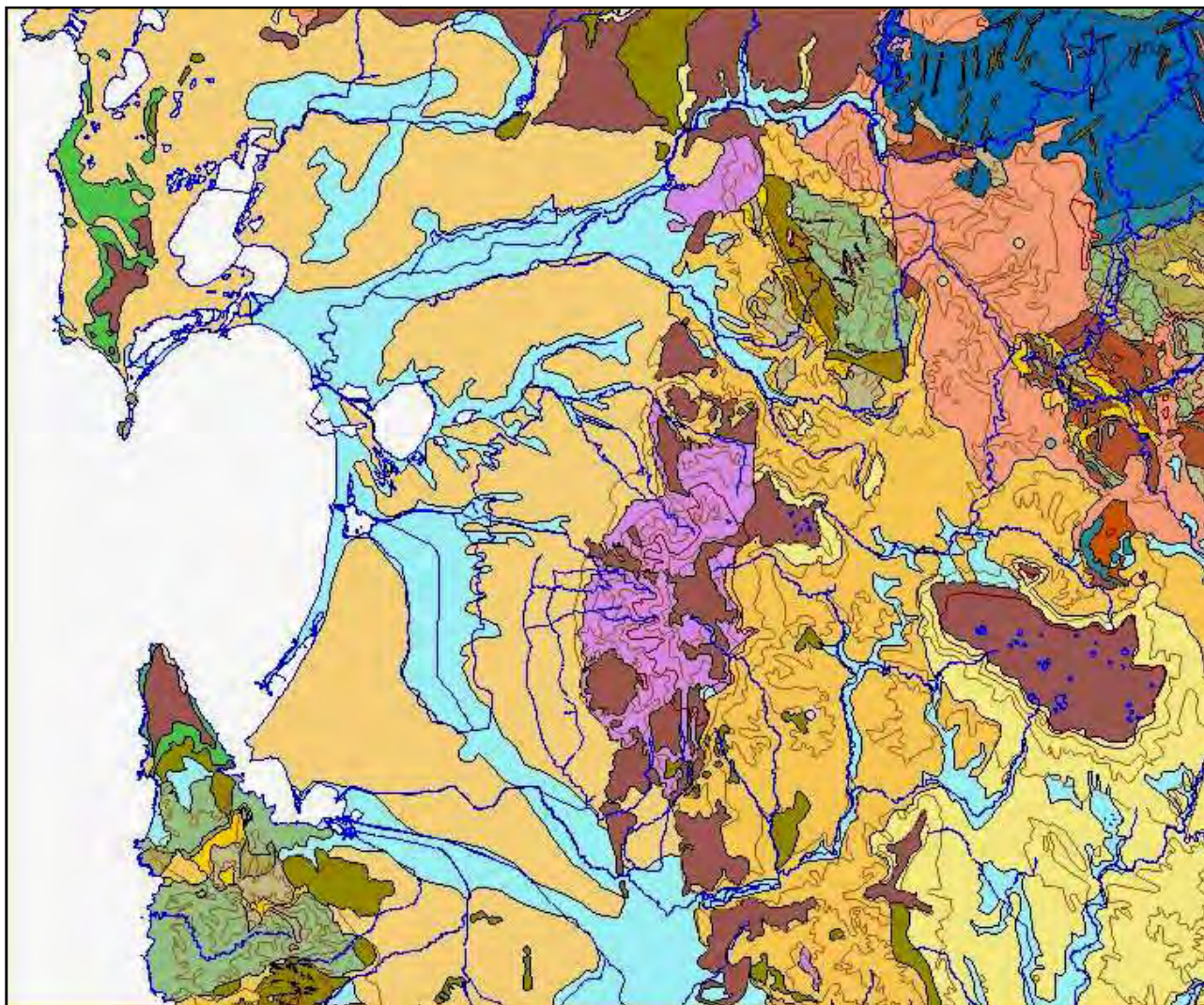
Diagramma umbrotermico per la stazione di Simaxis

5.LE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRUTTURALI DEL SETTORE DI SIMAXIS

5.1INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA

Il territorio interessato dall'indagine si trova al centro del settore compreso tra il crinale del Monte Grighini e la sottostante piana alluvionale del Tirso.

Il Monte Grighini è costituito da formazioni geologiche di età molto antica, appartenenti al basamento cristallino paleozoico, che si giustappongono a terreni relativamente recenti rappresentati da vulcaniti e sedimenti eocenici ed oligo-miocenici, vulcaniti plio-quadernarie e depositi detritici plio-quadernari.



Mappa - Il sistema del Campidano di Oristano e dei massicci dell'Arci e del Grighine

Il rilievo del Grighini, trovandosi al centro di un'area che è stata oggetto di importanti deformazioni e dislocazioni, come risultato delle diverse fasi tettoniche che hanno interessato la Sardegna dal Paleozoico fino ai giorni nostri, è caratterizzato da una geologia assai complessa.

Il Monte costituisce una culminazione tettonica paleozoica, che si rinviene lungo il bordo del Campidano di Oristano, totalmente circondata da terreni terziari e quaternari, e che strutturalmente è parte integrante della Zona a Falde della catena ercinica.

La Zona a Falde del basamento ercinico, secondo il modello strutturale proposto da Carmignani et alii (1987), comprende tutti i terreni metamorfici della Sardegna centrale che si rinvengono tra il



complesso migmatitico della Sardegna settentrionale, Zona Assiale della catena ercinica, ed il complesso metamorfico del Sulcis-Iglesiente, Zona Esterna della Catena ercinica.

Il basamento ercinico della Zona a Falde è composto dalla sovrapposizione di diverse unità tettoniche, messe in posto durante le fasi compressive dell'orogenesi ercinica e deformate dalla tettonica tardo ercinica. Le deformazioni sono accompagnate da metamorfismo regionale in facies di scisti verdi, generalmente zona a clorite, che raggiunge, nelle unità tettoniche più profonde dell'edificio a falde la zona a biotite e che, solo nell'Unità del Monte del Grighini, raggiunge la facies anfibolitica.

Le successioni stratigrafiche della Zona a Falde sono costituite da sequenze di metarenarie, metaconglomerati e metavulcaniti di età compresa tra il Cambriano medio ed il Carbonifero inferiore. Ogni unità si diversifica dalle altre sia nella successione stratigrafica sia nell'evoluzione strutturale delle unità alloctone, tanto che Carosi et alii (1992) hanno suddiviso le stesse in Falde Interne, comprendenti Nurra meridionale, Goceano, Monti del Gennargentu, ed in Falde Esterne comprendenti Sarrabus, Arburese, Gerrei, Castello di Medusa, Sarcidano, Barbagia.

Le falde interne sono caratterizzate da scarsità o assenza di prodotti magmatici dell'Ordoviciano medio e dalla presenza di potenti successioni clastiche dell'Ordoviciano superiore, Quelle esterne sono invece caratterizzate da potenti sequenze di prodotti del vulcanismo dell'Ordoviciano medio, che mostrano importanti variazioni laterali, e da una progressiva riduzione dei depositi traggresivi dell'Ordoviciano superiore.

Le Falde Interne sono inoltre caratterizzate da fasce cataclastiche e grandi scaglie tettoniche prodotte dagli accavallamenti, che tagliano le pieghe formatesi durante la prima fase deformativa, e da grado metamorfico che tende ad aumentare verso le unità più profonde. Le Falde Esterne presentano invece uno stile deformativo costituito da megapieghe isoclinali con fianchi rovesci ben conservati.

Nella Sardegna centro-orientale la struttura a falde trova la miglior esposizione in corrispondenza dell'antiforme della bassa valle del Flumendosa, che prosegue con direzione N130E-N140E fino al Monte Grighini (Carmignani et alii, 1982b). L'unità più profonda è rappresentata da quella del Monte Grighini tettonicamente ricoperta dall'Unità di Castello di Medusa. Nel fianco meridionale dell'antiforme si sovrappongono le unità del Gerrei e quella di Genn'Argiolas, mentre nel fianco settentrionale si sovrappongono le Unità del Gerrei, le Unità tipo Meana Sardo ed il Complesso Metamorfico di Basso Grado della Barbagia. Tutte queste unità, spesso suddivise in unità minori e sub-unità, individuano bacini paleogeografici distinti.

Il Monte Grighini rappresenta un'importante zona di taglio duttile tardo-ercinica caratterizzata dalla messa in posto di intrusioni sin-cinematiche e da movimenti trascorrenti ed estensionali. Esso è costituito da terreni appartenenti all'Unità del Monte Grighini ricoperta tettonicamente dall'Unità di Castello di Medusa e dall'Unità del Gerrei.

L'unità del Monte Grighini, la più profonda della Zona a Falde, costituisce il nucleo della dorsale omonima. Essa è caratterizzata da metamorfismo che passa da condizioni di basso grado (zona a biotite) a condizioni di medio grado con la facies anfibolitica fino alla zona a staurolite, raggiungendo il grado di metamorfismo più elevato della Zona a Falde.

Questa unità è stata suddivisa in due sub-unità, costituite da una successione litostratigrafica originaria analoga, ma che si differenzia per il diverso grado di metamorfismo raggiunto (Musumeci, 1991).

La sub-unità inferiore, che affiora diffusamente nella porzione centro-occidentale della dorsale del Grighini, è costituita da:

- paragneiss minuti e paragneiss microcchiadini con intercalati micascisti e quarziti nei quali sono inclusi livelli metrici a decametrici di paragneiss microcchiadini;
- micascisti a granato e staurolite con livelli di paragneiss a granato e biotite ed incluse lenti di spessore metrico di marmo. Al contatto con i paragneiss microcchiadini sono presenti livelli di quarziti grigio-chiaro.



In questa sub-unità sono intrusi granitoidi in facies da tonalitico a monzogranitico e leucograniti peralluminiferi tardo ercinici.

La sub-unità superiore, affiorante nel settore orientale della dorsale, è separata da quella inferiore da un contatto cataclastico. Essa è formata da una successione di:

- metavulcaniti porfiroclastiche (porfiroidi auct.) e metavulcanoclastiti a grana fine a biotite e muscovite, che rappresentano i prodotti metamorfici di vulcaniti e loro rimaneggiati;
- filladi a biotite e muscovite, derivanti dal metamorfismo di filladi grigie con intercalate filladi quarzitiche scure e metarenarie filladiche, che ricoprivano le vulcaniti.

Nonostante l'assenza di fossili, le caratteristiche litologiche dei protoliti, consentono di correlare questa successione con le successioni stratigrafiche delle unità tettoniche di basso grado (Carosi et alii, 1992).

L'Unità del Castello di Medusa affiora in finestra tettonica nel versante orientale del monte. Essa è costituita da:

- complesso, potente da una decina ad un centinaio di metri, di filladi alternate a metarenarie micacee, con livelli di quarziti chiare, con gradazione e laminazione parallele ed incrociate;
- metavulcaniti e metavulcanoclastiti, prodotti metamorfici di vulcaniti a chimismo da acido ad intermedio e loro rimaneggiati, a struttura porfirica con porfiroclasti di quarzo e in matrice quarzoso-micacea, finemente scistosa (porfiroidi auct.); nell'area del rio Gruppa metarenarie arcose ricoprono le metavulcaniti;
- complesso di filladi e quarziti, composto da alternanza di filladi, metarenarie verdi, quarziti grigie, quarziti nere, liditi e filladi carboniose;
- livello di calcescisti, sottile ma costante, ricoperto da marmi (10 –100 m), bianco-grigi, massicci o stratificati, talora dolomitici, ad abbondanti articoli di crinoidi, chiudono generalmente l'unità. Solo nell'area di Mandas-Rio Gruppa su di essi poggia una potente successione silicoclastica con metaconglomerati. Nei calcescisti di Asuni sono stati segnalati probabili resti di tentaculiti (Carmignani et alii, 1982d). Le analogie con le litologie che caratterizzano l'Unità del Gerrei, i rapporti geometrici tra le diverse formazioni ed il contatto tettonico con le sovrastanti unità portano a suggerire un'età Cambro-Devoniana per questa unità.

L'Unità del Gerrei, caratterizzata dalla presenza di derivati metamorfici di vulcaniti acide porfiriche, a chimismo riolitico (Porfiroidi Auct.), affiora nel versante occidentale del Grighini, dove trova uno sviluppo areale maggiore nel settore meridionale dello stesso.

L'unità è formata da:

- metarenarie cambro-ordoviciane, si tratta di un complesso di metarenarie micacee più o meno quarzose alternate a filladi e metasiltiti, analoghe per litologie che per strutture sedimentarie alla Formazione delle Arenarie di San Vito ed a quella delle Arenarie di Solanas;
- complesso metavulcanico ordoviciano, discordante sulle sottostanti metarenarie, costituito nella parte basale da vulcanoclastiti, metarenarie vulcaniche, metaconglomerati minuti e grossolani ad elementi di vulcaniti e subordinatamente quarziti e metarenarie. Localmente sono presenti metavulcaniti andesitiche e riodacitiche con intercalazioni di metavulcanoclastiti. Il termine più recente del complesso è rappresentato dai Porfiroidi Auct. (Calvino, 1961), metavulcaniti riolitiche a struttura porfirica per fenocristalli di K-feldspato e quarzo immersi in matrice scistosa sericitico-cloritica. Il passaggio fra la parte basale della successione ed i Porfiroidi è caratterizzato da una successione da metrica a decametrica di metaconglomerati, quarziti, metarenarie arcose e metasiltiti nere (Carmignani, 1985);
- metasedimenti dell'Ordoviciano superiore, costituiti da metarenarie feldspatiche, metarose e quarziti chiare, scarsamente stratificate con livelli di metaconglomerati generalmente a



grana fine, metarenarie e metasiltiti, filladi carbonatiche siltose o arenacee, verdi o rosse, con aspetto vacuolare per la dissoluzione dei fossili, rappresentati da fauna bentonica con briozoi, crinoidi, brachiopodi ect. (Naud, 1979), con locali intercalazioni di metacalcari ad articoli di crinoidi. Nella sequenza si rinvengono intercalazioni di metavulcaniti basiche (secondo Memmi, 1982, ad affinità geochemica con basalti interplacca) grigio-verdi a grana fine associate a metagrovacche vulcaniche;

- metasedimenti del Siluriano – Devoniano e Carbonifero inferiore. Si tratta di un complesso di filladi nere carboniose a graptoliti con intercalati livelli di quarziti nere (liditi) e rare lenti di metacalcari ad *Orthoceras* alla base, seguito da alternanze di filladi grigie e nere e grossi banchi di metacalcari nodulari a tentaculiti. Lo spessore apparente della successione silurico-devonica che raggiunge diverse centinaia di metri nella valle del Flumendosa è presumibilmente dovuto a diversi raddoppi tettonici alla base dell'Unità di Genn'Argiolas. Tra San Nicolo Gerrei e Monte Lora il complesso silurico-devonico è ricoperto da sottili livelli di metarenarie alternate a metasiltiti, con lenti di metaconglomerati con clasti di quarzo, che rappresentano i primi depositi di flysch sinorogenico ercinico, che nel Carbonifero inferiore interrompe la sedimentazione nelle Unità del Gerrei (Teichmuller, 1983, Spalletta & Vai, 1982, Barca e Spalletta, 1985, Barca, 1985).

La presenza della culminazione paleozoica del Monte Grighini, correlabile con gli altri affioramenti paleozoici affioranti lungo il bordo orientale della "fossa sarda", conferma gli schemi geologico-strutturali e le ricostruzioni dell'evoluzione geologica di questo settore della Sardegna, testimoniando come un tempo, prima dell'apertura della "fossa sarda", quando ancora la Sardegna era parte integrante del Massiccio Centrale Francese, il settore oggi occupato dai sedimenti marini miocenici era costituito da rocce del basamento cristallino.

Il basamento cristallino paleozoico, strutturalmente già definito, fu in parte ricoperto dai sedimenti carbonatici mesozoici e successivamente, dopo il ritiro del mare mesozoico fu interessato da lunghi periodi di continentalità, durante i quali si sviluppò un'intensa attività erosiva che ha smantellato parte dei depositi mesozoici e del basamento cristallino paleozoico.

Nell'Eocene sulle litologie paleozoiche si formarono vasti depositi conglomeratici ed arenacei continentali, presenti con piccoli affioramenti anche nella dorsale del Grighini.

In seguito alle forti tensioni tettoniche che si ebbero per la collisione tra la placca africana e quella europea durante l'Oligocene medio (Tapponier, 1977), che determinarono oltre alla rotazione antioraria del blocco sardo-corso l'apertura del rift sardo, il basamento paleozoico venne suddiviso in due horst, uno occidentale ed uno orientale. L'horst occidentale fu smembrato in blocchi, disposti in senso meridiano, rappresentati da: la Nurra, i Monti di Flumentorgiu, l'Arburese-Iglesiente ed il Sulcis di grandi dimensioni, ed altri come il sud-Algherese e l'isola di Mal di Ventre, di dimensioni assai ridotte, mentre quello orientale, almeno apparentemente più omogeneo, è costituito dal complesso granitico del nord Sardegna, dalla zona assiale della catena ercinica della Sardegna nord-orientale, dalla zona a falde della catena ercinica della Sardegna centrale e dall'intrusione ercinica del Sarrabus.

L'apertura della fossa tettonica, che si sviluppava dal Golfo di Cagliari a quello dell'Asinara con una larghezza di circa 40 km, fu seguita da un'intensa attività vulcanica sintettonica, che portò al parziale riempimento della stessa, come testimoniano le estese coperture vulcaniche della Planargia, del Bosano, del Montiferru, quelle carotate nel Campidano e quelle presenti ad est della dorsale del Grighini.

La subsidenza all'interno della fossa fu attiva per un lungo periodo, cosicché il mare miocenico vi penetrò, come testimoniano i numerosi affioramenti di sedimenti marini miocenici nel Meilogu-Logudoro a nord e lungo i bordi della fossa campidanese a sud, nella Marmilla e nella Trexenta ad est e di Funtanazza e del Cixerri ad ovest.

Nel settore meridionale della "fossa sarda" la serie miocenica, ricostruita sulla base dei risultati di perforazioni profonde eseguite nel Campidano e delle indagini di superficie presenta uno spessore di circa 1500 m, di cui circa 300-400 m di ambiente continentale ed il restante di ambiente marino.



In relazione ai movimenti tettonici che hanno generato il bacino sedimentario oligo-miocenico i materiali che si rinvennero nella fossa sono stati suddivisi da Cherchi e Montadert (1982, 1984) in depositi pre-rift, syn-rift e post-rift, in funzione della loro posizione rispetto all'evoluzione della fossa stessa.

I depositi pre-rift, costituiti dai depositi detritici continentali eocenici della formazione del Cixerri, si rinvennero nella parte basale della fossa e costituiscono i termini più antichi carotati nel Campidano. Vengono classificati come syn-rift oltre ai prodotti del ciclo vulcanico oligo-miocenico ad affinità calco-alcalina auct., i sedimenti continentali della formazione di Ussana, i sedimenti in facies marina delle Arenarie di Gesturi, in eteropia con i Calcari di Isili e con le Marne di Ales (Cattiano sup.) ed il successivo complesso vulcano-sedimentario della formazione della Marmilla (Aquitano) in eteropia con i Calcari di Villagrecia. Questi terreni vengono considerati syn-rift in quanto la loro messa in posto è avvenuta durante l'attività tettonica, collegata all'apertura stessa della fossa. I depositi post-rift sono rappresentati dalla sequenza sedimentaria marina costituita alla base dalle Marne di Gesturi (Burdigaliano medio e sup.-Langhiano sommitale), che poggiano sulla formazione della Marmilla, di età Burdigaliano inf., dalle argille di Fangario (Langhiano sup-Serravalliano inf.), dalle arenarie di Pirri (Serravalliano) seguite dal Calcare di Cagliari suddiviso in tre subunità e datato Serravalliano-Messiniano inf.. Questi depositi si sono formati al termine dell'attività tettonica che provocò l'apertura della fossa, quando il mare miocenico entrò stabilmente nella stessa.

Attorno al Grighini sono presenti depositi detritici correlabili con la Formazione di Ussana. Questi depositi, costituiti da alternanze di argille e conglomerati, in passato venivano attribuiti da diversi Autori (Vardabasso, Negretti) al Permo-Triass.

Le tensioni tettoniche responsabili del sistema di rift, datate Oligocene medio-Aquitano, hanno lasciato testimonianza degli stress sia nel sedimentario che nel vulcanico con direzione prevalente N 80° E. Questa fase è stata seguita da una fase tettonica di età burdigaliana, probabilmente dovuta alla collisione fra il blocco sardo-corso e la placca Apuliana, testimoniata dalle lineazioni N 40° E, mentre la direzione N 140°, riconoscibile in numerosi affioramenti, testimoniano la fase tettonica compressiva messiniana, responsabile del contatto discordante fra i sedimenti marini messiniani e quelli marini pliocenici.

Nel Messiniano in seguito alla crisi di salinità del Mediterraneo occidentale, il mare miocenico si ritirò e le aree precedentemente sommerse divennero sede di un'intensa attività erosiva, come evidenziato da una netta superficie di erosione che tronca la sequenza stratigrafica miocenica. Durante la fase di regressione si passa gradualmente da un ambiente di mare aperto ad un ambiente di mare ristretto. Questi passaggi sono testimoniati solo nella penisola del Sinis, dove si rinvennero depositi evaporitici messiniani.

Nel nuovo ambiente continentale nelle aree più depresse vengono depositati i detriti asportati dagli atmosferici nelle aree altimetricamente più elevate. Si formano così i sedimenti continentali pliocenici della Formazione di Samassi, presenti soprattutto nel Campidano.

Nel Plio-Quaternario la ripresa dell'attività tettonica è testimoniata dal ringiovanimento, lungo i bordi paleozoici, di una serie di faglie parallele con direzione NNO-SSE, che determinarono la formazione del graben campidanese, che si sovrappone al settore centro-meridionale della fossa sarda.

Lungo i bordi del graben questa situazione innesca un consistente regime erosivo che in parte smantella i sedimenti miocenici.

A questa fase tettonica è inoltre legata una nuova fase vulcanica, a carattere alcalino, alla quale sono legate le manifestazioni vulcaniche responsabili dei grandi edifici vulcanici della Sardegna (Montiferru e Monte Arci) e della messa in posto dei basalti di piattaforma. Questi ultimi, oggi in evidente inversione di rilievo, andarono a colmare i bassi morfologici, ricoprendo i depositi detritici post-miocenici.

La successiva ripresa dell'attività erosiva, guidata dalle discontinuità tettoniche, ha agito con maggior intensità sulle litologie più erodibili. Il materiale eroso, trasportato a valle dalle acque incanalate venne depositato nella fossa del Campidano fino a colmarla, con la formazione di



potenti depositi detritici. Nel Campidano la continua subsidenza e la mancanza di pendenze adeguate, ha localmente consentito il permanere di vaste zone depresse, come per esempio lo stagno di Sanluri e le l'anello "lacustre" attorno al Golfo di Oristano e quello attorno a quello di Cagliari.

In tempi geologici più recenti, e soprattutto durante le glaciazioni, l'erosione ha poi continuato il modellamento della regione ed ha portato gradualmente all'attuale configurazione morfologica del territorio comunale.

5.2LA GEOLOGIA DEL CAMPIDANO ORISTANESE

La pianura del Campidano costituisce una vasta superficie sub-pianeggiante o debolmente ondulata, modellata sui potenti depositi detritici plio-quadernari di varia origine.

La piana costituisce l'estremità settentrionale della fossa tettonica plio-quadernaria, più nota come "graben campidanese", che si sviluppa dal golfo di Oristano a quello di Cagliari, risultato del ringiovanimento, lungo i bordi paleozoici, delle direttrici tettoniche della parte mediana e meridionale della struttura oligo-miocenica, durante la fase tettonica distensiva plio-quadernaria, responsabile anche del ciclo vulcanico post-elveziano.

Il substrato di graben campidanese è costituito da oltre 1.500 m di sedimenti marini quali marne, calcari, calcareniti spesso fossiliferi, alternati ad episodi vulcanici del ciclo calco-alcalino. Durante il Plio-Quadernario sono stati ulteriormente depositi circa 800 m fra sedimenti e vulcaniti.

La serie sedimentaria plio-quadernaria, di spessore variabile fra qualche decina e qualche centinaia di metri, è il risultato della colmata operata da parte del fiume Tirso e dei suoi affluenti nel Pleistocene ed Olocene. Questa successione è costituita da sedimenti continentali, per lo più appartenenti alla Formazione di Samassi, sui quali poggiano potenti depositi alluvionali, lacustri e lagunari pleistocenici, seguiti da depositi marini e lagunari flandriani-versiliani con intercalate le lave basaltiche. I depositi marini quadernari, rappresentati da depositi di ambiente freddo, e da depositi tirreniani tipici, sono presenti nelle sole fasce costiere.

Il sottosuolo è quindi caratterizzato dall'alternarsi di strati più o meno potenti, talora lentiformi, di ghiaie ciottoloso-sabbiose, di argille, argille limose e sabbie argillo-limose. Localmente sono presenti anche dei livelli torbosi. I singoli orizzonti, spesso lentiformi, presentano spessori molto variabili da luogo a luogo, rendendo difficili le correlazioni stratigrafiche. Secondo le stratigrafie provenienti dalla lettura dei testimoni delle perforazioni dei pozzi per ricerche petrolifere eseguiti dall'AGIP nei dintorni di Riola e di Sassu, risulta che nel sottosuolo, intercalati ai depositi detritici, si rinvengono una serie di colate basaltiche plio-quadernarie, omologhe a quelle di Capo Frasca, di Capo San Marco e del Sinis. Tali colate, disposte a gradinate a causa di una serie di faglie, sono situate ad una profondità crescente verso sud. La colata più superficiale, attraversata da numerose perforazioni per acqua effettuate poco a monte dell'abitato di Solarussa, si trova ad una profondità di alcune decine di metri, ricoperta da depositi alluvionali, e poggia a sua volta su altri sedimenti alluvionali di età precedente. Nelle perforazioni effettuate dall'AGIP, le colate basaltiche sono ribassate alla profondità di circa 218 metri presso Riola e di 304 metri presso Sassu.

Nel Campidano si sviluppa la parte terminale del fiume Tirso e dei suoi affluenti, che grande importanza hanno avuto, con la loro azione erosiva, di trasporto e di sedimentazione nella formazione della piana e nel suo successivo modellamento.

L'area, oggi pressochè pianeggiante, è caratterizzata dalla presenza di terrazzi fluviali dovuti alle inondazioni dei fiumi gravitanti nell'area. Nella piana, nel settore caratterizzato dal talweg del Tirso, si riconoscono diversi ordini di terrazzi dal T0 attuale e subattuale al T3 legato agli eventi alluvionali più antichi. Oltre che per la posizione topografica differente tali terrazzi possono essere differenziati anche per il tipo di depositi e per il tipo di suolo che su di essi si è evoluto. I terrazzi sub-attuali ed attuali si trovano nell'area di golena e sono costituiti da sabbie quarzose fini e ghiaie e ciottoli eteromorfi e poligenici, su di essi si sono evoluti dei suoli, denominati terreni di "Bennaxi", che presentano elevate potenzialità per l'uso agricolo. I terrazzi più antichi, che si sviluppano a quote più alte rispetto ai primi, sono caratterizzati da livelli di ciottoli e ghiaie poligeniche ed



eterometrica, in matrice sabbio-limo-argillosa ferrettizzata, fortemente addensati. Su di essi si sono evoluti dei suoli meno fertili dei precedenti, denominati terreni di “Gregori”. La piana è attraversata anche da una fitta rete di canali artificiali, realizzati dagli anni '30 fino ad oggi.

5.3 CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DEL TERRITORIO COMUNALE

Il territorio di Simaxis non vede affiorare formazioni antecedenti al quaternario a causa del loro ricoprimento da parte delle formazioni detritiche successive per il loro ribassamento per motivi tettonici.

La serie marina, preceduta dall'effusione di manifestazioni vulcaniche calcoalcaline, legate a una fase tettonica distensiva post-eocenica, è inizialmente rappresentata da sedimenti terrigeni, conglomerati, arenarie ed arenarie marnose che evolvono verso l'alto a facies tipiche di un ambiente più propriamente marino, date dall'alternanza di sequenze marnoso-argillose e carbonatiche.

La trasgressione marina, ascrivibile all'Oligocene superiore, invase terreni morfologicamente molto evoluti, rappresentati da sedimenti continentali paleogenici, vulcaniti andesitiche e da litotipi costituiti, nei dintorni del M. Grighini da ultrametamorfiti di genesi effusivi di età paleozoica.

I terreni sedimentari miocenici raggiungono spessori considerevoli solo nei domini più orientali in corrispondenza delle zone centrali del bacino di sedimentazione, dove affiorano con notevole estensione areale (Marmilla), mentre nella zona esaminata le litologie mioceniche si rinvencono in maniera discontinua, occultate dalle coperture basaltiche recenti, da Ollastra fin quasi alle prime propaggini del M. Arci, bordando ad oriente la struttura tettonica campidanese.

L'effusione dei prodotti vulcanici del ciclo più recente chiude al tetto la formazione sedimentaria miocenica. Quest'altra fase vulcanica avvenne in condizioni di continentalità, nel periodo plio-pleistocenico in concomitanza con le fasi tardive dell'orogenesi alpina, quando un vulcanismo di tipo essenzialmente fissurale si impostò lungo le strutture disgiuntive legate all'apertura del Graben Campidanese.

L'accentuata subsidenza dell'area campidanese cui corrisponde un contemporaneo sollevamento dei terreni paleozoici e sedimentari posti al bordo della fossa, diede luogo ad una intensa attività erosiva a discapito soprattutto della serie miocenica, saltuariamente ricoperta dai depositi trasgressivi pliocenici. La colmata di questa depressione, che raggiunge profondità, calcolata nel pozzo Oristano 1 e 2, intorno ai 600-800 m, avvenne quindi mediante un potente complesso marnoso arenaceo-conglomeratico, discordante sui vari termini della serie miocenica e nota come “Formazione di Samassi”, affiorante con buona esposizione tra Samassi e Cagliari; nella zona di Oristano è invece presente solo in fossa. I depositi della Formazione di Samassi sono ricoperti, apparentemente in discordanza, da colate basaltiche plioceniche, spesse una quindicina di metri, a loro volta sovrastate dalle alluvioni fluvio-deltizie del cono di deiezione del Tirso.

Nel territorio di Simaxis, le colate si rinvencono a profondità comprese tra i 50 ed i 100 m in funzione della minore o maggiore distanza dal bordo orientale della fossa; ciò è compatibile con la disposizione a gradinata del sistema di faglie degradanti verso le zone centrali del bacino subsidente. Il quaternario è rappresentato da alluvioni antiche e recenti e da depositi colluviali e di versante, questi ultimi rinvenibili soprattutto ai bordi della fossa in prossimità dei rilievi. I sedimenti più antichi sono dati da ciottoli arrotondati di diversa natura, provenienti generalmente dal basamento cristallino, inglobati in una matrice prevalentemente arenacea e subordinatamente argillosa. Questi sedimenti ricoprono pressoché tutta la piana campidanese con spessori variabili ma generalmente superiori alle decine di metri. I terreni più recenti sono costituiti dalle alluvioni di piena dei corsi d'acqua principali, e si dispongono conseguentemente lungo le depressioni scavate dagli stessi fiumi¹.

¹ Geol. Vincenzo Solinas – Rel. Geol. Piano Urbanistico Comunale Simaxis- 2005



5.4 CARATTERI LITOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

5.4.1 Alluvioni antiche terrazzate e terrazzate rimaneggiate (PVM2a)

Le alluvioni antiche sono la testimonianza di un reticolo idrografico sovente non coerente con quello attuale.

La piana oristanese è formata da un vasto impaccamento prodottosi per la deposizione progressiva di una spessa coltre di detriti alluvionali, fluviali e palustri, deposti al variare del livello marino di base, in stretta correlazione con l'andamento climatico del Quaternario.

Nell'area studiata le alluvioni antiche si appoggiano ai rilievi miocenici spingendosi talora fino a quote molto elevate, rinvenendosi sul Palapardu a 115 m s.l.m..

Nell'ambito del territorio di Simaxis le alluvioni antiche assumono particolare importanza in quanto costituiscono oltre che l'affioramento più antico ed esteso la gran parte del territorio comunale.

Le unità geologiche più recenti, di ridotto spessore, sono contraddistinte da una notevole anisotropia composizionale e granulometrica, sia in senso orizzontale che verticale; risultano disposti secondo giaciture ad andamento discontinuo ed eteropico per cui i singoli depositi si caratterizzano per l'estrema variabilità delle loro potenze e per la notevole difformità dei materiali che li compongono completamente dissimili per caratteristiche fisiche e meccaniche.

Gli elementi costitutivi dell'alluvione sono soprattutto ciottoli di quarzo e di metamorfiti, sabbie e ghiaie. In taluni settori i singoli elementi, di forma generalmente subarrotondata possono raggiungere dimensioni ragguardevoli, superando frequentemente i 10÷15 cm di diametro. Normalmente il litotipo più rappresentato è dato dal quarzo, anche se limitatamente ad alcune zone prevalgono i porfiroidi. La matrice è costituita da sabbie, limi e da argilla di natura illuviale.

5.4.2 Alluvioni recenti (bnb e bb)

Le alluvioni recenti occupano la re incisione delle formazioni alluvionali antiche e si rinvencono essenzialmente lungo l'alveo del Tirso e del Rio S. Elena e di pochi altri torrenti in aree strette ed allungate generalmente subpianeggianti o in taluni casi depresse. Si tratta in genere di depositi sabbiosi e ciottolosi dei letti di piena attuali, ben classati e con frequenti orizzonti limosi e argillosi.

Talora la frazione argillosa assume proporzioni tali da conferire al suolo caratteri vertici, condizione riscontrata nella golena del Rio S. Elena, quasi alla confluenza con il Tirso.

In questa zona si osserva che le divagazioni del corso del Rio S. Elena, in concomitanza con una fase dell'evoluzione del torrente in cui prevaleva l'azione di deposito, hanno prodotto l'erosione delle alluvioni antiche che limitavano l'alveo con successiva deposizione di sedimenti attuali.

5.4.3 Depositi di ambiente palustre (e e e5)

Derivano dall'accumulo in aree depresse dei materiali fini dilavati dalle zone topograficamente più elevate. Si rinvencono esclusivamente nel territorio di Simaxis, in una fascia disposta a S e a E dell'abitato e di Ollastra, nel settore compreso tra questo paese e S. Vero Congius.

Sono costituiti da sedimenti prevalentemente argillo-limosi, talora limo-sabbiosi, che costituivano il letto delle suddette depressioni. Lo spessore dell'unità palustre, maggiore al centro delle singole depressioni, decresce progressivamente procedendo verso le sponde, seguendo in ciò l'andamento del fondo; generalmente la potenza non supera i 2-3 m.

La presenza di materiali impermeabili unitamente al basso gradiente idraulico, permetteva la permanenza, durante i periodi invernali piovosi, di estese zone acquitrinose, attualmente bonificate.



6. CARATTERISTICHE LITO-GEOTECNICHE DEL TERRITORIO COMUNALE

Per l'elaborazione della carta in oggetto si è proceduto ad uno studio tecnico geologico dei terreni di sedime degli abitati di Simaxis e della frazione di S. Vero Congius avente lo scopo di acquisire indicazioni in merito all'andamento stratigrafico del terreno, alla presenza di falde acquifere, alla profondità della superficie piezometrica, nonché a definire, sulla base di verifiche dirette eseguite nel territorio, delle informazioni sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni. L'indagine conoscitiva ha permesso di individuare quattro aree all'interno di ciascuna delle quali sono presenti tipi litologici aventi comportamenti e caratteri geo-meccanici simili.

Di seguito è riportata la descrizione delle unità individuate a partire dai termini più recenti:

6.1 Materiali di riporto (h di Nuraxi Salis e cave)

Sono composti dalla commistione di vari materiali di risulta, prevalentemente macerie edilizie e di discarica, elementi litici eterometrici, immersi in una matrice terrosa. Si tratta di terreni che sono derivati dall'accumulo e successivo spianamento di materiali di risulta ed in parte di discarica che assumono l'aspetto di un detrito caotico, scarsamente costipato, non facilmente caratterizzabile dal punto di vista geotecnico. Infatti questi materiali detritici sono stati accumulati senza procedere a preventive operazioni di stabilizzazione e costipamento. Si può quindi ipotizzare un continuo assestamento di questo detrito a seguito del naturale cedimento conseguente all'incremento del carico provocato dal ricorrente apporto di ulteriori materiali di discarica. È chiaro che su tali materiali non può essere realizzato alcun tipo di intervento se non teso alla sua stabilizzazione e recupero ambientale. Questi terreni palesano comunque una limitata estensione areale e si localizzano generalmente nelle cave abbandonate dove colmano i vuoti lasciati dalle operazioni di scavo.

6.2 Depositi antropici (urbano)

Si tratta di suoli organici di colore bruno scuro, assimilabili a terreni alluvionali con abbondante sostanza organica, che localizzano le aree d'insediamento di popolazioni di probabile età prenuragica. Questi sedimenti si sviluppano in alcuni settori dell'abitato di Simaxis, dei quali il più esteso è quello che si localizza in regione Cungiau 'e Cresia, nel settore compreso tra la Via S. Simaco e il Cimitero di Simaxis; sono ancora presenti nella zona vecchia del paese con limitata potenza ed estensione areale. I loro limiti litologici sono difficilmente individuabili per la presenza delle abitazioni per cui sono stati rappresentati nella carta tecnica dell'abitato con linee tratteggiate. La loro origine si deve alla pedogenizzazione dei rifiuti organici di derivazione antropica ed animale, accumulati in seguito alla lunga permanenza nello stesso sito dei predetti insediamenti umani. Tale ipotesi è suffragata dal rinvenimento di frammenti di varia natura inglobati nel materiale terroso (vasellame, ossa di animali, laterizi), in genere oggetti che facevano parte della vita domestica degli antichi abitatori del sito. Nell'ambito dell'area indagata, il suolo è composto generalmente da uno scheletro sabbioso e da una matrice organica e argillosa, quest'ultima generalmente limitata ma comunque sempre presente nella compagine terrosa. Come già anticipato, talora costituiscono parte importante dello scheletro elementi poligenici costituiti prevalentemente da frammenti di ossa, di laterizi e di vasellame ceramici, di origine antropica. Le caratteristiche geotecniche del suolo variano conseguentemente in funzione della maggiore o minore partecipazione della frazione organica e argillosa, e manifestano valori di resistenza meccanica sempre piuttosto bassi. Non rappresentano comunque un problema dal punto di vista strettamente geotecnico in quanto la loro potenza non è mai superiore a 1,5 m dal p.c., mantenendosi più frequentemente su valori compresi tra 50 cm e un metro. Pertanto possono essere facilmente rimossi o oltrepassati dalle strutture fondali che poggiano in tal modo sul substrato alluvionale ciottoloso, caratterizzato da proprietà geo-meccaniche nettamente superiori.

6.3 Alluvioni recenti (bb e bnb)

Affiorano esclusivamente nelle aree golenali del Rio S. Elena che scorre poco a N dell'abitato di Simaxis ed a S di quello di S. Vero Congius. Si tratta di terre granulari prevalentemente incoerenti, generalmente ricche in scheletro granulare sabbioso-limoso, contraddistinte dalla presenza della



frazione argillosa, solitamente poco abbondante, distribuita nella matrice. Localmente la frazione argillosa, del tipo a reticolo espandibile, può divenire maggiore e conferire ai terreni un comportamento plastico ed un notevole scadimento delle proprietà geomeccaniche; i caratteri vertici palesati localmente dai sedimenti alluvionali sono appunto da attribuire alla componente argillosa che produce nei terreni un aumento o diminuzione di volume a seconda del contenuto d'acqua, e fessurazioni talora profonde. Data l'estrema vicinanza di tali terreni all'alveo del Rio S. Elena, è possibile che la falda freatica, presente normalmente a profondità variabili in funzione degli apporti meteorici e dell'alimentazione del torrente, possa risalire in determinati periodi dell'anno fino a raggiungere il piano di campagna e produrre estesi ristagni. Per quanto riguarda i terreni compresi tra la frazione di S. Vero Congius e la S.S. 388 occorre rimarcare che oltre ai problemi suddetti essi sono soggetti alle ricorrenti esondazioni del Rio S. Elena; nel settore di Simaxis gli stessi terreni sono invece protetti dalle arginature realizzate nel corso degli anni '50. Tale fatto, in unione con le limitate proprietà fisico-meccaniche palesate da queste terre, rende estremamente problematico l'eventuale insediamento abitativo che dovrà essere in ogni caso preceduto da idonea caratterizzazione geotecnica e geologica.

6.4 Depositi palustri (e e e5)

Tali sedimenti sono presenti in un'area limitata entro l'abitato del Comune di Simaxis, in regione "Pauli Manna" e più estesamente, a NE della frazione di S. Vero Congius, in località "Sa Pauli de Ollastra"; le considerazioni svolte nel presente paragrafo possono comunque essere estese, con sufficiente approssimazione, anche agli analoghi sedimenti presenti nell'agro del paese. I terreni palustri derivano dall'accumulo in zone depresse o a bassissimo cadente idraulico, dei materiali fini dilavati dalle zone circostanti e veicolati da collettori attivi solo in concomitanza dei periodi più piovosi. Nel caso della cosiddetta Pauli Manna si tratta di depositi limo-argillosi di colore brunonerastro, occupanti un'area depressa sede di un'antica palude che costituiva il recapito del Rio Curcuris, attualmente intercettato dal Canale Adduttore Tirso-Arborea. La zona paludosa, che si estendeva longitudinalmente lungo le vie Sassari e Nuoro, è stata prosciugata tramite la realizzazione di un canale di scolo che si sviluppa tombato lungo l'attuale via Bosa e quindi colmata con i materiali provenienti dallo scavo dell'adiacente Canale Generale, operazione avvenuta nel corso degli anni '50. I terreni palustri giacciono pertanto in questo settore sotto una coltre di materiali di riporto la cui potenza varia in funzione dell'originaria topografia della palude, ma che dovrebbe essere contenuta entro il metro e mezzo di spessore. Quest'ultimo valore è relativo alle parti più profonde dell'antica depressione mentre nei bordi il riporto non dovrebbe superare i pochi dm di spessore. Le stesse considerazioni in ordine allo spessore possono essere estese ai sottostanti depositi palustri caratterizzati da potenze variabili in ragione della distanza dalle primitive sponde della palude. Nella foto di pag. 42 è chiaramente visibile il contatto tra il letto argilloso della vecchia palude, torboso nei livelli sommitali, ed il materiale di riporto costituito quasi essenzialmente da terreni granulari derivanti dalle alluvioni antiche. I sedimenti palustri raggiungono in questo settore lo spessore di circa 1,5 m, mentre la potenza del riporto non supera il metro.

I sedimenti limo-argillosi presentano parametri geotecnici decisamente scadenti, soprattutto quando sono saturi d'acqua; denotano infatti una spiccata plasticità e debole consistenza. Pertanto, anche a causa della limitata portanza e degli eccessivi cedimenti propri di questi materiali, i sedimenti in parola sono del tutto inadatti a sopportare i carichi trasmessi dalle fondazioni, se non con notevole dispendio di risorse. I materiali di riporto, pur manifestando proprietà geotecniche decisamente migliori, in virtù del notevole lasso di tempo intercorso dalla loro messa in posto, presentano spessori troppo limitati, per cui gli eventuali carichi vengono trasmessi quasi integralmente ai sottostanti terreni palustri. Appare opportuno, conseguentemente, poggiare le strutture fondali sulle sottostanti alluvioni antiche, caratterizzate, come vedremo, da caratteristiche geo-meccaniche senz'altro migliori. Un'ulteriore difficoltà nasce dal fatto che l'antico letto della palude sottende una piccola falda sospesa che in situazioni particolari può giungere fino ad interessare il p.c.. Questo problema, presente negli anni passati è stato in parte risolto grazie all'attuale consuetudine costruttiva che prevede la realizzazione di piani interrati che sfondano il banco argilloso e mettono in comunicazione la falda freatica con quella sospesa; fungono pertanto



da dreno per le acque di superficie. Comunque occorre tenere conto nella fase progettuale dei fabbricati della presenza di possibili ristagni idrici ad una profondità coincidente con l'antico letto della palude.

Per quanto attiene i depositi affioranti a NE di S. Vero Congius nella cosiddetta "Pauli de Ollastra", questi, seppure di origine palustre come i precedenti, sono stati oggetto di importanti operazioni di bonifica che, a partire dalla seconda metà del 1800, hanno alquanto modificato le originarie caratteristiche fisico-meccaniche, soprattutto a causa del loro continuo rimaneggiamento necessario per lo svolgimento delle pratiche agrarie. Nella foto di pag. 42 sono visibili i depositi palustri affioranti immediatamente a N dell'abitato di S. Vero Congius con chiari sintomi di ristagno idrico. Attualmente i terreni in questione presentano caratteri molto simili alle alluvioni recenti in ordine alle caratteristiche geotecniche, discostandosi solo per un maggiore contenuto in frazione fine che rende il materiale più plastico e compressibile e quindi non in grado di reggere i normali carichi rilasciati dagli edifici.

In aggiunta a ciò, la falda freatica, per la vicinanza sia del Tirso, sia del Rio S. Elena, si presenta sub-affiorante per buona parte del periodo invernale, dove sono concentrate le maggiori precipitazioni. Occorre inoltre rimarcare che questo settore, particolarmente depresso, è affrancato dai ristagni idrici solo grazie al buon funzionamento del sistema di canali di scolo che allontanano efficacemente le acque verso il Rio S. Elena; la mancata manutenzione del sistema drenante potrebbe modificare la circolazione delle acque superficiali, riportando ben presto il settore depresso a condizioni di saturazione dei terreni. Soprattutto per queste ultime caratteristiche questi depositi palustri sono particolarmente inadatti all'edificazione di fabbricati e manufatti.

6.5 Alluvioni antiche (PVM2a)

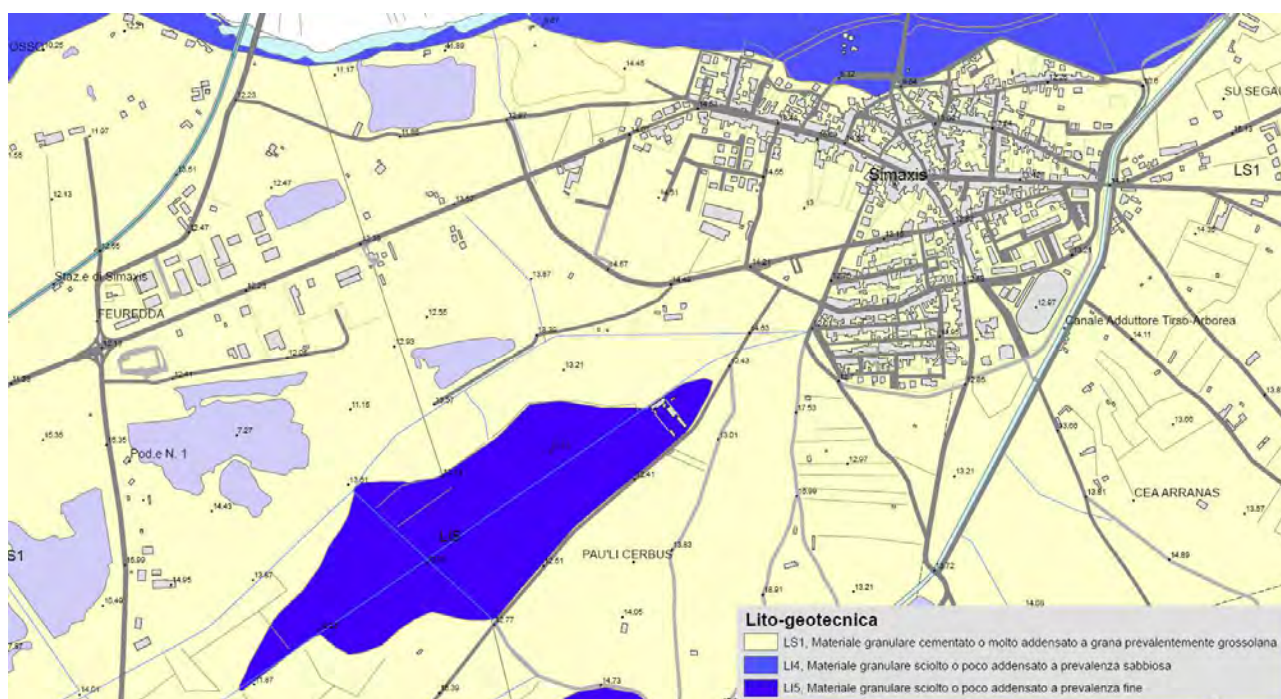
Si tratta di depositi alluvionali ciottoloso-sabbiosi e talora sabbiosi, eterometrici e poligenici derivanti dallo smantellamento e trasporto fluviale di rocce di età paleozoica e, meno frequentemente, terziaria, generalmente ben costipati, non più in relazione con i corsi d'acqua che li hanno depositati. Costituiscono i terreni su quali insiste l'abitato di Simaxis che si sviluppa quasi per intero su di un terrazzo alluvionale di età pleistocenica ad una quota superiore di circa 3÷4 m rispetto alle predette alluvioni recenti. Le alluvioni antiche si caratterizzano, come tutti i terreni di derivazione fluviale, per una notevole anisotropia composizionale e granulometrica sia in senso orizzontale, sia verticale che discende dalle particolari modalità deposizionali dei materiali che compongono la sequenza sedimentaria. I singoli depositi, ad andamento generalmente stratoide, si dispongono secondo giaciture contraddistinte da contatti eteropici e discontinui e da interdigitazioni tra i termini che compongono la serie, costituita da sedimenti grossolani (sabbie e ghiaie), e meno frequentemente da livelli argillo-limosi.

La sequenza sedimentaria rappresenta una chiara testimonianza della estrema variabilità dell'ambiente deposizionale e della diversa capacità di trasporto delle acque del paleo-fiume. L'argilla compare frequentemente distribuita nella matrice come legante degli elementi granulari, soprattutto in livelli definiti illuviali posti generalmente a profondità dell'ordine del metro. Oltre che negli spazi intergranulari l'argilla può formare strati monogenici e lenti molto estese intercalate nelle alluvioni ciottolose, con spessori generalmente inferiori ai 2 m. La distribuzione delle intercalazioni argillose è generalmente aleatoria ma sono state individuate con maggiore frequenza nel settore adiacente alla Pauli Manna di Simaxis. In risposta alla notevole variabilità delle caratteristiche granulometriche e composizionali del sedimento anche le proprietà geomeccaniche denotano una certa discontinuità di comportamento dovuta alla presenza sia di materiali coesivi sia incoerenti spesso alternati fra di loro. Nel complesso la formazione denota tuttavia buone proprietà geotecniche, anche in considerazione del fatto che la falda freatica si mantiene a profondità tali da non interferire con le strutture fondali o con i piani scantinati. In sede di progetto si consiglia di valutare attentamente le proprietà del terreno di sedime attraverso indagini dirette tese all'individuazione di probabili intercalazioni argillose ed all'accertamento delle loro potenze. Un ulteriore compagine sedimentaria è stata rinvenuta in occasione degli scavi per la nuova rete idrica di Simaxis. Questi depositi occupano una limitata estensione areale, sviluppandosi per breve tratto lungo la via E. D'Arborea, nell'abitato di Simaxis. Si tratta di materiali

sedimentatisi in un ambiente palustre, caratterizzato da ridotta capacità di trasporto delle acque che costituiscono il veicolo delle particelle che compongono il deposito. Nell'ambito dell'area indagata, i sedimenti limosi sono costituiti da elementi poligenici, prevalentemente quarzosi, molto minuti, di colore giallastro con screziature rossastre queste ultime osservabili soprattutto alla base del deposito, nella zona dove è più intensa la risalita capillare. Nel settore investigato da un pozzetto di prospezione, il deposito mostra una notevole uniformità composizionale e granulometrica, testimoniato dalla quasi totale assenza di termini sabbiosi e argillosi ed un grado di addensamento decisamente elevato, soprattutto in rapporto al tipo di sedimento. Tali qualità geotecniche scemano considerevolmente allorché il materiale limoso venga sottoposto a rimaneggiamento o venga modificato il suo contenuto in acqua.

Nonostante l'apparente uniformità, il terreno di sedime dell'abitato di Simaxis e di S. Vero Congi si mostra notevolmente eterogeneo sotto il profilo geotecnico e composizionale, sia per le caratteristiche proprie delle alluvioni antiche le cui proprietà geo-meccaniche variano imprevedibilmente, sia per la presenza di lenti e intercalazioni argillose distribuite aleatoriamente nel corpo della compagine sedimentaria, o per l'affioramento di termini organici e limosi.

Appare pertanto chiaro che una moderna progettazione non può prescindere dall'esecuzione preliminare di indagini geognostiche che possano riconoscere la natura e la qualità dei terreni di sedime delle costruzioni e fornire i dati indispensabili per il corretto dimensionamento delle strutture fondali, altrimenti lasciato all'arbitrio della sola esperienza del tecnico o alla consuetudine costruttiva del posto.



Mapa - Carta Litogeotecnica dell'area urbana di Simaxis

Attualmente non esistono, internamente all'abitato, corsi d'acqua superficiali che percorrano l'area, ma tutte le acque risultano scorrere superficialmente per essere intercettate dal sistema di raccolta legato alla viabilità esistente.

La falda freatica, nell'area indagata, staziona ad una profondità media di 3-6 metri dal p.c. in tutti i pozzi riscontrati.

Il rischio di frane o movimenti di massa, nelle aree interessate dalle trasformazioni e comunque allo stato attuale delle conoscenze, è ridotto o nullo.



La stratigrafia tipo, riferibile al centro urbano, nella parte rappresentata in giallo, è costituita localmente da una coltre potente al massimo 60-120 cm, di suolo agrario, poggiante direttamente sulle formazioni alluvionali antiche.

I terreni agrari presenti a copertura andranno asportati completamente fino a mettere a nudo i terreni in situ e inoltrarvisi almeno 20-30 cm all'interno.

Tale operazione ha lo scopo di poggiare direttamente sulla parte più integra di detti sedimenti dopo aver eliminato la frazione sommitale della coltre detritica, privandola della parte arricchita in fino proveniente dai suoli agrari soprastanti.

In tal modo si eviterà l'effetto negativo legato alla presenza della frazione argillosa presente nei suoli, e derivante dalla pedogenesi svolta a loro carico dagli atmosferici. Così operando sarà possibile poggiare l'allettamento direttamente sul substrato, caratterizzato, peraltro, da una elevata stabilità.

Ove si presentasse la necessità di effettuare scavi, il fondo dello stesso, potrà poggiare direttamente all'interno del substrato, rendendo forse necessario l'utilizzo di mezzi meccanici appositi anche per la regolarizzazione del fondo.

La superficie ottenuta dagli andrà ricaricata con del materiale arido, di origine alluvionale, un tout-venant o misto di cava scarsamente igroscopico e con bassissima percentuale di fino (argille e limi). Il materiale andrà steso, ove l'ampiezza degli scavi lo consente, con un mezzo idoneo e livellato, per strati di circa 18-20 cm.

La necessità di Relazione geologica o geotecnica è regolato dalle norme vigenti ed in particolare, le relazioni, sono necessarie in ogni caso quando si tratti di opere pubbliche o comunque di rilevante incidenza sul terreno di fondazione.

All'interno di tale formazione sono ridotti i problemi dovuti alla presenza di falde sotterranee e comunque la loro presenza è sensibile solo nella stagione invernale.

In ogni caso non sono presenti problemi o controindicazioni ed in generale le condizioni morfologiche, quelle geologiche e geotecniche non evidenziano problemi di natura alcuna, che possano ostare alla attuazione del Piano così come proposto.

7.IL SISTEMA DELLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI NEL TERRITORIO DI SIMAXIS

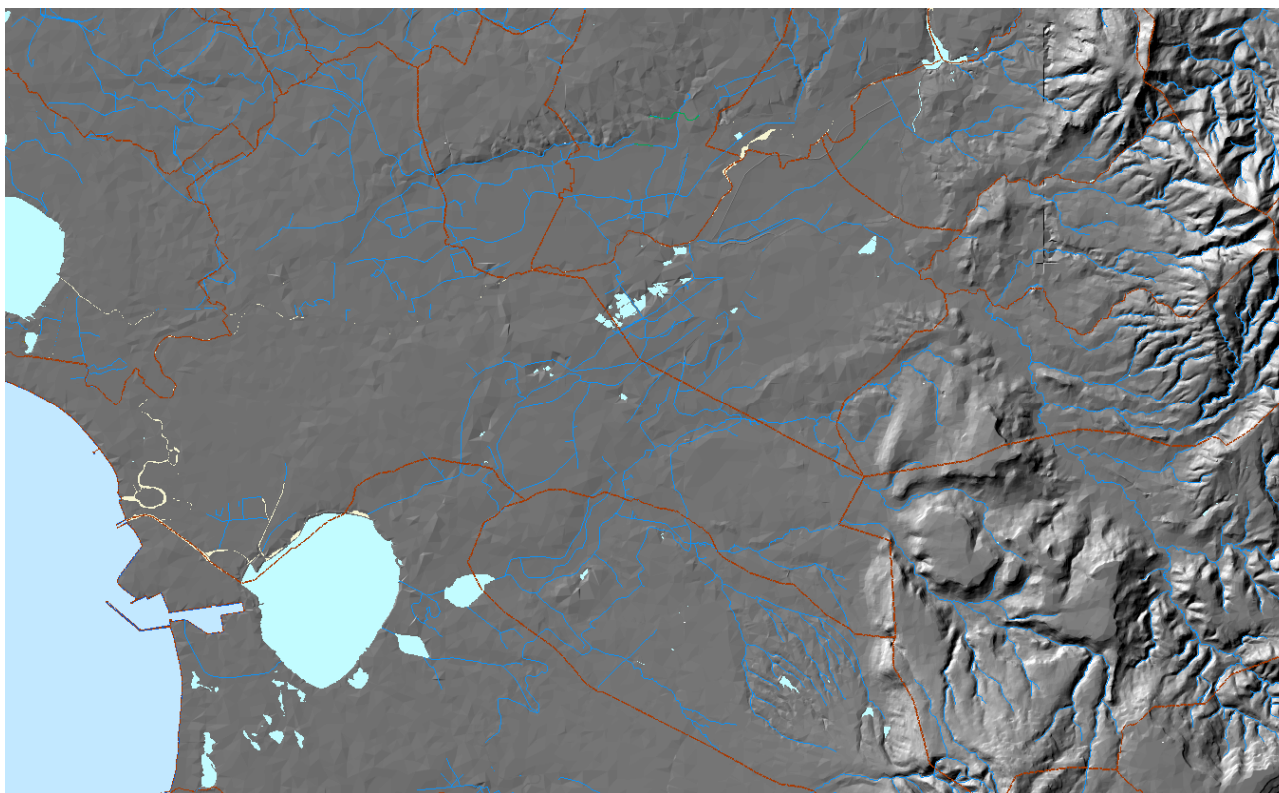
Per definire i caratteri idrogeologici del territorio comunale sono stati analizzati gli aspetti riguardanti l'idrografia superficiale, sono stati descritti i caratteri idraulici delle formazioni rocciose presenti e sono state descritte le principali unità idrogeologiche.

7.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il territorio del Comune di Simaxis è costituito da una parte del territorio del Campidano di Oristano che dal Tirso, si estende verso SE verso i rilievi collinari del comune di Villaurbana.

L'idrografia superficiale del settore contano, è costituita da alcuni torrenti che drenano le acque del versante occidentale del Monte Grighini che confluiscono in parte nel Rio Cuccu, da NE, e Mannu, da SE, fino al confine comunale con Simaxis.

I torrenti che scendono lungo il versante del Grighini e alimentano il Rio Sant'Elena sono tutti caratterizzati da bacini imbriferi di limitata estensione e da regimi di tipo torrentizio, strettamente legati all'andamento delle precipitazioni.



Il pattern dell'idrografia evidenziato sul modello DTM a 10 m della RAS con i limiti amministrativi

Il pattern subdendritico del reticolo idrografico del versante indica un certo controllo strutturale della rete idrografica.

I bacini principali sono costituiti dal Rio Capo d'Acqua, dal Rio Gora Soccedda, dal Rio Gora de is Ortus e dal Rio Genna Pruna. Tutti questi corsi d'acqua sono caratterizzati da un tratto fortemente pendente e da una parte più declive che si svolge nella fascia pedemontana.

Esistono alcuni altri corsi d'acqua caratterizzati da un solo tratto declive e da un tratto vallivo e sono il Rio 'e Uas, il Gora Mogoritzì, il Gora Costa, ed il Gora Alana/Niu Crobu.



La parte montana degli impluvi è generalmente orientata NE-SO, mentre nella parte pedemontana l'orientazione dominante ruota in varie direzioni.

Ad essi si aggiunge l'apporto del Mannu che proveniente dal vicino comune di Villaurbana ne drena una gran parte.



Ortofoto – Il settore di Simaxis nel sistema dell'area campidanese



Ortofoto – Il settore del Tirso e del Sant'Elena in corrispondenza del territorio di Simaxis

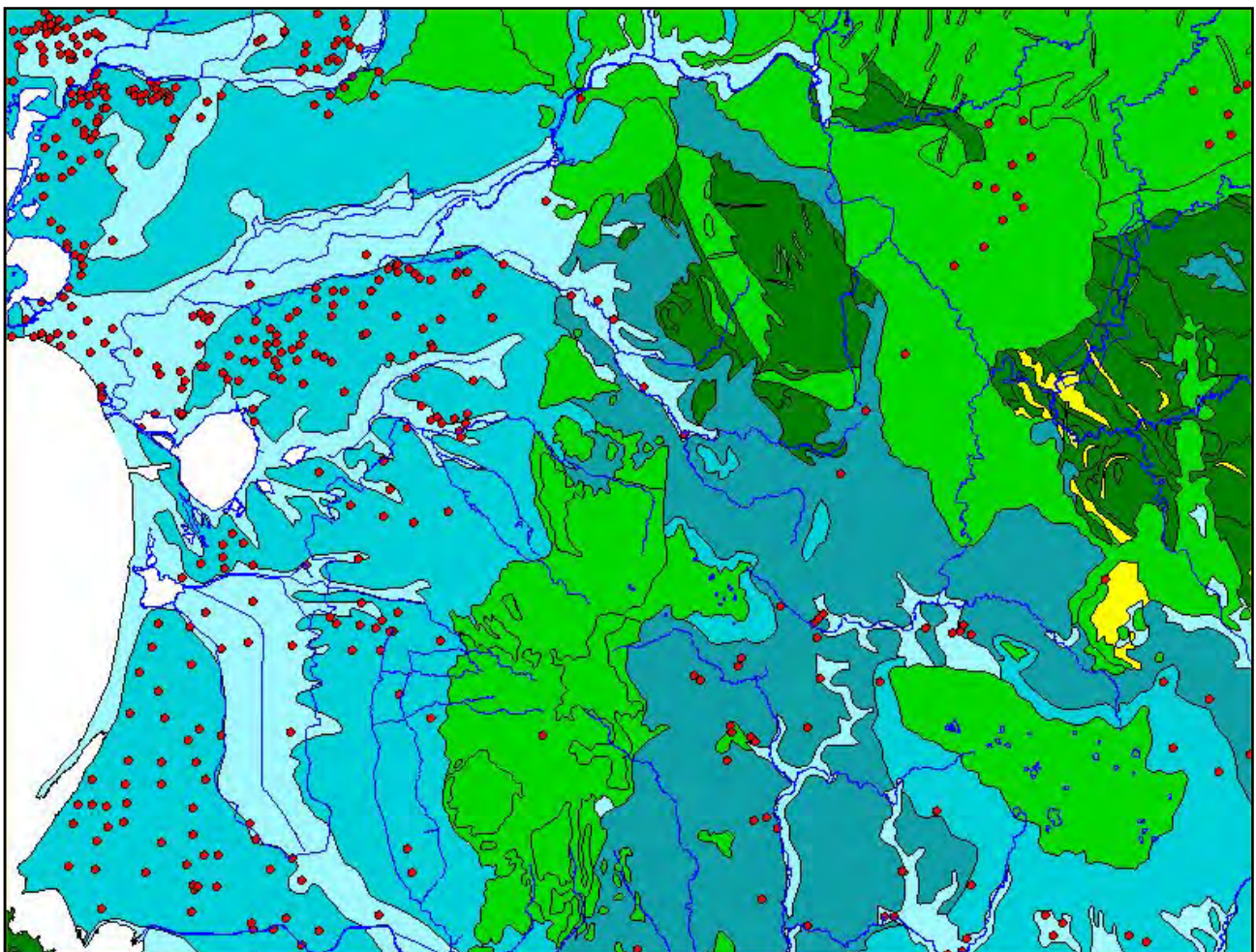
7.2 CARATTERI IDRAULICI DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE.

La descrizione delle caratteristiche idrauliche dei materiali presenti nell'area in studio è basata sulle osservazioni dirette e su quanto riportato in letteratura.

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

Le rocce serbatoio unitamente alle altre, che non presentano tali caratteri, hanno diverse proprietà idrauliche derivanti dai caratteri fisico-chimici e meccanici. Alcune di queste proprietà, come la porosità, la capacità di assorbimento, la capacità di percolazione e la permeabilità, condizionando quantitativamente l'assorbimento, l'immagazzinamento ed il movimento delle acque che possono essere captate, sono molto importanti dal punto di vista idrogeologico.

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



Tav. - L'idrogeologia del territorio costituente l'area vasta incentrata sul territorio di Simaxis



La permeabilità viene distinta in due tipi fondamentali: primaria e secondaria, a seconda che sia una caratteristica congenita o acquisita. La permeabilità primaria, o in piccolo, è tipica delle rocce porose, caratterizzate da vuoti intercomunicanti fra i granuli, ed è una proprietà intrinseca del litotipo, poiché la formazione dei meati è singenetica alla formazione della roccia. Solo in alcuni casi, come nei prodotti di alterazione dei graniti e delle arenarie la permeabilità per porosità è secondaria.

La permeabilità secondaria, detta anche per fratturazione, o in grande, è invece tipica delle rocce, sia coerenti che compatte, fessurate. Questa è generalmente una proprietà acquisita, dovuta principalmente a sforzi tettonici o da decompressione, che hanno determinato l'apertura di fessure, spesso successivamente allargate da processi chimico-fisici. Si può parlare di proprietà intrinseca solo nel caso in cui la permeabilità è dovuta a fessure singenetiche, ossia che si sono formate contemporaneamente alla formazione della roccia come giunti di raffreddamento, nelle rocce laviche, giunti di stratificazione e piani di scistosità nelle rocce sedimentarie e metamorfiche.

Esiste anche un altro tipo di permeabilità, quello per carsismo.

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

Per quanto riguarda i caratteri idraulici le formazioni geologiche, che costituiscono il territorio comunale, possono essere suddivise in due gruppi: rocce compatte lapidee e rocce sciolte.

Ricadono nel primo gruppo le formazioni paleozoiche, le quarziti ed i conglomerati eocenici, le litofacies marnoso-arenacee e marnose mioceniche e le vulcaniti basaltiche.

Le rocce ignee e metamorfiche, che compongono la serie paleozoica, presentano porosità inferiore all'1% ed inoltre i pori non sono comunicanti. Conseguentemente la permeabilità per porosità può essere considerata pressochè nulla. Tuttavia queste rocce possono essere permeabili per la presenza di giunti, fratture e zone areate. La morfologia, spesso tormentata non favorisce sempre un'ottimale infiltrazione dell'acqua.

Nelle rocce intrusive la permeabilità è dovuta principalmente allo stato di fratturazione ed alterazione degli ammassi rocciosi. Nel Grighini, dove queste rocce, rappresentate da tonaliti, monzograniti e leucograniti, talvolta cataclastici, hanno subito una forte tettonizzazione, queste rocce presentano un grado di permeabilità da basso a medio, funzione dello stato di fratturazione. Le fasce di granitoidi cataclastici, sono pertanto le aree dove è possibile intercettare falde sotterranee di una certa potenzialità.

Nelle rocce metamorfiche la permeabilità per porosità è irrilevante. Solo nelle zone di alterazione e lungo le superfici di scistosità può avvenire una certa circolazione idrica. Nel Grighini, i diversi eventi deformativi paleozoici, hanno determinato la fratturazione, talvolta accentuata degli ammassi rocciosi metamorfici, che presentano inoltre un elevato grado di scistosità. La presenza di queste discontinuità portano a ritenere che gli ammassi rocciosi siano interessati da una certa circolazione idrica. La permeabilità di queste rocce, generalmente bassa, risulta in queste condizioni media e, nelle aree più intensamente fratturate o cataclastiche, può raggiungere localmente livelli anche alti. Questo fatto è testimoniato dalla presenza di un certo numero di manifestazioni sorgentizie, che si rinvencono ubicate lungo i contatti degli affioramenti paleozoici e lungo le principali lineazioni tettoniche.

I conglomerati e le quarziti eoceniche, per quanto estremamente cementati, interessati da una fitta rete di giunti di fratturazione e localmente, soprattutto al contatto con le formazioni paleozoiche, da un certo grado di alterazione, presentano permeabilità media per fratturazione. L'acqua si infiltra lungo i piani di frattura e percola lentamente all'interno delle bancate, fino a raggiungere le fasce alterate alla base della formazione e può quindi alimentare le rocce metamorfiche sottostanti, caratterizzate da elevata scistosità e fratturazione.

Le litofacies mioceniche marnoso-arenacee, possono ospitare corpi idrici limitati. La sequenza sedimentaria è infatti caratterizzata dall'alternarsi di bancate arenacee, bancate arenaceo-marnose



e livelli francamente marnosi. I livelli arenacei mostrano permeabilità media per porosità e fratturazione, quelli marnoso-arenacei permeabilità da bassa a media, mentre quelli francamente marnosi, se non fratturati, mostrano permeabilità quasi nulla. La circolazione idrica sotterranea è pertanto disturbata dalla presenza dei livelli marnosi, che costituiscono dei setti impermeabili, all'interno dell'ammasso roccioso, che limitano i movimenti dell'acqua. Solo i livelli arenacei ed arenaceo-marnosi sono pertanto interessati da una certa circolazione idrica.

In queste litologie sono spesso presenti acquiferi confinati, talvolta con un certo grado di salienza, come riscontrato in alcuni pozzi in esse trivellati.

Le facies marnose mioceniche, caratterizzate da permeabilità da bassa a molto bassa, non sono interessanti come rocce serbatoio.

Le lave basaltiche, generalmente caratterizzate da una fitta rete di giunti di raffreddamento, costituiscono invece delle buone rocce serbatoio.

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

I sedimenti a granulometria maggiore, composti cioè da sabbie, ghiaie e ciottoli di ambiente fluviale, con porosità comprese tra il 20%, nei depositi grossolani scarsamente selezionati, ed il 40%, nei materiali uniformemente selezionati, costituiscono dei buoni acquiferi

La maggior parte degli acquiferi in tali depositi presentano permeabilità variabile tra 1×10^{-4} e 1×10^{-3} cm/s, anche se non è infrequente trovare valori superiori a 5×10^{-3} cm/s. Pozzi scavati in tali depositi possono mostrare rendimenti moderati, anche se si possono riscontrare rendimenti maggiori se lo strato permeabile è potente, come nel caso di canali sepolti.

Le sabbie e le ghiaie sono quindi i depositi detritici più importanti per quel che riguarda le riserve d'acqua sotterranee.

Naturalmente i valori riportati non tengono conto delle facies intermedie, spesso le più frequenti, che contengono una frazione grossolana immersa in una matrice da sabbiosa ad argillosa o limosa e del grado di cementazione dei depositi, fatti questi che influiscono negativamente sulla permeabilità.

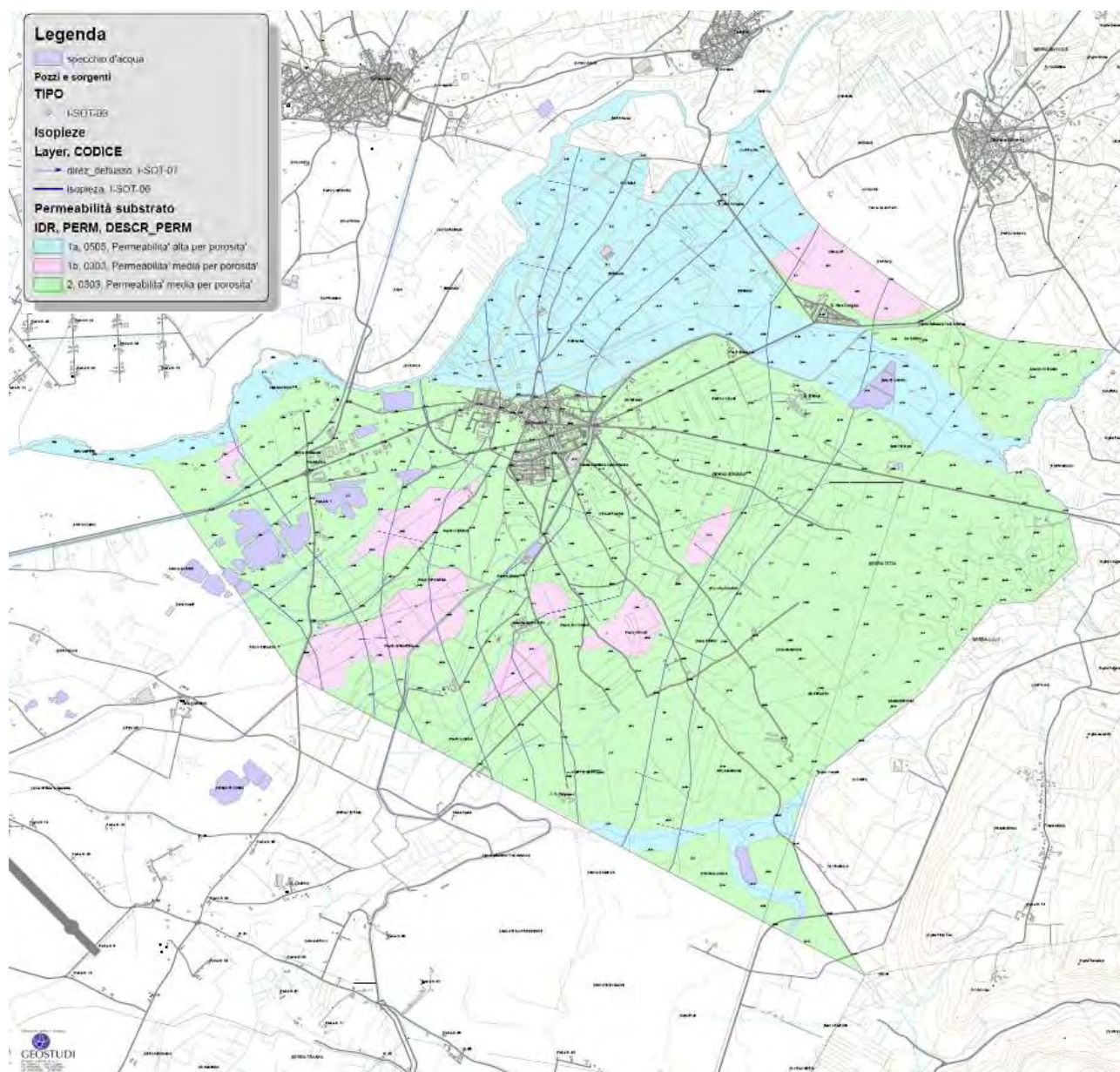
I depositi alluvionali olocenici e subattuali, che si rinvengono lungo gli alvei dei corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale, ciottoloso-ghiaioso-sabbiosi, sciolti, presentano invece una porosità efficace maggiore dei conglomerati oligocenici e delle alluvioni antiche, conseguentemente la loro permeabilità è generalmente medio-alta, anche se si possono avere, in funzione della percentuale di materiali fini presenti, situazioni in cui la permeabilità decresce ed altre in cui invece aumenta consistentemente.

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

7.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dopo aver analizzato e descritto la circolazione idrica superficiale e le proprietà idrauliche delle diverse formazioni presenti sono state identificate le principali unità idrogeologiche.

Nell'identificazione delle unità idrogeologiche, una prima discriminazione è stata fatta suddividendo le formazioni permeabili per porosità da quelle permeabili per fratturazione. Successivamente, all'interno dei due singoli gruppi sono state definite, qualitativamente, le diverse classi di permeabilità, e ad esse sono state associate le litologie che, sulla base dei caratteri idraulici, ricadono generalmente in una determinata classe di permeabilità. Le litofacies, caratterizzate dallo stesso tipo di permeabilità e ricadenti nella stessa classe di permeabilità sono state aggregate per formare le unità idrogeologiche.



Mappa – Le caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale, pozzi ed isopleze

Le unità idrogeologiche identificate sono le seguenti unità:

- Alluvioni oloceniche e sub-attuali a permeabilità medio-alta;



- Depositi di ambiente palustre a permeabilità bassa.
- Alluvioni antiche terrazzate a permeabilità medio-bassa;

La distribuzione areale delle diverse unità idrogeologiche è derivata dalla carta geologica allegata.

1. Depositi alluvionali recenti o attuali; permeabilità medio-alta per porosità

Sono ubicati lungo il corso dei principali corsi d'acqua raggiungendo la maggior estensione areale in corrispondenza della zona di confluenza tra il Tirso ed il rio S. Elena; altrove bordano, con aree strette ed allungate, gli alvei del Rio Corrias ed il Rio Murtas costituendo una frazione molto ridotta della superficie complessiva dei depositi alluvionali recenti. Gli apporti alluvionali dei singoli corsi d'acqua presentano caratteristiche granulometriche molto differenti e pertanto influenzano notevolmente la permeabilità dei suoli geneticamente correlati. In particolare, i sedimenti trasportati dal fiume Tirso, derivano dalla disgregazione di rocce appartenenti al basamento cristallino paleozoico, e sono costituiti da materiali clastici relativamente grossolani, nella fattispecie sabbie e meno frequentemente limi. Gli altri corsi d'acqua attraversano terreni prevalentemente miocenici composti da rocce tenere e quindi danno luogo a depositi formati da materiali fini, sabbie e limi. Anche nell'ambito dello stesso deposito, collegato al medesimo corso d'acqua, si osservano notevoli differenze nella composizione granulometrica dei sedimenti situati più o meno lontani dall'asta fluviale; questo avviene soprattutto per le alluvioni del Tirso particolarmente estese in sponda sinistra del fiume. Nei settori immediatamente adiacenti all'alveo del fiume si depositano i materiali più grossolani in ragione della maggiore velocità di scorrimento delle acque e quindi della loro maggiore competenza, mentre nelle zone golenali più distanti dall'alveo la minore capacità di trasporto determina la deposizione delle frazioni più fini. In tal modo si verifica una graduale diminuzione della permeabilità passando dalle zone prossime all'alveo del fiume, dove predominano i terreni sabbiosi, alle zone più lontane dove prevalgono i termini limo-sabbiosi. Le alluvioni del Rio S. Elena e dei corsi d'acqua minori, sono costituite da una maggiore percentuale della frazione argillo-limoso, tanto da presentare in alcuni settori caratteri vertici. Non si osservano invece sostanziali variazioni di permeabilità lungo il profilo verticale dei singoli depositi alluvionali.

2. Depositi palustri rimaneggiati delle paludi bonificate; permeabilità bassa per porosità

Tali depositi occupano una fascia quasi continua a S dell'abitato di Simaxis dove sono ubicate le zone a basso cadente idraulico e quelle maggiormente depresse. Si tratta quasi sempre di ex paludi, interessate nel corso del 1900 da operazioni di bonifica che hanno impedito, attraverso la realizzazione di canali di scolo, l'afflusso e il ristagno delle acque meteoriche. I sedimenti palustri devono la loro origine all'apporto della frazione fine dilavata dalle alture circostanti e sedimentata in un ambiente a bassissima energia di trasporto quale è quello di palude. L'accumulo di minerali argillosi, che costituiscono talora l'unica componente, rendono tali terreni quasi del tutto impermeabili. Solo nelle zone bordiere delle paludi, dove si realizza la commistione tra sedimenti a diversa granulometria, la capacità d'infiltrazione del suolo raggiunge valori appena sufficienti. Predominano comunque i terreni a tessitura limo-argillosa o argillosa. Le moderne tecniche colturali hanno migliorato sensibilmente solo il drenaggio nell'orizzonte superficiale interessato dalle lavorazioni, mentre in quello profondo restano evidenti i segni dell'idromorfia e del ristagno idrico temporaneo. La scarsa permeabilità delle paludi bonificate è testimoniata dal fatto che siano quasi sempre coltivate a riso, coltura tipicamente idrofila.

3. Alluvioni terrazzate antiche a elementi ciottolosi paleozoici; permeabilità medio-bassa per porosità

Le alluvioni antiche occupano la quasi totalità del territorio di Simaxis e costituiscono il substrato sul quale poggiano le alluvioni recenti ed attuali e i depositi palustri. Come anticipato sono caratterizzate da un grado di porosità compresa tra media e bassa a causa della estrema



variabilità composizionale e granulometrica del sedimento. Normalmente l'orizzonte superficiale è rappresentato da suoli lisciviati, derivanti dalle alluvioni antiche, in cui gli orizzonti superiori, eluviali, sono stati dilavati della frazione fine, migrata per azione meccanica e chimico-fisica verso gli orizzonti più profondi. In questi livelli, definiti illuviali, la notevole presenza della componente argillosa, determina l'obliterazione quasi totale dei pori pur in presenza di abbondante scheletro grossolano e della matrice sabbiosa. Ne consegue un diverso comportamento del suolo lungo il profilo, che presenta pertanto una permeabilità elevata in superficie e progressivamente più bassa in profondità, anche in ragione del maggiore costipamento del terreno. La presenza di screziature e di concrezioni di colore rossastro é appunto un segno evidente di idromorfia temporanea. Tali suoli mostrano inoltre una notevole eteropia di facies pedologica sia in senso orizzontale che verticale. Valori di permeabilità bassa sono stati registrati nel settore collinare del territorio in esame (Civa Quaddus, Su Pirastru, Pranu Cotza , Serra Titta) a causa della presenza di orizzonti di accumulo di carbonati, e nelle zone denominate Ceas nella toponomastica locale. In questo caso l'argilla dilavata dalle alture circostanti si accumula nell'orizzonte superficiale impedendo quasi del tutto l'infiltrazione delle acque meteoriche. Nelle zone caratterizzate dall'assenza della componente argillosa la permeabilità non raggiunge generalmente valori elevati a causa dell'alto grado di compattazione e cementazione raggiunta dalla compagine alluvionale. Solo in alcuni settori, difficilmente discriminabili nella cartografia allegata per la loro limitata estensione e costituiti quasi esclusivamente dall'affioramento di sabbie pressoché sciolte, la capacità d'infiltrazione appare decisamente elevata.

7.4LA FALDA FREATICA

Lo studio idrogeologico della falda superficiale è stato possibile grazie alle misurazioni del livello freatico in buona parte del territorio comunale. Tali rilevazioni eseguite nel giugno del 1997 su pozzi di largo diametro, hanno permesso di ricostruire, attraverso un programma di calcolo, una carta delle isopieze e di definire le modalità di scorrimento della falda unitamente alle principali direzioni di flusso e di maggior drenaggio. Purtroppo la irregolare distribuzione dei pozzi nel territorio, concentrata quasi esclusivamente nell'abitato, per la presenza nell'agro di un efficiente sistema d'irrigazione, ha consentito di ottenere buone informazioni circa il livello freatico solo nel paese e negli immediati dintorni.

Pertanto, nella restante porzione del territorio, l'andamento della falda acquifera è stato solo ipotizzato e la lacunosità dei rilievi è stata espressa, nell'apposita carta, con isopieze rappresentate da linee tratteggiate.

La formazione che comprende l'acquifero è costituita quasi esclusivamente dalle alluvioni antiche rappresentate nel settore da depositi sabbiosi contraddistinti da una permeabilità per porosità più o meno elevata, in ragione della quantità di frazione argillosa presente nella matrice; le alluvioni recenti ospitano la parte sommitale della falda solo quando presentano potenze superiori ai 7-8 m. Questa eventualità si verifica nelle zone denominate Bennaxi, nella golena del Tirso e del Rio S. Elena. In modo schematico la struttura idrogeologica della zona può essere rappresentata dalle alluvioni terrazzate antiche, che costituiscono il corpo dell'acquifero superficiale poggianti su un substrato impermeabile rappresentato da depositi fluvio-deltizi (argille marine e salmastre). Il flusso naturale della falda freatica diretto dalle retrostanti zone collinari verso E e verso l'asta fluviale del Tirso, è notevolmente perturbato dagli interventi antropici riconducibili alla presenza di un'agricoltura intensiva ed estensiva che utilizza e mobilita importanti volumi d'acqua. Il territorio è infatti servito da una fitta rete di canali d'irrigazione, gestita dal Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano, che generano come vedremo interferenze tra la naturale infiltrazione delle acque superficiali e i deflussi sotterranei. La presenza di una cospicua parte del territorio destinato alla coltura risicola produce un'ulteriore alterazione degli scambi tra gli afflussi superficiali e la falda acquifera. L'interferenza tra gli apporti antropici e la circolazione idrica superficiale è stata osservata, in modo dettagliato per la presenza di numerosi punti di rilevamento, nella zona meridionale dell'abitato di Simaxis, limitata a S dal Canale Generale. L'andamento delle isofreatiche e l'anomalo livello statico misurato, indicano un'alimentazione della falda ad opera



delle perdite del canale d'irrigazione. Tale effetto è amplificato dalla presenza di una zona depressa del tutto impermeabile, sede di un'antica depressione colmata da materiali di riporto, denominata Pauli Manna, che genera una falda sospesa la cui estensione coincide con la superficie originaria della vecchia Palude.

I limiti di quest'ultima sono individuati dal repentino infittirsi delle isofreatiche dove si verifica una brusca caduta di permeabilità dovuta al passaggio dal letto argilloso della palude ai terreni sabbiosi delle alluvioni antiche. Nella carta delle isofreatiche sono chiaramente visibili i settori di alimentazione della falda sospesa e i deflussi sotterranei verso le zone a maggiore permeabilità. Questa situazione è quella riscontrata al tempo dei rilevamenti fatti nel 1997. Attualmente gli interventi di impermeabilizzazione del Canale Generale, gli emungimenti effettuati dai numerosi pozzi presenti, la realizzazione di costruzioni con piani interrati che hanno interrotto la impermeabilizzazione del letto della ex-palude e messo in comunicazione la falda superficiale con quella freatica sottostante, hanno quasi del tutto prosciugato la falda sospesa. Le conseguenze dell'immissione nella circolazione sotterranea di importanti volumi idrici a seguito della irrigazione di vaste superfici a risaia, sono chiaramente riconoscibili in località Genna Sparau, in cui si verifica un anomalo innalzamento del livello freatico in concomitanza forse con la risalita in questo settore del substrato impermeabile. A prescindere dagli effetti perturbativi locali prodotti dall'irrigazione, un'aliquota importante della circolazione delle acque sotterranee segue direzioni di scorrimento generali convergenti verso gli alvei del Tirso e del Rio S. Elena, che si trovano quindi in condizioni di drenaggio nei confronti della falda: tale ipotesi è suffragata dall'essere la concavità delle isopieze rivolte verso valle. Naturalmente, durante i periodi piovosi della stagione invernale, può accadere che la falda freatica sia alimentata dai corsi d'acqua suddetti, invertendo in tal modo il consueto deflusso delle acque sotterranee. Un'ulteriore asse di drenaggio è stato individuato a SO di Simaxis.

L'andamento delle isopieze indica la presenza di una linea di drenaggio diretta verso la depressione di Pauli Cerbus probabilmente a causa dei numerosi canali di scolo che interessano tutto il settore a valle della palude come sostenuto da Pala e Cossu (1994); un altro motivo potrebbe risiedere nella bassa permeabilità dei terreni entro cui scorre la falda, come dimostrano le numerose cave di depositi detritici incoerenti attive nel settore.

7.5 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA E PROBLEMATICHE DEL TERRITORIO COMUNALE

Sulla base delle analisi effettuate è possibile asserire con certezza che l'assetto geologico del territorio del comune di Simaxis è caratterizzato da:

- *assenza di sorgenti con l'impossibilità di sopperire direttamente al fabbisogno idropotabile del settore agropastorale;*
- *assenza di una copertura vegetale naturale, sia a causa dello storico utilizzo agrario del territorio che per la eliminazione dei residui elementi di macchia e delle sugherete di pianura;*
- *ricorso alla lavorazione dei suoli ed alla conseguente messa a coltura anche di suoli con bassa suscettività e capacità d'uso in settore a media suscettività all'erosione.*
- *scarsa cura dei corsi d'acqua e delle loro ripe con ordinari problemi di inondazione nelle aree pianeggianti adiacenti i corsi d'acqua stessi, sovente, anche a causa di attraversamenti con luci inadeguate o corsi d'acqua inalveati.*
- *messa a rischio delle falde, già in parte compromesse, soprattutto nella fascia pedemontana di Siapiccia, e in quella di Siamanna stessa, a causa della percolazione di reflui provenienti da allevamenti stabulati o da un eccessivo pascolo brado.*
- *necessità di interventi sistematici di ricostituzione del manto vegetale, strettamente non a fini produttivi ma a fini idrogeologici, caratterizzati da una elevata cura nell'impianto e nella gestione, al fine di incrementare infiltrazione e tempo di corrvazione delle acque e poter invertire il processo di desertificazione attualmente in corso.*



Da questa sintesi emerge quindi che le problematiche di carattere geologico si possono tutte quantificare e inquadrare sotto la voce rischio e vulnerabilità idrogeologica. I cosiddetti “dissesti idrogeologici” sono processi accelerati di evoluzione morfologica e sono solitamente determinati da cause naturali, anche se la trascuratezza e gli interventi errati dell'uomo sul territorio possono fungere da fattori innescanti e/o acceleranti di tali processi.

Pertanto una regolamentazione degli interventi antropici ed un adeguato sistema di regimazione delle acque superficiali possono in qualche modo contribuire alla stabilità del territorio.

8.LE FORME ED I PROCESSI NEL TERRITORIO DI SIMAXIS

La piana di Oristano é il risultato della colmatazione della fossa tettonica terziaria operata dalle alluvioni antiche e recenti del fiume Tirso e degli altri corsi minori e dai coni di deiezione alla base dei rilievi che bordano la valle. Il territorio di Simaxis, compreso nei terrazzi alluvionali antichi e recenti del Tirso, presenta deboli pendenze e dislivelli poco significativi, è caratterizzato da forme piatte, poco articolate, talora depresse, appena movimentate nel settore orientale dalle incisioni che interessano le basse colline bordanti le prime propaggini del M.Arci. Nel complesso l'intera piana denota una modesta articolazione delle forme e un notevole livellamento passando dai 70-80 m dei terrazzi più elevati a quote prossime al livello del mare. Tenuto conto della scarsa energia del rilievo i processi morfogenetici più significativi sono quelli fluviali e di dilavamento dei versanti, nonché quelli relativi all'attività antropica. Di seguito vengono elencati i principali elementi morfologici espressi nella cartografia allegata.



Simulazione da Sardegna 3D – Il territorio di Simaxis da Ovest

Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento

- Superfici di terrazzo
- Orlo di terrazzo
- Orlo di terrazzo degradato
- Solchi da ruscellamento concentrato
- Alveo con sponda in erosione
- Aree inondabili e direzione di esondazioni
- Posizione alveo del Tirso nel 1900 e nel 1960
- Superficie con dilavamento concentrato
- Forme di dilavamento diffuso
- Aree depresse a drenaggio limitato



Forme e processi antropici

- Argini artificiali
- Scarpata antropica $h < 5$
- Orlo di scarpata di cava attiva
- Orlo di scarpata di cava non attiva
- Canale di scolo
- Canale di guardia
- Canale di scolo tombato
- Canale d'acqua canalizzato
- Corso d'acqua rettificato
- Canale d'irrigazione Tirso Arborea
- Discariche attive e inattive

8.1.1 Caratteri morfologici

Come già enunciato nella premessa l'intero territorio di Simaxis denota una modesta articolazione delle forme e un notevole livellamento. Pur in presenza di una spiccata uniformità morfologica si possono distinguere i terreni, in due differenti unità:

- Paesaggio delle alluvioni antiche e delle conoidi di deiezione
- Paesaggio delle alluvioni recenti. Le alluvioni terrazzate antiche appaiono in posizione sopraelevata rispetto al resto della piana con un andamento più mosso e pendenze accentuate. I processi fluviali hanno influenzato alquanto i caratteri dei sedimenti alluvionali, originando durante i periodi climatici caratterizzati da elevata piovosità (dal Villafranchiano all'interglaciale Riss-Wurm) depositi ciottolosabbiosi molto potenti, con elementi litoidi provenienti da rocce paleozoiche della media e alta valle del Tirso, talora notevolmente cementati; i periodi mediamente piovosi (post Wurm) hanno dato luogo a depositi arealmente abbastanza estesi, legati all'ultima fase del processo di riempimento della fossa Oristanese, costituiti da termini meno cementati e più classati. Sulla base delle altezze topografiche sono stati riconosciuti tre ordini di terrazzi, situati nel settore orientale del territorio di Simaxis, nella zona che funge da fascia di raccordo ai rilievi miocenici e vulcanici, affioranti immediatamente fuori il limite amministrativo di Simaxis. I terrazzi sono distinguibili solo per il criterio altimetrico, mancano infatti differenze di natura litologica se si eccettua la presenza di crostoni carbonatici negli orizzonti superficiali dei terrazzi più elevati. I terrazzi individuati sono i seguenti:
 - T0 con quote in genere inferiori a 25 m;
 - T1 con quote comprese tra 25 e 50 m;
 - T2 con quote superiori a 50 m.

I terrazzi T1 sono stati tagliati in due corpi distinti dalla dinamica erosiva prodottasi in seguito all'azione delle acque incanalate del Rio S. Elena, il quale ha poi depositato, in una fase successiva, alluvioni recenti nelle aree di pertinenza del torrente. Il terrazzo T2, che presenta nel territorio di Simaxis una limitata estensione areale, si raccorda quasi perfettamente alle alluvioni antiche affioranti in località Cuccuru Sorrada, a E del paese di Ollastra. In alcuni settori l'estremo livellamento della superficie in unione con la bassa permeabilità dei terreni producono aree acquitrinose a drenaggio generalmente impedito o limitato che nella toponomastica locale assumono il nome di ceas e paulis. Tali aree, attualmente bonificate attraverso la realizzazione di canali di scolo che allontanano le acque afferenti dalle zone morfologicamente più elevate, sono state rese produttive mediante l'impianto di risaie. Nell'area di interesse il reticolo idrografico è poco accentuato ed in gran parte modificato dalle predette opere di bonifica. Soltanto il rio Murtas



produce una significativa incisione dei depositi alluvionali e si imposta, almeno nel suo tratto iniziale, secondo una direzione parallela alla principale lineazione tettonica della zona.

Le alluvioni recenti sono ubicate essenzialmente lungo il fiume Tirso ed i corsi d'acqua principali (Rio S. Elena), in aree allungate ma relativamente strette con giaciture pianeggianti

o in taluni casi depresse. Questi sedimenti, caratterizzati da classi granulometriche comprese tra le sabbioso-franche e franco-argillose, rappresentano gli ultimi depositi dei processi morfogenetici dei letti di piena attuali, la cui estensione é da porre in relazione con le fasi erosive, successive alla messa in posto delle alluvioni antiche, che hanno prodotto l'incisione dell'attuale alveo.

Come è facilmente intuibile le aree soggette ad erosione sono quelle più elevate delle alture di Serra Titta, Serra Lillu, Pranu Cotza e Arcamandas . Tale fenomenologia si esplica essenzialmente attraverso solchi di ruscellamento concentrato nelle zone più acclivi, mentre in quelle a pendenza inferiore produce forme di dilavamento del terreno. I solchi di ruscellamento concentrato interessano principalmente il terrazzo di Serra Titta e producono profonde incisioni nel corpo delle alluvioni antiche a causa dell'elevata pendenza dei versanti, della presenza di materiali teneri e quindi facilmente asportabili e per la totale assenza di vegetazione perenne. Questi solchi sono generalmente permanenti e solo con l'avvento delle moderne macchine agricole è stato possibile regolarizzare e spianare le incisioni che altrimenti si approfondiscono continuamente. Le forme di dilavamento diffuso e concentrato interessano sia i terreni acclivi sia i terreni con pendenze decisamente inferiori; si sviluppano prevalentemente su terreni arati, privi di vegetazione, soprattutto quando questi sono investiti da intense precipitazioni all'inizio del periodo invernale, infatti in tale periodo il suolo non è in grado assorbire velocemente l'acqua battente, a causa della riduzione dell'infiltrazione per l'ostruzione delle porosità e aperture naturali del terreno. Le acque dilavanti esercitano pertanto un'azione erosiva sulla superficie del suolo asportandone particelle di dimensioni variabili, dalle argille alle sabbie grossolane, nonché le sostanze minerali utili alla crescita delle piante; con il progredire del fenomeno il suolo s'impoverisce e si degrada fino a diventare quasi improduttivo. Questo processo si verifica in maniera più pronunciata su terreni arati lungo le linee di massima pendenza e soggetti ad eccessivo pascolamento dato che il calpestio del bestiame provoca il costipamento del suolo diminuendone notevolmente la permeabilità. Gli effetti del dilavamento areale e concentrato sono poco evidenti perché le attività agricole stagionali regolarizzano sistematicamente il terreno, rendendo poco appariscente il danno arrecato alla struttura del suolo. Il continuo intasamento dei canali di scolo e di guardia ubicati alla base delle colline di Simaxis da parte dei materiali dilavati dai versanti, fornisce una chiara testimonianza dell'enorme quantità di suolo rimosso e perduto per i fini agricoli.

L'intervento umano ha prodotto importanti modificazioni al territorio e influenzato notevolmente i normali processi morfogenetici. Nel caso del sistema fluviale Tirso-Rio S. Elena, esso è stato sottoposto a numerosi interventi di sistemazione consistiti essenzialmente nella costruzione di arginature che hanno risolto il problema relativo alle disastrose piene che, durante il corso dello stesso periodo invernale, interessavano, talora ripetutamente, le aree golenali. Attualmente gli effetti delle piene sono relegati alle aree golenali comprese entro le arginature (vedi PAI vigente e PSFF). Ulteriori lavori di sistemazione hanno riguardato l'asta terminale del Rio S. Elena, soggetto a rettificazione e a rimodellamento ed ampliamento della sezione dell'alveo.

A questi interventi di bonifica si sono sovrapposti gli effetti negativi prodotti dall'escavazione dell'alveo del Tirso per lo sfruttamento delle sabbie. Se un tempo quest'attività si svolgeva con prelievi limitati dovuti agli scarsi mezzi impiegati, l'utilizzo di grandi macchine per l'escavazione ed il dragaggio del fondo dell'alveo, hanno completamente sconvolto in certi casi il profilo del corso acqua. Ciò è particolarmente evidente in regione Iscasias, dove gli enormi prelievi di inerti hanno completamente modificato l'andamento e la larghezza dell'alveo, soprattutto se raffrontata alla situazione, riportata nella cartografia allegata, dal 1900 al 2006. L'alterazione del profilo del fiume ha accelerato i normali processi di erosione spondale principalmente a causa dell'abbassamento dell'alveo che ha provocato lo scalzamento alla base delle scarpate fluviali e portato al franamento per crollo di grandi porzioni dei terreni adiacenti al Tirso e come conseguenza alla perdita di terreni altamente produttivi. La dismissione dell'attività di cava nei corsi d'acqua ha in gran parte attenuato ma non risolto del tutto i problemi di erosione spondale che continueranno fino a che il fiume non

raggiungerà un suo equilibrio dinamico ed eliminato, nel caso in esame, l'anomala curva ad angolo retto chiaramente rilevabile nella cartografia della zona.

I processi antropici hanno interessato profondamente anche la restante parte della circolazione superficiale attraverso la realizzazione di una fitta rete di canali per l'irrigazione e lo scolo delle acque. Attualmente quasi tutta la canalizzazione superficiale minore è stata sostituita da condotte sotterranee, di minore impatto sul paesaggio. I canali di scolo sono stati invece costruiti per la sistemazione idrica di un vasto sistema di aree depresse situate a S e a O dell'abitato. Un'altra estesa palude, non compresa nello stesso bacino imbrifero, è situata a N dell'abitato di S. Vero Congius, in un'area soggetta ad interventi di bonifica già nella seconda metà dell'800 ad opera del Marchese D' Arcais, come riportato dal La Marmora.

Queste zone endoreiche o caratterizzate da basso gradiente idraulico venivano allagate durante la stagione piovosa dando luogo ad una serie di paludi, talora comunicanti fra loro, che bordavano il paese con una fascia pressoché continua. La costruzione di un sistema di canali, aventi la duplice funzione di impedire l'alimentazione delle depressioni e di favorire il deflusso delle acque superficiali, hanno prosciugato del tutto le paludi, anche se permangono i problemi legati alla scarsa permeabilità dei terreni. L'azione dell'uomo, se da un lato ha restituito alle pratiche agricole una vasta superficie di terreno e risolto i problemi che in genere derivano dalla permanenza di acque stagnanti, dall'altro lato ha distrutto un'area umida di rilevante interesse naturalistico.

Ulteriori e gravi modificazioni del territorio derivano dalla esistenza di un'intensa attività di cava. Infatti il protrarsi per decenni dello sfruttamento degli inerti per uso edilizio ha comportato la creazione di enormi cavità sconvolgendo l'assetto morfologico del territorio e producendo la scomparsa di vaste superfici di suolo agricolo.

In taluni casi l'eccessiva escavazione in profondità per raggiungere i materiali più produttivi, ha abbassato la superficie dei terreni tanto da essere attualmente soggetti alle inondazioni del Tirso. Tale situazione è stata riscontrata in un settore adiacente all'abitato ed in località Cimaggio. In quest'ultimo settore, l'eccessivo scavo di inerti ha comportato la perdita della spalla di appoggio dell'argine costruito a protezione dei terreni retrostanti dalle piene del Tirso, sostituito da un rilevato di dubbia idoneità. Le cave abbandonate inoltre inducono nel territorio un'ulteriore fonte di degrado in quanto diventano spesso sede di discariche non controllate, che si aggiungono a quelle già presenti nel territorio.



Modello 3d – Il territorio di Simaxis in una rappresentazione 3d

Alcune unità morfologiche che rivestono un particolare interesse ambientale e turistico verranno descritte più a fondo nel capitolo riguardante i beni ambientali.

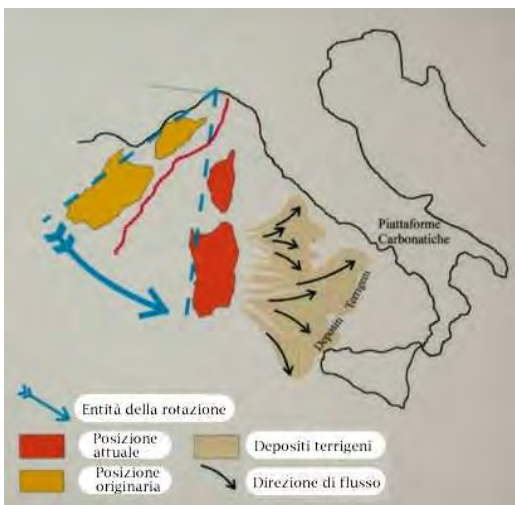
9.LA TETTONICA

I tempi nei quali sono avvenuti i fenomeni geologici e tettonici che hanno portato all'attuale configurazione dell'area centro-mediterranea sono misurabili in milioni di anni.

200 milioni di anni fa America, Africa ed Europa erano riunite in un unico continente (Pangea). Intorno a 180 milioni di anni fa ebbe luogo il distacco tra Africa ed America settentrionale. Questo evento, che portò all'apertura dell'Oceano Atlantico centrale, fu seguito intorno ad 80 milioni di anni fa dal distacco dell'Europa dal Nordamerica e dalla conseguente apertura dell'Atlantico settentrionale. Con il distacco dell'Europa dall'America settentrionale cominciò il moto di convergenza tra Europa ed Africa. I margini continentali di queste due placche entrarono in collisione circa 50 milioni di anni fa.

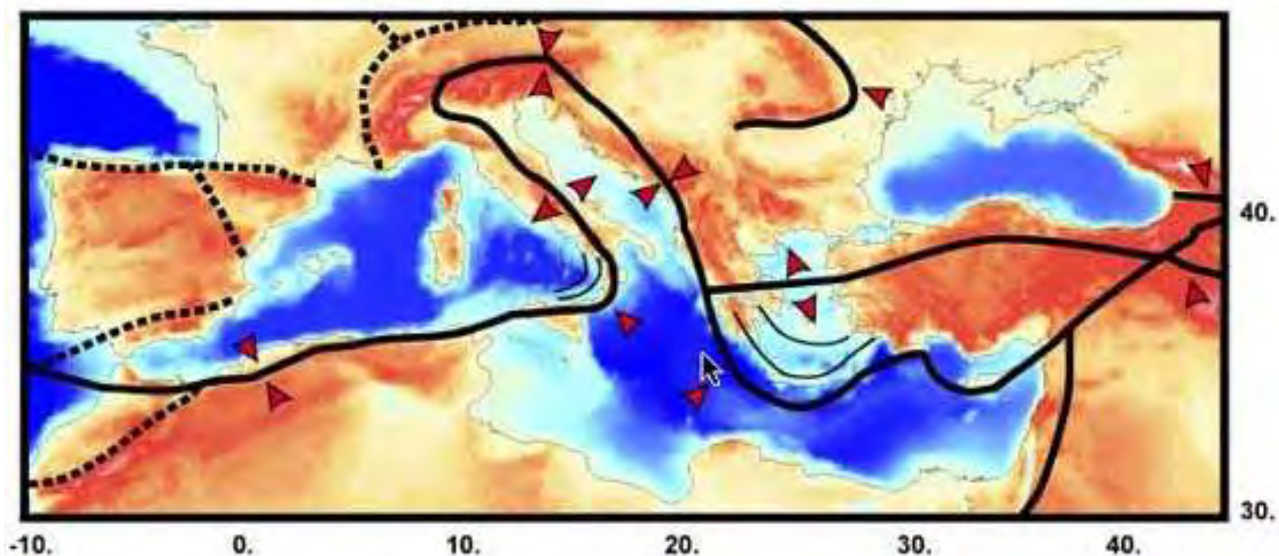
Intorno a 30 milioni di anni fa cominciò la rotazione del Blocco Sardo-Corso con il suo distacco dalla costa meridionale della Francia e l'apertura del Mediterraneo occidentale.

Successivamente, intorno ad 8 milioni di anni fa cominciò ad aprirsi il bacino tirrenico alle spalle dell'Appennino e dell'Arco Calabro che nel corso della loro formazione avanzarono progressivamente verso l'attuale Valpadana e verso gli attuali mari Adriatico e Ionio.



Le velocità che descrivono il moto relativo tra la placca africana e la placca europea variano da qualche centimetro per anno a frazioni di centimetro per anno. Le velocità di "scarrucolamento all'indietro" dei margini di placca nelle zone di subduzione e le velocità di apertura dei bacini post-collisionali possono essere più elevate, ma di regola non superano i 5-6 centimetri per anno nell'area centro-mediterranea.

Mappa – La rotazione del blocco sardo - corso



Fonte: INGV

Mappa – Il sistema delle placche nel quale è inserita la Sardegna è il sistema delle compressioni e distensioni cui è sottoposta



10.VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA E ADEGUAMENTO DEL PUC AL PAI

10.1INQUADRAMENTO TERRITORIALE E NORMATIVO

Nella redazione del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Sardegna il bacino unico regionale è stato suddiviso in sette subbacini.

Si è provveduto all'individuazione degli elementi a rischio presenti sul territorio ed alla perimetrazione delle aree a pericolosità e rischio idrogeologico, nonché della definizione dei criteri di salvaguardia, insieme ad una prima programmazione delle misure di mitigazione del rischio rilevato.

La redazione del PAI, per ragioni legate alla scala di analisi a livello regionale, alla disponibilità dei dati di base su scale ridotte, nonché ai tempi previsti per l'elaborazione, non ha consentito la mappatura di tutte le aree pericolose e i dissesti potenziali o in atto presenti sul territorio

Tali aree sono state quindi individuate e perimetrate con il dettaglio proprio delle mappature di pianificazione.

Il PAI avente valore di Piano di settore, prevale sui piani e programmi di settore di livello Regionale in quanto finalizzato alla salvaguardia di persone, beni, ed attività dai pericoli e dai rischi idrogeologici (N.T.A. PAI, Art. 4, comma 4).

Le previsioni del PAI prevalgono su quelle degli altri strumenti regionali di settore con effetti sugli usi del territorio e delle risorse naturali, sulla pianificazione urbanistica provinciale, comunale, delle Comunità montane, anche di livello attuativo, nonché su qualsiasi pianificazione e programmazione territoriale insistente sulle aree di pericolosità idrogeologica (N.T.A. PAI, Art. 6, comma 2). Sono fatte salve le norme di legge o di strumenti di programmazione e di pianificazione territoriale o di settore che direttamente o indirettamente stabiliscano per aree con pericolosità idrogeologica anche potenziale prescrizioni più restrittive di quelle stabilite dal PAI (N.T.A. PAI, Art. 4, comma 14). Nel caso di sovrapposizione delle discipline del PAI e del Piano Paesaggistico Regionale per le aree a pericolosità idrogeologica si applicano quelle più restrittive (N.T.A. P.P.R., Art 44).

In ottemperanza alle Norme di Attuazione del PAI si è provveduto a riportare alla scala grafica della strumentazione urbanistica vigente i perimetri delle aree a rischio R4, R3, R2 e delle aree pericolose H4, H3, H2 e ad adeguare contestualmente le norme dello strumento urbanistico (N.T.A. PAI, Art. 4, comma 5). Le N.T.A. PAI prevedono inoltre che nell'adeguamento della Pianificazione comunale vengano delimitate le aree di significativa pericolosità idraulica non perimetrate in precedenza dal PAI (N.T.A. PAI, Art. 26).

Ove si è ritenuto che le perimetrazioni del PAI non fossero sufficientemente adeguate a descrivere i problemi di pericolosità del territorio comunale, sono state effettuati studi di maggior dettaglio redigendo analisi idrauliche e/o geologiche a livello locale.

10.2FINALITÀ DELLA DISCIPLINA DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO

La disciplina dell'assetto idrogeologico si prefigge il raggiungimento di due obiettivi:

- la messa in sicurezza delle aree già antropizzate attraverso azioni strutturali e non strutturali;
- la prevenzione del rischio attraverso norme d'uso del territorio.

Mentre la riduzione del pericolo o la mitigazione del rischio sono competenza di sponte regionale attraverso un piano programmatico di interventi.

La prevenzione è competenza sia del governo regionale attraverso regole e linee di indirizzo per l'uso del territorio sia del governo locale come attuazione delle regole generali del Piano ma, soprattutto, nella fase decisionale della pianificazione locale.

In tale ottica l'attività di indagine locale è stata operata, sia al fine di pervenire al necessario approfondimento delle problematiche sia, soprattutto, per sfruttare l'opportunità di pervenire a una



conoscenza partecipata delle caratteristiche del territorio che consenta una assunzione condivisa delle decisioni.

La definizione delle aree di pericolosità ovvero di quelle aree soggette a fenomeni di dissesto quali aree esondabili o aree soggette a fenomeni franosi, è stata necessaria per fondare la pianificazione sulla base della sua zonizzazione e per la definizione della realizzazione delle necessarie opere, attività e interventi.

L'individuazione delle aree di pericolosità e degli elementi a rischio presenti sul territorio, porterà a riconoscere le aree a rischio ovvero le aree dove il realizzarsi di un fenomeno di dissesto può comportare danni, quantificabili con perdita di vite umane o di risorse del territorio.

La successiva quantificazione del danno atteso consentirà la programmazione degli interventi da realizzare per la mitigazione del rischio.

11.LA PROCEDURA DI ADEGUAMENTO

In ottemperanza alle procedure di adeguamento descritte nelle Linee Guida per il Riordino delle Conoscenze e quindi al fine di rendere compatibili le trasformazioni territoriali connesse al rilascio delle concessioni e delle autorizzazioni comunali con la disciplina del PAI e il PPR, sono state redatte alla scala di pianificazione le aree di pericolosità e di rischio idrogeologico, ed adottate le norme di attuazione del PUC le prescrizioni e i vincoli per tali zone.

La perimetrazione è stata effettuata attraverso la procedura semplificata o approfondita.

In particolare, la procedura semplificata è stata adottata in alcune aree già perimetrata dal PAI dove le informazioni portate dal PAI sono state ritenute adeguate e corrette e le perimetrazioni sono state solamente assestate sulla cartografia aerofotogrammetria di dettaglio.

La procedura approfondita è stata utilizzata per la definizione della mappatura della pericolosità da frana, attraverso la produzione di una carta della instabilità potenziale dei versanti, tarata con la disponibilità di informazioni di dettaglio su eventi storici o con rilievi diretti.



12. IL PAI E LE LINEE GUIDA

Nelle more della redazione di un Piano di Bacino unitario, la RAS, in ossequio al D.L. 180 (Sarno) convertito in legge con il n° 267, ha richiesto l'operatività per stralci operativi per la pianificazione tematica dei bacini idrografici, definendo nell'immediato la necessità della mappatura delle aree pericolose sulle quali impostare interventi di urgenza finalizzati alla messa in sicurezza e riduzione del rischio e interventi strutturali finalizzati alla riduzione del pericolo.

Parallelamente definisce la trasformabilità del territorio evitando di istituire nuovo rischio con l'attivazione di nuovi insediamenti e nuove infrastrutture in zone definite pericolose.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, redatto dal coordinamento unificato e basato sulle perimetrazioni di pericolosità operate da un diverso gruppo di lavoro per ogni singolo sottobacino regionale, approvato dall'Amministrazione Regionale con Decreto della Giunta Regionale del 30.12.2004 n° 54/33e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n° 3 del 21.02.2005, è stato pubblicato sul BURAS n° 8 del 11.03.2005.

Nelle more dell'istituzione dell'Autorità di Bacino, sono state poste in capo ai Servizi del Genio Civile le competenze all'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e geologica, che tuttora svolge.

Associate al PAI e peraltro costituenti le Linee Guida su cui è stato redatto il PAI stesso, sono state redatte delle Linee Guida di supporto all'attività di perimetrazione delle Aree di pericolosità di Frana (Hg) e di Inondazione (Hi), di definizione degli Elementi a rischio (E), nonché delle aree a conseguente Rischio di Frana (Rg) e di Inondazione (Ri).

Tali Linee Guida, costituiscono altresì fonte di definizione delle Linee Guida di Adeguamento dei Piani Urbanistici al PAI, redatte e diffuse dall'Assessorato dell'Urbanistica e degli Enti Locali della Regione Autonoma della Sardegna.

La presente analisi mira a proporre all'estensore del Piano Urbanistico le indicazioni e i vincoli di carattere idrogeologico fondamentali per un corretto utilizzo del territorio nella fase di pianificazione.

In ottemperanza a quanto disposto dalle normative l'analisi consta delle seguenti fasi:

- recepimento della mappatura del PAI nella prima stesura;
- recepimento di quanto predisposto nelle successive analisi di revisione;
- individuazioni di ulteriori criticità emerse in occasione di eventi meteorici intensi e riconducibili ad un'analisi di dettaglio relativa ai compluvi minori non ancora analizzati.

Contestualmente all'attività di cui sopra, fondamentale nella fase di adeguamento del PUC al PAI, l'estensore del presente documento effettuerà una fase di ulteriore analisi delle aree già mappate individuate al fine di verificare l'eventuale alterazioni in aumento o diminuzione delle aree critiche.

L'esame del territorio e l'interazione con il reticolo idrografico ha condotto all'individuazione delle situazioni di maggiore problematicità sulla base degli eventi storici e dell'assetto idraulico e morfologico.

Lo sviluppo dei punti di cui sopra conduce a quattro ulteriori aspetti:

- nel primo caso si valutano le situazioni considerate nel PAI e nel PSFF ed esamina le aree di allagamento e conseguentemente l'apposizione di un vincolo di modulata intensità in funzione del livello di pericolosità. Il vincolo cesserà di esistere al momento della mitigazione della pericolosità.
- il secondo caso porta a predisporre, nell'ambito dei progetti di sviluppo, adeguati impianti progettuali finalizzati alla regimazione e al controllo del deflusso superficiale per garantire



una migliore fruibilità delle aree di interesse o alla eliminazione nelle aree già compromesse dalle situazione di disagio.

- Il terzo caso conduce ad un potenziamento della rete di dreno o all'adeguamento delle opere di intersezione con la viabilità al fine di garantirne la funzionalità anche in situazione di eventi meteorici intensi.
- Il quarto caso pone l'attenzione sulla eventuale necessita di interventi puntuali, i cui effetti mirano evidentemente ad eliminare situazioni di pericolosità non rilevanti dal punto di vista areale.

A supporto dell'analisi e consegnata una documentazione cartografica riportante:

- L'inquadramento cartografico territoriale dell'area in esame;
- Un estratto della cartografia storica rappresentante l'evoluzione del territorio;
- L'individuazione dei bacini idrografici con un quadro delle valutazioni delle portate;
- La carta della pericolosità idraulica e delle criticità potenziali.

E da notare che il processo di antropizzazione va visto non solamente come atto esclusivamente edificatorio ma anche legato alla pratica agraria che ha in alcuni casi stravolto il reticolo idrografico originario eliminando qualunque traccia di alveo inciso e che, evidentemente, produce delle superfici di allagamento anche per eventi meteorici non rilevanti con bassissimi tiranti idrici e ridotta velocità di scorrimento.

Lo studio terra inoltre conto delle analisi emerse in fase di elaborazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.



La successiva analisi, si articola secondo successive fasi di approfondimento; in particolare il documento si suddividerà secondo i seguenti passi:

Inquadramento territoriale: consegna una breve descrizione del territorio comunale unitamente all'elencazione del quadro informativo territoriale utilizzato.

Configurazione del sistema

idrografico: riporta un'elencazione delle aste fluviali principali e dei compluvi di cui si è potuto definire un quadro conoscitivo sulla base delle informazioni cartografiche e delle conoscenze locali. I corsi d'acqua richiamati, unitamente all'intero sistema idrografico interno al territorio saranno oggetto di ulteriore analisi nei paragrafi successivi.

Analisi idrologica oltre ad una breve rassegna relativa alla interpretazione del fenomeno con relativa metodologia di calcolo, sono richiamate:

- ✓ le grandezze caratteristiche che contraddistinguono il bacino scolante afferente alle sezioni di chiusura delle aste in esame,
- ✓ le grandezze idrologiche necessarie per la determinazione del valore della precipitazione.
- ✓ determinazioni numeriche delle portate di calcolo.

Analisi idraulica la prima fase è destinata all'illustrazione del fenomeno fisico e al relativo codice di calcolo utilizzato, successivamente, sono consegnate le elaborazioni numeriche; profili, sezioni e tabulati numerici sono consegnati negli allegati.

13. CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA IDROGRAFICO

L'individuazione del sistema idrografico, come già anticipato, costituisce la base di partenza dello studio idrologico-idraulico.

Relativamente alla rete idrografica che insiste nel territorio comunale, si possono individuare tre sistemi principali, riconducibili al

1. Rio Sant'Elena
2. Rio Merdegani
3. Rii minori

La successiva Figura 1 consegna la localizzazione degli stessi nell'ambito comunale.

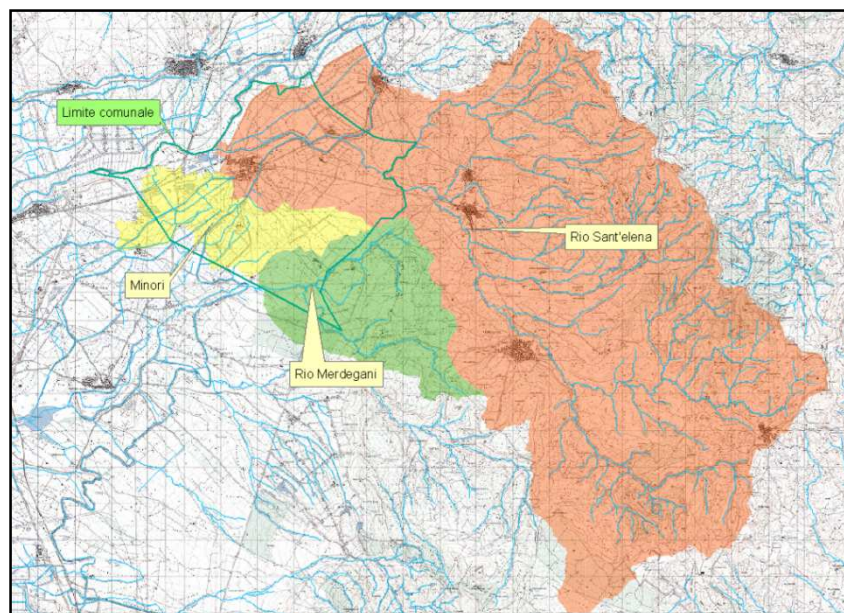


Figura 1 Bacini idrografici principali

L'analisi sia idrologica che idraulica è stata evidentemente eseguita contemporaneamente in tutto il sistema, ma per maggiore semplicità la descrizione dei fenomeni è stata effettuata trattando separatamente i singoli comparti drenanti con le relative aste fluviali.

Nel proseguo del paragrafo saranno passate in rassegna le caratteristiche delle superfici individuate.

13.1.1 Sistema Rio Sant'Elena

Il bacino del Rio Sant'Elena si estende per una superficie di poco inferiore ai 12 Km², andando ad interessare oltre al territorio comunale di Simaxis i comuni di Usellus, Mogorella, Villaurbana, Sciamanna, sia piccia e Ollasta Simaxis

Il bacino è orientato in direzione sud-nord, con quote che variano tra i 650 m nel versante che confina con i monti di Allai, sino ai 450 m slml nel versante sud nelle aree ell'interno del comune di Usellus e Villaverde.

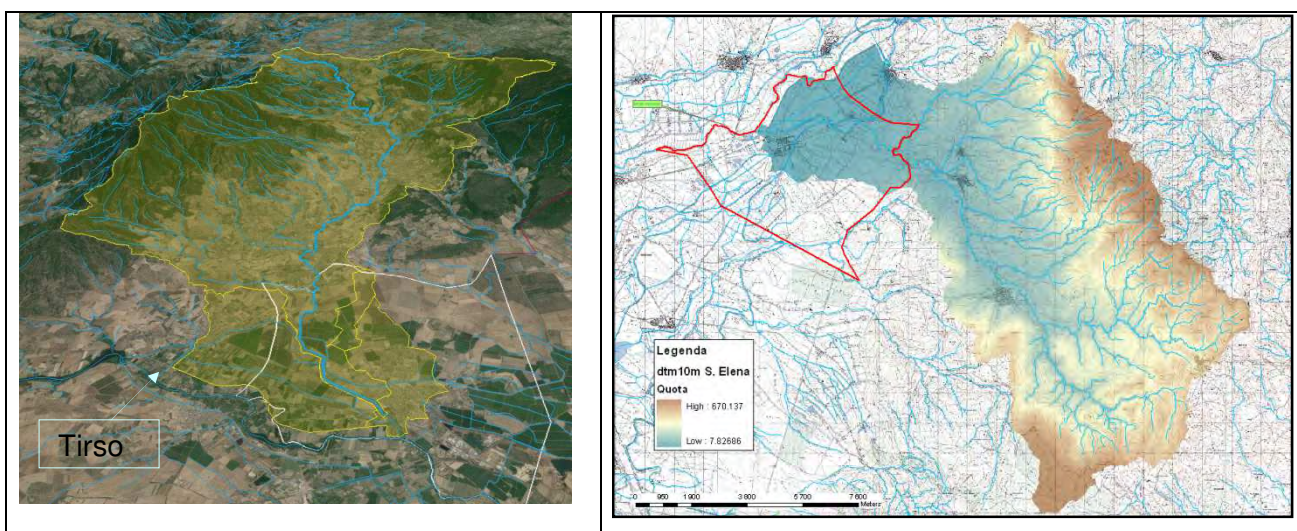




Figura 2 caratteristiche bacino Rio Sant'Elena

All'interno del territorio comunale, il bacino tende progressivamente ad assumere una conformazione pianeggiante, con pendenze estremamente basse, analoga condizione caratterizza anche il reticolo idrografico e l'asta principale del bacino, come si evince nella Figura 2, a valle del limite amministrativo il campo delle pendenze tende ad assumere valori decisamente, progressivamente, mentre ci si avvicina al punto di immissione con il Tirso il reticolo idrografico si incrocia interagisce con il sistema drenante di bonifica.

Le aste idrografiche individuate sono :

Il *Canale collettore di Bonifica 1* (canale 23943) in destra idraulica al Rio Sant'Elena sul quale è colta la sezione 2;

Il *Riu Sant'Elena* (fiume 28463) asta principale del bacino sono colte la sezioni 1, 4 e 11;

Il *Dreno Sud* è un dreno non cartografato ubicato in sponda sinistra, individuato su elaborazione Gis sul quale è colta la sezione 3;

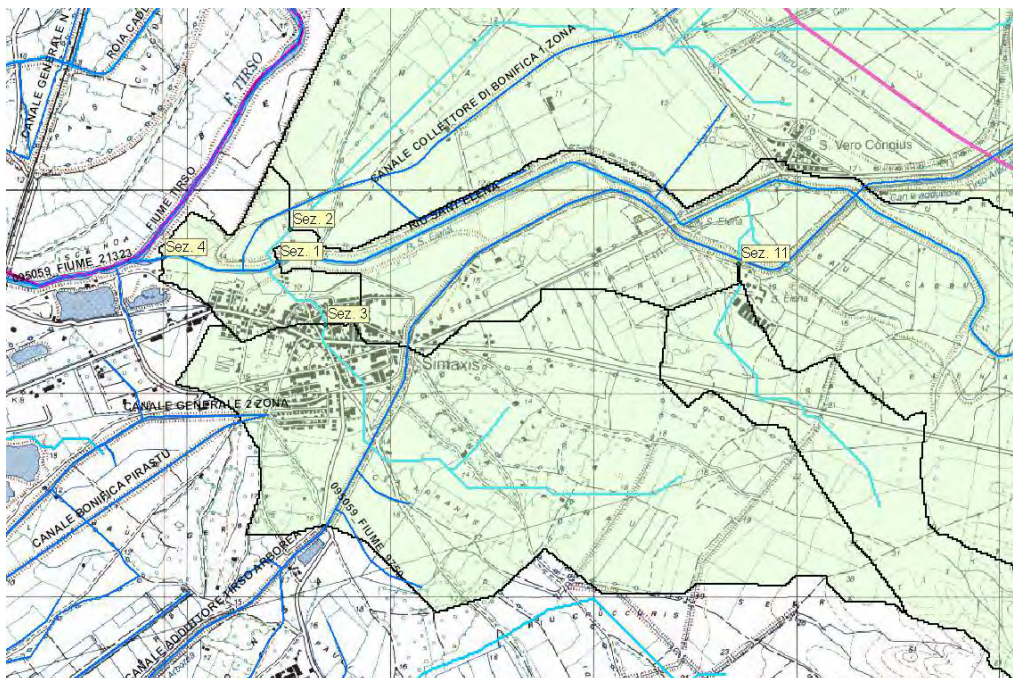


Figura 3 Sezioni idrologiche sul Rio Sant'Elena

Si rimarca che nell'ambito della modellazione idrologica, si è operato ignorando gli effetti che la rete di canalizzazione artificiale determina sul sistema scolante naturale; si è consci che questa linea in alcune circostanze altera in maniera significativa il reale svilupparsi del fenomeno.

Questa scelta aggrava il dreno a sud dell'abitato, (sez.3) in quanto si ipotizza che il canale adduttore di cui alla Figura 4 così come il sistema drenate artificiale non alteri il deflusso originato dalle linee di pendenza (v. Figura 5). Questi aspetti verranno valutati in occasione dell'interpretazione dei fenomeni idraulici.



Figura 4 Canale adduttore Tirso-Arborea



Figura 5 Sistemazione agraria

13.1.2 Sistema Rio Merd'e Cani

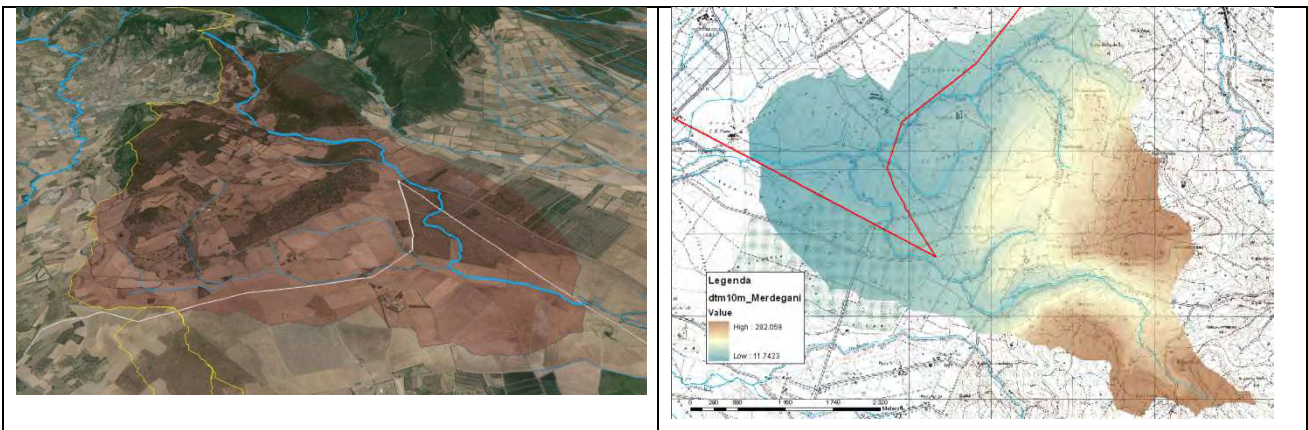
Il Sistema solo in minima parte interessa il territorio comunale andando ad incidervi esclusivamente nella parte più meridionale del territorio.

Il bacino idrografico sotteso interessa i oltre al comune di Simaxis i comuni di Villaurbana e di Siamanna e in minima parte il comune di Oristano.

Il riu Merd'e Cani ha origine nel comune di Siamanna, successivamente, gli si immette in sponda sinistra il Riu Illixi proveniente da Villaurbana, il fiume attraversa quindi per una lunghezza di circa 2 Km il territorio comunale.

Anche in questo caso l'orografia evidenzia una condizione di acclività nelle are esterne a territorio comunale, con un progressivo decremento della quota e della pendenza in corrispondenza del territorio comunale, come per quanto questo aspetto inciderà, come per il rio Sant'Elena in maniera pesante sul fenomeno dei deflussi e delle relative impronte delle aree allagabili.

Gli elementi più alti del bacino non raggiungono i 250m e si hanno in corrispondenza di Pranu Terra e Su Sparau Cabriolu in comune di Villaurbana e Pramu Paiolu in territorio di Siamanna





Le aste idrografiche individuate sono

Il *Riu Merd'e Cani* asta principale del bacino, sono colte la sezioni 5 e 7;

Il *Riu Lixi* in sponda sinistra al rio di cui sopra è colta la sezione 6;



Figura 6 Sezioni idrologiche

4. Rii minori

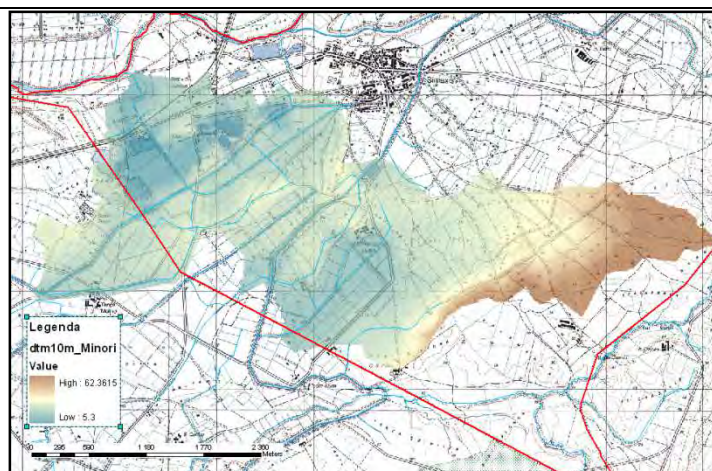
Con il sistema dei Rii minori, si inquadrano tutte le superfici drenanti che sfuggono ai comparti di cui ai precedenti paragrafi ma che tuttavia determinano in qualche maniera scorrimenti superficiali. Si inquadrano in contesti territoriali talvolta in cui l'orografia naturale solo in minima parte determina e regola condizioni di deflusso ben definite.

Le immagini sotto riportate evidenziano un'orografia significativamente pianeggiante con quote che si attestano sui 12-13 m nella generalità dei casi, ma con livelli inferiori, sull'ordine dei 4-6 metri in corrispondenza delle cave esistenti.

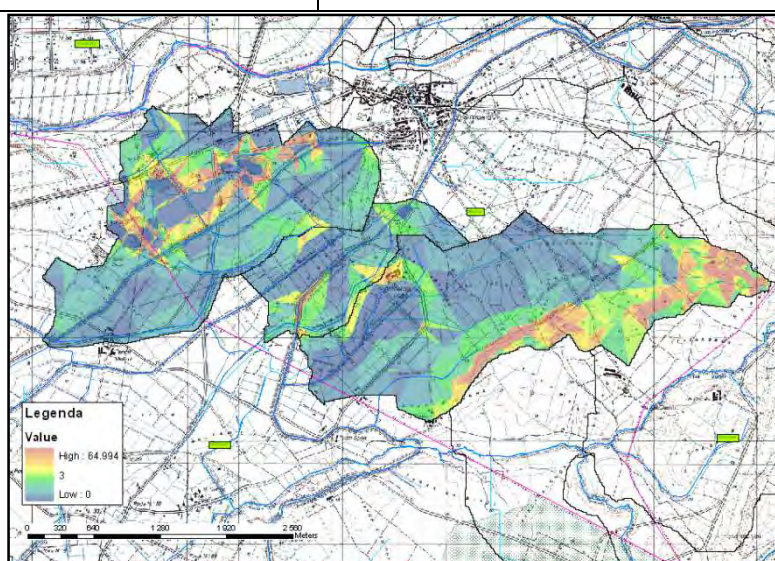
I rilievi maggiori si hanno in corrispondenza del settore occidentale, verso lo spartiacque con il rio Merd'e Cani.



Vista 3D dei comparti drenanti



DTM 10 m del settore in esame



Carta delle pendenze

Le aste idrografiche individuate sono

Il *Fiume 3183492* si immette sul Tirso, la sua superficie è interessata da cave di prestito che condizionano, unitamente alla pratica agraria lo scorrimento superficiale, in esso è colta la Sez. 6

Il *Fiume 23765* interamente occupato da una fitta rete di canalizzazioni artificiali su cui primeggiano il *Canale di Bonifica Spinarba*, e il *Canale Adduttore Tirso Arbore*, in esso è colta la Sez. 10

Il *Compluvio Sud* che coincide quasi con il canale di Bonifica Paulilonga in esso è colta la Sez. 8

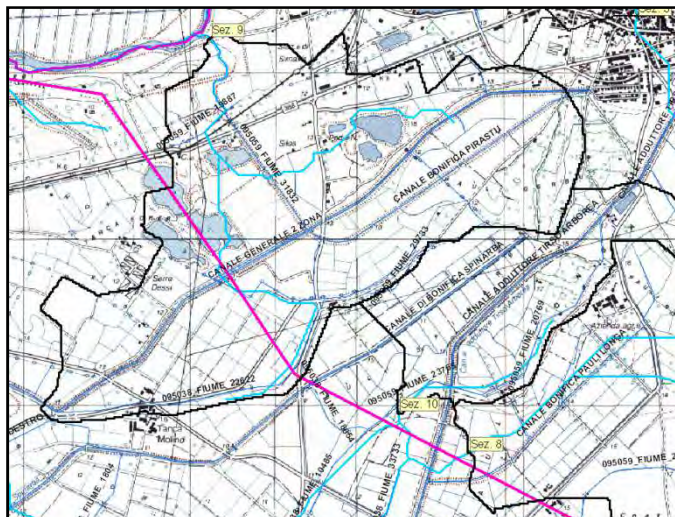
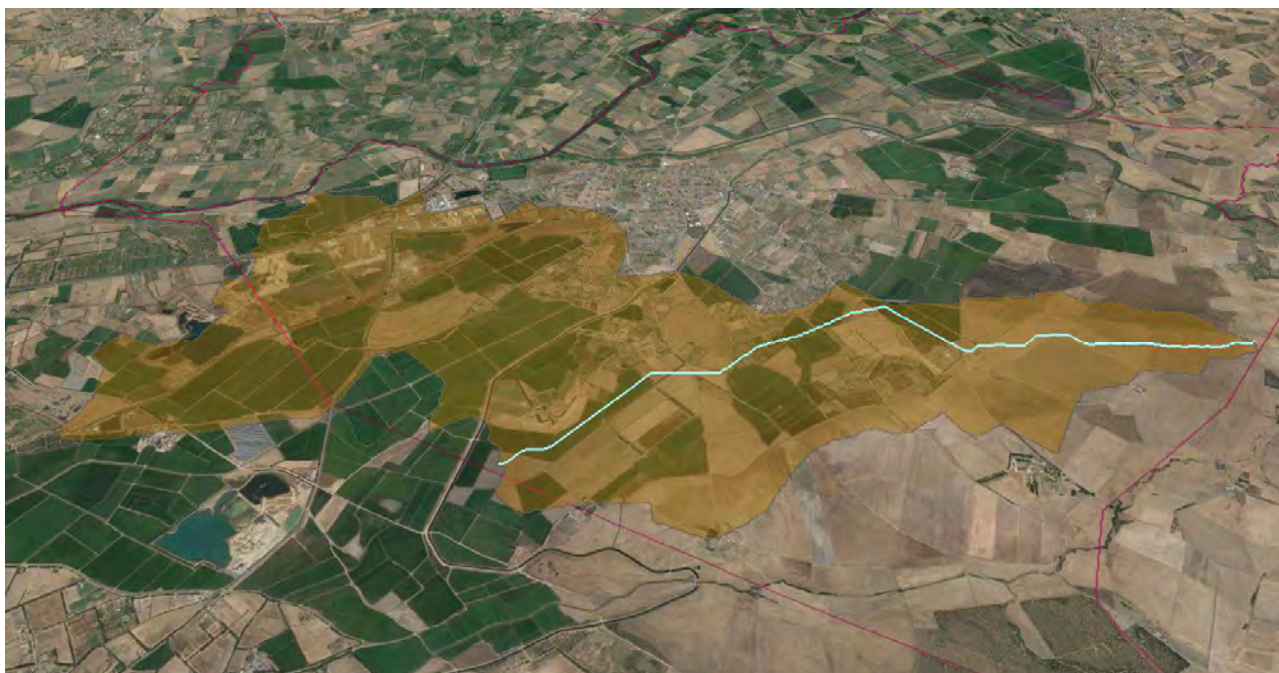


Figura 7 Sezioni idrologiche

Di seguito si riportano le elaborazioni di sintesi delle informazioni sin qui riportate

	n. ordine	area del bacino	q chiusura	quota massima	quota media	pendenza media del bacino	lunghezza asta principale	pendenza asta principale	v media	sottozona	hg media	Cn II	cn III
		km ²	m	m	m	%	(km)		m/s				
sistema rio sant'elena	1	107.0	8.5	670.1	209	18.6	26.54	0.01	1.2	1	46.43	79.2	90
	2	8.2	7.8	65.6	14.9	1.74	6.458	0.01	1.2	1	45	73.2	86.5
	3	3.3	11.9	43.0	16.7	0.76	3.942	0.01	1.2	1	45	73.2	86.5
	4	118.9	7.8	670.1	191	17	27.16	0.01	1.2	1	46.3	79.2	90
	11	1.2	16	66.5	32.2	3.36	3.226	0.02	1.2	1	45	74.4	87
sistema rio merd'e cani	5	7.4	18.4	242.6	83.1	7.6	6.434	0.03	1.2	1	45	75.15	87.5
	6	6.3	18.2	282.1	127	12.4	7.903	0.03	1.2	1	45	78	89.5
	7	16.7	11.7	282.1	89.4	8.42	9.36	0.03	1.2	1	45	76.8	88.5
compluvi minori	8	4.7	9.5	62.4	20.8	2.14	5.343	0.01	1.2	1	45	75	87.5
	9	4.2	5.3	18.8	12.4	1.83	5.086	0	1.2	1	45	75	87.5
	10	1.3157	9.963	18.84	14.5	1.52	2.896	0	1.2	1	45	74.4	87



14. ANALISI IDROLOGICA

Per la valutazione delle portate di calcolo sulle superfici scolanti individuate all'interno del territorio comunale, si è operato attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Arc Hydro Tools attraverso una successione di fasi:

- ✓ sono state individuate le superfici scolanti elementari, con valori areali compresi tra i 100 m² e il chilometro quadrato;
- ✓ sono state aggregate le superfici di cui sopra, individuando i bacini idrografici afferenti ai corsi d'acqua oggetto di valutazione idraulica o per i quali si valutata l'interazione con le aree di pertinenza..
- ✓ per i bacini inquadrati sono state determinate le aste principali, le grandezze geomorfologiche, le grandezze idrologiche
- ✓ con l'applicazione delle metodologie note sono state effettuate le valutazioni idrologiche al fine di definire i valori delle portate di calcolo.

Il calcolo della portata è stato effettuato conformemente a quanto previsto nelle Linee Guida del PAI. In esse si rileva che, in mancanza di dati osservati, si dovrà far ricorso alle metodologie di calcolo disponibili, che possono essere inquadrare in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di *Metodi Diretti*, la seconda come *Metodi Indiretti*, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate calcolati, ovvero indirettamente tramite trasformazione afflussi – deflussi.

14.1 Considerazioni generali sul fenomeno

A premessa della descrizione del metodo utilizzato, è importante rilevare che la definizione delle aree di allagamento sulla cartografia è l'ultimo passo di un processo di analisi che non può essere scisso dalle precedenti fasi e che, come tale, risente delle schematizzazioni che necessariamente devono essere assunte.

Nell'analisi idrologica l'ordine di schematizzazione assunto riguarda sia il quadro concettuale che esprime il verificarsi del fenomeno, sia la successiva traduzione modellistica del fenomeno semplificato.

Nel primo caso giova rilevare che la schematizzazione di base per la rappresentazione della trasformazione degli afflussi in deflussi parte dall'individuazione di un processo descrittivo che assume il deflusso come accorpamento negativo delle grandezze facenti parte del bilancio idrico.

In particolare con il concetto di "trasformazione afflussi-deflussi" raggruppa l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso stesso si incanali nella rete idrografica secondo la schematizzazione riportata in **Figura 8**.

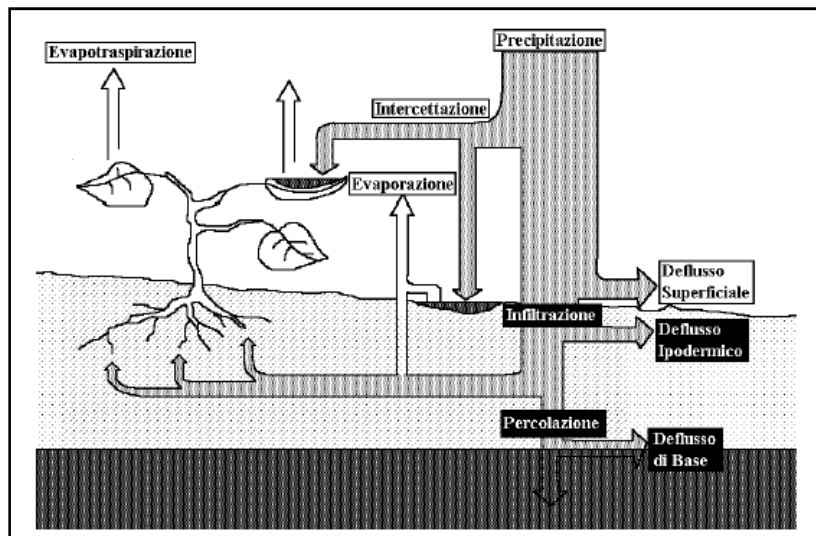


Figura 8 Elementi che concorrono al bilancio idrologico del processo "afflussi-deflussi"

La realizzazione di modelli di piena passa necessariamente attraverso ulteriori semplificazioni del fenomeno, trascurando alcune grandezze possono che considerarsi influenti, infatti:

1. l'evapotraspirazione risulta essere modesta o nulla in relazione ai deflussi superficiali che assumono importanza preponderante rispetto agli altri;
2. i diversi tipi di deflusso (superficiale, ipodermico, profondo o di base) assumono una importanza relativa che varia in funzione del tempo caratteristico di risposta del bacino in esame.
3. il deflusso di base, ovvero quello che può ritenersi costante e determinato dalle portate di magra del corso d'acqua, può essere ritenuto costante nell'ambito dell'evento di piena. Tale contributo, risulta in genere essere di uno o più ordini di grandezza inferiore alle portate di piena, e quindi in buona approssimazione trascurabile, così pure il deflusso ipodermico nel caso di un bacino di dimensioni medie o piccole.

La seconda fase consiste nello stabilire le relazioni analitiche intercorrenti tra le caratteristiche dell'evento meteorico che causa la piena e le modalità con cui avviene la trasformazione afflussi-deflussi.

Il processo di analisi ha avuto le sue prime formulazioni nella metà dell'800 (Mulvany) nella relazione veniva definito il valore della portata al colmo Q per un assegnato periodo di ritorno per effetto di una precipitazione ricadente in un bacino assegnato.

Nella sua formulazione, venivano assunte le seguenti semplificazioni:



- ✓ il valore della portata al colmo Q relativo ad un evento meteorico costante, è il maggiore tra tutti i valori di portata definiti per lo stesso bacino e per lo stesso tempo di ritorno T.
- ✓ per un preassegnato periodo di ritorno, l'evento meteorico che genera il valore massimo di portata ha una durata pari al tempo di corrivazione;
- ✓ che la portata al colmo Q per un evento causata da una precipitazione ragguagliata di intensità costante sia proporzionale all'intensità della precipitazione, alla superficie del bacino e a un coefficiente C legato alle caratteristiche del bacino e al suo grado di impermeabilità.

Il successivo approccio cinematico cui si fa affidamento per la determinazione della portata introduce semplificazioni che tendono a schematizzare il deflusso sempre assumendo delle condizioni che tendono a eliminare le interazioni tra le grandezze che concorrono; in particolare, le ipotesi di base sono:

- ✓ il trasferimento della piena sia affidata al trasferimento di massa liquida;
- ✓ ogni goccia percorra sempre la stessa traiettoria anche con l'evoluzione del processo di pioggia, e che quindi le linee di corrivazione siano immutabili;
- ✓ il tempo di corrivazione, e quindi la velocità di ruscellamento dell'acqua sia immutabile con il livello di saturazione del terreno e con il formarsi del velo idrico superficiale,
- ✓ la velocità della goccia non sia influenzata dal moto delle altre gocce;
- ✓ la portata di piena sia data dalla somma delle portate provenienti dalle altre parti di bacino che si presentano alla sezione di chiusura allo stesso istante.

Le ipotesi di cui sopra diventano di fondamentale importanza in relazione al contesto territoriale entro cui si opera, e inducono approssimazioni più o meno rilevanti in base alle forme e caratteristiche dei bacini riferimento.

Entrando nelle specifiche grandezze che influenzano il modello, si rileva che le semplificazioni riguardano sia il grado di precisione della stima dell'intensità di pioggia, della sua distribuzione spaziale, che evidentemente la superficie del bacino ma anche la sua forma, così pure dell'individuazione della pioggia netta, e passa attraverso una modellazione della risposta del bacino stesso.

Le considerazioni su esposte, dunque, inducono a ritenere che possa essere accettato un grado di scostamento rispetto alle condizioni che realmente potrebbero verificarsi.

In fase di valutazione delle grandezze su richiamate, sarà opportuno valutare il grado di imprecisione che deriva dalla valutazione dell'intensità di pioggia, dalla sua distribuzione spaziale e dal comportamento del bacino idrografico per quanto attiene il processo di trasformazione afflussi deflussi.

14.2 Individuazione dei parametri di bacino

Con l'ausilio di codici specifici per l'idrologia in ambiente GIS è stata dunque eseguita la prima fase di processo dei dati. Successivamente sono stati definiti, per ogni cella², la direzione del flusso, la direzione di massima pendenza, il numero di celle a monte che contribuiscono al flusso, la rete di drenaggio, le aree di drenaggio per ogni segmento idrico, etc., ai fini di ottenere il quadro completo che concorre all'individuazione dei parametri di bacino.

L'intera procedura consente di individuare quindi i principali parametri idrologici, quali la pendenza del bacino, l'asta principale, la lunghezza e pendenza dell'asta principale, la quota massima, minima e la superficie del bacino, la pendenza media.

² Il modello è costituito da una griglia di celle la cui dimensione viene assegnata sulla base delle necessità di calcolo.



14.3 Determinazione della portata di progetto – Metodi diretti

Analisi regionale

La *Valutazione delle Piene* (VAPI) in Sardegna riporta due metodi di stima regionali, basati sulla distribuzioni probabilistiche *log-normale* e *Two Components Extreme Values* applicati a dati massimi annuali di portata al colmo.

La prima metodologia introdotta da Lazzari nel 1967, esprime la portata al colmo come:

$$\text{Log } Q(T) = 0.3583 \cdot z(T) + 0.956 \cdot \text{Log}(A \cdot z_m) - 8.731$$

per i bacini della parte occidentale dell'isola e

$$\text{Log } Q(T) = 0.4413 \cdot z(T) + 0.746 \cdot \text{Log}(A \cdot z_m) - 6.257$$

per i bacini della parte orientale.

La seconda, in base a studi più recenti, interpreta i fenomeni di piena con la *distribuzione TCEV* (Two Components Extreme Values), nella quale la probabilità di non superamento è data dalla miscela di due distribuzioni esponenziali del tipo:

$$P(x) = e^{(-\lambda_1 \cdot e^{(-x/\theta_1)} - \lambda_2 \cdot e^{(-x/\theta_2)})}$$

caratterizzata dai quattro parametri λ_1 , λ_2 , θ_1 , θ_2 .

In base all'analisi regionale l'intero territorio della Sardegna è diviso in due zone idrologicamente omogenee nelle quali i parametri valgono rispettivamente:

$$\ln \varepsilon_1 = -1.1954 + 0.9235 \ln(S) ; \lambda_1 = 6.286 \text{ per i bacini occidentali}$$

$$\ln \varepsilon_1 = 0.9982 + 0.6452 \ln(S) ; \lambda_1 = 4.571 \text{ per i bacini orientali}$$

mentre

$$\lambda^* = 0.3938 \text{ e } \theta^* = 5.8866 \text{ per tutto il territorio regionale}$$

Per quanto concerne il campo di applicazione di questa metodologia, si rileva che essa deriva dall'analisi di serie storiche relative alle stazioni che sottendono bacini di estensione superiore a circa 60 Km².

I casi specifici non rientrano nei casi previsti.

14.4 Determinazione della portata di progetto – Metodi indiretti

Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione, nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizzi quella della portata al colmo.

La portata di piena è espressa dalla ben nota Formula Razionale:



$$Q_p = i_{[\tau, T_R, r(\tau, A)]} * \Phi * A * \varepsilon(\tau)$$

espressione di un modello deterministico elementare a fondamento cinematico, con il seguente significato dei simboli:

i	Intensità di pioggia
T_R	Tempo di ritorno
$r(\tau, A)$	Coefficiente di ragguglio areale
A	Area del bacino
τ	Durata della pioggia critica
Φ	Coefficiente di deflusso
$\varepsilon(\tau)$	Coefficiente di laminazione

Nella valutazione dell'entità della precipitazione si è ritenuto di applicare sia la metodologia classica proposta dal Puddu e successivamente aggiornata, sia il metodo di più recente pubblicazione che prevede la definizione delle curve di possibilità pluviometrica basate sul modello Tcev.

Altezza di pioggia critica

Metodo TCEV

Eventi di pioggia particolarmente intensi sfuggivano alla capacità di previsione delle curve di possibilità pluviometriche formulate da curve a due parametri, si è reso pertanto necessario sviluppare una trattazione capace di interpretare più fedelmente eventi di breve durata, anche utilizzando curve di distribuzione con un maggior numero di parametri.

In detta recente trattazione si è riscontrata l'impossibilità di adottare, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, un unico tipo di funzione monomia; si è invece reso necessario separare la casistica in due tipologie di eventi: piogge di durata inferiore a un'ora e piogge di durata superiore a un'ora.

Le equazioni elaborate sono:

$$h(T, t) = (a_1 a_2') * t^{(b_1 + b_2')} \quad t \leq 1 \text{ ora}$$

$$h(T, t) = (a_1 a_2'') * t^{(b_1 + b_2'')} \quad t > 1 \text{ ora}$$

dove

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 * 24^{b_1}}$$

$$b_1 = -0.493 + 0.476 * \text{Log } \mu_g$$

avendo indicato con μ_g il valore medio giornaliero della pioggia il cui valore è rilevabile nella seguente carta. I parametri a_2' , a_2'' e b_2' , b_2'' contraddistinguono invece la sottozona di appartenenza, l'area in esame insiste nella **Sottozona 1**.

La sottostante figura consegna i valori di pioggia indice relativi al contesto in esame; **in verde sono individuati i valori massimi (circa 65) in marrone i valori minimi (45)** nell'analisi idrologica sono stati definiti i valori medi per ogni bacino.

1:2/ 240

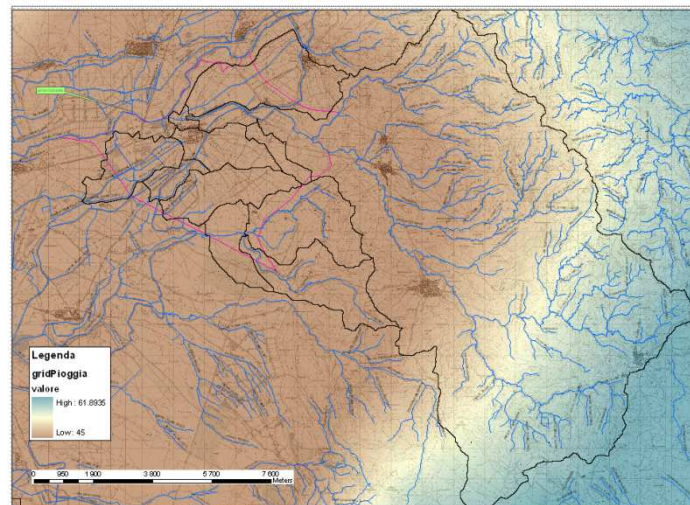


Figura 9 – Altezza di pioggia indice

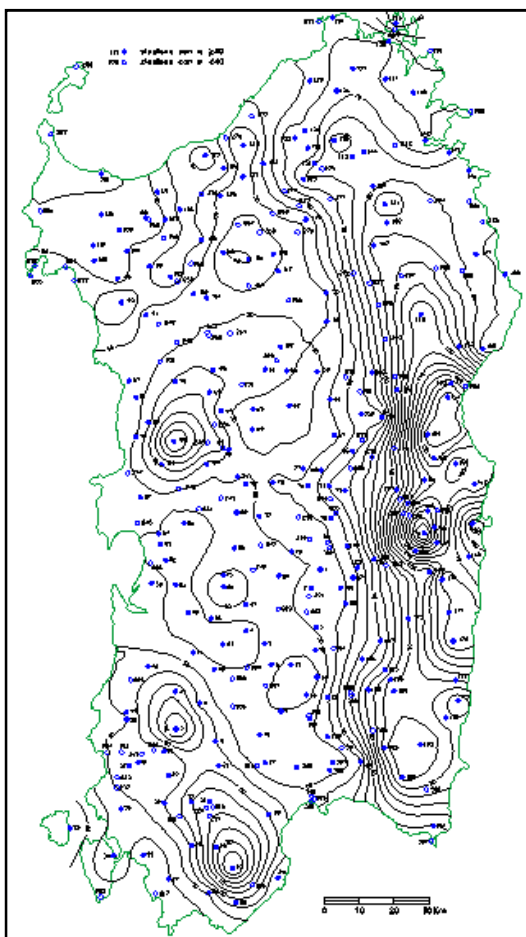


Figura 10 – Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna

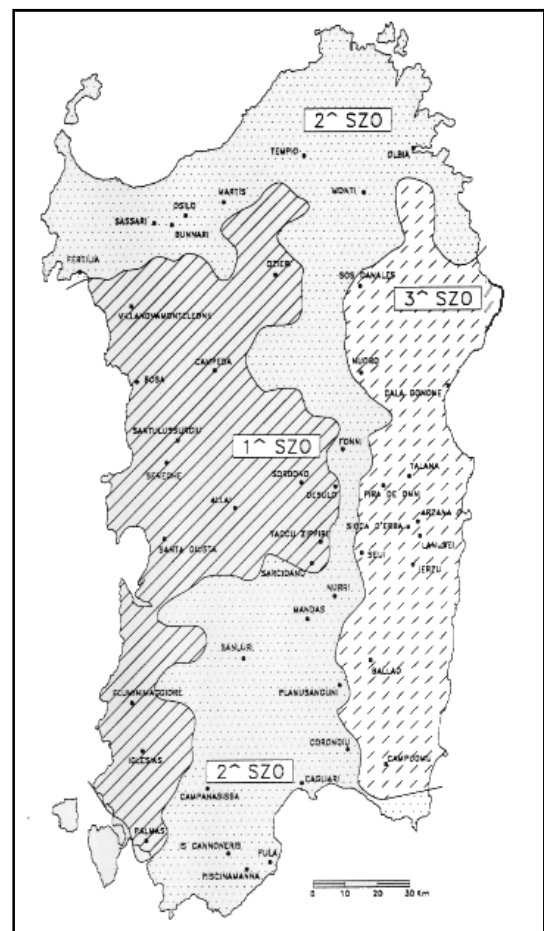


Figura 11 – Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna

(da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997).



Valutazione del coefficiente di deflusso Φ

Per la valutazione del coefficiente di deflusso, si fa ricorso al metodo CN del *Soil Conservation Service*, che secondo gli autori trova impiego ottimale nell'ambito dei piccoli bacini.

Si intende per pioggia netta la grandezza:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{h_{lorda} + S - I_a}$$

dove

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Per la determinazione del CN si è operato partendo dalle indicazioni definite nell'ambito del progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e riportati in dettaglio nell'elaborato "Metodologia di Analisi" allegato al Piano.

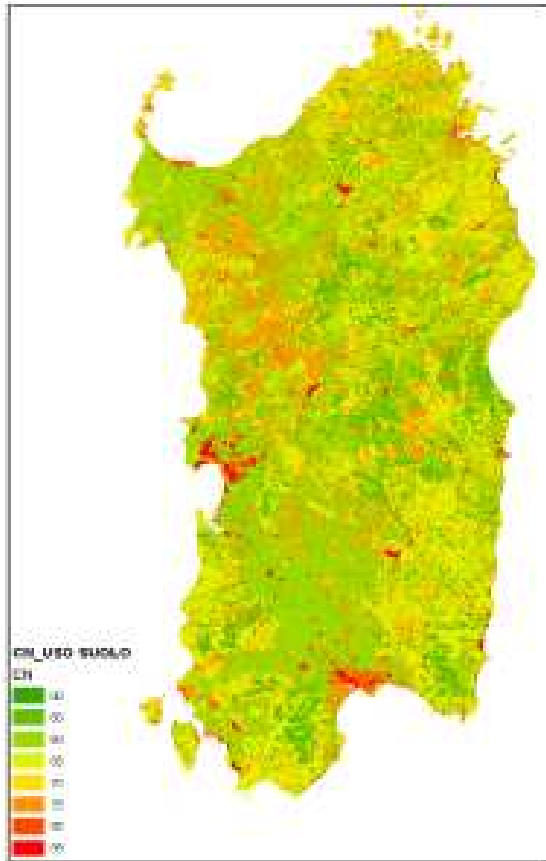
Nella sostanza il metodo può così essere descritto:

si è partiti dalla cartografia dell'uso del suolo desunta dalla Cartografia Corine, al suo interno sono individuati i valori di prima analisi del CN,

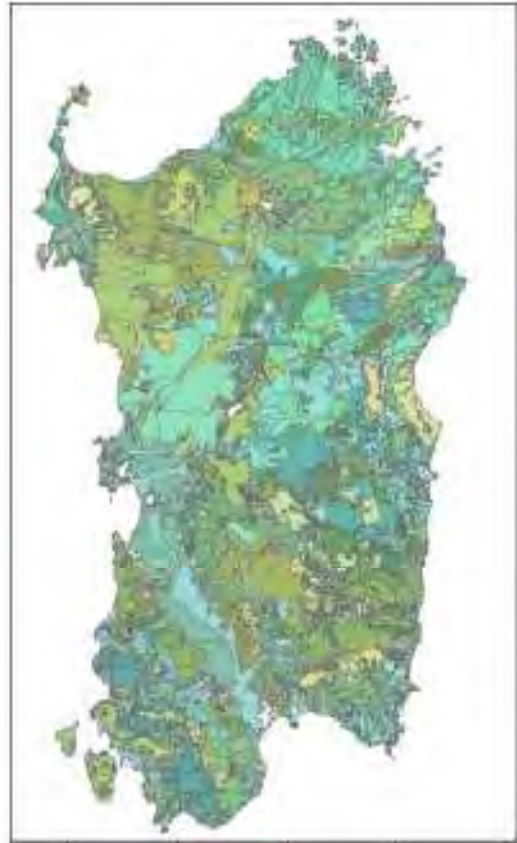
una fase successiva e parallela è consistita nell'attribuire dei valori correttivi desunti dalla Carta Geologica Regionale, sulla base delle caratteristiche geologiche rilevabili

Il suddetto valore correttivo del CN sommato al valore del CN desunto dalla carta Corine, determinava il valore finale e definitivo del CN.

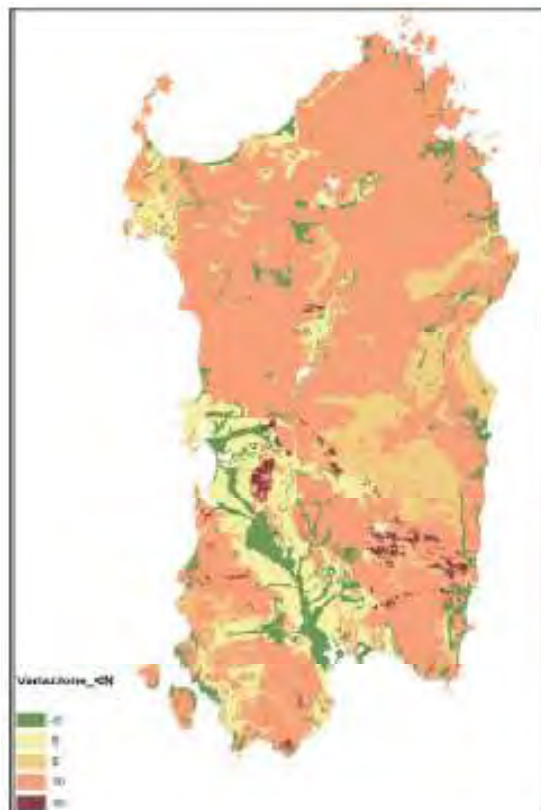
Di seguito si consegnano le immagini relative alle cartografie utilizzate, le stesse sono tratte dal documento su citato del PSFF.



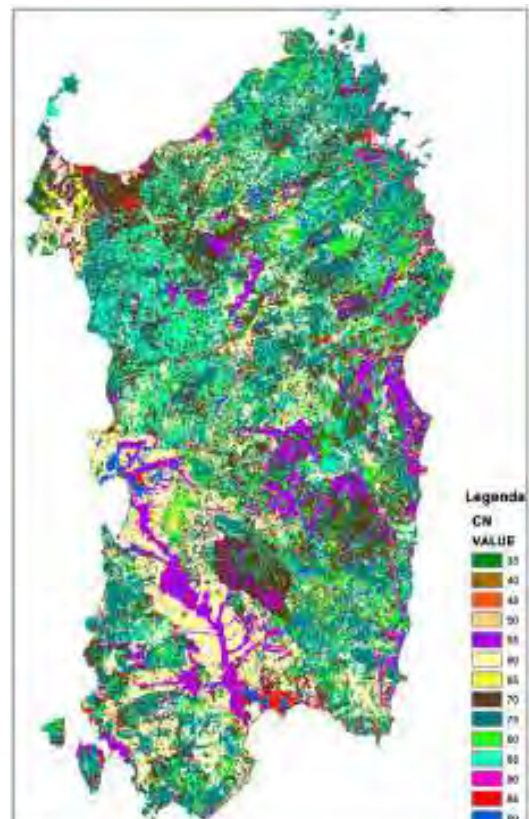
Carta del CN in funzione dell'uso del suolo dei dati Carta Corine



Carta Geologica della Sardegna



Carta della variazione del CN derivante dalla stima di permeabilità desunto dalla carta geologica



Carta del parametro CN



Per quanto concerne il valore S presente nella formula, esso rappresenta la quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino, ovvero la massima altezza di pioggia che può essere ritenuta, ed è legato alla possibilità di infiltrazione, e alle condizioni di umidità precedenti (AMC Antecedent Moisture Condition).

La scelta del valore del CN, quindi, tiene conto della condizione di umidità del suolo a causa di eventi meteorici che possono aver interessato il bacino in esame nei 5 giorni precedenti l'evento critico, attraverso l'introduzione del parametro CNIII, che sarà utilizzato nei calcoli e che deriva dall'applicazione della seguente :

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Il valore dell'infiltrazione iniziale è dato dalla:

$$I_a = 0.2 * S$$

Nella fase applicativa si sono resi necessari ulteriori approfondimenti legati al livello di dettaglio con il quale si è operato; in particolare giova evidenziare i seguenti aspetti:

1. Nella valutazione dell'altezza di pioggia netta, il valore sottratto al deflusso, per effetto della percentuale immagazzinata, è evidentemente legato al valore di S e quindi del CN; S è un valore assoluto, quindi è disgiunto dall'altezza di pioggia, in quanto per definizione frutto dell'uso del suolo e della geologia. Inoltre, minore è la dimensione del bacino, minore è il tempo di corrivazione, minore è la pioggia lorda e maggiore è l'influenza che il CN ha sulla determinazione del valore della pioggia netta. Per i piccoli bacini dell'ordine di qualche ettaro, con altezze di pioggia di alcuni millimetri, si determinano valori di S confrontabili con l'altezza netta; con conseguente rapporto pioggia netta/pioggia lorda decisamente basso. Questo limite dell'applicazione del metodo tende a scomparire nei bacini di maggiore dimensione.
2. In corrispondenza alle analisi legate a bacini di piccolissime dimensioni, l'analisi effettuata, ma soprattutto la cartografia di base può non interpretare in maniera adeguata i parametri che concorrono alla valutazione del CN.
3. Nei piccoli bacini possono verificarsi eventi anche accidentali che modificano in maniera repentina la copertura vegetale dei suoli, come ad esempio eventi incendiari, o la stessa stagionalità può alterare nell'arco dell'anno la copertura vegetale sulla base del ciclo vitale della massa vegetale.
4. Un'altra condizione che può non indurre condizioni ordinarie è legata all'analisi di due bacini che insistono sulla stessa asta fluviale: la sezione di monte può essere rappresentativa di un bacino acclive, impermeabile con copertura vegetale importante, mentre la sezione di valle,

che intercetta anche l'area valliva non edificata, è associata a bassi valori del CN ; in queste condizioni, dall'applicazione automatica del metodo si può incorrere nell'inconveniente di avere a monte valori di portate maggiori che a valle. Quando il rapporto dei CN pesati sui bacini è confrontabile con il valore del rapporto tra le superfici dei bacini, non è certo che i valori di portata seguano la logica dell'incrementare procedendo verso valle.

Queste considerazioni, che non vogliono assolutamente essere intese come critiche al metodo proposto nel PSFF, evidenziano sostanzialmente l'esigenza di una particolare cura nella valutazione del CN soprattutto per i piccoli bacini.

La determinazione del valore, è stata quindi effettuata sia in considerazione delle linee guida e sia attraverso aggiustamenti puntuali che interessavano prioritariamente i bacini minori.

La successiva immagine (Figura 12) consegna l'andamento del CN all'interno del territorio comunale.

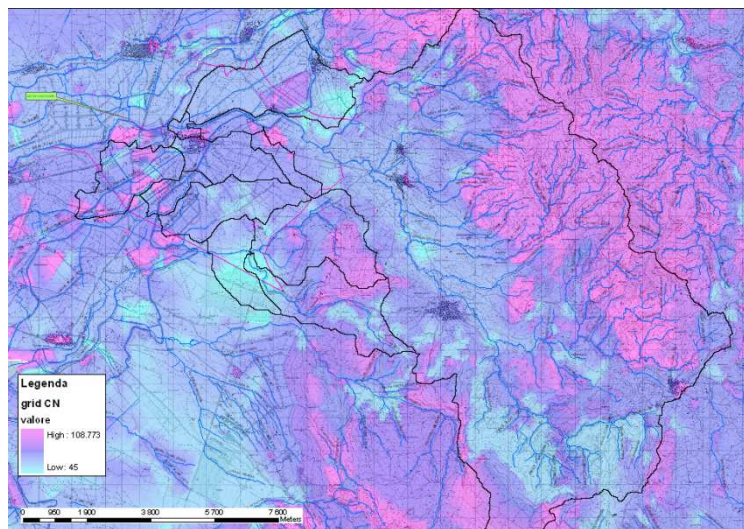


Figura 12 Carta del CN

Per il coefficiente di ragguglio areale si assumono le seguenti espressioni:

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) d^{(-0.40)} \text{ per } A > 20 \text{ km}^2$$

Durata della pioggia critica

Per la valutazione della durata della pioggia critica si è assunto il modello utilizzato nella procedura VAPI Sardegna; si è quindi ammesso che la durata della pioggia corrisponda alla somma del tempo necessario per la formazione del deflusso superficiale e del tempo di corrivazione del bacino:

$$\tau = \tau_c + \tau_f$$

dove



τ_c è il tempo di corrivazione

τ_f è il tempo necessario per la formazione del ruscellamento superficiale

La valutazione del tempo di corrivazione viene fatta attraverso un confronto critico delle seguenti formule empiriche:

Tabella 1 Formule utilizzate per la stima del tempo di corrivazione

Tempo di corrivazione [h]	
Ventura: $t_c(h)=0,1272*(A/i_m)^{0,5}$	Puglisi: $t_c(h)=6*L^{2/3}/(h_{max}-h_{min})^{0,5}$
Pezzoli: $t_c(h)=0,55*L/(i_m)^{0,5}$	Tournon: $t_c(h)=0,369*L/(i)^{0,5}*[(A/L^2)*(i/i_m)]^{0,72}$
Viparelli: $t_c(h)=L/V$	Giandotti: $t_c(h)=(4*A^{0,5}+1,5*L)/(0,8*H_m^{0,5})$
VAPI: $t_c(h)=0.212*a^{0.231}*(hm/J)^{0.289}$	Pasini: $t_c(h)=0,108*(A*L^{1/3})/i_m^{0,5}$

Dove:

A rappresenta la superficie del bacino [km²]

L la lunghezza dell'asta principale [m]

L_m distanza massima percorsa dall'acqua [m]

i la pendenza del versante [%]

i_m la pendenza media dell'asta principale [%]

h_m la quota media del versante [m]

h_{max} e h_{min} le quote, rispettivamente, massima e minima del versante [m].

V rappresenta la velocità di scorrimento, generalmente si è impiegato 1.2 m/s

Alla base della valutazione dei metodi proposti e necessaria una breve rappresentazione delle ipotesi o dei campioni esaminati dagli estensori delle formule proposte per la determinazione del tempo di corrivazione.

Il metodo di calcolo di Viparelli (1961), è sostanzialmente un metodo che parte dalla definizione di un modello sintetico del bacino idrografico; il principio quello di considerare le isocorve coincidenti con le isoipse; conseguentemente ammettere che la distanza percorsa dalla goccia sia sostanzialmente legata alla differenza di quota tra i punti del bacino e la quota della sezione di chiusura. L'ipotesi di base è tanto più vera quanto maggiore è la circolarità del bacino esaminato. Parti di bacino con la medesima quota di spartiacque hanno isocorve differenti, in queste condizioni cade la coincidenza dei tempi di percorrenza, e conseguentemente l'idrogramma di piena reale tende a essere più schiacciato di quello di calcolo. In base a questi presupposti il metodo tende quindi a sovrastimare le portate di calcolo. Un'ultima considerazione è invece legata al comportamento della corrente in relazione al fenomeno di esondazione: si è infatti osservato (VAPI Sardegna) che durante la fase di esondazione, la corrente, tende a rallentare soprattutto nelle sue aree di frangia, conseguentemente il tempo di ascesa dell'idrogramma di piena tende ad essere più lungo del tempo di corrivazione, in queste condizioni la determinazione della pioggia critica andrebbe definita sulla base di un evento meteorico avente una durata maggiore rispetto a quello definito in base ai tempi di corrivazione.

Gli altri metodi proposti nascono invece dall'analisi dei tempi di risposta di una serie di bacini osservati, sulla base delle osservazioni effettuate, viene definita una formula per il calcolo del tempo di risposta dello stesso comparto drenante legandolo ad una serie di parametri morfologici.

Il peso dei vari parametri definiti, è evidentemente variabile tra una formula ed un'altra, in considerazione alle caratteristiche dei tipi di bacini osservati. In linea di principio, la scelta del



metodo da utilizzare in ogni specifica applicazione, dovrebbe definirsi sulla base di una eventuale similitudine dei bacini oggetto di valutazione con il campione esaminato in fase di predisposizione della formula.

Di seguito si consegna una rapida descrizione delle caratteristiche dei campioni di bacini osservati per la determinazione delle formule di calcolo.

- ✓ Metodo di Giandotti: è indicato per bacini collinari con estensione maggiore ai 170 Km²
- ✓ *Metodo di Pasini: il metodo è applicato su bacini di pianura delle dimensioni di qualche chilometro quadrato*
- ✓ Metodo di Ventura: il campo di impiego riguarda principalmente bacini pianeggianti di modeste dimensioni
- ✓ Tournon: il campione osservato, e conseguentemente il campo di applicazione riguarda bacini con estensioni comprese tra 30 e 170 e Km²;
- ✓ Puglisi: è stato determinato dall'esame di bacini dell'apennino dauno con superfici tra i 43 e i 94 Km²
- ✓ Pezzoli: l'analisi ha riguardato un campione di piccoli bacini ricadenti nel territorio del Piemonte
- ✓ Salis-Sechi: il metodo è stato proposto in occasione della pubblicazione del VAPI Sardegna (1991) ha origine dalla necessità di valutare l'attendibilità in campo regionale dell'applicazione delle consuete formule per la determinazione dei tempi di corrivazione. La formulazione proposta nasce dall'esame di 18 stazioni idrometriche e dall'analisi di fenomeni estremi di portata di piena registrati, il campione esaminato riguarda bacini di grandi dimensioni (oltre 100 Km²).

La difficoltà di definire l'eventuale similitudine dei casi specifici con i campioni osservati, porta, ai fini cautelativi, ad assumere di volta in volta valori dei tempi di corrivazione in linea con le valutazioni più basse derivanti dall'applicazione dei vari metodi.

Scelta del tempo di ritorno

I tempi di ritorno adottati sono conformi alle indicazioni del PAI, in particolare sono stati adottati 50, 100, 200, 500 anni.

Nelle tre tabelle che seguono sono sintetizzate le indicazioni morfologiche e pluviometriche, le caratteristiche sul CN, i valori dei tempi di corrivazioni calcolati e le conseguenti portate al colmo per i tre tempi di ritorno.



Tabella 2 Elementi morfologici di bacino e indicazioni idrologiche

	n. ordine	area del bacino	q chiusura	quota massima	quota media	pendenza media del bacino	lunghezza asta principale	pendenza asta principale	v media	sottozona	hg media	Cn II	cn III
		km ²	m	m	m	%	(km)		m/s				
sistema rio sant'elena	1	107.0	8.5	670.1	209	18.6	26.54	0.01	1.2	1	46.43	79.2	90
	2	8.2	7.8	65.6	14.9	1.74	6.458	0.01	1.2	1	45	73.2	86.5
	3	3.3	11.9	43.0	16.7	0.76	3.942	0.01	1.2	1	45	73.2	86.5
	4	118.9	7.8	670.1	191	17	27.16	0.01	1.2	1	46.3	79.2	90
	11	1.2	16	66.5	32.2	3.36	3.226	0.02	1.2	1	45	74.4	87
sistema rio merd'e cani	5	7.4	18.4	242.6	83.1	7.6	6.434	0.03	1.2	1	45	75.15	87.5
	6	6.3	18.2	282.1	127	12.4	7.903	0.03	1.2	1	45	78	89.5
	7	16.7	11.7	282.1	89.4	8.42	9.36	0.03	1.2	1	45	76.8	88.5
compluvi minori	8	4.7	9.5	62.4	20.8	2.14	5.343	0.01	1.2	1	45	75	87.5
	9	4.2	5.3	18.8	12.4	1.83	5.086	0	1.2	1	45	75	87.5
	10	1.3157	9.963	18.84	14.5	1.52	2.896	0	1.2	1	45	74.4	87

Tabella 3 Determinazione dei tempi di corrivazione

	N. ordine	Pasini	Giandotti	Viparelli	Ventura	Pezzoli	Puglisi	Tournon	Salis-Sechi	Valore adottato
Sistema rio sant'elena	1	13	7.2	6.1	11	12	6.1	9	4.8	4.8
	2	5.05	10	1.5	4.5	4.4	5.4	6.9	2.4	1.5
	3	2.92	7.6	0.9	2.7	2.5	4.8	5.9	2.6	0.9
	4	13.7	7.8	6.3	12	13	6.2	10	4.9	4.9
	11	1.35	2.9	0.7	1.1	1.4	3.5	1.6	1.6	0.7
sistema rio merd'e cani	5	2.15	3.2	1.5	1.9	1.9	3.4	3	2.5	1.5
	6	2.18	2.6	1.8	1.7	2.4	3.7	2	2.4	1.7
	7	3.43	4.3	2.2	3.1	3	4.1	4.5	3	2.2
compluvi minori	8	3.19	6.2	1.2	2.8	3	4.9	4.4	2.2	1.2
	9	7.28	7.4	1.2	6.3	6.8	7.4	5.6	1.9	1.2
	10	3.51	5.3	0.7	3	3.3	5.9	3.2	1.6	0.7

Tabella 4 Valore delle altezze di pioggia e delle portate di calcolo

TR 50 anni		hg_med.	h(d,Tr)	pioggia netta		r(A,d)	Pioggia netta raggugiata all'area	Portata al colmo
		mm		hn	c		mm	m ³ /s
	1	46.43	69.14	43.96	0.64	0.89	39.09	244.45
2	45.00	49.54	21.31	0.43	0.93	19.80	30.08	
3	45.00	42.46	16.08	0.38	0.94	15.07	15.26	
4	46.30	69.48	44.26	0.64	0.89	39.22	266.08	
11	45.00	38.41	13.81	0.36	0.95	13.17	5.85	
5	45.00	49.49	22.72	0.46	0.93	21.16	29.10	
6	45.00	51.68	27.68	0.54	0.94	25.99	25.97	
7	45.00	54.77	28.58	0.52	0.92	26.32	56.40	
8	45.00	47.07	20.83	0.44	0.94	19.52	20.50	



	9	45.00	46.45	20.35	0.44	0.94	19.09	19.00	
	10	45.00	36.40	12.43	0.34	0.95	11.81	6.44	
TR 100 anni		hg_med.	h(d,Tr)	pioggia netta		r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata all'area	Portata al colmo	
		mm		hn	c		mm	m3/s	
		1	46.43	78.55	52.56	0.67	0.89	46.75	292.39
		2	45.00	56.44	26.70	0.47	0.93	24.80	37.67
		3	45.00	48.11	20.22	0.42	0.94	18.96	19.20
		4	46.30	78.92	52.90	0.67	0.89	46.90	318.13
		11	45.00	42.93	17.04	0.40	0.95	16.24	7.21
		5	45.00	56.38	28.26	0.50	0.93	26.31	36.19
		6	45.00	58.85	33.83	0.57	0.94	31.76	31.74
		7	45.00	62.34	35.01	0.56	0.92	32.24	69.08
		8	45.00	53.65	26.03	0.49	0.94	24.39	25.62
		9	45.00	52.94	25.46	0.48	0.94	23.89	23.77
		10	45.00	40.38	15.20	0.38	0.95	14.43	7.87
TR 200anni		hg_med.	h(d,Tr)	pioggia netta		r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata all'area	Portata al colmo	
		mm	mm		hn	c	r(A,d)	mm	
		1	46.43	46.43	87.89	61.23	0.70	54.47	340.63
		2	45.00	45.00	63.32	32.29	0.51	29.99	45.56
		3	45.00	45.00	53.68	24.52	0.46	22.99	23.28
		4	46.30	46.30	88.30	61.62	0.70	54.62	370.53
		11	45.00	45.00	47.24	20.26	0.43	19.31	8.58
		5	45.00	45.00	63.26	33.98	0.54	31.65	43.53
		6	45.00	45.00	66.00	40.13	0.61	37.67	37.65
		7	45.00	45.00	69.88	41.58	0.60	38.29	82.06
		8	45.00	45.00	60.21	31.42	0.52	29.45	30.93
		9	45.00	45.00	59.43	30.77	0.52	28.87	28.72
	10	45.00	45.00	44.11	17.91	0.41	17.01	9.27	
TR 500 anni		hg_med.	h(d,Tr)	pioggia netta		r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata all'area	Portata al colmo	
		mm		hn	c	r(A,d)	mm	m3/s	
		1	46.43	100.12	72.75	0.73	0.89	64.71	404.70
		2	45.00	72.40	39.92	0.55	0.93	37.08	56.34
		3	45.00	60.94	30.33	0.50	0.94	28.44	28.80
		4	46.30	100.59	73.19	0.73	0.89	64.88	440.10
		11	45.00	52.66	24.47	0.46	0.95	23.32	10.36
		5	45.00	72.33	41.78	0.58	0.93	38.91	53.51
		6	45.00	75.43	48.61	0.64	0.94	45.64	45.61
		7	45.00	79.80	50.45	0.63	0.92	46.46	99.55
		8	45.00	68.89	38.79	0.56	0.94	36.35	38.19
		9	45.00	68.00	38.03	0.56	0.94	35.68	35.50
	10	45.00	48.68	21.36	0.44	0.95	20.29	11.06	



15. ANALISI IDRAULICA

15.1 Considerazioni generali

L'analisi degli effetti dei deflussi sul territorio, legati ad eventi di particolare rilevanza sul reticolo idrografico interno al territorio comunale, è stata effettuata rilevando il comportamento che le portate veicolate internamente al reticolo idrografico hanno con le aree di pertinenza fluviale.

15.2 Corsi d'acqua principali

Come per l'analisi idrologica, anche in quella idraulica sono state utilizzate opportune schematizzazioni e semplificazioni che mirano a produrre un approccio modellistico del fenomeno che possa tradursi in una procedura di calcolo.

La trasposizione dell'evento meteorico e conseguentemente di piena sul territorio è descritta attraverso la modellazione della propagazione della piena sul reticolo idrografico.

In questa fase sono svariate le semplificazioni che vengono assunte: in primo luogo di carattere modellistico, assumendo valide le ipotesi di base dell'equazione di de Saint Venant, e quindi ritenendo in prima stesura che l'alveo sia un cilindroide, che il moto sia gradualmente variato, che durante l'evento di piena la sezione si mantenga immutata come forma e come caratteristiche di scabrezza, e infine che il fluido trasportato si comporti come un fluido newtoniano.

Il codice di calcolo utilizzato introduce dei parametri correttivi, che in qualche maniera danno ragione alle semplificazioni adottate in fase di calcolo dei livelli idrici durante lo sviluppo longitudinale dell'asta.

Il modello idraulico è stato realizzato utilizzando le informazioni desunte dalla cartografia disponibile (dtm 1 m nelle aree lungo il tirso mentre nella rimanente parte del territorio si è potuto fruire esclusivamente del dtm 10 m) supportata da ulteriori indagini in situ.

La simulazione del deflusso idraulico sul modello generato dalle informazioni cartografiche ha definito un profilo di corrente per ogni portata di calcolo.

L'impronta dell'allagamento è definito dal luogo dei punti che in ogni sezione si trovano al di sotto dell'altezza idrica calcolata.

Inoltre, si è osservato se le aree esondate potessero o meno rientrare in alveo: laddove non risultasse possibile il rientro in alveo si è confermata un'area di esondazione anche laddove la sezione risultasse idonea.

In ultima analisi, si è cercato di dare una giustificazione globale alle aree coinvolte dagli allagamenti valutando sulla base delle informazioni locali il comportamento delle portate di piena in occasione di eventi di rilievo, consentendo indubbiamente di realizzare una calibrazione dei modelli idraulici prodotti.

15.3 Metodologia utilizzata

In ottemperanza a quanto disposto dalle Linee Guida del PAI, l'analisi verrà condotta in condizioni di moto permanente per le portate di piena con tempi di ritorno 50, 100, 200, 500 anni.

Nella valutazione delle aree di esondazione si è operato secondo la metodologia di seguito descritta.

Si è realizzato un modello idraulico del terreno nel quale fossero ben definite le sezioni trasversali (trasetti), l'andamento planimetrico dell'alveo e la presenza di opere di attraversamento; le



caratteristiche di cui sopra definiscono l'andamento planoaltimetrico del rio e conseguentemente le sue caratteristiche geometriche.

In una seconda fase, sulla base della presenza di vegetazione, o sulla base delle caratteristiche del materiale presente in alveo, si è attribuito il coefficiente di scabrezza.

L'analisi in condizioni di moto permanente necessita della definizione della condizione a contorno di monte e della definizione a contorno di valle; premettendo che da un'analisi di sensitività si è osservato che generalmente questo parametro, se scelto con criterio, non produce particolari variazioni dei livelli idrici già dopo alcuni metri, si è ritenuto cautelativo assumere per le due condizioni l'ipotesi di altezza di moto uniforme.

Il modello di calcolo

Il modello idraulico utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, nella sua versione 4.0, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario.

Questa scelta è stata fatta per ragioni di coerenza con il PAI che ha individuato e perimetrato le aree a rischio idraulico utilizzando questo codice di calcolo. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali, la scabrezza che metta in conto le resistenze idrauliche, le condizioni al contorno e le portate.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite ed è in grado di modellare il comportamento di canali naturali e artificiali tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo quali ponti, briglie, paratoie che influenzano le caratteristiche della corrente ecc.

Moto permanente

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione del bilancio energetico,

$$H_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} = H_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} + h_e$$

dove,

H_1 e H_2 = tirante idrico nella sezione S1 di monte e S2 di valle;

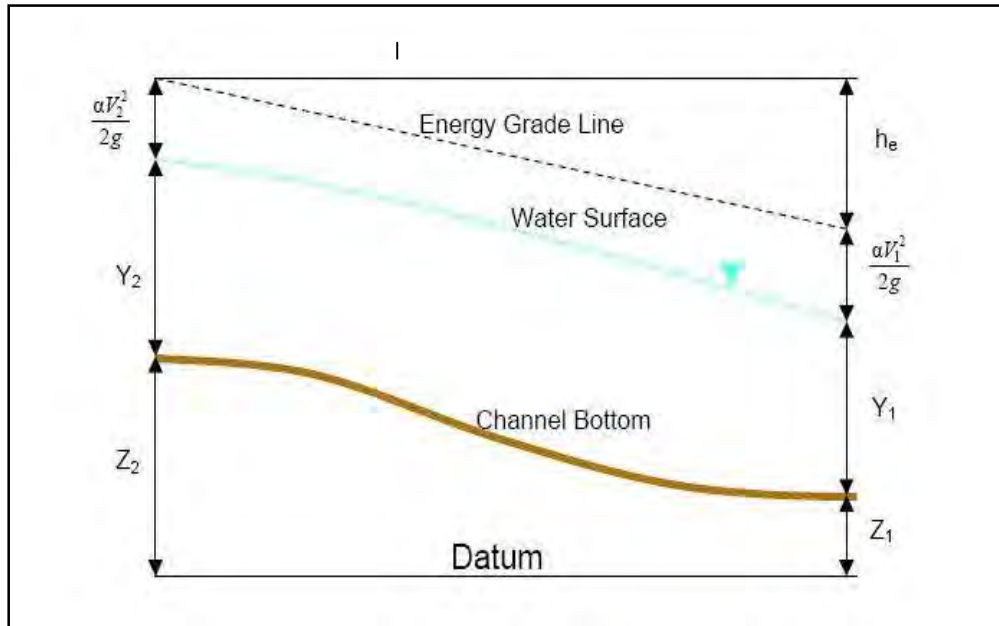
V_1 e V_2 = velocità nelle sezione S1 di monte e S2 di valle;

g = accelerazione gravitazionale;

α_1 e α_2 = coefficienti di ponderazione delle velocità;

h_e = perdita di energia tra le due sezioni.

(1)



Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la seguente relazione:

$$h_e = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

$\overline{S_f}$ è la cadente media tra le due sezioni;

C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione della sezione d'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche



in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

15.4 Risultanze dello studio

In analogia a quanto visto relativamente alle valutazioni idrologiche, anche le valutazioni idrauliche sono state svolte simulando separatamente i comparti che in qualche maniera potevano evidenziare una *indipendenza idrologica e idraulica*.

In particolare si è inoltre osservato che, per alcuni era evidente il bacino idrografico e la zona di naturale scorrimento dell'alveo, in altre situazioni la particolare planarità delle aree e la rilevante manomissione del reticolo naturale hanno indotto atteggiamenti di maggiore cautela con un approccio differente rispetto alla modellazione classica monodimensionale.

Entrando nel dettaglio, sono di cui richiamati gli schemi di valutazione idraulica utilizzati:

15.5 Reticolo Principale - Sistema esteso del Tirso

Il territorio esaminato ricade interamente nel bacino idrografico del Tirso, ricompreso nel sub-bacino 2 del PAI.



Figura 13 Mappa – Il bacino del Tirso

Il bacino idrografico del Tirso corrisponde con la U.I.O. del Tirso descritta nel Piano di Tutela delle Acque e nel Successivo PGDI ed ha un'estensione di circa 3365,78 Km².

Il bacino idrografico è caratterizzato da un'intensa idrografia con sviluppo prevalentemente dentritico dovuto alle varie tipologie rocciose attraversate lungo la parte centrale ed è delimitata a Ovest dal massiccio del Montiferru, a Nord-Ovest dalle Catene del Marghine e del Goceano, a Nord dall'altopiano di Buddusò, a Est dal massiccio del Gennargentu, a Sud dall'altopiano della Giara di Gesturi e dal Monte Arci.

L'altimetria dalle vette del versante settentrionale del Gennargentu (Bruncu Spina 1829 m s.l.m.) fino al livello del mare.

Il fiume Tirso nasce dall'altopiano di Buddusò e sfocia nel Golfo di Oristano dopo un percorso di 159 km circa. L'andamento del suo corso si differenzia notevolmente procedendo dalla sorgente alla foce, anche se è possibile individuare tre tratti connotati nella maniera seguente:

- Il primo tratto, compreso tra le sorgenti e la confluenza col Rio Liscoi, il corso del fiume presenta un percorso tortuoso con notevoli pendenze;
- Il secondo, tra la confluenza con il Rio Liscoi e il lago Omodeo, la pendenza si fa via via più dolce e il corso del fiume assume un andamento regolare;
- L'ultimo, attraverso la piana di Oristano, il corso del fiume presenta pendenze minime ed è caratterizzato dalla presenza di grossi meandri.

I principali affluenti del fiume ricadono tutti nella parte alta e media del corso, e drenano talvolta dei sottobacini particolarmente significativi tra cui possono citarsi:

- Fiume Massari (840 kmq)
- Fiume Taloro (505 kmq)
- Rio Mannu di Benetutti (bacino 193 kmq)
- Rio Liscoi (204 kmq)
- Rio Murtazzolu (267 kmq)

Affluenti di minore importanza sono quelli che drenano i versanti occidentali del monte Arci, caratterizzati da una rete idrografica piuttosto lineare, poco ramificata e quasi perpendicolare alla linea di costa.

Anche sulle pendici meridionali del Monti Ferru sono intestati alcuni affluenti minori, caratterizzati dapprima da aste fluviali ad andamento lineare parallelo alla linea di costa che poi ripiegano bruscamente nella piana quasi ad angolo retto.

Uno degli elementi di maggiore importanza di questa U.I.O. è sicuramente la presenza di numerosi invasi artificiali, tra cui si citano gli invasi del lago Omodeo, di Gusana e del Cucchinadorza.

Tra questi, particolarmente rilevante dal punto di vista della quantità d'acqua invasabile è il lago Omodeo con capacità massime d'invaso di 792 milioni di metri cubi. Questo è diventato con la costruzione della nuova diga (Tirso a Cantoniera) l'invaso artificiale più grande dell'isola.

15.6 Sistema del Rio Sant'Elena

Lo scenario degli allagamenti all'interno del Rio Sant'elena è stato individuato attraverso la modellazione idraulica dei due elementi idrografici, il Rio Sant'elena stesso e il suo affluente in sponda destra individuato sul Geodb come *Canale Collettore di Bonifica Zona 1* (v. Figura 14).

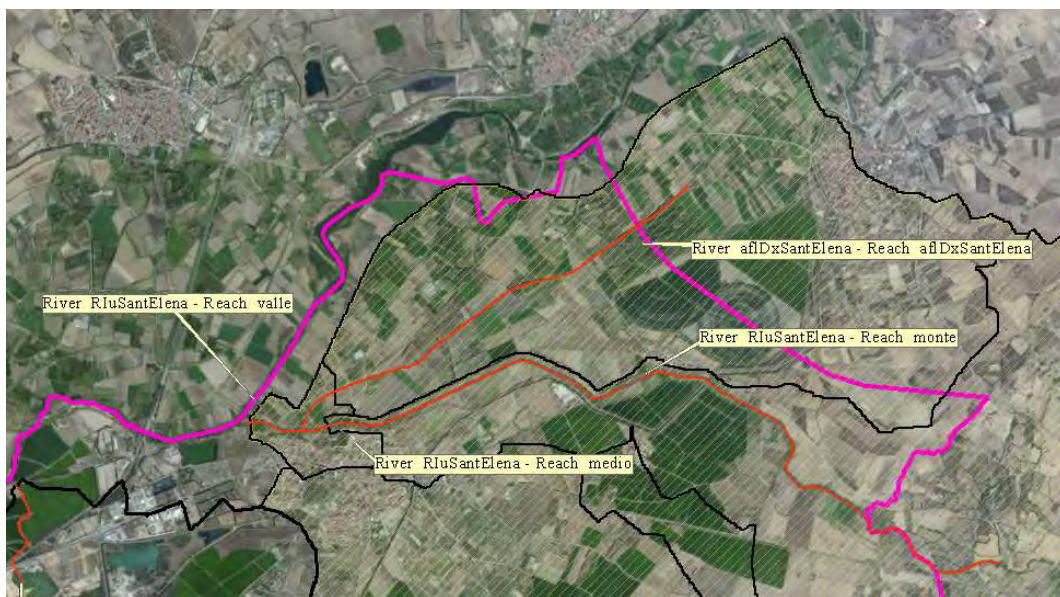


Figura 14 Aste indagate Sistema Rio Sant'Elena

Nella cartografia allegata sono individuate planimetricamente le sezioni idrauliche relativamente alle portate di calcolo del Rio San' Elena:

Tabella 5 Portate di calcolo

	River	Reach	RS	Tr50	Tr100	Tr200	Tr500
1	aflDxSantElena	aflDxSantElena	3022.502	30.08	37.67	45.56	56.34
4	Riu Sant Elena	monte	5752.703	244.45	292.39	340.63	404.7
5	Riu Sant Elena	medio	644.9	244.45	292.39	340.63	404.7
6	Riu Sant Elena	valle	375.936	266.08	318.13	370.53	440.1

Dalla modellazione idraulica dei rii emerge subito una diffusa insufficienza delle sezioni idrauliche; nel dettaglio, si può evidenziare quanto segue:

si osserva un'insufficienza che determina larghezze del fronte di allagamento comprese tra i 350 m e i 400 m; tale fronte tende ad incrementarsi già dopo oltre un chilometro dal limite comunale andando ad interessare alcune aree in località Bau e Carru poco a monte con l'intersezione con il canale adduttore. In corrispondenza dell'area di cui sopra l'area di esondazione si allarga sino a raggiungere una dimensione tra i 550 e i 650m.



Figura 15 Vista 3D delle aree di allagamento Rio Sant'Elena



Figura 16 Intersezione R.S.Elena-Canale adduttore



Figura 17 Origine del Canale partitore alla diga di Santa Vittoria

Superato il sifone del canale partitore, il deflusso è confinato in destra idraulica dalla strada in rilevato, e in sinistra idraulica dal partitore stesso.

Il partitore contribuisce in sinistra idraulica del Rio Sant'Elena per la presenza di un'arginatura che risulta inadeguata per portate superiori alle centenarie.

Il canale stesso diventa inoltre sede di scorrimento per le portate duecentenaria.

Un chilometro a valle del sifone, l'argine si allontana dal partitore e corre in affiancamento al rio Sant'Elena, questo determina un incremento del livello della corrente e conseguente insufficienza dell'argine destro del Rio che a questo punto tende ad interessare anche per le portate minori la sede stradale che precedentemente fungeva da argine.

Siamo oramai prossimi all'abitato, il fiume si avvicina e raggiunge in corrispondenza della via Sant'Elena la massima vicinanza. L'argine risulta adeguato per la portata cinquantenaria mentre per la portata centenaria risulta sormontato andando ad interessare l'ampio spazio davanti all'abitato sino ad infilarsi nella via Amsicora, la pericolosità Hi4 si attesta all'altezza del civico 34 circa, mentre la pericolosità hi2 prosegue sino a risalire al crocevia con la via Brancaleone (Figura 18).

Il ponte in uscita del paese risulta un ostacolo per il deflusso il quale tende ad interessare per la cinquantenaria le aree in destra idraulica, mentre in sinistra idraulica, la portata centenaria supera l'arginatura e continua ad interessare parte dell'abitato superando anche la sin quasi alla via Garibaldi interessata dalla piena duecentenaria.



Figura 18 Pericolosità idraulica in corrispondenza dell'abitato



Figura 19 Argine sinistro Rio Sant'Elena

La via Temo tende a confinare il limite delle aree allagabili, in sponda sinistra, parte dell'edificato è interessato dalle aree di pericolosità idraulica cinquantenaria e centenaria, l'area tende ad estendersi in sinistra idraulica a valle dell'edificato per la presenza di aree a quota inferiore (v. Figura 20). In questa sede l'area di esondazione legata ai deflussi del Rio Sant'Elena ricalca quasi esattamente le aree individuate dalla stesura del PSFF, il livello di consegna del Sant'Elena sul Tirso è dato dai livelli idrici desunti sul tabulato del medesimo riportato sulle monografie e conseguentemente ed evidentemente i livelli di allagamento nel punto di unione tra i due fiumi si attestano sugli stessi valori.

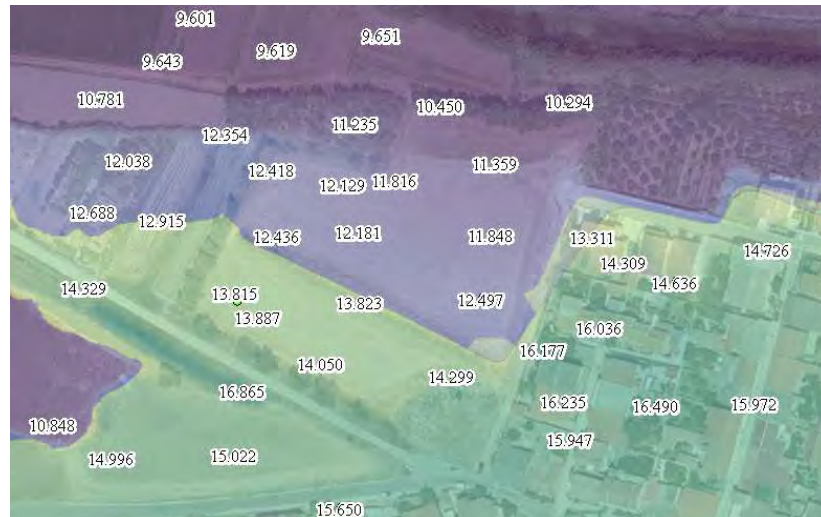


Figura 20 Piano quotato in prossimità dell'abitato

Il compluvio in destra idraulica al Rio Sant'Elena, manifesta invece una diffusa inadeguatezza relativamente alle capacità di trasporto anche per le portate minori; l'area di esondazione si estende quindi in destra idraulica sino a ricongiungersi con le aree di esondazione del tirso, in sinistra idraulica sino alla SS338 che da San Vero Congiuis conduce ad Ollastra Simaxis.

Tutta la piana compresa tra il Tirso e la ss 338 e più a valle il Rio Sant'Elena è stato oggetto di interventi di bonifica, con conseguente regimazione idraulica per le portate ordinarie ma che in occasione di eventi di maggiore rilevanza risulta oggetto di allagamento.

All'altezza di San Vero Congiu si dirama la SP.9 per Zerfaliu, la stessa attraversa la piana mediante un ponte che risulta inadeguato per le portate di calcolo, non risulta sormontato, ma a monte induce una vasta area allagabile che raggiunge un fronte di circa un chilometro



Figura 21 Ricostruzione delle aree allagabili su base ortofoto

La vasta area di pericolosità idraulica a valle della SP 9 si unisce in sinistra con il piano di esondazione del Sant'Elena, in destra idraulica non arriva all'argine sinistro del Tirso.

La sottostante immagine consegna la piana compresa tra il sant'Elena e il Tirso con il suo rilevato arginale sul lato sinistro dell'immagine.



Figura 22 Vista della piana compresa tra il Fiume Tirso e il Rio Sant'Elena

Va notata la l'area di cui sopra è compresa tra l'argine del Tirso e l'argine del Rio Sant'Elena, con unica apertura mediante una chiavica sul canale di bonifica n. 1 evidentemente inadeguata per le portate di calcolo (v. Figura 23).



Figura 23 Unione argine Rio Sant'Elena – Fiume Tirso, in evidenza la chiavica.

15.7 Sistema del Merd'e Gani

Come evidenziato in Figura 24 il sistema interessa il lembo meridionale del territorio comunale, il modello idraulico è stato evidentemente spinto al di fuori dei limiti comunali, i tratti indagati sono stati di 2.2 Km per il Riu Merd'e Gani e di 1600 m per quanto concerne il Riu Ilixi.

Le portate assunte per il calcolo dei livelli idrici sono le seguenti:

	River	Reach	RS	Tr50	Tr100	Tr200	Tr500
1 sez. 6	RiuIlixixi	RiuIlixixi	1501.598	25.97	31.74	37.65	45.61
2 sez. 5	RiuMerdegani	monte	752.7121	29.10	36.19	43.53	53.51
3 sez. 7	RiuMerdegani	valle	1339.731	56.40	69.08	82.06	99.55



Figura 24 Vista planimetrica sistema Merd'e Gani

L'area di esondazione tende ad ampliarsi in corrispondenza del punto di confluenza tra i due anche per la progressiva riduzione dell'acclività delle aree, come per'altro evidenziato nelle considerazioni idrologiche.

La successiva figura evidenzia le aree interessate dalle fasce di esondazione, la larghezza delle stesse si attesta sui 450, con incrementi alla confluenza.



Figura 25 Aree di allagamento

15.8 Sistema minori

All'interno di questa definizione rientrano tutte le aree, che drenano le portate all'interno del territorio comunale e che non ricadono all'interno dei sistemi sopra richiamati.

Sono aree che hanno sovente avuto una trasformazione estremamente incisiva, le cui linee di dreno morfologiche sono state modificate per effetto di processi antropici di rilievo i cui effetti in alcuni casi tendono ad aggravare le condizioni di pericolosità, in altri casi tendono invece a veicolare le portate di scorrimento in aree esterne al territorio comunale.

A questi aspetti vanno inoltre affiancate le vocazioni estrattive e agricole che hanno determinato aree di ristagno difficilmente quantificabili, gli specchi acquei individuabili legati ad attività di cava superano i 200 mila metri quadri, tali da poter ipotizzare un accumulo idrico non trascurabile, tuttavia le valutazioni idrologiche non terranno conto di eventuali effetti di laminazione in quanto gli invasi stessi non sono stati concepiti a tal fine.

Analogamente non saranno valutati gli effetti legati alla diversione delle portate da parte della fitta rete di bonifica delle suddette .

Il particolare, per quanto attiene il bacino evidenziato nella cartografia dalla Sezione 9, e schematizzato in Figura 26 si evidenziano a destra del canale generale una forte presenza di attività di cava, a sinistra l'area è solcata da canale di bonifica pirastu, dal canale di bonifica spinarba e da tutta una rete minore che non può che alterare li deflussi.



Figura 26 compluvio minore

Da evidenziare che i canali principali sono alimentati sempre dalla diga sul Tirso mediante il canale adduttore come tale non veicolano portate di pioggia, non sono quindi oggetto di modellazione.

La successiva figura consegna i diversivi da cui si dirama il canale generale 2 dal canale adduttore.



Figura 27 Diversivo canale generale 2

La valutazione idrologica, come detto non ha tenuto conto di questi aspetti, e la stessa modellazione ha fruito delle portate di calcolo determinate secondo i consueti metodi.

Il modello idraulico ha interessato l'asta principale del bacino, si estende per una lunghezza poco superiore



Figura 28 Asse rio da modello idraulico

Per quanto concerne le aree di cava su di esse, come indicato in premessa, non sono state individuate aree di pericolosità; vige tuttavia la necessità di un piano di gestione e sicurezza da predisporre da parte delle società ce le gestiscono



16.INTERAZIONI DEL TERRITORIO COMUNALE CON GLI EVENTI CALAMITOSI DEL MESE DI NOVEMBRE 2013 (CICLONE CLEOPATRA)

Vista la nota che il Comune di Simaxis ha trasmesso alla Direzione Generale del Distretto Idrografico della Sardegna con prot. n. 5050 del 6.10.2014 e prot. n. 5726 del 6.11.2014 firmate dal responsabile dell'area tecnica del comune, istanza di rimodulazione della perimetrazione delle aree allagate, dichiarando che “ Sia i corsi d'acqua principali (Tirso, S. Elena, Merdegani) che quelli secondari che attraversano il territorio comunale nonostante l'ingente quantità di pioggia non sono stati oggetto di fenomeni di esondazione” e che “gli allagamenti in agro sono stati causati essenzialmente dalla rilevante quantità di pioggia caduta in breve tempo unita alla scarsa capacità di assorbimento dei terreni e alla modesta capacità di deflusso data dall'orografia pressochè pianeggiante delle aree”

Vista la DELIBERAZIONE N.5 DEL 18 DICEMBRE 2014 dell'Autorità di Bacino Regionale , con la quale delibera di revocare , limitatamente al Comune di Simaxis, le decisioni assunte con Deliberazioni, n. 1 del 31.01.2014, n. 1 del 27.02.2014, n. 4 del 7.05.2014, n. 2 del 29.07.2014, in merito alla pericolosità idraulica delle aree indicate nella tavola “Simaxis”, revocando contestualmente per le suddette aree, le misure di salvaguardia di cui agli artt. 4, 8 (commi 8, 9, 10 e 11), 23, 24 e 27 delle N.A. del PAI, a decorrere dalla data di pubblicazione della presente sul BURAS.

Vista la Pubblicazione sul Buras del 08.15.2015 si ritiene non inserire all'interno del presente documento alcuna area di pericolosità desumibile dagli accadimenti legati all'evento calamitoso denominato Cleopatra all'interno del territorio comunale di Simaxis in quanto non registrati.

17.INTERAZIONI CON IL SISTEMA DEI DEFLUSSI ARTIFICIALI

Il territorio comunale , come più volte evidenziato è solcato oltre che dal sistema idrografico naturale da una fitta rete di canali artificiali aventi finalità irrigue, aventi scopi di bonifica e nella maggior parte dei casi con finalità mista.

Nel dettaglio il sistema tenderebbe a veicolare le portate dalla diga di Santa Vittoria durante la stagione irrigua, durante la stagione invernale, invece, gli apporti dalla diga di Santa Vittoria sarebbero sostanzialmente ininfluenti e il canale stesso tenderebbe a riempirsi lungo il suo percorso eventualmente per effetto dei contributi provenienti dalle aree contermini.

Il sistema irriguo funzionerebbe sostanzialmente come una grande rete di bonifica con la finalità di veicolare dalle aree depresse le aree di corrvazione superficiale.

Una nota specifica però è necessaria destinarla al Canale adduttore Tirso –Arborea; il suddetto canale, in gestione Enas, unitamente al Canale adduttore Destro, in Gestione al Consorzio di Bonifica del Tirso rappresentano le vie di transito delle acque trattenute dalla Diga di Santa Vittoria sul Tirso e destinata al sistema irriguo della basse valle del Tirso (v. Figura 29).

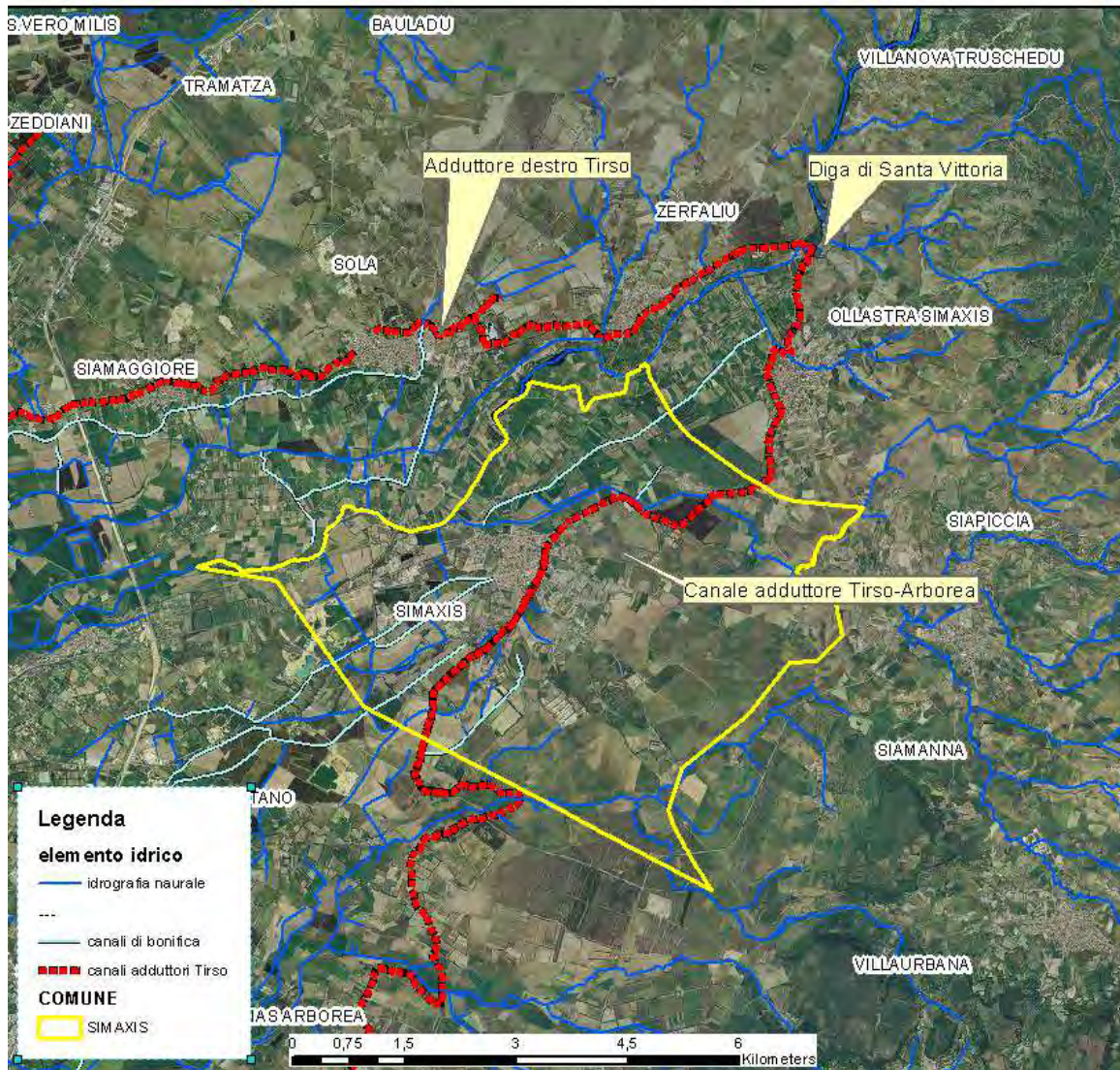


Figura 29 Sistema dei canali adduttori principali del Tisro

In particolare il territorio di Simaxis è attraversato dal Canale Adduttore Tisro Arborea.

Il canale è regolato tramite le manovre di apertura e chiusura delle paratoie in diga, conseguentemente le portate che vi transitano sono attivate da operatori dell'Enas, ente gestore del canale.

Le aree che vengono attraversate dal canale sono sostanzialmente aree pianeggianti spesso interessate da risaie, e in taluni casi anche pensile con le sponde fuori terra.

Il tratto che attraversa Simaxis rientra nel progetto predisposto dal Consorzio di Bonifica dell'Oristanese e riguarda il progetto dell'adduttore sinistro Tisro tra la Progressiva 4324-8633.



Regione Autonoma della Sardegna
Assessorato dei Lavori Pubblici

CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
ORISTANO

ASSESSORATO REGIONALE LAVORI PUBBLICI
INFRASTRUTTURE E RISORSE IDRICHE
INFRASTRUTTURE IDRICHE

Esaminato preliminarmente
Il Tecnico Iscrizione
Geom. Silvio FILLIS

IL RESPONSABILE DEL PROGETTO
ING. ALESSANDRO PANI

MONOGRAFIA
IN DATA **23 FEB 2008**

**TRASSETTO FUNZIONALE DEL CANALE ADDUTTORE
IN SINISTRA TIRSO**

(Ordinanza Commissariale n.427 del 01.09.2005)

PROGETTO ESECUTIVO
CUP = G26D05000110002

Elaborato: PROFILO DI PROGETTO CANALE ADDUTTORE SINISTRA TIRSO - TRATTA Progr. 4 324.35 - 8 633.53	All. A 13
	n° prog. 20
Il progettista Ing. Roberto Sanna	Scale
Il Resp. del procedimento Ing. Oliviero Uras	Data 01.11.2008
	Data app

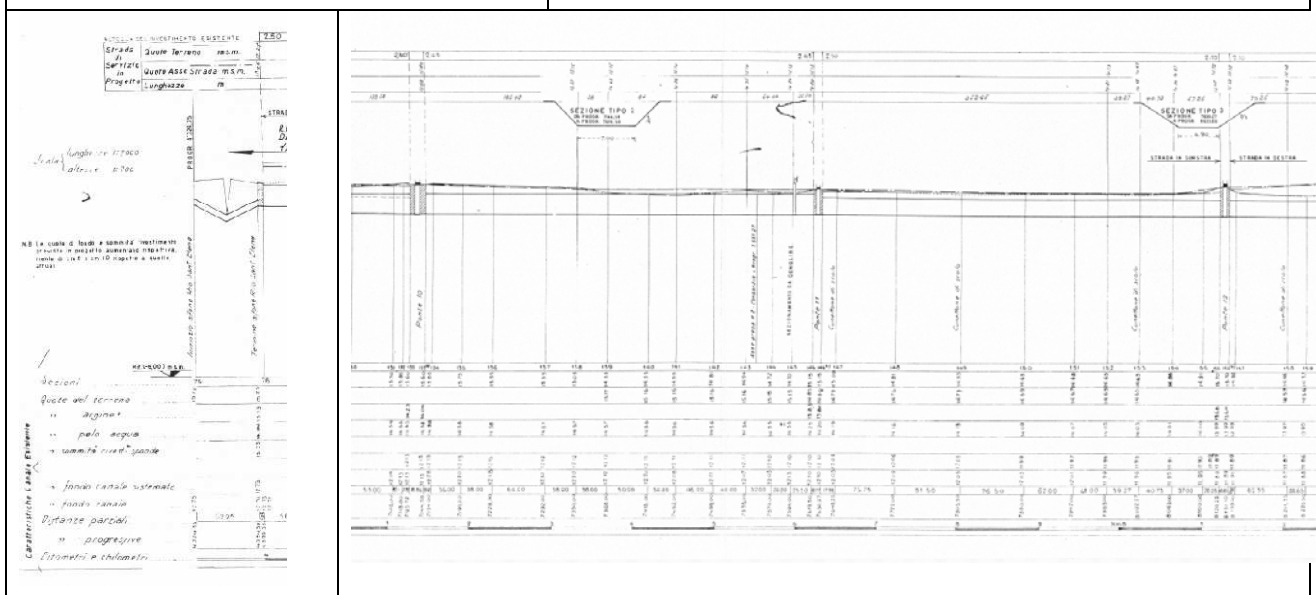


Figura 30 stralci del progetto esecutivo relativo alla realizzazione del canale adduttore nel tratto in esame.

Dal progetto emerge che il canale si estende con una pendenza media poco inferiore a 0,3 %, la sezione è trapezia, rivestita in cls con scarpe 1:1.

Lungo tutto il percorso il canale è protetto da una recinzione metallica di protezione, sono inoltre presenti paratoie a settore verso le diramazioni secondarie che conducono ai settori irrigui.

Come detto in precedenza il settore territoriale è estremamente pianeggiante e tale da non generare un deflusso che possa essere veicolato lungo il percorso del canale adduttore con possibilità di trasferimento del rischio.



Le informazioni acquisite presso gli uffici Enas di Marrubiu hanno evidenziato che all'interno del territorio di Simaxis, non si sono verificate tracimazioni del canale anche in concomitanza agli eventi meteorici più importanti; si osserva inoltre che durante il periodo irriguo, il canale è oggetto di una portata a franco annullato, e anche il franco al di sotto vari attraversamenti è stanzialmente nullo.

Si sono inoltre acquisite informazioni legate alla modalità di gestione de canale; in particolare, si è potuto rilevare che:

- durante la stagione irrigua, il canale è pieno, le paratorio dei canali secondari sono generalmente chiuse al fine fine di garantire il deflusso sino alla bassa valle nel territorio di arborea;
- durante la stagione invernale, i canali secondari hanno l'efflusso sul canale adduttore libero; in questo modo i canali secondari fungono da canali di dreno per le aree vicinali.

All'interno del territorio comunale di Siamaggiore , qualunque sia la portata "accolta" dal canale canale adduttore, la stessa non potrà mai essere maggiore rispetto alla portata massima veicolabile, ovvero maggiore rispetto alla portata rilasciabile dalla diga.

Per la motivazione su esposta, è da escludere che all'interno del territorio di Simaxis, vi possano essere situazioni per le quali il canale stesso capti e successivamente determini condizioni di esondazione.

18. Interazione tra lo studio e lo scenario di stato attuale di PGRA.

Con Deliberazione n. 1 del 11.12.2018 avente ad oggetto *“Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni e D.Lgs. 49/2010 - Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico della Sardegna - Aggiornamento intermedio ai sensi dell'articolo 42 delle NTA del PAI”* veniva approvato ai sensi dell'articolo 42 delle NA del PAI, l'aggiornamento intermedio del PGRA approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 ottobre 2016.

All'interno di tale aggiornamento erano inseriti gli *scenari di intervento strategico e coordinato* di alcune tra le aste fluviali di maggiore importanza Regionale, tra le quali il Fiume Tirso.

All'interno del presente studio sono state individuate aree di pericolosità idrauliche che in alcuni casi mutuano integralmente le aree di cui sopra, in altri casi per effetto del Rio Sant'Elena e per effetto della morfologia del territorio o delle informazioni acquisite localmente si sovrappongono alla aree di PGRA incrementandone magnitudo ed estensione.

La successiva immagine consegna la Tavola TI.08.08.0 relativa alle aree di allagamento dello scenario di stato attuale con tempo di ritorno di 50 anni.

La precisione di scala dello studio regionale non ha potuto valutare alcune condizioni puntuali legate all'orografia del territorio e legate alle interazioni con elementi idrici confluenti.

Il presnete sudoi ha invece potuto acquisire ua serie di informazioni puntuali ch ehanno determinato una parziale differenza dell'impronta di allagamento rispetto alla mappatura di PGRA.

In particolare la tavola

La medesima Figura 31 consegna con un tratteggio rosso alcune porzioni delle aree di frangia dell'allagamento caratterizzate da un tratto sostanzialmente rettilineo anche in assenza di elementi rettilinei di confinamento dei deflussi.

La freccia verde individua invece l'immissione del Rio Sant'elena.

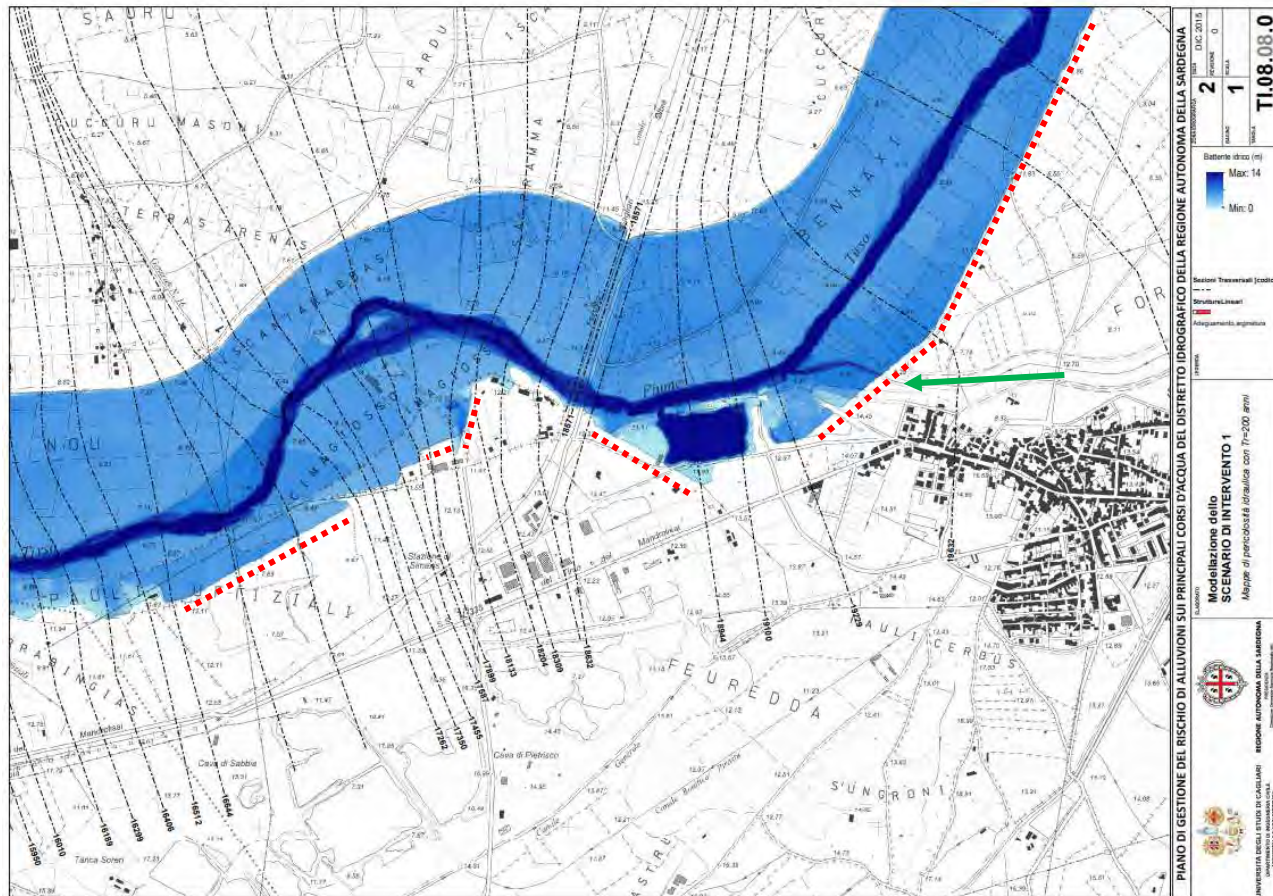


Figura 31 Tavola TI.08.08.0 – Scenario di stato attuale di PGRA

La successiva immagine consegna invece le differenze tra le aree di pericolosità definite all'interno dello studio e le aree di PGRA; le aree di PGRA sono definite con tratteggio magenta, verde, giallo per Tr 50, Tr 100, Tr 200 anni. I quadri denominati con le lettere A, B, C, D definiscono i contesti in cui sono evidenti le differenze tra gli scenari di vincolo.

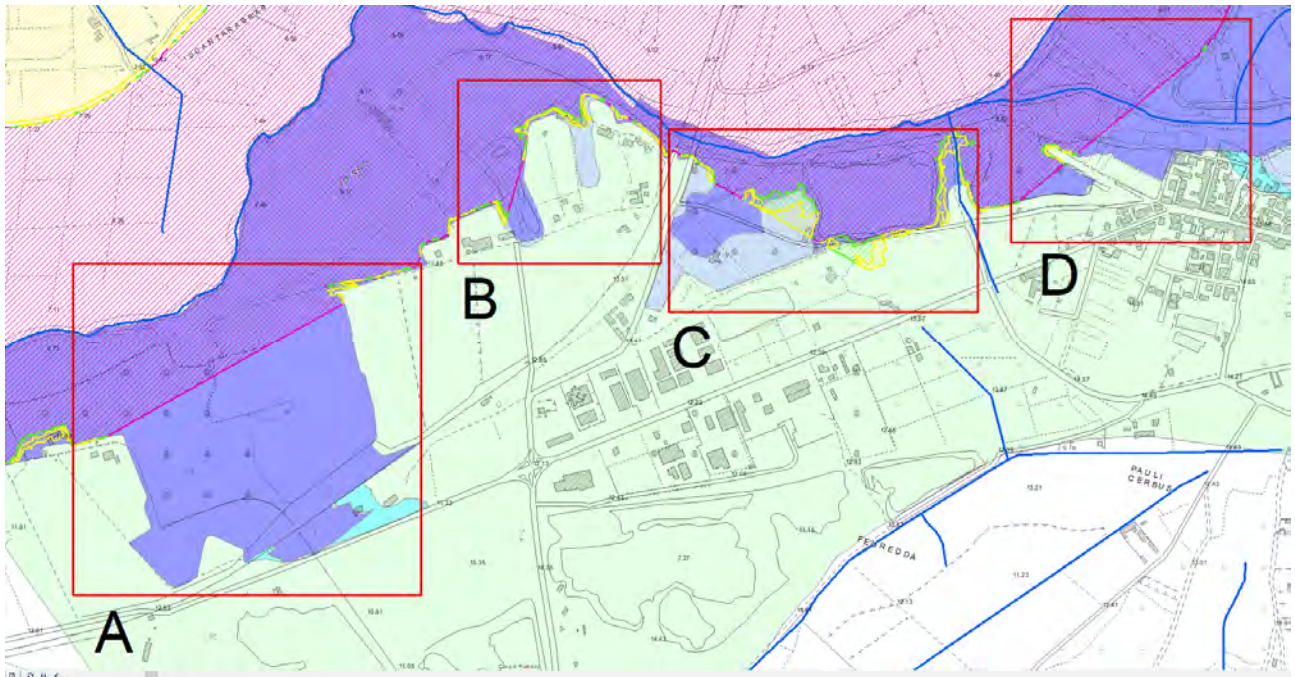


Figura 32 Sovrapposizione aree di PGRA con aree di vincolo del presente studio.

Le successive immagini evidenziano la sovrapposizione delle aree di pericolosità di PGRA con il Dtm 1 la gradazione dei colori, riportata in legenda definisce le variazioni altimetriche, come evidente in alcuni casi il confine dello scenario di allagamento non segue esattamente l'orografia, la mappatura definita nello studio pur poggiando alle aree di PGRA è invece più aderente alle curve di livello.

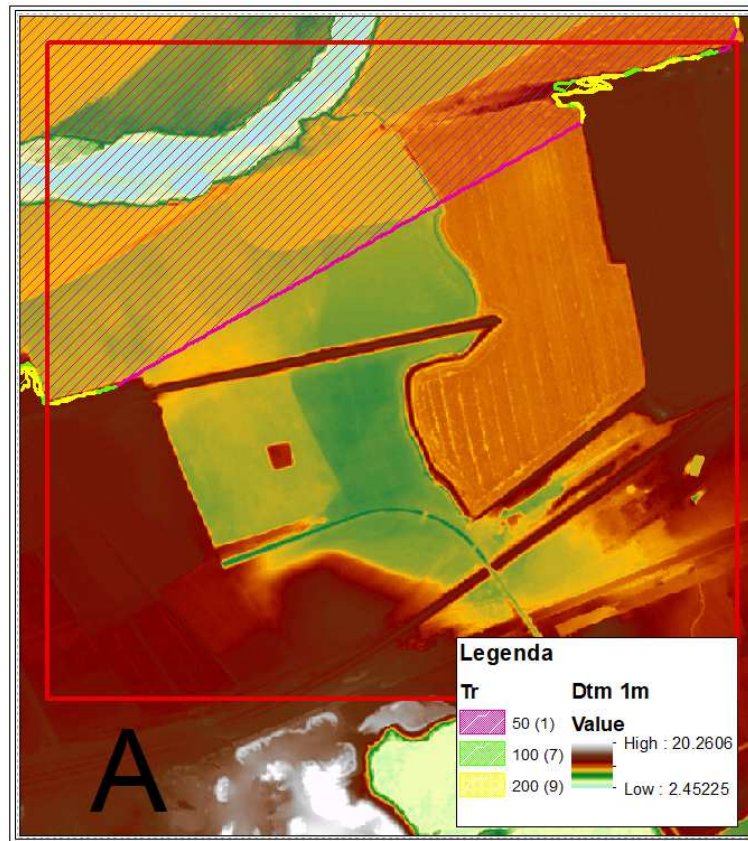


Figura 33 Quadro A

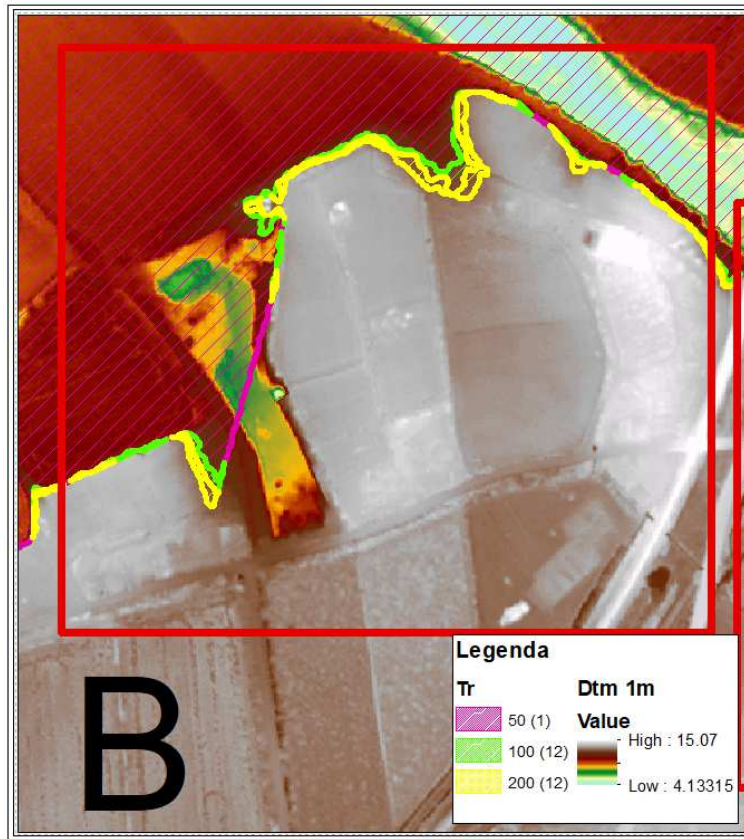


Figura 34 Quadro B

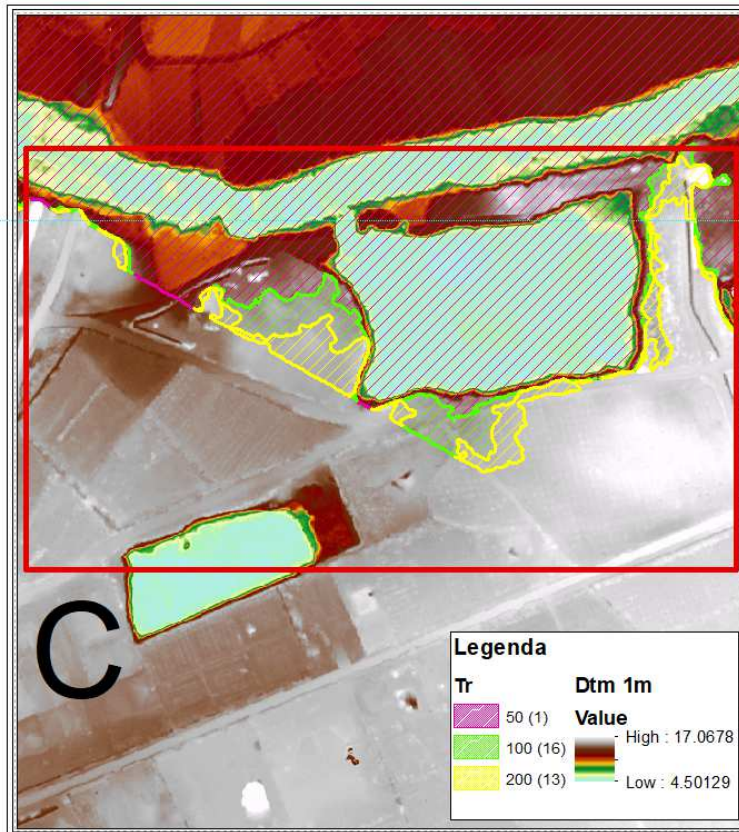


Figura 35 Quadro C

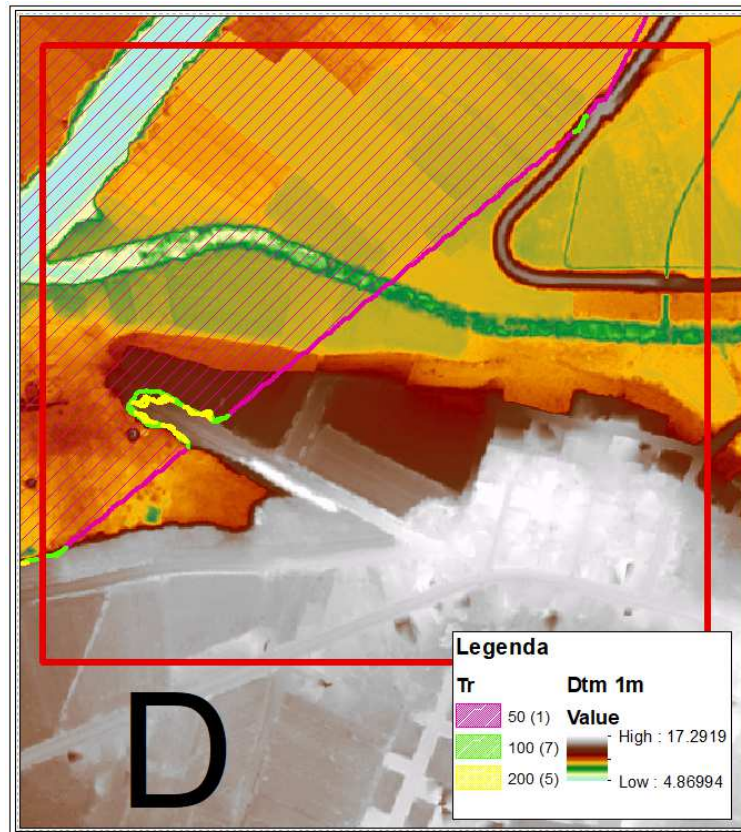


Figura 36 Quadro D

19. Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia

Secondo quanto indicato all'Art. 30 Ter per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L, variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto:



ordine gerarchico (numero di Horton- Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

La cartografia allegata alla presente partendo dal reticolo idrografico gerarchizzato pubblicato dalla Regione Sardegna, recepisce quanto definito al comma 6 dell'art. 30 ter che si riporta di seguito:

L'Autorità di bacino provvede, con sola funzione ricognitiva, a pubblicare sul sito istituzionale la rappresentazione cartografica dell'ordine gerarchico di cui al comma 1, rispetto alla quale i Comuni possono presentare al Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino, motivate proposte, previa deliberazione del Consiglio Comunale, di correzione e/o integrazione del reticolo idrografico e/o di riclassificazione del suddetto ordine gerarchico, in presenza nel reticolo idrografico di documentati errori cartografici, di elementi idrici non significativi quali gli effimeri, di situazioni di carsismo, di canali adduttori e/o di bonifica disconnessi dal sistema idrografico nonché di canali afferenti a sistemi stagnali e lagunari e delle saline.

La seguente figura riporta all'interno dei limiti comunali gli elementi idrici definiti all'interno del GeodbMp, con sovrapposizione con le aree di pericolosità; come indicato gli elementi idrici studiati sono essenzialmente canali di bonifica e come tale non assoggettati all'art. 30 Ter. Per quanto concerne inoltre l'eventuale interconnessione tra il Rio Sant'Elena e Canale Adduttore, (cerchio verde in figura) la figura successiva evidenzia la mancanza di interconnessione tra i due vettori, in quanto il canale di bonifica sottopassa con sifone il Rio Sant'Elena.

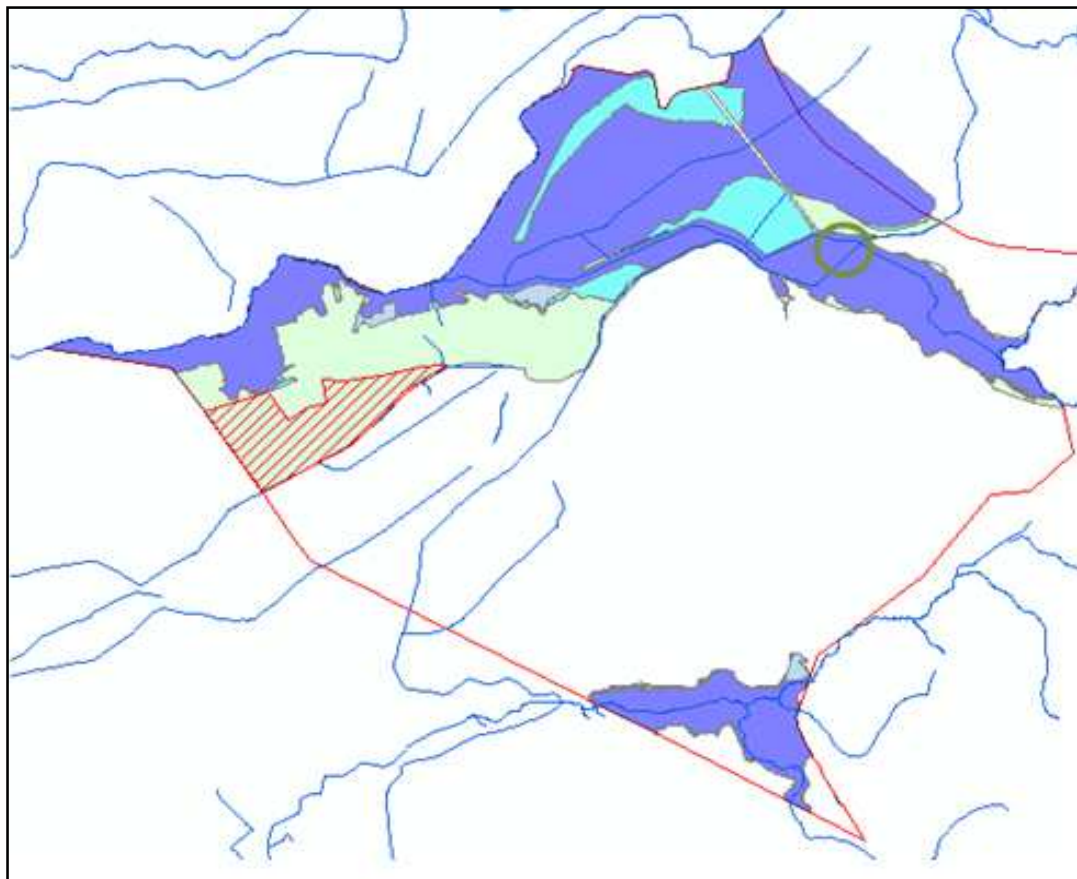


Figura 37 Sovrapposizione GedmMp con aree di pericolosità



Figura 38 Sifone del Canale Adduttore sul Rio Sant'Elena

La seguente immagine consegna invece uno stralcio della cartografia IGM VS, che contribuisce al definizione del reticolo idrografico di riferimento della Regione Sardegna. Anche in questo caso si evidenzia , anche in maniera più compiuta un sistema di bonifica agraria (cerchi viola) a sostegno delle varie Pauli Spinarba, Pauli Predi o compressori di minore importanza per'altro esistenti negli anni del rilievo cartografico (1954-1962), il cerchio verde definisce invece alcuni elementi idrici

effimeri, cartografati nella porzione sommitale del reticolo allorché contenuto tra i deboli rilievi ma inesistenti nella porzione del territorio più vallivo.

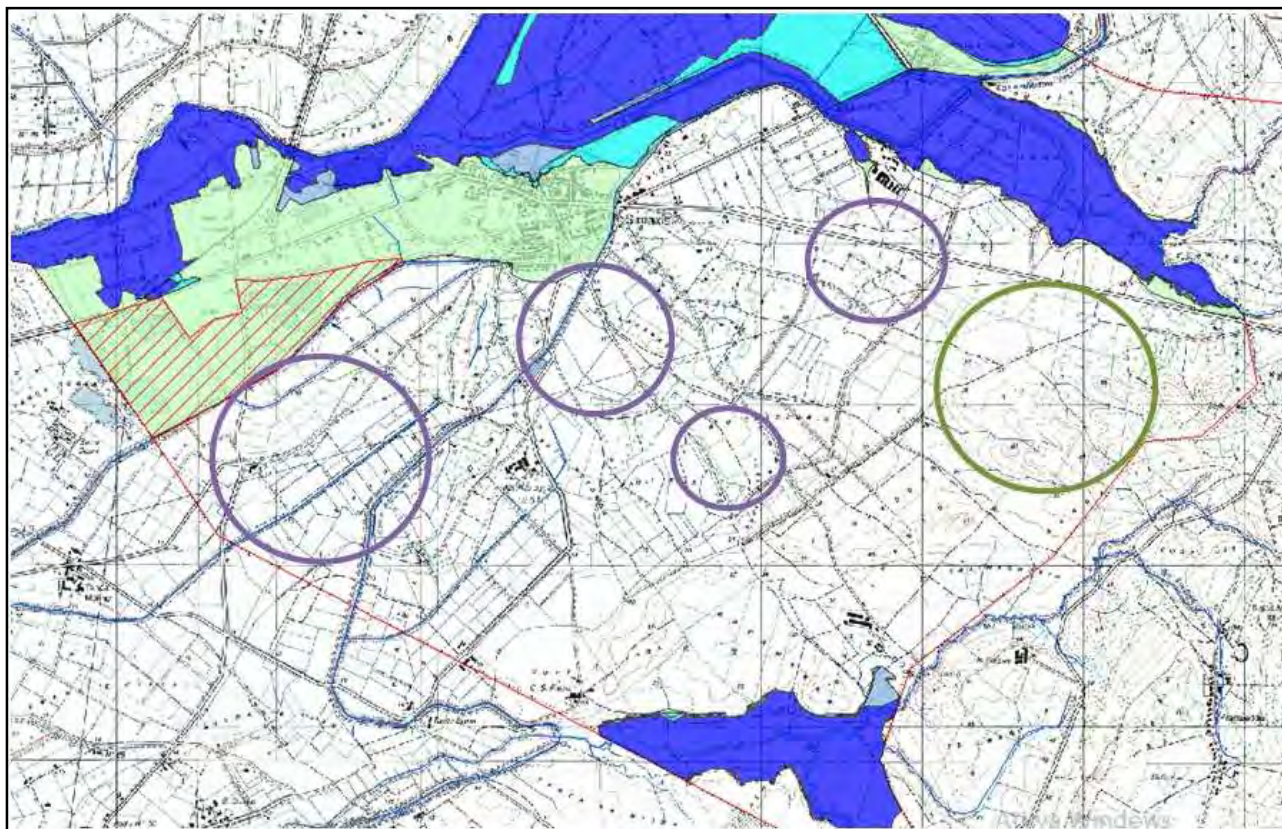


Figura 39 Cartografia IGM VS

Per le motivazioni su esposte, si ritiene che all'interno del territorio comunale siano stati studiati e mappati tutti gli elementi idrici, e che non vi siano elementi idrici da assoggettare al regime vincolistico di cui all'art. 30 ter.

20.CONCLUSIONI

L'esame del territorio comunale ha sostanzialmente evidenziato tre sistemi principali; il Sistema del Rio Sant'Elena, il sistema del Rio Merd'e Gani, e i sistemi minori.

Il primo è in parte riconducibile nelle sue aree allagabili all'area di pertinenza del Tirso, la modellazione idraulica ha mutuato i valori dei livelli idrici calcolati nell'ambito del PSFF unitamente al recepimento delle aree allagabili definite nel PAI e nel PSFF.

Le aree di allagamento si addentrano sin all'interno del paese evidenziato il possibile allagamento per tempi di ritorno di cento anni, mentre l'area vasta a nord dell'abitato e lungo il Tirso evidenzia vaste aree con pericolosità H_{i4} .

Il secondo sistema, distante dall'abitato e al limite con il settore meridionale del territorio comunale, evidenzia ugualmente delle diffuse criticità che vanno ad interessare aree non antropizzate.

L'ultimo settore riguarda invece le aree più occidentali, esterna al bacino del Sant'Elena, sono aree prevalentemente agricole, con diffuse attività di cava nelle prossimità del Tirso.



Risentono di una fitta rete di bonifica che in parte ne alterano il regime idraulico. Si evidenziano anche in questo caso diffuse aree di alta pericolosità a causa della incapacità drenante dei sistemi e dalle forti depressioni esistenti.

In ultima analisi si sono valutati gli effetti legati all'evento alluvionale del 2013 e alle possibili cause di pericolosità idraulica che il Canale adduttore Tirso-Arborea, determina sul territorio comunale:

nel primo caso, le indicazioni acquisite hanno evidenziato che all'interno del territorio comunale non si sono verificate condizioni di allagamento legate allo scenario calamitoso;

per quanto concerne invece l'analisi del comportamento del canale adduttore, si è potuto rilevare che il suddetto canale, non determina condizioni di pericolosità idraulica all'interno del territorio comunale.

Geologo Fausto Alessandro Pani



Ing. Alessandro Salis



Collaboratore:

Geologo Roberta Maria Sanna