COMUNE DI ORISTANO | PROVINCIA DI ORISTANO

PIANO DI LOTTIZZAZIONE "MACAT E PIU'" - ZONA C2ru PROLUNGAMENTO DI VIA F.LLI CAIROLI

COMMITTENTI LOTTIZZANTI:	sig. Mauro Usai	sig.ra Catia Fadda	Ma.Cat. srl

progettista incaricato
e referente per i rapporti
con gli enti locali:

dr. ing. Gianni Porcu

Studio Tecnico Associato
degli ingegneri Porcu-Sechi
Via Brunelleschi, 27
Oristano
tel/fax 0783 71315
postmaster@porcusechi.it

www.porcusechi.it
Sistema di gestione per la Qualità certificato UNI EN ISO 9001

Attività

Timbro/Firma

concept generale e
progetto architettonico

Lissoni Architettura Milano
arch. Piero Lissoni

Via Goito, 9
20121 Milano
tel: +39 02 6571926/942
fax: +39 02 6578918
info@lissoniassociati.it

Attività

Timbro/Firma

consulenti

Geostudi s.n.c.
dr. Geol. Fausto Alessandro Pani

Via Castelli, 2
09022 Cagliari
tel: +39 070 272011
fax: +39 070 272011
fausto.pani@gmail.com

dr. ing. Davide Sechi

Studio Tecnico Associato
degli ingegneri Porcu-Sechi
Via Brunelleschi, 27
Oristano

Attività

Competenza geologica

Competenza idraulica

Timbro/Firma

Visti per approvazione:

PIANO DI LOTTIZZAZIONE "MACAT E PIU'"	Cod. comm. MAC1	File Elab. 2.7 - Studio di compatibilità	Estensore G.P.
	Commessa 10/13	Data 15-05-2015	Aggiornamento Rev. 01 15-05-2015
Oggetto: **STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**		Scala	Elaborato **2.7**
		Formato A4	

COMUNE DI ORISTANO
PROVINCIA DI ORISTANO

PIANO DI LOTTIZZAZIONE MACAT – ZONA C2ru
VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL PIANO
(ART. 8 NTA PAI)

Responsabili dello studio:

Dott. Ing. Davide Sechi

Dott. Geol. Fausto A. Pani

INDICE

1 PREMESSA 3
2 IL PROGETTO 3
3 IL PAI E LE LINEE GUIDA 4
4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 5
5 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO 6
5.1 Inquadramento climatico 7
5.2 Termometria 7
5.3 Eliofania 9
5.4 Precipitazioni 9
5.5 Igrometria 11
5.6 Barometria 11
5.7 Regime Anenometrico 12
5.8 Caratteri evapotraspirativi 13
5.9 Classificazione climatica 13
6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE E STRATIGRAFICO 15
7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 21
8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 24
8.1 Acque superficiali 24
8.2 Acque sotterranee 25
9 GEOLOGIA DELL'AREA RISTRETTA 29
9.1 ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI 29
10 INTERAZIONI CON LA PERICOLOSITÀ E CONDIZIONI DI AMMISSIBILITÀ 30
10.1 PAI E PSFF 30
10.2 LA PERICOLOSITÀ IDRAULICA PER L'AREA INTERESSATA 31
11 CONCLUSIONI 33

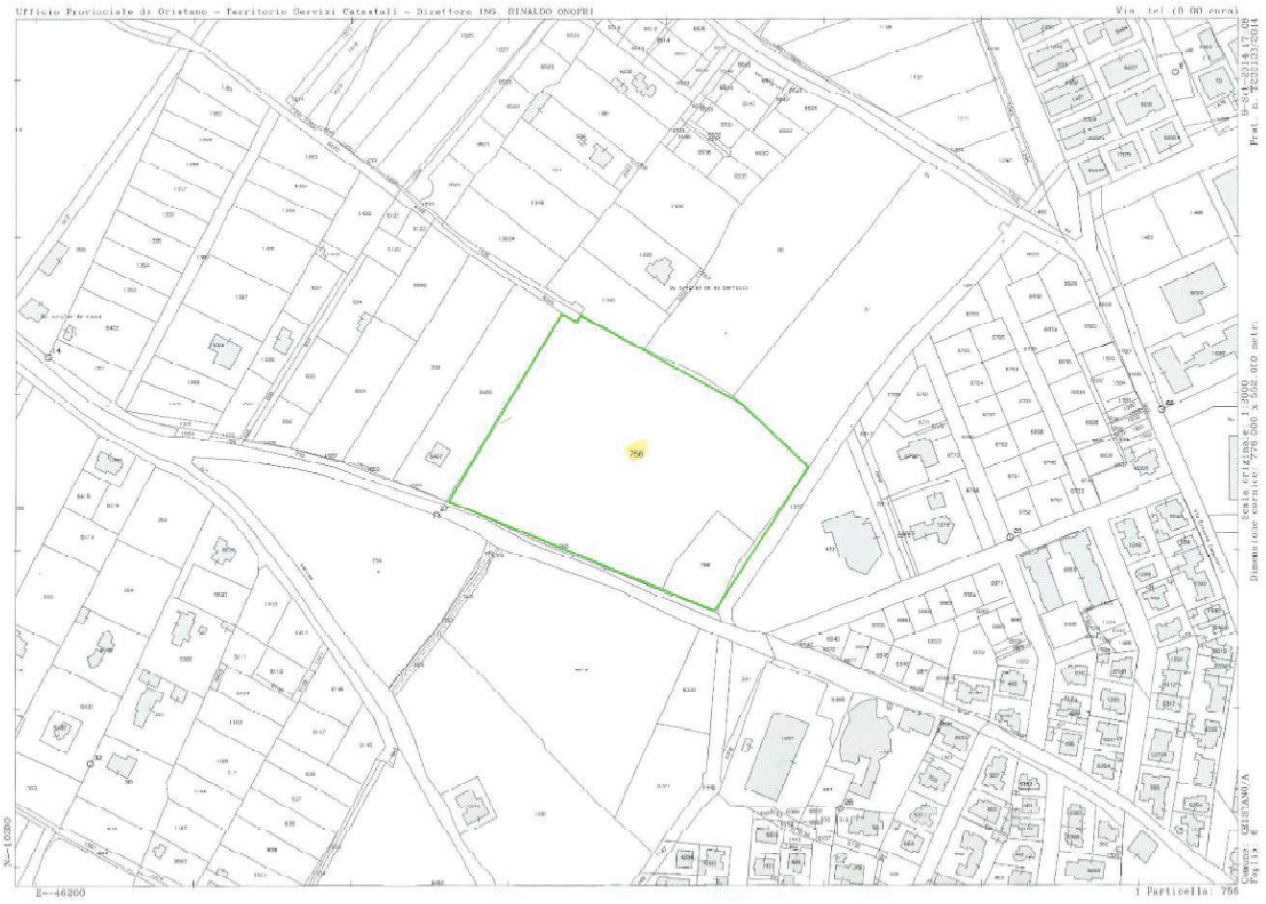
1 PREMESSA

La presente relazione supporta la determinazione della compatibilità idraulica del progetto inerente la lottizzazione residenziale **MACAT** in zona **C2ru** alla periferia occidentale di Oristano.

L'intervento edificatorio ricade in area Hi1 (fascia C) del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali in corso di approvazione ed è valutato rispetto all'Art. 30 delle NTA del PAI vigenti.

2 IL PROGETTO

L'area coinvolta dal progetto è costituita da un settore accorpato, adiacente il prolungamento di via Cairoli, dopo l'intersezione con la Via Manconi Passino.



Area di intervento sulla cartografia catastale

3 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° 54/33 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n° 3 del 21.02.2005, è stato pubblicato sul BURAS n° 8 del 11.03.2005.

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 Locai della Regione Autonoma della Sardegna.

Successivamente alla pubblicazione, le NTA del PAI sono state emendate varie volte.

Il presente lavoro è coerente con le Norme di Attuazione P.A.I. coordinate con le modifiche apportate con i Decreti del Presidente della Regione n.148 del 26 ottobre 2012 e n.130 del 17 ottobre 2013.

Più precisamente:

"ARTICOLO 30 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1)

1. *Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi."*

Stanti le NTA del vigente PUC di Oristano, ne discende che, anche rispetto alle eventuali fasce di tutela dei corpi idrici superficiali, gli interventi previsti risultino compatibili con le NTA del PAI vigente.

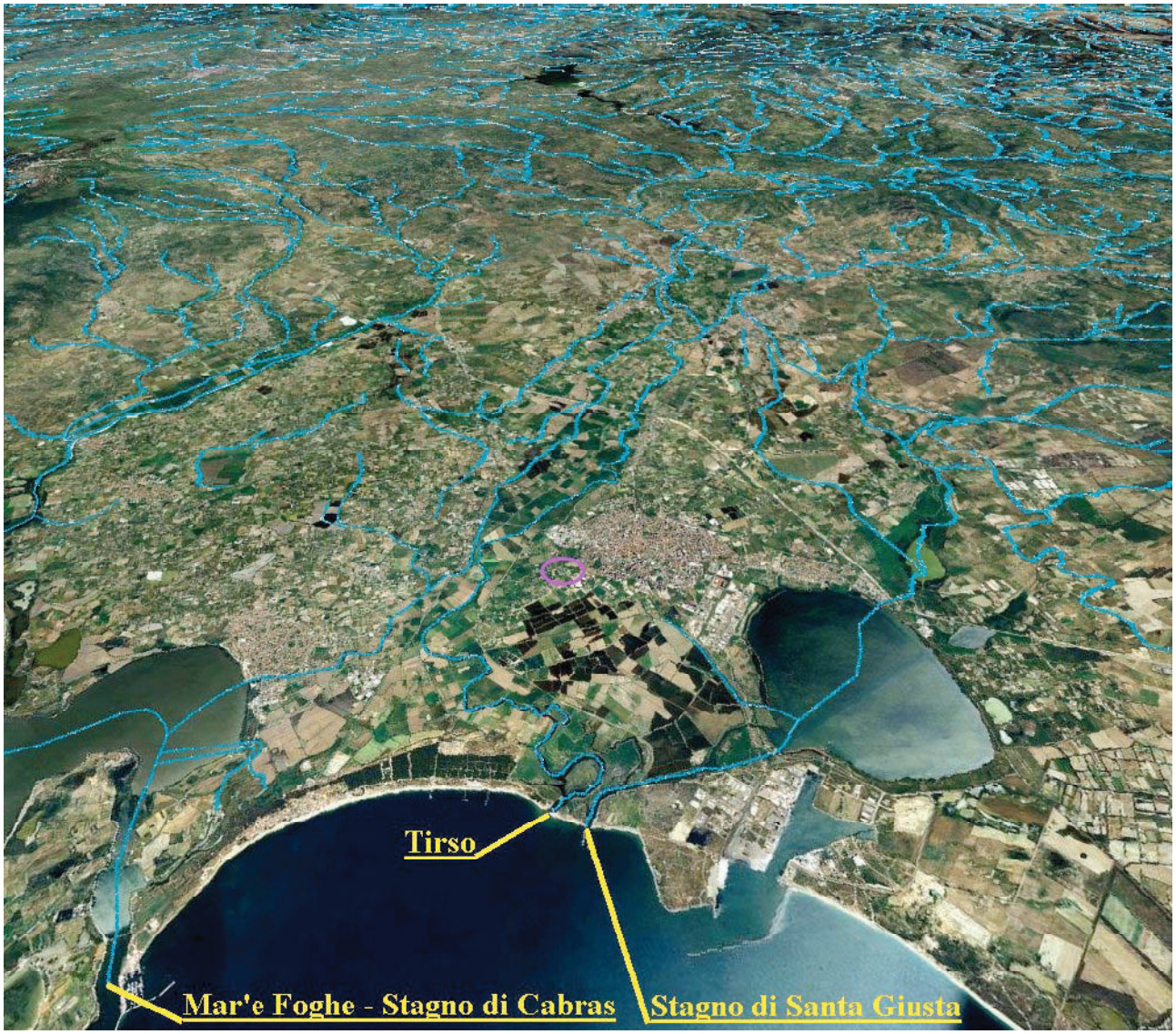
4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito ricade nella Sardegna centro-occidentale, nel settore centrale del Campidano di Oristano.

Il bacino idrografico sotteso dal sistema costiero è suddiviso tra il bacino del Tirso e quello dei minori adiacenti.

Il settore di studio ricade all'interno del Bacino idrografico del Tirso, attraverso il sistema drenante di Pesaria, quindi del Canale di San Giovanni e lo Stagno di Santa Giusta.

La morfologia naturale e l'idrografia del settore sono stati profondamente modificati nel tempo da una serie di opere di bonifica e di sistemazione idraulica e fondiaria e sono attualmente gestiti attraverso sollevamenti artificiali che scaricano nel Canale di San Giovanni e quindi nello Stagno di Santa Giusta.



Mappa - Il reticolo idrografico visto dalla foce e la zona di intervento in viola

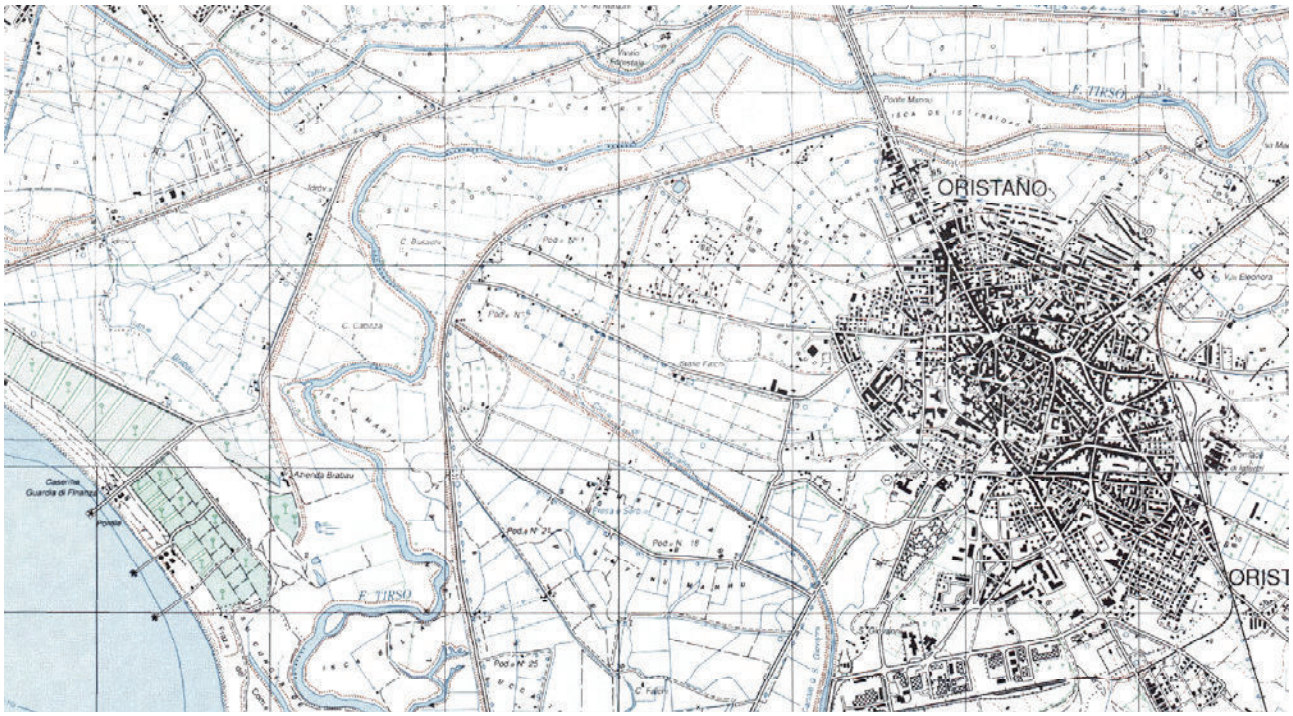
L'area è posta ad una quota compresa tra i 5.9 ed i 6.5 m s.l.m.m..

Il settore è pianeggiante con dislivelli ridotti e pendenze prossime a 0.2% ed è posto nella piana alluvionale del Tirso.

5 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il settore di Oristano oggetto di analisi è compreso nel F° 528 sez I - Oristano nord - e nel F°528 sez. II - Oristano sud- della Carta Topografica d'Italia dell'IGMI a scala 1:25.000.

L'area è ricompresa nelle Sezione 528080 "Oristano" della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000.



Mappa – Stralcio dalla cartografia IGMI comprendente l'area in oggetto


Via Repubblica
SP81
SP84
Via Tharros
Via Figoi
Via Lombardia
Via Sardegna
Via Giovanni Verga
Via Lepanto
Via Cagliari
Via Torino
Via Roma
Via Dante
Via Mazzini
Via Garibaldi
Via Colombo
Via Vittorio Veneto
Via Cavour
Via Manzoni
Via Leonardo da Vinci
Via Fratelli Cervi
Via Trieste
Via Nazionale
Via Asproni
Via Lamarmora
Via Satta
Via Parini
Via Pascoli
Via Carducci
Via Foscolo
Via Alfieri
Via Leopardi
Via Petrarca
Via Boccaccio
Via Machiavelli
Via Ariosto
Via Tasso
Via Ugo Foscolo
Via Giuseppe Mazzini
Via Giuseppe Garibaldi
Via Vittorio Emanuele
Via Cesare Battisti
Via Giuseppe Verdi
Via Giacomo Matteotti
Via Giuseppe Parini
Via Alessandro Manzoni
Via Ludovico Ariosto
Via Torquato

INQUADRAMENTO CLIMATICO

5.1 Inquadramento climatico

L'area in esame ricade nella Sardegna centro-occidentale e mostra caratteristiche topografiche, pluviometriche e termometriche riferibili alla macro-area costiera del golfo di Oristano, con caratteri orografici tipici della pianura costiera, con altitudine compresa tra 6,00 ed i 2,00 m slm ed il livello del mare.

L'area pertanto non presenta variabilità orografiche che possano determinare variazioni sul tipo di clima che caratterizza la piana costiera.

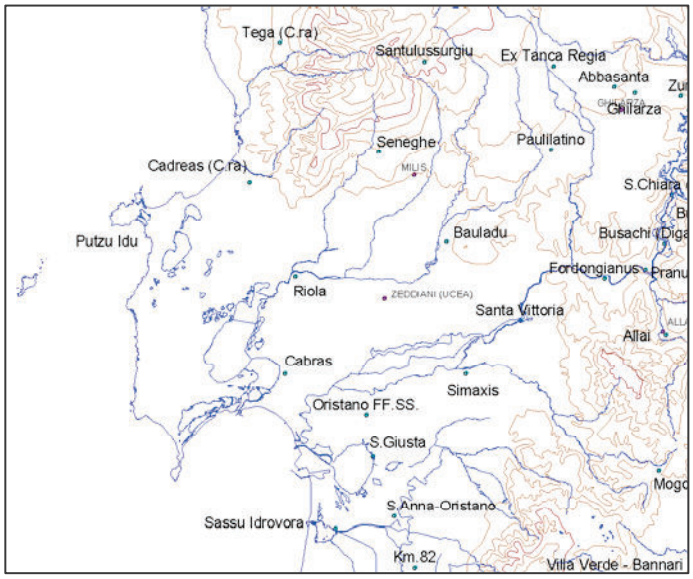
Per delineare i caratteri climatici dell'area vasta intorno all'area del pozzo sono stati analizzati i regimi dei principali parametri meteoclimatici, attraverso l'elaborazione e l'analisi e delle serie storiche dei parametri meteorologici principali rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno.

I dati utilizzati provengono dalla sezione del Genio Civile di Cagliari dell'Assessorato Regionale ai Lavori Pubblici, dagli Uffici Regionali dell'ENEL, dall'EAF, dalla Marina Militare e dall'Atlante della Sardegna (Pracchi et alii).

I diversi regimi meteoclimatici sono stati definiti elaborando ed analizzando le osservazioni giornaliere, rilevate dal 1922 al 1992 nelle stazioni meteorologiche di Cabras, Riola, Capo Frasca, Oristano (1922-2002), Santa Giusta e Santa Lucia. Di queste stazioni solo quella e di Santa Lucia (8 m slm) registra regolarmente, oltre alla pluviometria e le temperature l'umidità dell'aria e l'eliofania. Per il regime anemometrico oltre ai dati provenienti dalla stazione di Oristano (SI), sono stati considerati anche quelli di Capo Frasca (Marina Militare) e del Cirras (Enel).

codS	ENTE	nome	quota m s.l.m.	Coord. G.B. EST m	Coord. G.B. NORD m
98	AER	Capo Frasca (Aer)	92	1453250	4402300
99	SI	Arborea	7	1464120	4402760
100	SI	Marrubiu (C.ra)	32	1471000	4402420
101	SI	Km.82	32	1469700	4405650
102	SI	S.Anna-Oristano	12	1468140	4409400
103	SI	S.Giusta	10	1466560	4413930
104	SI	Sassu Idrovora	5	1463750	4408500
105	SI	Oristano FF.SS.	12	1466090	4417020
165	SI	Ex Tanca Regia	332	1480100	4443300
166	SI	Abbasanta	317	1484600	4441710
167	SI	Paulilatino	280	1479880	4437020
168	SI	Fordongianus	32	1483900	4427300
169	SI	Mogorella	299	1487930	4412870
170	SI	Santa Vittoria	22	1477600	4424100
171	SI	Simaxis	17	1473530	4420110
172	SI	Riola	9	1460780	4427470
173	SI	Cabras	9	1460000	4420100
174	SI	Santulussurgiu	557	1470430	4443630
175	SI	Seneghe	300	1467010	4436810
176	SI	Bauladu	29	1472060	4430010
177	SI	Cadreas (C.ra)	74	1457350	4434450
408	SI	Putzu Idu	4	1449500	4430850
3	SAR	ARBOREA	2	1466889	4402818
4	SAR	MILIS	125	1469754	4435241
6	SAR	GHILARZA	293	1485233	4440190
11	SAR	ZEDDIANI (UCEA)	14	1467534	4425939
14	SAR	SCANO MONTIFERRO	405	1466211	4453417

Stazioni presenti nell'area circostante il settore di Oristano



Mappa – La rete delle stazioni di misura utilizzate

5.2 Termometria

L'analisi dei dati rilevati nelle stazioni termometriche disponibili indicano che nel settore interessato dal progetto la temperatura media annua è di 16,3°C. Le escursioni termiche annue

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	Capu Frascu (Aer)	92	16.6	16.0	17.4
99	SI	Arborea	7	14.7	14.1	15.7
100	SI	Marrubiu (C.ra)	32	16.1	15.1	16.1
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 Idiovura	5	16.8	15.9	19.6
105	SI	Oristano FF.SS.	12	16.0	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	16.5
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	17.5
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	Boulacu	29	16.2	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

Temperature tipiche delle stazioni circostanti l'area di Oristano

variano tra i 14,2°C di Santa Giusta ed i 13,3°C di Capo Frasca, mentre le escursioni termiche giornaliere sono comprese tra i 6,1°C ed i 12°C.

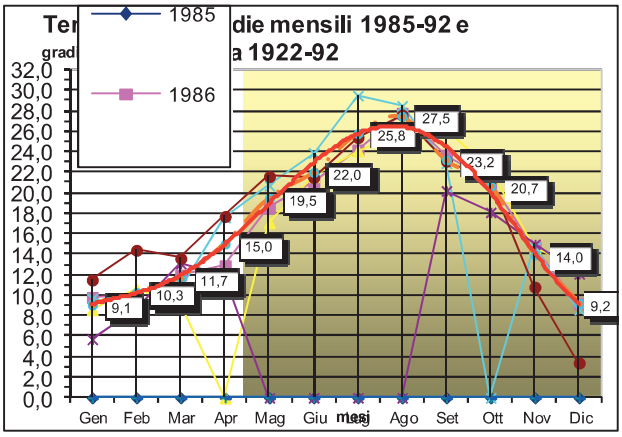
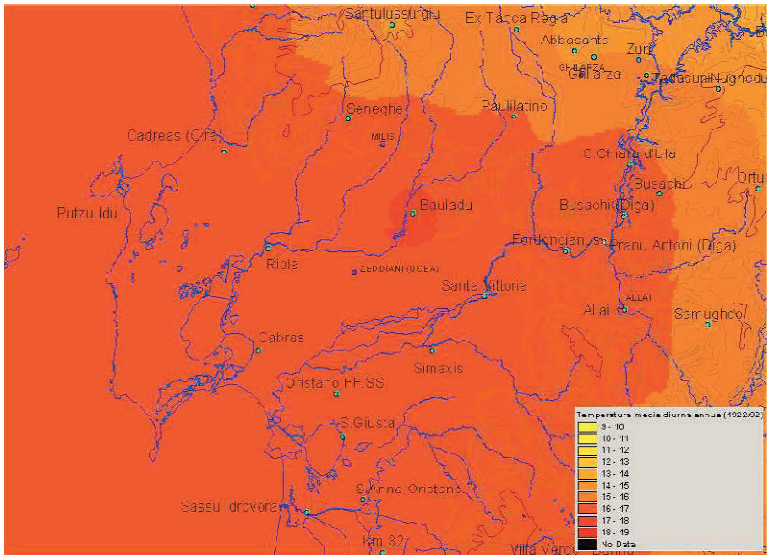


Grafico andamento della temperatura media diurna nell'arco dell'anno per la stazione di Oristano

Il mese più freddo è generalmente gennaio con temperatura media di 9,6°C, anche se temperature assolute più fredde si possono registrare anche nei mesi di dicembre e febbraio. Solo raramente si riscontrano temperature sotto zero gradi.



Temperatura media diurna su base annua dell'area oristanese

I mesi più caldi sono luglio e agosto, con valori medi di temperatura massima intorno ai 30°C. In questi mesi le temperature massime assolute possono raggiungere i 37-38°C e superare anche i 40°C. Anche nei mesi di settembre e giugno si possono registrare temperature abbastanza alte con valori massimi generalmente intorno ai 35°C e meno frequentemente con valori massimi intorno ai 36-37°C. L'autunno è generalmente più caldo della primavera, per l'influsso del mare così come i minimi ed i massimi termici sono in parte attenuati per l'influenza termoregolatrice delle masse d'aria di provenienza marittima.

Per la stazione di Riola (9 m slm) sono disponibili rilevazioni per circa 49 anni ed il valore medio delle precipitazioni è di 642.0 mm/anno. La piovosità massima mai registrata sulle 24 ore è di 97 mm, mentre quella probabile a 500 anni è di 139.77 mm. In questa stazione il mese più piovoso, con valori medi di 152,2 mm/m, è dicembre, quello più asciutto è luglio con 3,1 mm/m.

Nella stazione di Cabras (9 m slm), per la quale si hanno solo 21 anni di osservazioni, il valore medio annuo delle precipitazioni è di 629,2 mm/a. Il mese più piovoso è dicembre, con valori medi di 95,6 mm/m, mentre quello pù secco è luglio con valori medi di 2,3 mm/m. In questa stazione il massimo pluviometrico in 24 ore di 79,4 mm/g si registrò nel 1933.

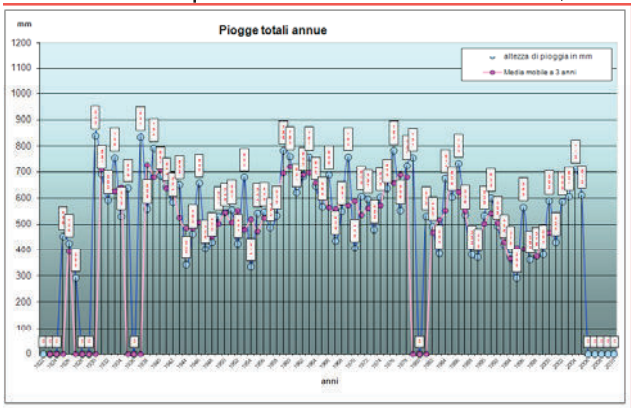


Grafico – Piovosità media-annua – S. Oristano

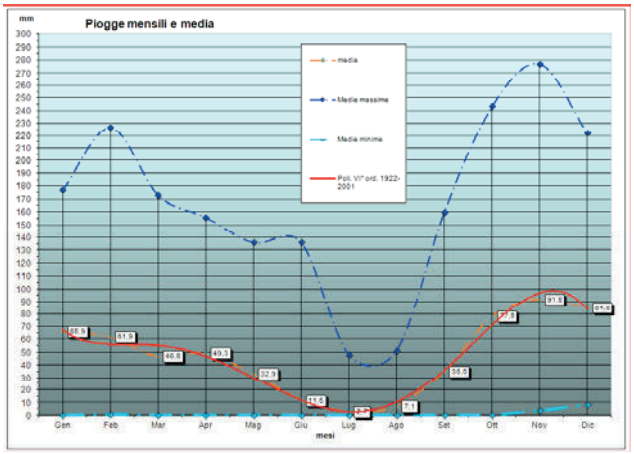


Grafico – Piogge mensili e media – S. Oristano

		Piovosità annua 1922-2002				Piovosità massima assoluta				
Nome	Quota m slm	media	massima	minima	Anni di Oss.	Reale sulle 24 h 1922-80	24 h a 50 anni	24 h a 100 anni	24 h a 200 anni	24 h a 500 anni
Capo Frasca	92	556,70	721,20	388,60						
Arborea	7	669,26	1022,50	419,00	40	112,00	98,08	110,63	123,31	140,14
S. Anna	12	570,48	845,70	283,90	50	68,40	80,75	91,08	101,52	115,38
S.Giusta	10	569,84	847,20	307,30	58	72,50	81,45	91,88	102,41	116,39
Sassu Idrovora	5	612,14	867,60	366,20	30	129,00	93,77	105,77	117,89	133,99
Oristano FF SS	12	563,45	841,60	291,60	46	74,00	87,96	99,21	110,58	125,68
Simaxis	17	620,28	1156,00	325,20	57	104,00	84,67	95,50	106,45	120,92
Riola	9	642,03	1071,00	336,00	49	97,00	97,82	110,34	122,98	139,77
Cabras	9	629,23	968,70	406,90	20	79,40	92,37	104,19	116,13	131,98

Caratteristiche delle precipitazioni misurate e analisi della pioggia probabile nelle 24 h con differenti tempi di ritorno

A Santa Lucia si registrano valori medi annui di precipitazioni di 574,7 mm/a, il mese più piovoso con 134,8 mm/m è dicembre, quello più asciutto, con 4,6 mm/m, è luglio.

Per la stazione di Santa Giusta (10 m slm) le precipitazioni medie annue sono di 580,9 mm/a. Il mese più piovoso è dicembre con valori medi di 95,2 mm/m, mentre quello più asciutto è luglio con 3,1 mm/m. Le massime precipitazioni in 24 ore, pari a 72,5 mm/g, si verificarono nel settembre del 1949.

Per Oristano (12 m slm) il valore delle precipitazioni medie annue è di 581,8 mm/a. Per questa stazione il mese più piovoso risulta quello di dicembre con media mensile di 93,6 mm/m, mentre quello più secco risulta luglio con 2,0 mm/m di precipitazioni. Il massimo pluviometrico nelle 24 ore, pari a 74,0 mm di pioggia in un giorno, è stato registrato nell'ottobre giugno del 1959.

Nella figura è riportato il grafico dell'andamento delle precipitazioni medie annue. Nella tabella sono riportate le caratteristiche delle precipitazioni misurate per le stazioni ricadenti nell'area vasta e l'analisi della pioggia probabile nelle 24 h con differenti tempi di ritorno.

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

Le precipitazioni nevose sono rare.

Per tutte le stazioni considerate le precipitazioni sono generalmente concentrate nel periodo autunno-invernale ed il maggior quantitativo di pioggia cade nel mese di dicembre. Il periodo estivo è caratterizzato per tutte le stazioni da una accentuata aridità, con anni nei quali il periodo secco si prolunga anche per 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.

La media annua di giorni piovosi varia tra 61 ed 70 gg.

Il regime pluviometrico risulta estremamente irregolare con forti variazioni tra anno ed anno. All'andamento tipico mediterraneo ogni tanto si alterna quello mediterraneo di transizione caratterizzato da due periodi piovosi, uno in inverno ed l'altro in primavera. Nell'arco di tempo coperto da osservazioni si notano alcune serie di anni particolarmente siccitosi, così come non sono infrequenti eventi pluviometrici di portata straordinaria.

Si può notare che il fattore che influenza principalmente il regime pluviometrico è costituito dall'esposizione dell'area.

5.5 Igrometria

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 nella stazione di Oristano sono dell'ordine dell'84% in gennaio, dell'82% in aprile, del 77% in luglio e dell'80% in ottobre.

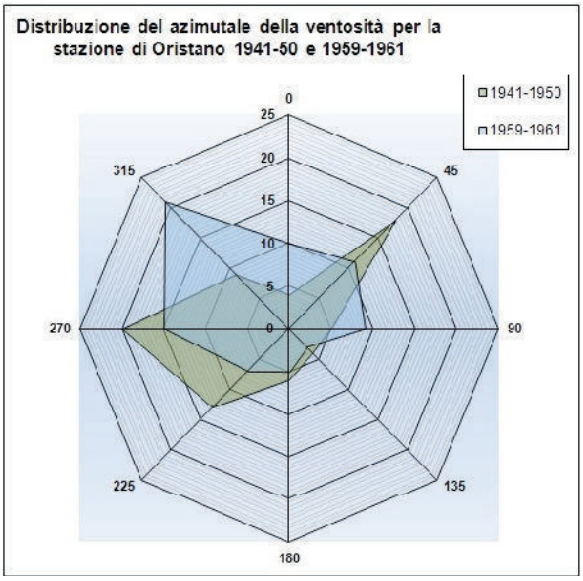
5.6 Barometria

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. Nel Sinis la pressione atmosferica media annua mostra valori di poco superiori ai 1015,2 mb.

5.7 Regime Anenometrico

Per la caratterizzazione del regime anemometrico dell'area sono stati utilizzati i dati registrati nelle stazioni di Oristano, di Capo Frasca e del Cirras (ENEL).

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).



STAZIONE DI ORISTANO
Periodo dal 1941-1950 e 1959-1961

	Alt. M		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme	
Oristano	28	941-195	4	18	5	4	6	13	20	9	21	100
Oristano	19	959-196	10	11	9	3	5	7	15	21	19	100

Fig. Grafico - Distribuzione dell'intensità del vento misurata presso la stazione di Oristano

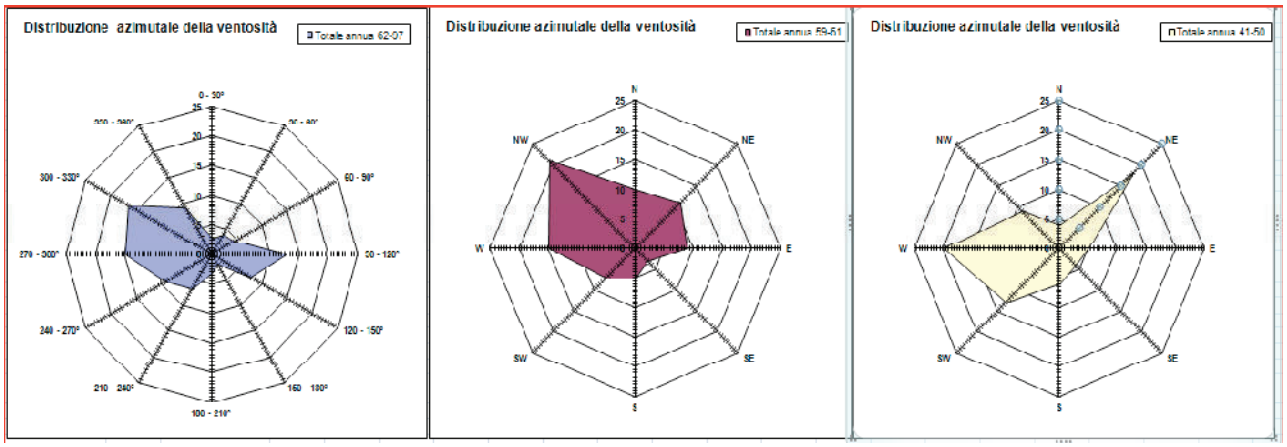


Fig. Grafico - Distribuzione dell'intensità del vento misurata presso la stazione di Oristano

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.

Per la stazione di Oristano sono disponibili i dati in tre diversi archi temporal (69-97, 59-61, 41-50) e curiosamente caratteristici. Per l'arco temporale più vecchio disponibile è possibile vedere

una dominanza delle direzioni da W e da NE, mente negli anni successivi le misurazioni mostrano dominare il NW e secondariamente E e NE.

L'elaborazione ed analisi dei dati anemometrici suddetti mostrano una prevalenza dei venti provenienti da NO ed O. I venti provenienti da NO spesso raggiungono e superano i 28 m/s di velocità al suolo. Tutti gli altri venti sono mediamente molto meno frequenti.

L'area è caratterizzata da un'elevata ventosità, soprattutto nella parte sommitale dei rilievi, ben esposti a tutti i venti, ed in particolare ai venti del IV quadrante. I mesi più ventosi sono generalmente quelli invernali.

5.8 Caratteri evapotraspirativi

Le precipitazioni sono concentrate nel periodo metà autunno-inverno, mentre il periodo fine primavera-estate è caratterizzato da un'accentuata aridità. Il bilancio idrico secondo Thornthwaite produce un deficit idrico fra i mesi di maggio ed ottobre, il periodo della ricostituzione della riserva idrica inizia ad ottobre fino a metà gennaio e solo da metà gennaio ad aprile si stabilisce il periodo di eccedenza idrica.

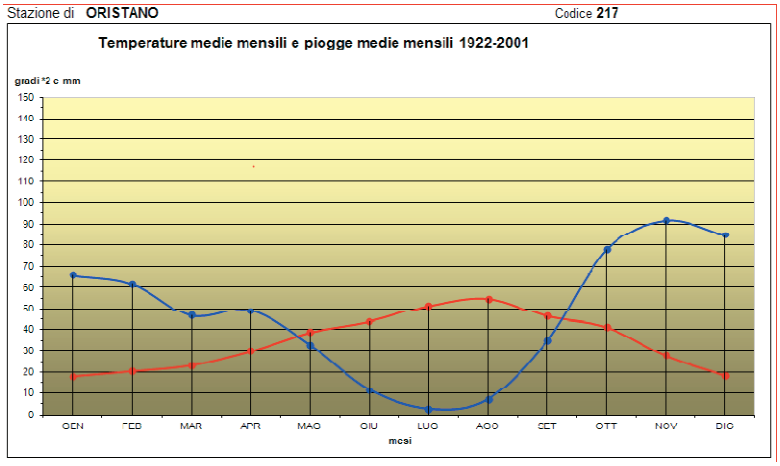


Fig. 4.4.7.1 - Grafico - Diagramma umbro termico per l'area di Oristano

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
T =	9,1	10,3	11,7	15,0	19,5	22,0	25,8	27,5	23,2	20,7	14,0	9,2
i =	2,5	3,0	3,6	5,3	7,8	9,4	12,0	13,2	10,2	8,6	4,7	2,5
I =	82,8											
P=	65,9	61,9	46,8	49,3	32,9	11,6	2,7	7,1	35,0	77,8	91,8	84,8
a =	1,8											
b =	0,8	0,8	1,0	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8
PE =	15,6	19,7	30,9	53,1	95,7	120,6	163,4	170,4	109,9	81,6	34,3	15,6
P-PE =	50,3	42,2	15,9	-3,8	-62,8	-109,0	-160,7	-163,3	-74,9	-3,8	57,5	69,2
A.WL =	100,0	100,0	100,0	-3,8	-66,6	-175,5	-336,3	-499,6	-574,4	0,0	0,0	0,0
ST =	100,0	100,0	100,0	96,3	51,4	17,3	3,5	0,7	0,3	100,0	100,0	100,0
C.ST =	0,0	0,0	0,0	-3,7	-44,9	-34,1	-13,8	-2,8	-0,4	99,7	0,0	0,0
AE =	15,6	19,7	30,9	53,0	77,8	45,7	16,5	9,9	35,4	-21,8	34,3	15,6
D =	0,0	0,0	0,0	0,1	17,9	74,9	146,9	160,5	74,5	103,4	0,0	0,0
S =	50,3	42,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,8	57,5	69,2
RO =	25	21	7	0	0	0	0	0	0	-2	28	34
TMD =	125,0	121,0	107,0	96,3	51,4	17,3	3,5	0,7	0,3	98,0	128,0	134,0
	18,1	20,6	23,4	30,1	39,0	44,0	51,6	55,0	46,4	41,4	27,9	18,4
	65,9	61,9	46,8	49,3	32,9	11,6	2,7	7,1	35,0	77,8	91,8	84,8

Tab. – Parametri di evapotraspirazione potenziale per la stazione di Oristano (C.R.A.)

5.9 Classificazione climatica

L'analisi ed elaborazione dei regimi dei diversi parametri meteo climatici indicano che il territorio in esame ricade in un ambiente ecologico caratterizzato da un clima mediterraneo semiarido con moderato surplus idrico durante la stagione invernale ed accentuato deficit idrico

nella stagione estiva, dove i minimi ed i massimi termici sono in parte attenuati per l'influenza termoregolatrice delle masse d'aria di provenienza marittima.

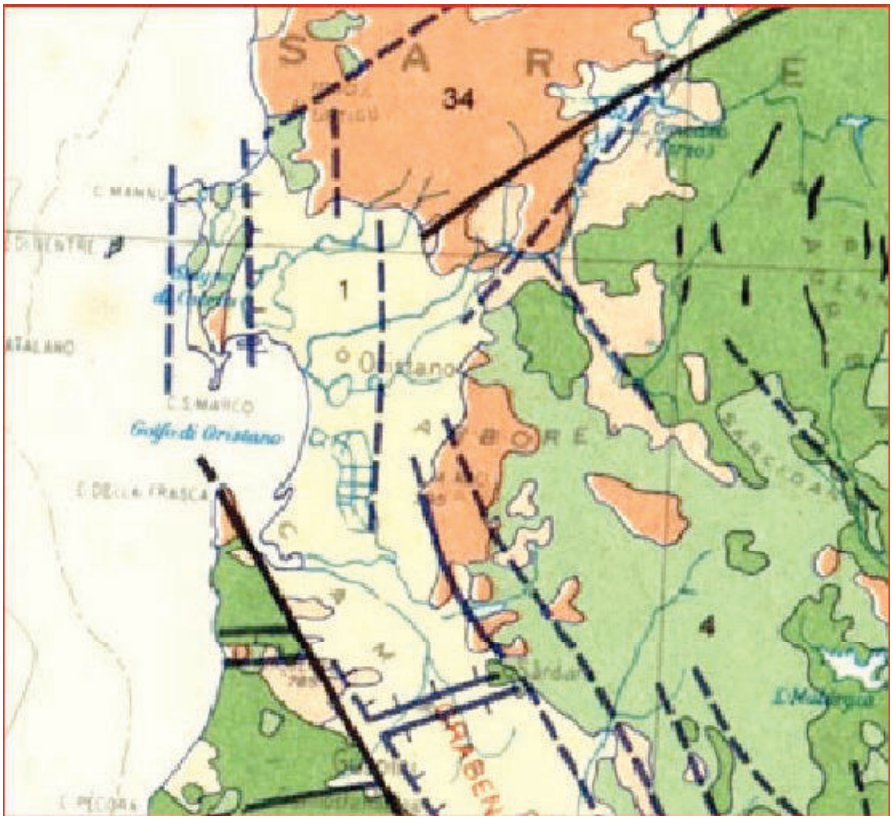
Secondo la classificazione climatica di Thornthwaite, si tratta di un clima mesotermico, B2, sub-arido, con eccedenza idrica invernale da moderata e scarsa.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE E STRATIGRAFICO

L'area in esame costituisce una piccola porzione della fascia costiera del Golfo di Oristano, geologicamente e strutturalmente parte integrante della pianura del Campidano, che si estende per circa 115 km, con direzione NO-SE, dal Golfo di Cagliari al Golfo di Oristano.

Per meglio comprendere l'attuale assetto geologico e morfologico dell'area in studio si riportano i principali eventi geologico-strutturali che hanno portato alla formazione ed all'evoluzione del sistema graben – horst del Campidano.

Gli eventi geologici responsabili dell'attuale assetto geo-strutturale del settore in esame si possono far iniziare nel Terziario, durante l'Oligocene medio, quando, per la collisione della placca africana con quella europea, si ebbe la rototraslazione del blocco sardo-corso e l'apertura del rift sardo, con la suddivisione del basamento cristallino paleozoico, strutturalmente già evoluto, in due horst(Tapponier, 1977). 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. L'horst 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.

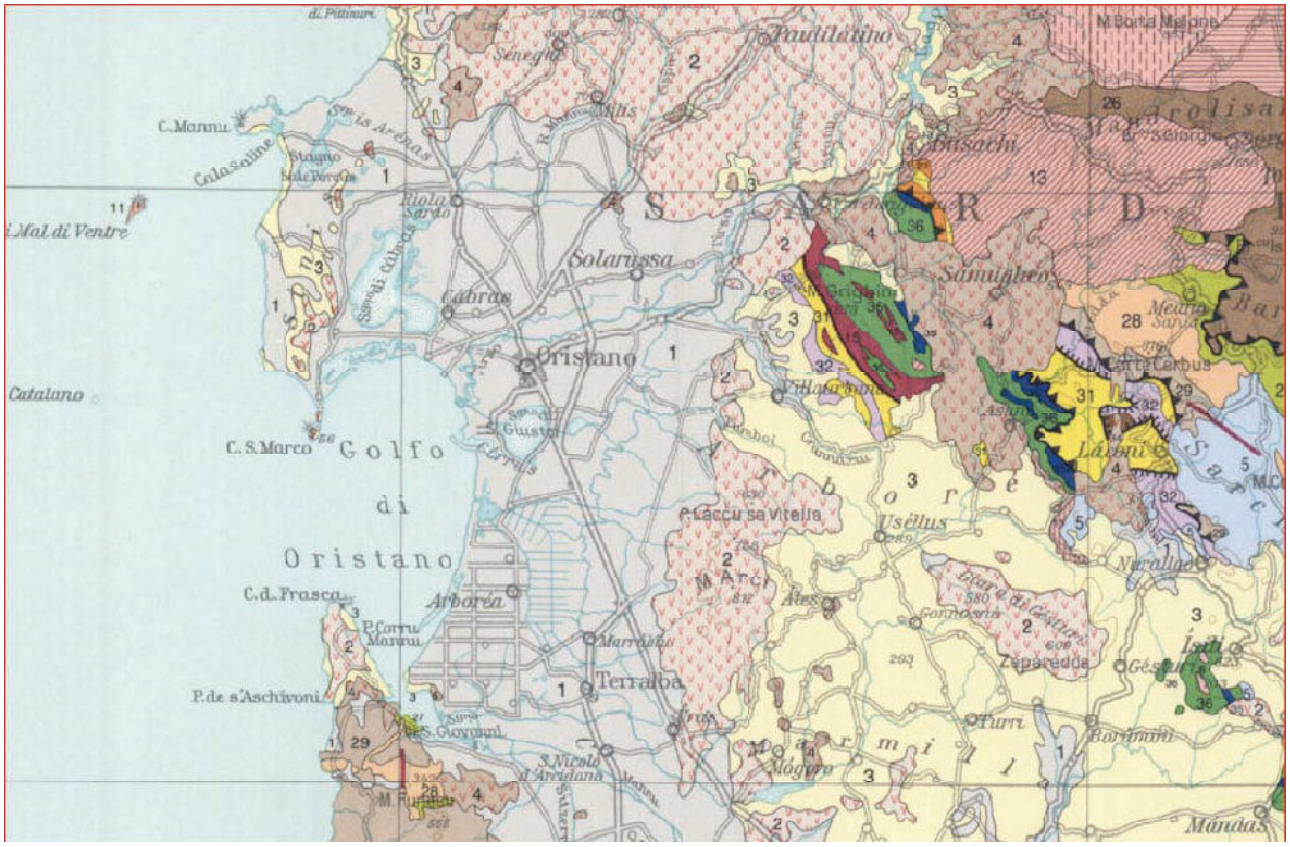


Stralcio dallo Schema geo-strutturale della Sardegna – Fonte Carmignani et alii (1982)

La formazione della "fossa sarda", 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.



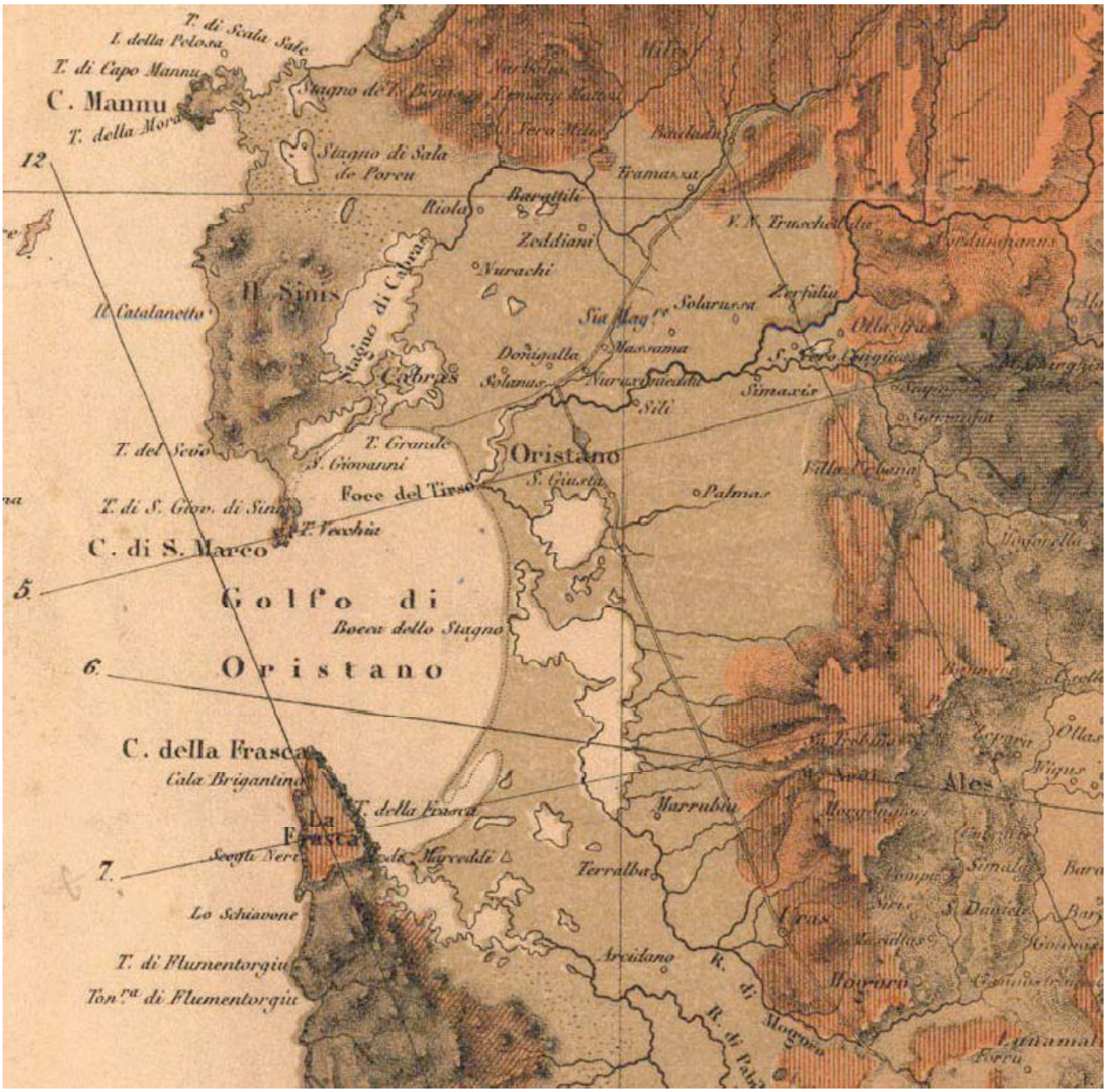
Stralcio Carta Tettonica d'Italia

In relazione ai movimenti tettonici che hanno generato il bacino sedimentario oligo-miocenico i materiali che si rinvengono nella fossa sono stati suddivisi da Cherchi e Montardet (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 rinvengono nella parte basale della fossa e costituiscono i termini più antichi carotati nel Campidano Sono classificati come syn-rift oltre ai prodotti del ciclo vulcanico oligo-miocenico ad affinita 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 (Aquitaniano) in eteropia con i Calcari di Villagreca.

I depositi post-rift, 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-Messiniani inf., si sono formati al termine dell'attività tettonica che provocò l'apertura della fossa, quando il mare miocenico entrò stabilmente nella stessa.

Le tensioni tettoniche responsabili del sistema di rift, datate Oligocene medio-Aquitaniano, 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 direzioni 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.



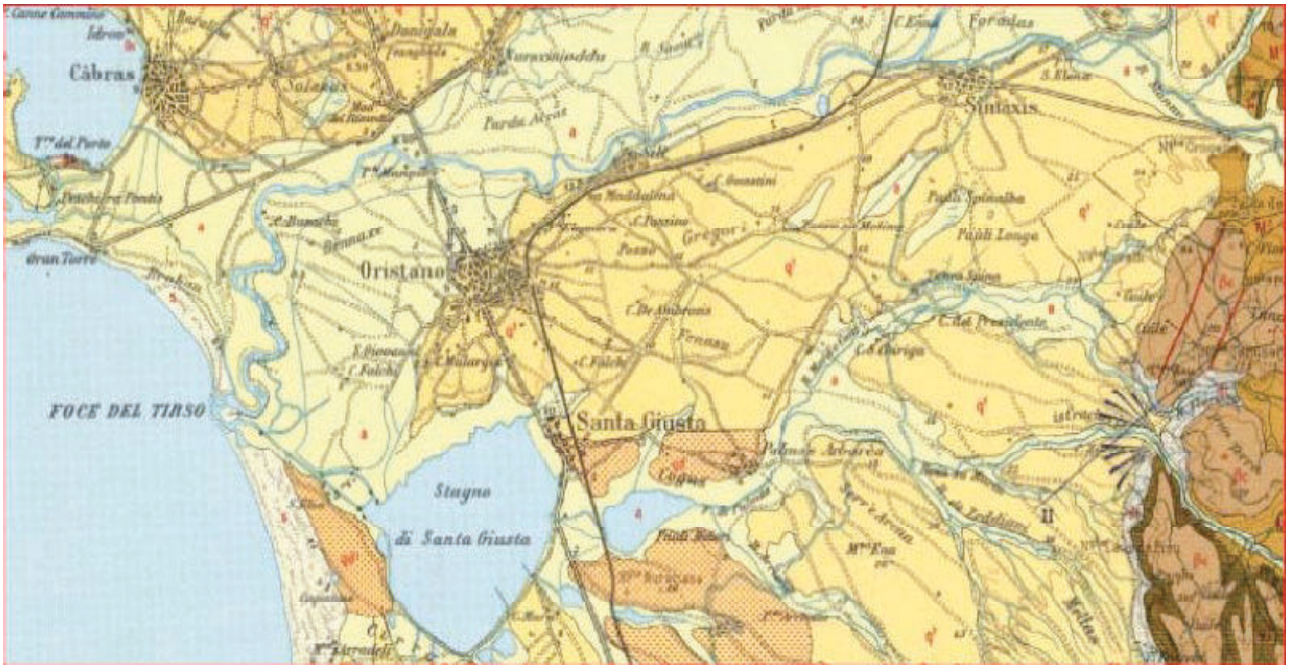
La geologia dell'area vasta sulla cartografia storica (La Marmora 1864 et alii)

Nel Messiniano in seguito alla crisi di salinità del Mediterraneo occidentale, il mare miocenico si ritirò e le aree precedentemente sommerse diventarono 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 nella penisola del Sinis, dove si rinvengono depositi evaporitici messiniani.

Nel nuovo ambiente continentale, nelle aree più depresse vengono deposti i detriti asportati dagli atmosferili nelle aree altimetricamente più elevate. Si formano così i sedimenti continentali pliocenici della Formazione di Samassi.

Nel Plio-Quaternario una nuova fase tettonica a carettere distensivo, collegata con l'origine del bacino bacino oceanico del Tirreno centro-meridionale, interessa l'isola, ed è responsabile dell'aperura del graben campidanese, che si sovrappone al settore centro-meridionale della fossa sarda, attraverso il ringiovanimento, lungo i bordi paleozoici, di una serie di faglie parallele con direzione NNO-SSE.



Mappa – L'area sulla Carta Geologica d'Italia 1:100.000

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

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

Dal Pleistocene medio la Sardegna acquista una certa stabilità tettonica. Le oscillazioni climatiche del Quaternario, a partire dal Pleistocene, e il susseguirsi delle variazioni eustatiche, generano nell'Isola degli evidenti mutamenti morfologici.

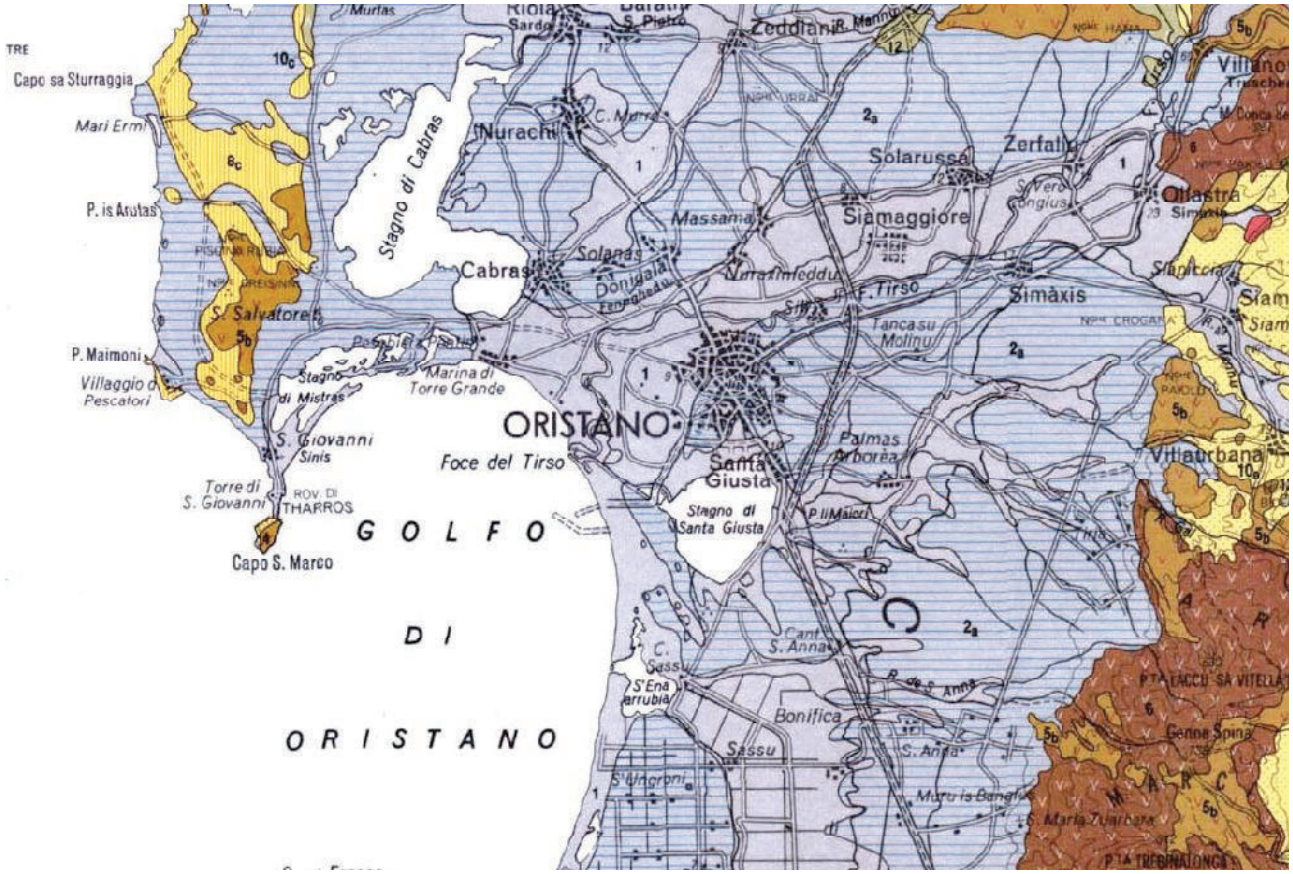
Nell'Olocene, infine, assistiamo alla deposizione di sedimenti (alluvioni, depositi litorali, dune etc.) che conferiscono alla Sardegna l'attuale aspetto morfologico.

La successiva ripresa dell'attività erosiva, guidata dalle discontinuità tettoniche, che ha agito con maggior intensità sulle litologie più erodibili, determinò la produzione di ingenti quantità di materiale detritico. Il materiale eroso, trasportato a valle dalle acque superficiali, incanalate e non, 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.

La pianura si affaccia sul Golfo di Oristano con una costa bassa e sabbiosa ad arco, che termina con due promontori alti e rocciosi rappresentati da Capo Frasca verso SO e Capo San Marco verso NO. Si tratta di una spiaggia di considerevoli dimensioni, sia per larghezza sia per lunghezza, interrotta localmente dalla foce del Tirso e dalle bocche a mare delle lagune costiere. Proprio agli apporti del Tirso, rappresentati prevalentemente da sabbie e ghiaie quarzoso-feldspatiche debolmente limose, ridistribuiti dalle correnti litoranee e dal moto ondoso, si deve l'origine della spiaggia.

Una serie di stagni e paludi, oggi per lo più bonificati, e campi dunali di retrospiaggia, per buona parte rimboschiti a pino, evidenziano il passaggio tra la piana costiera e la spiaggia.



La geologia dell'area vasta con in grigio – celeste le aree limoso - palustri e alluvionali recenti (Carmignani et alii)

I corpi idrici, relitti di bracci fluviali e meandri abbandonati del Tirso e dei suoi affluenti, oggi in parte bonificati, ed i terrazzi fluviali testimoniano le fasi evolutive dei corsi d'acqua, mentre le lagune costiere e gli stagni retrodunali testimoniano le diverse fasi evolutive della linea di costa, entrambe legate a periodi di sedimentazione alternati a fasi di erosione, conseguenti sia a fenomeni di subsidenza tettonica sia al glacio-eustatismo quaternario.

5.2 Stratigrafia del Campidano di Oristano

Il complesso plio-quaternario, che colma il graben campidanese, potente da alcune decine di metri fino a circa 800 metri, è costituito da sedimenti continentali, per lo più appartenenti alla Formazione di Samassi, sui quali poggiano potenti depositi alluvionali, lacustri e lagunari pleistocenici, con intercalate lave basaltiche del ciclo vulcanico alcalino, seguiti da depositi marini e lagunari flandriani-versiliani. I depositi marini quaternari, rappresentati da depositi di ambiente freddo, e da depositi tirreniani tipici, sono presenti nelle sole fasce costiere.

Il sottosuolo è 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.

Il basamento della serie plio-quaternaria è rappresentato dalle formazioni vulcaniche e sedimentarie oligo-mioceniche, che affiorano localmente nella fascia pedemontana, lungo i bordi della fossa, dove si rinvengono anche terreni cristallini paleozoici.

La sequenza stratigrafica del Campidano di Oristano è stata ricostruita sulla base dei risultati di due perforazioni profonde eseguite nei primi anni '60 per una ricerca di idrocarburi promossa dalla Regione Autonoma della Sardegna.

Il primo sondaggio eseguito presso Case Sassu (tra lo Stagno di S'Ena Arrubia e l'ex stagno di Sassu), raggiunse la profondità di 1802 m ed attraversò i seguenti terreni:

profondità m	descrizione	età
0.00 - 33.00	Sabbie limi argillosi, con livelli di conchiglie marine e di stagno	Quaternario
33.00-94.00	Argille, limi e scarse sabbie ciottolose in facies alluvionale e palustre	Quaternario
94.00-304.00	Argille grigiastre, limi e rare sabbie in facies prevalentemente alluvionale, con resti di gasteropodi d'acqua dolce e di piante palustri	Pliocene sup
304.00-310.00	Basalto, grigio scuro, compatto, in colate	Pliocene (?)
310.00-730.00	"Formazione di Samassi", costituita da alternanze di limi marnoso-calcarei, talora sabbiosi, conglomerati a ciottoli di marne mioceniche prevalenti, argille e marne ad abbondanti foraminiferi miocenici e pliocenici rimaneggiati, in facies fluvio-torrentizia e lacustre subordinata	Pliocene medio-superiore
730.00-820.00	Marne arenacee a foraminiferi e resti di molluschi marini	Pliocene inf.
820.00-870.00	Complesso sabbioso-ciottoloso, argillo-marnoso e sabbioso-marnoso sterile	Messiniano (?)
870.00-1430.00	Alternanze di marne ed arenarie fini di ambiente di mare aperto, a foraminiferi e lamellibranchi	Tortoniano-Burdigaliano
1430.00-1802.00	Marne prevalentemente arenacee ed arenarie con intercalazioni tufacee, piroclastiche e probabilmente laviche, andesitico-basaltico, talora in giacitura caotica	Burdigaliano-Aquitaniano

Il secondo sondaggio eseguito nella periferia sud-occidentale dell'abitato di Riola raggiunse il 1700 m di profondità ed attraversò i seguenti terreni:

profondità m	descrizione	età
0.00-20.00	Sabbie dunari, sabbie e limi a conchiglie marine e di stagno, ricoprenti ghiaie alluvionali prevalentemente quarzose	Quaternario
20.00-218.00	Argille e limi sabbiosi con intercalazioni ghiaiose, in facies alluvionale prevalente e palustre	Quaternario Pliocene sup
218.00-243.00	Basalto, grigio scuro, compatto, in colate	Pliocene (?)
243.00-671.00	"Formazione di Samassi", costituita da alternanze di marne arenaceo-calcaree, conglomerati a ciottoli di marne e arenarie mioceniche prevalenti, sabbie, argille torbose, limi, ad abbondanti foraminiferi miocenici e pliocenici rimaneggiati, in facies fluvio-torrentizia e lacustre subordinata	Pliocene medio-superiore
671.00-729.00	Marne argillose ed arenacee, a foraminiferi e resti di lamellibranchi marini	Pliocene inf.
729.00-856.00	Marne e sabbie talora grossolane, in facies marina e dubitativamente continentali nella parte alta	Messiniano (?) Miocene sup.-medio (?)
856.00-1298.00	Ignimbriti, andesiti e tufi associati	Miocene inf.
1298.00-1308.00	Tufiti con intercalati livelli marini ad ostree	Pliocene sup
1308.00-1700.00	Andesiti, Ignimbriti e tufi associati, talora con filoni e vene di calcedonio	Miocene inf. – Oligocene sup

Dalla lettura delle due stratigrafie risulta che, nel sottosuolo, intercalati ai depositi detritici, si incontrano una serie di colate basaltiche plio-quaternarie, omologhe a quelle di Capo Frasca, di Capo San Marco e del Sinis.

Queste 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.

In superficie nei settori compresi tra Zerfaliu, Solarussa-Siamaggiore Nuraxinieddu, Cabras, Solanas, Donigala, Zeddiani e la fascia pedemontana del Montiferru a nord del Tirso e tra Ollastra, Simaxis, Oristano, Santa Giusta, Palmas ed Uras a sud del Tirso affiorano i depositi alluvionali antichi, composti da livelli di ciottoli e ghiaie poligeniche ed eterometriche, in matrice sabbio-limo-argillosa ferrettizzata, fortemente addensati e spesso terrazzati.

Lungo le fasce pedemontane si rinvengono depositi di conoide e di glaicis, molto simili alle alluvioni antiche del Tirso e presumibilmente ad esse coevi, ma più ricchi in elementi vulcanici, depositati dalle acque dei fiumi e torrenti provenienti dai massicci vulcanici del Montiferru e dell'Arci e dal massiccio paleozoico del Monte Grighine.

Nel settore compreso tra Donigala, Nurachi e Cabras sino a Riola e Baratili si trovano depositi alluvionali spianati, formatisi prevalentemente dal rimaneggiamento delle alluvioni antiche, con arricchimenti più francamente argillosi, le cosiddette alluvioni medie.

Anche in questi depositi, ubicati più lontano dal corso attuale del Tirso e dei suoi affluenti, si possono riconoscere delle superfici terrazzate, raccordate con le alluvioni recenti da ripe di erosione fluviale. A sud di Santa Giusta e nel settore compreso tra Terralba e S. Nicolò Arcidano, questi depositi sono ricoperti da resti di antiche dune presumibilmente pre-tirreniane.

Lungo i corsi d'acqua affiorano le alluvioni recenti, costituite da sabbie quarzose fini e ghiaie e ciottoli eterometrici e poligenici. Su questi depositi si sono evoluti dei suoli, ad alta potenzialità per uso agricolo, conosciuti nell'area come terreni di "Bennaxi", mentre sui terrazzi più antichi si sono evoluti dei suoli meno fertili dei precedenti, denominati terreni di "Gregori".

All'interno delle alluvioni recenti si riconoscono, in corrispondenza di depressioni create dal divagare dei corsi d'acqua prima di raggiungere il mare, depositi palustri. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano.

7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto morfologico attuale è il risultato di processi fluviali e secondariamente eolici che, attivi durante tutto il Quaternario, in condizioni climatiche differenti dalle attuali, hanno dato luogo a ripe di erosione fluviale, meandri, terrazzi fluviali, coni di deiezione e campi dunali. Si rinvengono pertanto forme di accumulo e di erosione tipiche della dinamica fluviale e di quella eolica. La costa, bassa e sabbiosa è invece il risultato dell'azione modellante del mare.

Il Campidano di Oristano è attraversato dal tratto terminale del fiume Tirso e dei suoi affluenti, che hanno avuto un ruolo molto importante, con la loro azione di erosione, trasporto e sedimentazione, nella formazione della piana e nel suo successivo modellamento.

La vasta superficie, da sub-pianeggiante ad ondulata, modellata nei potenti depositi detritici plio-quaternari di varia origine, degrada dolcemente verso il mare. Essa è incisa dagli alvei del Tirso degli altri fiumi gravitanti nell'area, che presentano reticolo idrografico ad andamento da rettilineo a meandriforme, localmente anastomizzato. La piana è attraversata anche da una fitta rete di canali artificiali, realizzati dagli anni '30 fino ad oggi.

Superfici terrazzate, formatesi in diversi periodi ed in condizioni climatiche differenti dalle attuali, stagni, piccole paludi, lagune costiere e vasti campi dunali, interrompono localmente la monotonia del paesaggio pianeggiante.

Nella pianura si distinguono le seguenti unità geomorfologiche:

- Le alluvioni antiche terrazzate

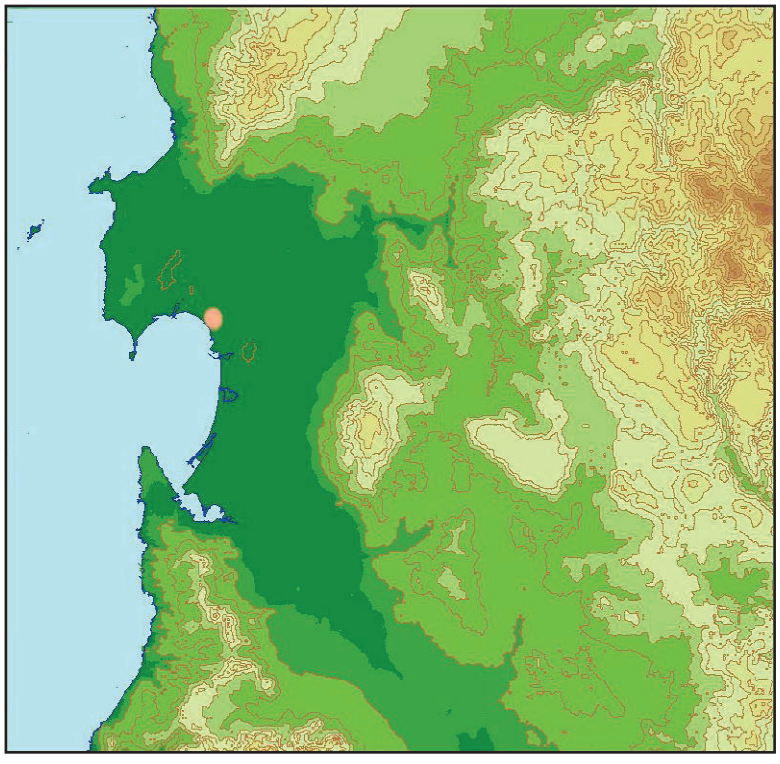
Le alluvioni antiche terrazzate, substrato di tutta la zona, consistono in depositi sabbioso-ciottolosi, sedimentati nel Plio-Quaternario dal paleo-Tirso e dai fiumi minori che attraversano la pianura.

Questi depositi un tempo costituivano la gran parte della pianura del Campidano. La successiva opera di modellamento , sono stati parzialmente smantellati e modellati dalla successiva erosione fluviale tanto che oggi si presentano generalmente terrazzati. I terrazzi fluviali, debolmente ondulati, sono separati da piccole vallecole nelle quali si instaura una rete idrografica attiva solo in occasione di forti precipitazioni. Essi sono caratterizzati da bordi generalmente netti e sono raccordati ai terreni più recenti da scarpate di erosione fluviale, oramai inattive, più o meno acclivi, dove agiscono il dilavamento diffuso ed il ruscellamento incanalato, che localmente ha prodotto piccoli solchi di erosione. I terrazzi più ampi si trovano tra Solarussa-Siamaggiore e la Carlo Felice, dove raggiungono altezze intorno ai 40 metri slmm e nel settore prospiciente il Monte Arci.

- Le conoidi alluvionali ed i glacis

Le conoidi alluvionali ed i glacis sono localizzati nella fascia pedemontana dei rilievi che delimitano la pianura. I depositi di conoide, caratteristici per la loro forma a ventaglio, sono il risultato della deposizione di ingenti quantità di materiale detritico trasportato a valle dalle acque incanalate provenienti dai rilievi al loro sbocco in pianura, per il brusco decremento della velocità dell'acqua. Nel settore di raccordo tra l'Arci e la pianura prevalgono i glacis detritici, che devono la loro origine all'arretramento parallelo dei versanti rocciosi, per erosione areale. Questi depositi detritici, così come le alluvioni antiche, sono stati successivamente incisi e localmente terrazzati.

- Le alluvioni medie



Sono costituite prevalentemente dal rimaneggiamento e rideposizione del materiale detritico asportato, dall'azione erosiva dei fiumi, dalle alluvioni antiche, modificato con il deposito di termini più francamente argillosi. Esse danno luogo a superfici terrazzate, raccordate con le alluvioni recenti da modeste ripe di erosione fluviale, evidenziate da piccole rotture di pendio.

Fig. Mappa – L'andamento dell'altimetria nell'area vasta circostante Oristano (in arancio)

- Le alluvioni recenti

I depositi più recenti, i cosiddetti terreni di "Bennaxi", si trovano lungo le rive del Tirso, del

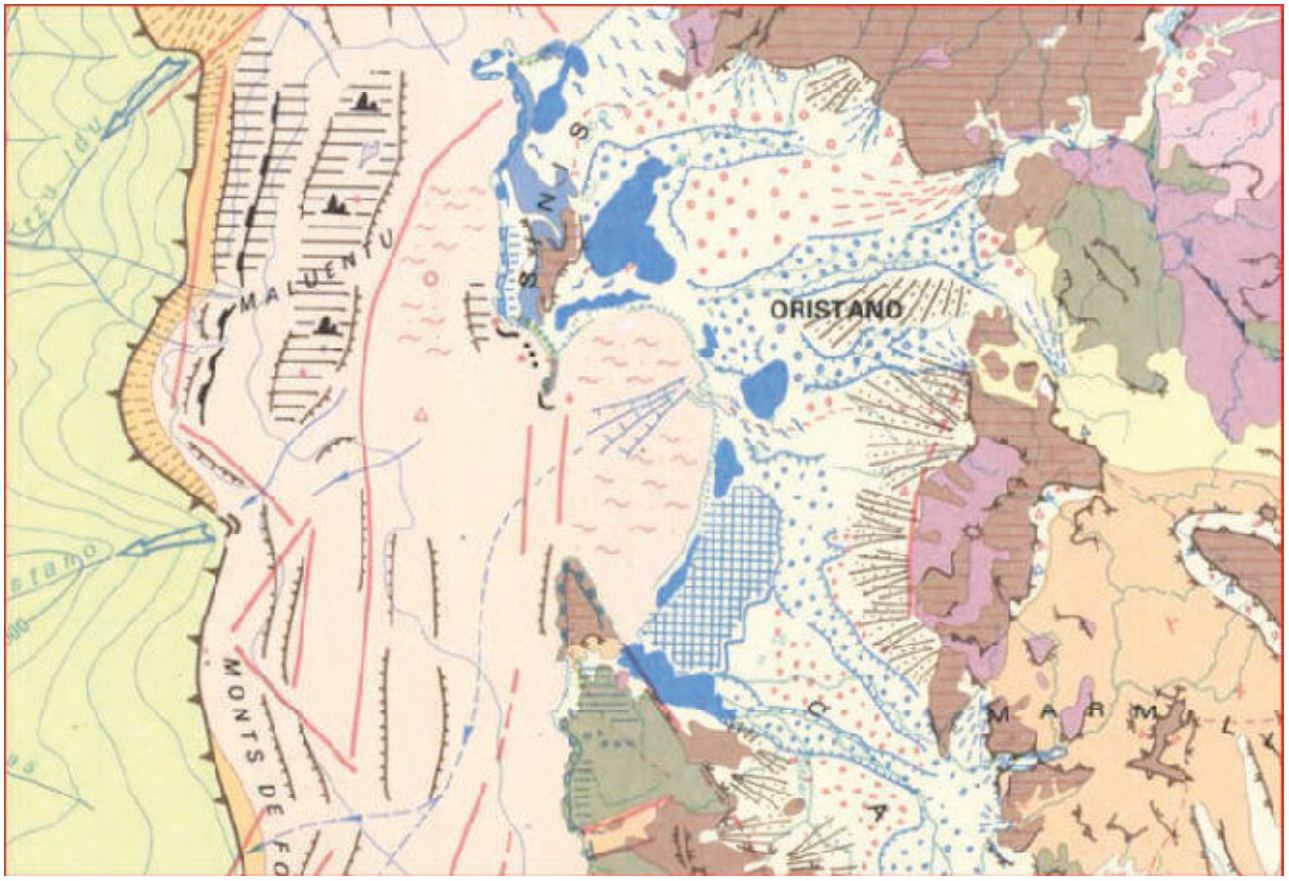
Mare Foghe, del Mogoro e dei loro affluenti. Questi terreni costituiscono delle ampie superfici sub-pianeggianti, debolmente degradanti verso ovest, più o meno incise dall'azione del fiume che le attraversa. Lungo gli alvei si possono riconoscere delle piccole ripe di erosione fluviale. Queste alluvioni costituiscono i terrazzi più recenti.

- Le aree palustri e delle paludi bonificate

All'interno delle alluvioni recenti si riconoscono delle aree depresse, create dal divagare dei corsi d'acqua nella pianura prima che raggiungessero lo sbocco a mare. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano. Le paludi sono numerose e punteggiano la vasta zona tra lo stagno di Cabras, il Mare Foghe e il Tirso, la zona della bonifica di Sassu ed ancora la piana di Arborea.

- Il sistema costiero e la foce del Tirso

Questo sistema è formato da una costa bassa sabbiosa, che termina con gli alti promontori rocciosi di Capo San Marco e Capo Frasca. Esso è caratterizzato da vasti campi dunali di retrospiaggia e da stagni e lagune costiere. La spiaggia sabbiosa ad arco borda la pianura con continuità, interrotta solo localmente dalla foce del Tirso e dalle bocche a mare delle lagune costiere. Essa è il risultato della ridistribuzione ed accumulo dei materiali detritici trasportati dal Tirso e dagli altri fiumi che sfociano nel golfo, operata nel tempo dal moto ondoso e delle correnti litoranee. La spiaggia mostra un profilo longitudinale regolare a pendenza media, con la berma di tempesta evidente solo dopo le forti mareggiate.



Stralcio della Carta Geomorfologica della Sardegna marina e Continentale – Fonte A. Ulzega et alii (1988)

Le spiagge del settore settentrionale sono in persistente avanzamento dalla seconda metà del secolo scorso, ad eccezione di piccoli settori localizzati, di contro quelle del settore centrale e meridionale sono in erosione. Un cordone dunale, delimita l'avanspiaggia dalla

retrospiaggia, dove i venti dominanti hanno formato campi dunali di dimensioni variabili, oggi quasi interamente stabilizzati da impianti a pino, come a Torregrande e ad Arborea. A ridosso dei cordoni dunali spesso si rinvengono piccole depressioni, che nel periodo delle piogge danno luogo a piccole paludi e stagni temporanei. Bacini idrici di dimensioni assai più grandi sono invece le lagune, più note come stagni, che nell'oristanese caratterizzano il passaggio fra l'ambiente costiero e la pianura. Esse si sono formate per accrescimento successivo di barre sabbiose, ad opera del mare e subordinatamente del vento, che, delimitando alcuni settori del mare del golfo, hanno dato luogo a questi bacini idrici salmastri. Tra queste le più importanti sono quella di Cabras e quella di Santa Giusta.

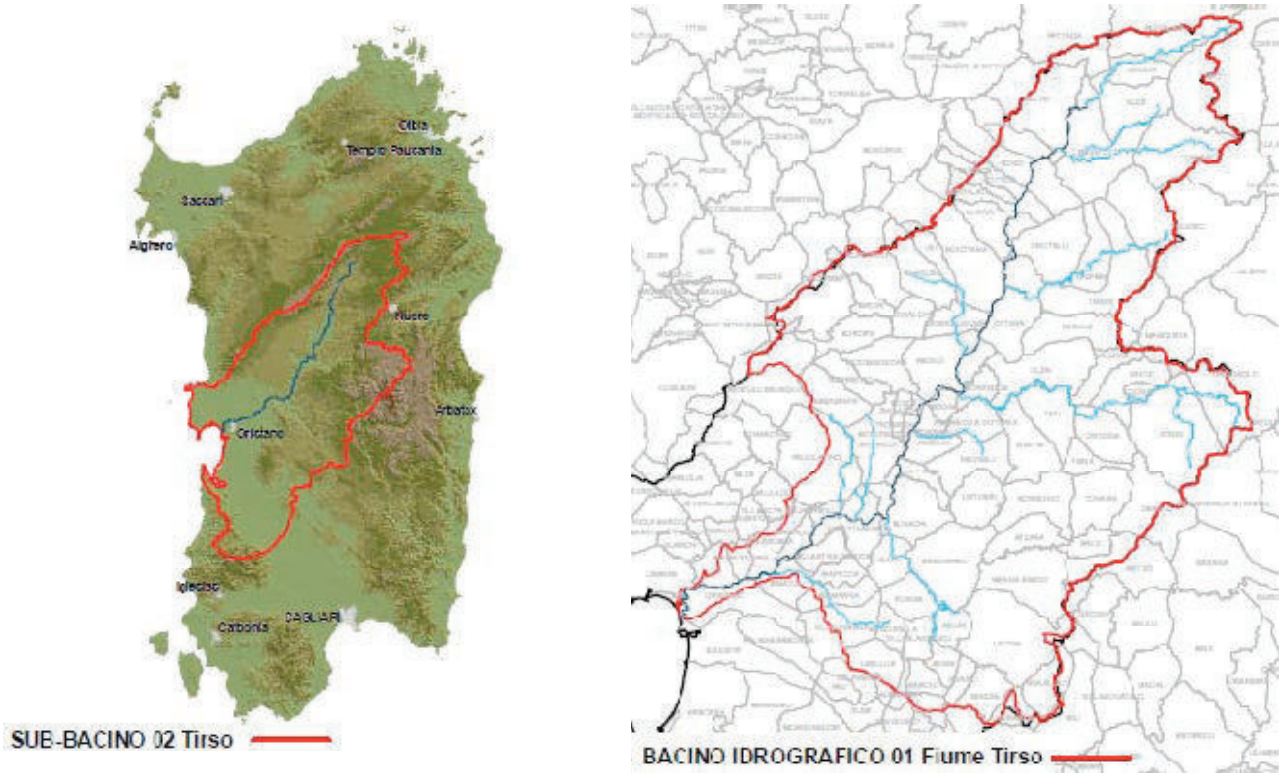
Nel contesto della pianura l'attività antropica è attualmente il processo morfogenetico più intenso. Gli insediamenti urbani, rurali e le infrastrutture, oltre alle attività economiche, stanno modificando velocemente l'assetto morfologico dell'area. Vaste porzioni di pianura sono state profondamente scavate per il prelievo di materiali per inerti, con la creazione di ampie e profonde cave che spesso, intercettando la falda freatica, si trasformano in laghetti. Altre sono state spianate a fini agricoli, rendendo spesso difficile il riconoscimento delle forme originarie dell'area.

Nel settore costiero, ugualmente fortemente antropizzato, i processi di dinamica costiera ed eolica sono sempre attivi, anche se spesso subiscono le interferenze determinate dell'attività dell'uomo.

8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

8.1 Acque superficiali

La zona dell'intervento ricade al margine ovest di Oristano, posto a sud rispetto al corso del fiume Tirso, il fiume più importante della Sardegna, per lunghezza ed ampiezza del bacino, che domina e caratterizza tutto l'assetto idrologico ed idraulico del settore.



Bacino idrografico del fiume dell'U.I.O n 2 - Tirso

La circolazione idrica superficiale è pertanto dominata dalla presenza del fiume e da numerosi canali di scolo a servizio della rete di irrigazione del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese (CBO).

Il bacino idrografico del Tirso, nella suddivisione del Bacino Unico della Sardegna in sottobacini, costituisce l'U.IO n. 2, dove l'unico corso d'acqua principale del bacino è il Tirso.

Il fiume Tirso ha ha origine nell'altopiano di Buddusò tra i rilievi di Monte Longos (925 m slm) e Sa Ianna Bassa (955 m slm) e dopo aver attraversato la Sardegna centrale con andamento sfocia nel golfo di Oristano presso lo stagno di Santa Giusta ricoprendo una superficie di circa 3.287 kmq

Nel settore in esame il sistema idraulico locale è rappresentato dai canali di scolo del sistema di infrastrutturazione irrigua del CBO.

Le acque di precipitazione sono raccolte e drenate attraverso la rete di canalizzazione agricola e sono convogliate sul Rio Tanui, emissario dello Stagno di Cabras.

8.2 Acque sotterranee

Le indagini eseguite hanno permesso di delineare l'assetto idrogeologico dell'area d'interesse, caratterizzata da una certa complessità derivante dai differenti caratteri idraulici delle formazioni geologiche e dai rapporti geometrici e giaciturali delle stesse.

La pianura del Campidano, di chiara impostazione tettonica, è il risultato della colmata da parte di potenti depositi detritici plio-quaternari del graben campidanese.

Alle ultime fasi di sedimentazione del Pleistocene e dell'Olocene si deve la sequenza di facies fluviali, deltizie, lacustri, palustri e marine che hanno portato alla caratteristica alternanza, sia pure variabile da luogo a luogo, di depositi ghiaiosi, sabbiosi ed argillo-limosi. In prossimità della costa non mancano locali depositi di sabbie di spiaggia ed eoliche, così come nelle aree prossime ai bordi strutturali sono frequenti conoidi alluvionali e coni di detrito.

Sulla base delle caratteristiche idrauliche delle diverse formazioni presenti nell'area in esame sono state identificate le principali unità idrogeologiche.

Nell'identificazione delle unita idrogeologiche, una prima discriminazione è stata fatta suddividendo le formazioni permeabili per porosità da quelle permeabili per fratturazione.

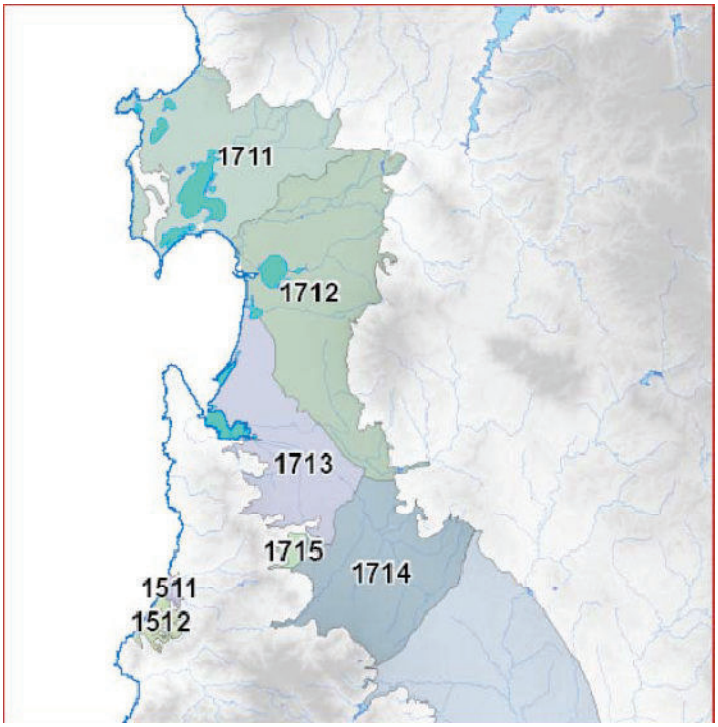
Successivamente, all'interno dei due singoli gruppi sono state definite, qualitativamente, le diverse classi di permeabilità, e ad esse sono state associate le litologie che, sulla base dei caratteri idraulici, ricadono generalmente in una determinata classe di permeabilità. Le litofacies, caratterizzate dallo stesso tipo di permeabilità e ricadenti nella stessa classe di permeabilità sono state aggregate per formare le unità idrogeologiche.

La unità idrogeologiche così definite sono state successivamente comparate con le tipologie dei complessi idrogeologici uniformi, previste nel Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30. "Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento".

Acronimo	Complessi idrogeologici
DQ	Alluvioni delle depressioni quaternarie
AV	alluvioni vallive
CA	Calcari
VU	Vulcaniti
DET	Formazioni detritiche degli altipiani plio-quaternarie
LOC	Acquiferi locali
STE	Formazioni sterili

TAB- TIPOLOGIE DI COMPLESSI IDROGEOLOGICI UNIFORMI A LIVELLO NAZIONALE PREVISTE DAL D.LGS 30/2009

Nella seguente sono riportati i corpi idrici degli acquiferi sedimentari plio-quaternari presenti nell'area vasta del Campidano di Oristano estratta dal PTA.



La complessa geometria delle diverse facies non permette facili e sicure correlazioni stratigrafiche di dettaglio. La semplificazione della situazione stratigrafica porta all'individuazione di quattro unità idrogeologiche caratterizzate da diversa permeabilità:

- La formazione delle alluvioni e delle conoidi alluvionali antiche. Questi terreni mostrano nel complesso una permeabilità bassa per la presenza di potenti orizzonti conglomeratici ad abbondante matrice fine, localmente cementati ed addensati e livelli limo-argillosi poco permeabili, intercalati a livelli francamente sabbiosi e ghiaiosi che possono presentare permeabilità media e localmente alta;
- Le alluvioni medie: costituite dagli stessi terreni detritici della formazione precedente, ma meno addensate e poco cementate presentano una permeabilità da bassa a media;
- Le alluvioni recenti, poco cementate e poco costipate, spesso ghiaiose-sabbiose, presentano nel complesso una permeabilità media che, in funzione della percentuale dei materiali fini presenti, può decrescere od aumentare consistentemente.
- I terreni argillo-limosi delle aree paludose sono caratterizzati da permeabilità da bassa a molto bassa.
- Le dune costiere e le sabbie di spiaggia sono caratterizzate da permeabilità alta per porosità.

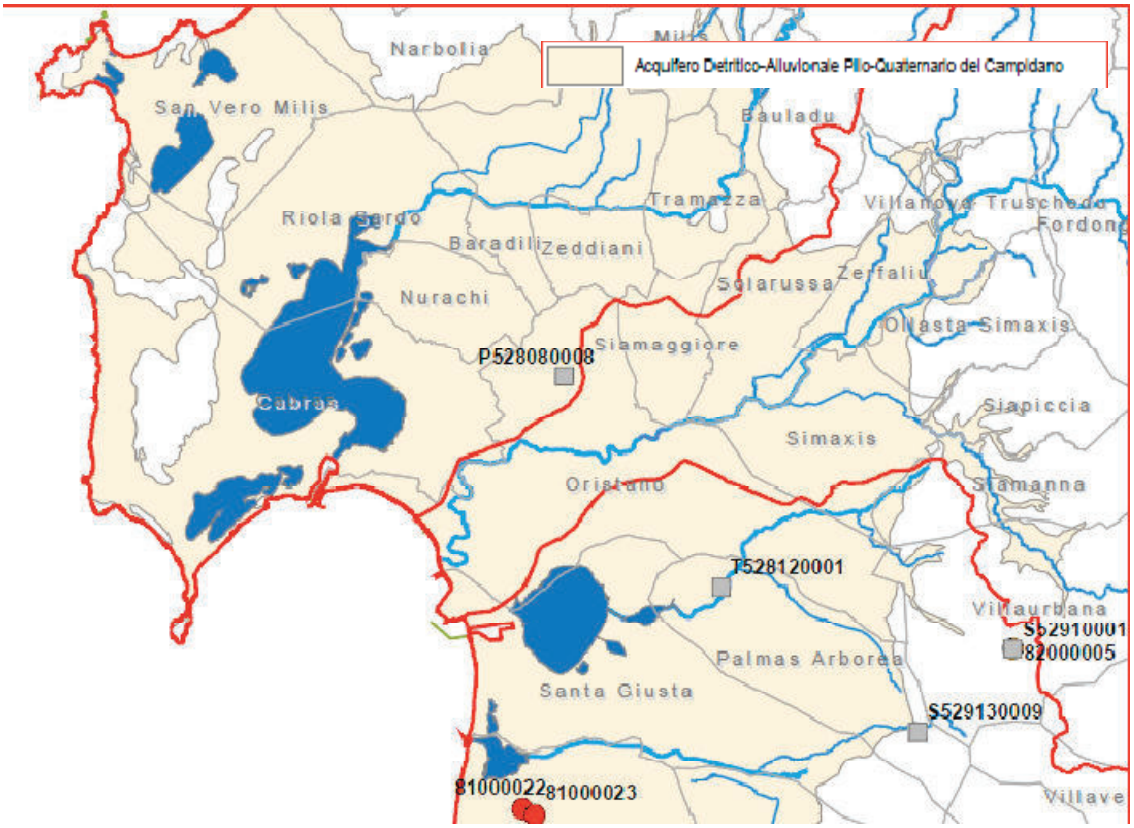
All'interno di tali unità si rinvengono:

- Acquiferi freatici e semiconfinati principali.
  Generalmente molto superficiali si rinvengono nelle alluvioni sabbioso-ciottolose più recenti e nelle sabbie eoliche. Essi sono alimentati principalmente dal corso di subalveo dei principali corsi d'acqua che solcano il Campidano, dal drenaggio dei numerosi canali di bonifica e dalla stessa infiltrazione efficace alimentata dalle acque di irrigazione e da quelle meteoriche. Anche l'idrografia sepolta contribuisce ad alimentare queste falde acquifere. Questi acquiferi sembrano essere limitati ai depositi alluvionali suddetti, che si rinvengono in varia misura lungo gli alvei attuali e sepolti dei corsi d'acqua. Risulta, infatti, difficile, per la complessità della rete idrografica superficiale e sepolta, ipotizzare la continuità areale di tali acquiferi.

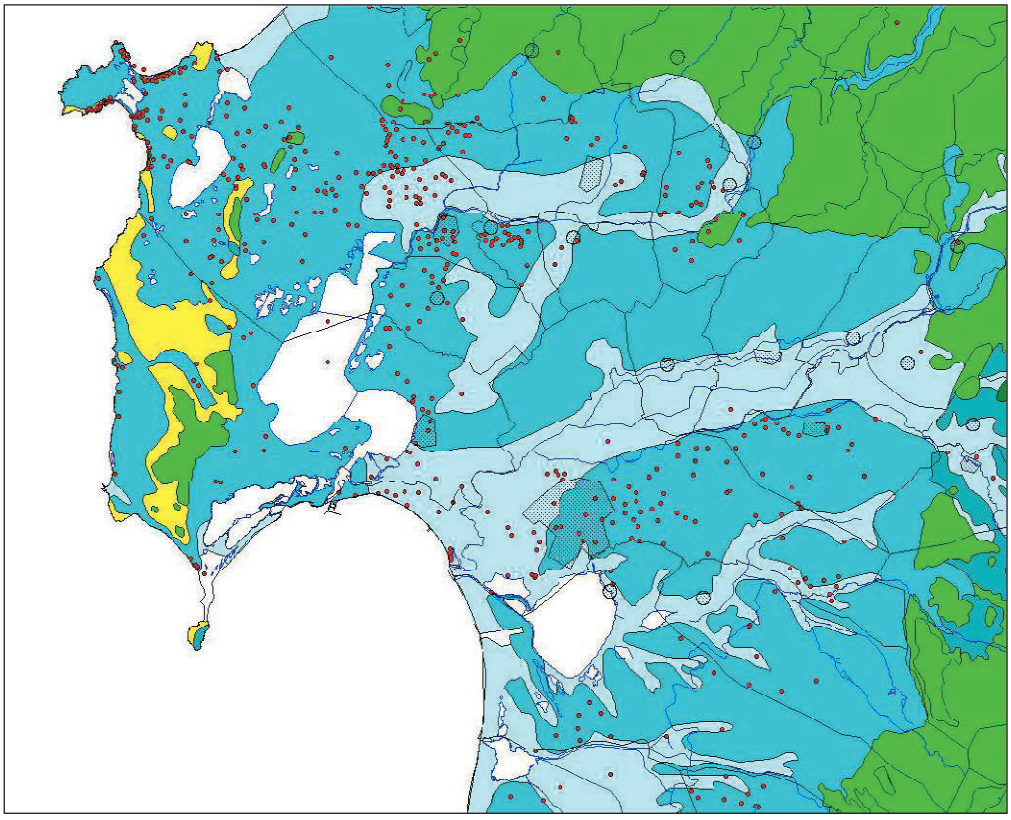
- Acquiferi freatici e semiconfinati secondari:
  Si rinvengono sul bordo settentrionale del Campidano dove affiorano i terreni alluvionali e le conoidi antiche, caratterizzati da una percentuale maggiore di componente fine, addensati e localmente ben cementati e ferrettizzati e nelle alluvioni medie. Essi presentano potenza ed estensione limitata e produttività nettamente inferiore.

- Acquiferi profondi, presumibilmente multistrato
  Si rinvengono nei livelli più francamente sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni antiche, intercalati a livelli limo-argillosi a permeabilità molto bassa. Lungo il bordo settentrionale della pianura

hanno sede nelle vulcaniti basaltiche interstratificate nelle alluvioni. Questi acquiferi sembrano essere comunicanti tra loro e localmente anche con gli acquiferi più superficiali per la discontinuità degli strati confinanti. Essi, spesso in pressione e talvolta anche artesiani, sono alimentati prevalentemente dalle acque superficiali che si infiltrano lungo i bordi della pianura in corrispondenza delle discontinuità strutturali. Essi, anche se i prelievi sono spesso elevati, non mostrano nel tempo variazioni di portata rilevanti e non risentono in maniera evidente dell'andamento delle precipitazioni.

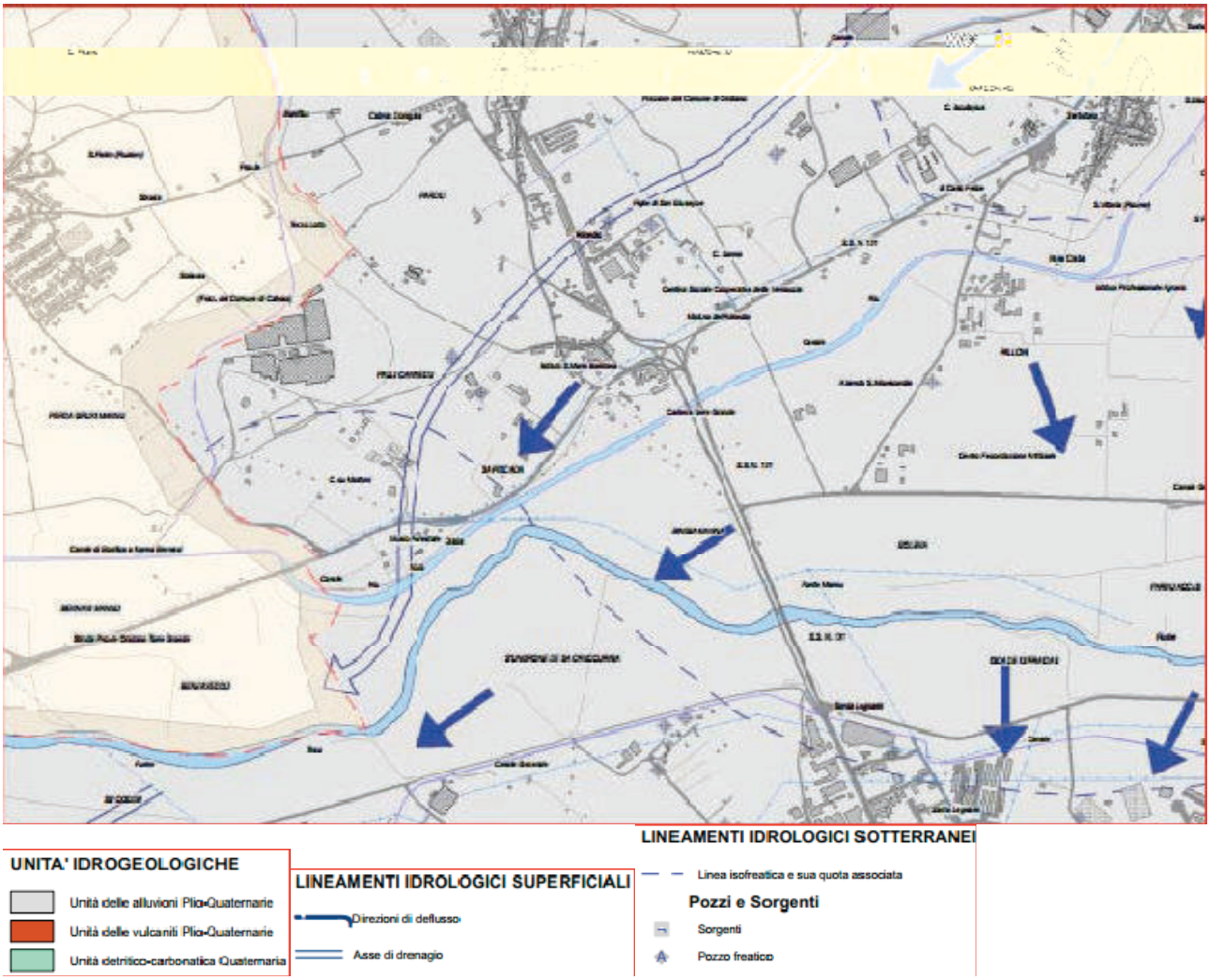


I corpi idrici sotterranei degli acquiferi sedimentari plio-quaternari (fonte RAS PGDI)



Le formazioni detritiche della fascia pedemontana e le alluvioni antiche sono rappresentate in celeste (permeabilità media per porosità), i terreni quaternari sciolti in celeste (permeabilità alta per porosità). In verde sono riportate le vulcaniti terziarie e quaternarie (permeabilità media e alta per fratturazione) mentre le formazioni carbonatiche sono in giallo (permeabilità per carsismo).

Mappa – La distribuzione della permeabilità e dei pozzi



Carta idrogeologica del settore in esame (Fonte PUC)

La profondità del livello idrostatico superficiale, ricostruito sui dati puntuali di una serie di pozzi misurati, segue generalmente l'andamento della superficie topografica arrivando localmente a dar luogo a delle depressioni con quote di circa -1.5 m rispetto al livello del mare.

In caso di perdurante siccità il livello freatico delle falde superficiali tende ad abbassarsi. A risentire di questo problema sono generalmente i pozzi a cassa, numerosi nei centri abitati. Non mostrano invece abbassamenti correlati alla siccità i pozzi trivellati.

Nella fascia costiera, in seguito alla scarsa ricarica, gli emungimenti eccessivi stanno provocando la graduale salinizzazione delle falde per effetto dell'ingressione di cunei salati e salmastri. Il fenomeno della salinizzazione è accentuato anche dal fatto che durante la stagione secca, in particolari condizioni di vento e di mare, cunei di acqua di mare, non contrastati dagli scarsi deflussi superficiali dei fiumi, possono risalire lungo gli alvei dei corsi d'acqua per parecchi chilometri dalla foce.

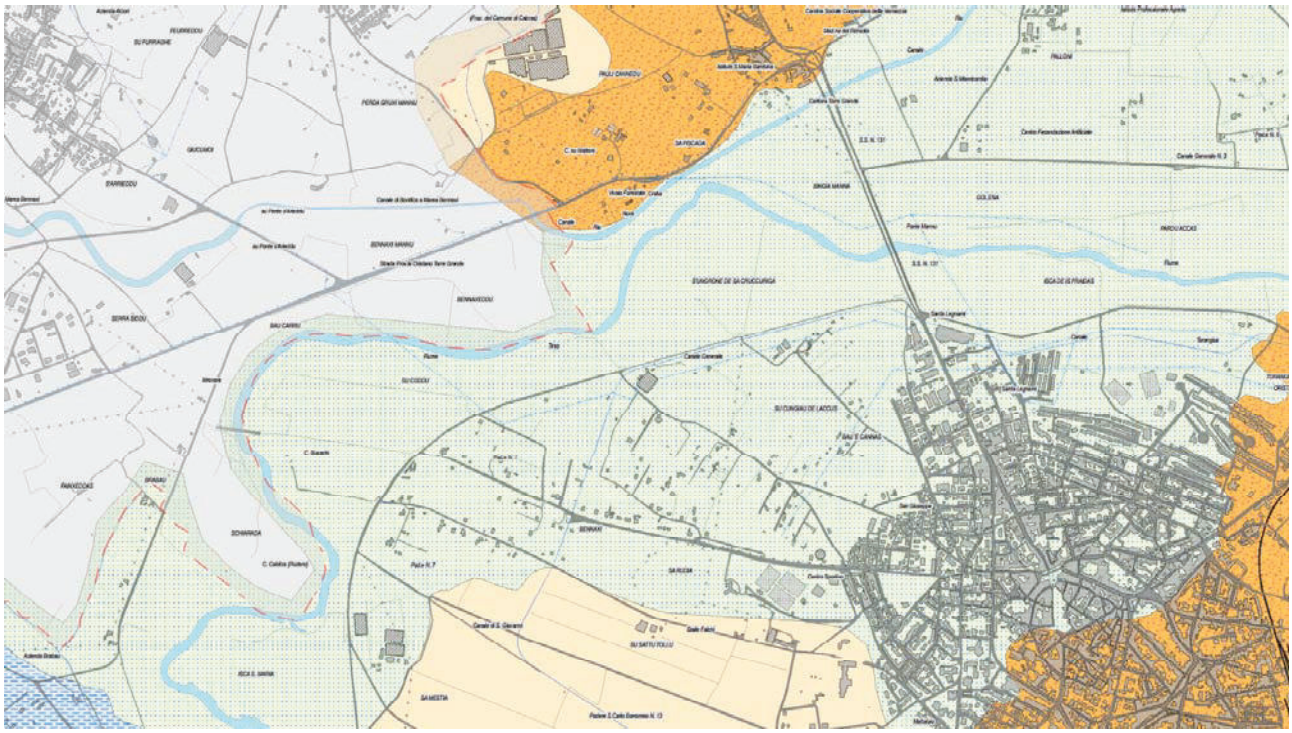
I dati acquisiti mostrano che le falde profonde confinate e semiconfinate spesso sono state messe in comunicazione tra di loro e con le falde freatiche dai numerosi pozzi perforati, rendendo tutto il sistema particolarmente vulnerabile.

Nel territorio in esame, come si evince, dalla carta idrogeologica allegata, prodotta per il PUC di Oristano, il regime delle acque sotterranee è strettamente correlato all'andamento idrologico ed idraulico del Tirso e degli altri fiumi gravitanti nell'area.

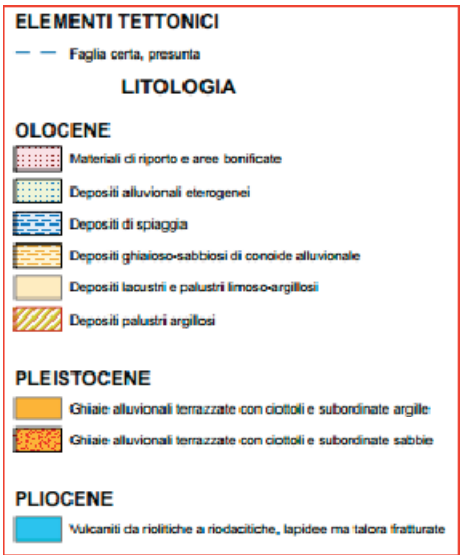
9 GEOLOGIA DELL'AREA RISTRETTA

L'area ristretta comprende le formazioni alluvionali recenti e attuali.

9.1 ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI



Carta geologica del sito (Fonte PUC)



Formano la gran parte dell'area circostante il progetto e costituiscono il substrato delle piane alluvionali dei corsi d'acqua i cui alvei sono stati sovente modificati o sistemati da opere di bonifica.

E' il caso del sistema alveale del Tirso, parzialmente incluso all'interno dell'attuale sistema di argini onde limitare la sua naturale esondazione a discapito delle aree abitate e coltivate adiacenti il suo corso attuale.

10 INTERAZIONI CON LA PERICOLOSITÀ E CONDIZIONI DI AMMISSIBILITÀ

10.1 PAI E PSFF

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.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Dopo la definizione di adeguate modalità di revisione ed approvazione, a seguito dello svolgimento delle conferenze preliminari istruttorie, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 03.09.2012 e con Delibera n.1 del 31.10.2012, ha adottato preliminarmente il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

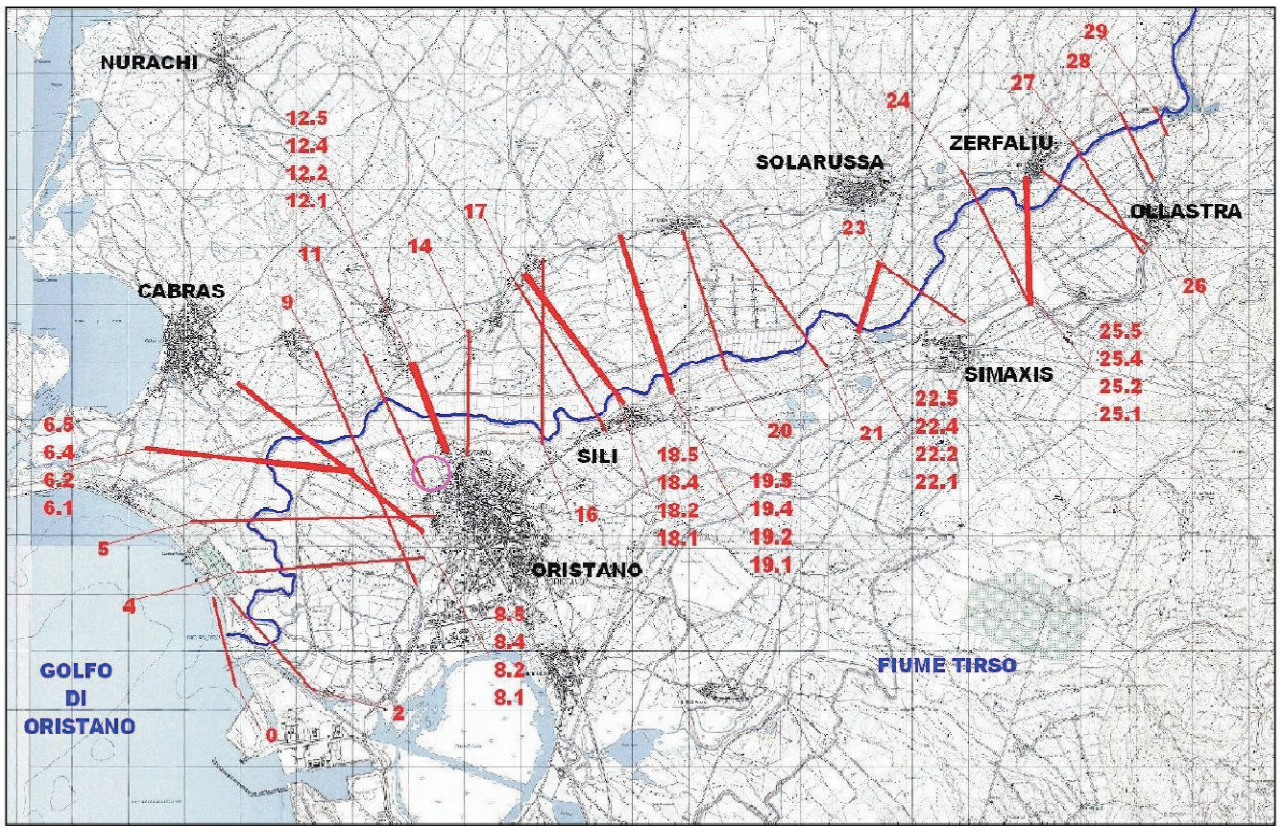


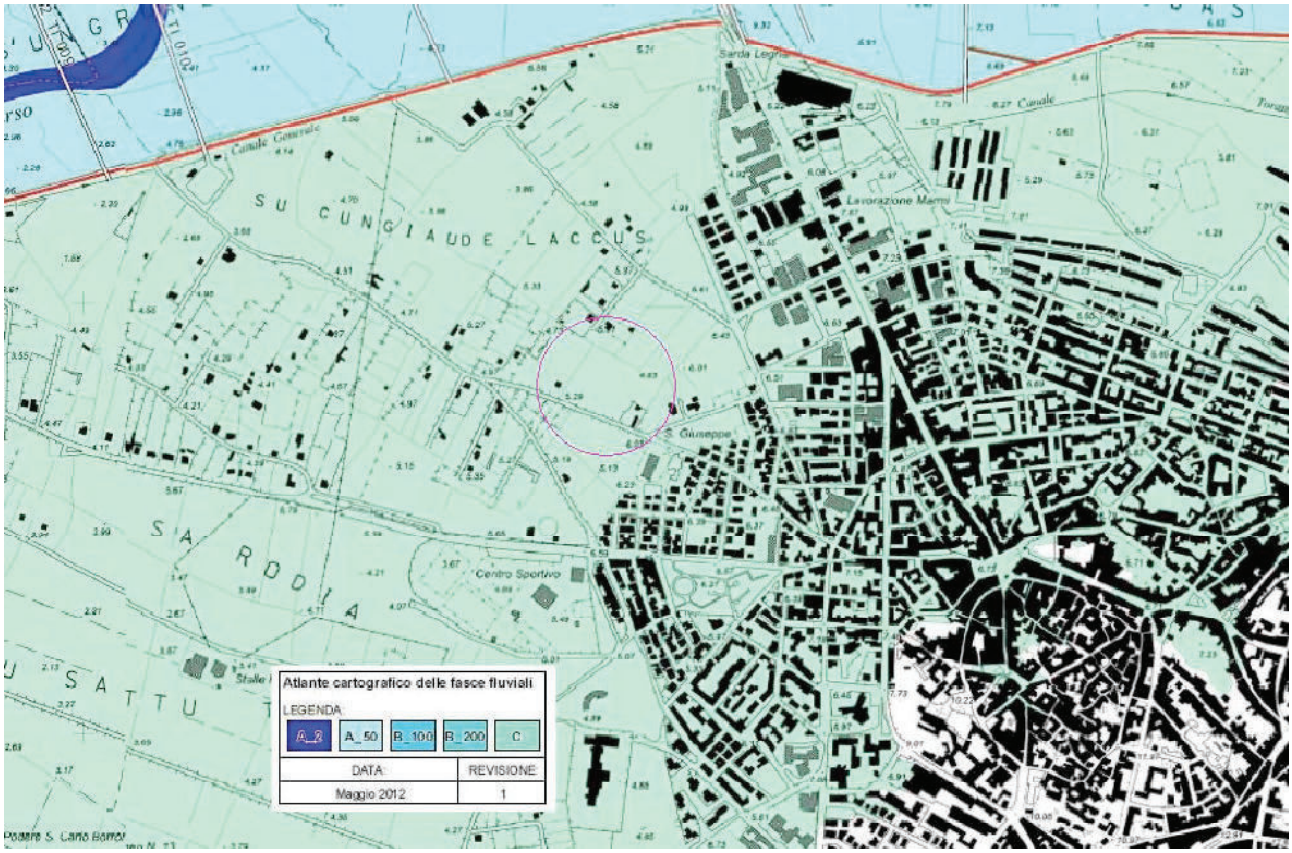
Figura 43 – Stralcio planimetrico del tratto sublacuale del fiume Tirso oggetto di studio con ubicazione delle sezioni del modello numerico.

A seguito dello svolgimento delle conferenze programmatiche, tenute nel mese di gennaio 2013, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Recentemente, sono state pubblicate le Norme di Attuazione P.A.I. coordinate con le modifiche apportate con i Decreti del Presidente della Regione n.148 del 26 ottobre 2012 e n.130 del 17 ottobre 2013.

Le modalità di approvazione del PSFF definiscono anche le modalità di valutazione dei rapporti tra le mappature di pericolosità idraulica PAI e quelle PSFF.

Il Comune di Oristano, in occasione della predisposizione degli elaborati relativi all'adeguamento del PUC al PPR e al PAI, ha operato uno studio di compatibilità ai sensi dell'Art. 8 delle N.T.A. del PAI.



Stralcio dalla tavole del PSFF che inquadra il settore in oggetto (in viola)

Successivamente, sono state pubblicate le cartografie di pericolosità idraulica del PSFF in seconda edizione, che vengono utilizzate come riferimento del presente lavoro.

Le perimetrazioni del PSFF definiscono l'area di studio con una pericolosità di livello C,, definita "morfologica" ed equiparata alla Hi1, ossia area inondabile con tempo di ritorno di 500 anni, nelle NTA del PAI

Un ulteriore elemento di esame scaturisce dalle sezioni di riferimento e dalle tabelle presenti nella predisposizione del "Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.), adottato nella versione definitiva il 20 giugno 2013.

Il piano analizza le interazioni tra il naturale deflusso delle acque di alcuni corsi d'acqua e le aree contermini ad essi, per eventi meteorici di particolare rilevanza. Conformemente a quanto già predisposto nell'ambito del PAI anche nel suddetto Piano i tempi di ritorno adottati sono 50, 100, 200, 500 anni, oltre ai due anni.

10.2 LA PERICOLOSITÀ IDRAULICA PER L'AREA INTERESSATA

Calando nel dettaglio le considerazioni derivanti dall'analisi dello Studio e dalle mappature associate, si individua, nel comparto sul quale grava l'intervento, una mappatura con grado di pericolosità C o meglio Hi1.

Nelle mappe di inquadramento delle sezioni è possibile rilevare come la sezione 11 sia posta in corrispondenza della posizione dell'intervento, indicato in mappa con una circonferenza viola.

L'analisi dei dati relativi alle altezze idriche raggiunte dall'acqua, ai vari tempi di ritorno ed alle sezioni nell'intorno della 11, si rileva che esistono 2 ipotesi, di cui una ipotizza la non tracimabilità degli argini e la seconda, la tracimabilità di questi.

Le tabelle relative all'ipotesi contemplante la tracimabilità, riportate di seguito, citano una quota idrica raggiunta dalla piena cinque centennale alla sezione 11 pari a 8 m nel caso di argini non tracimabili e piena contenuta al loro interno ed una quota di 5.15 m nel caso di tracimazione e distribuzione della portata in un'area superiore.

L'area di progetto è quindi posta a quota superiore ai 6 m s.l.m. e comunque contenuta all'interno della piena Hi1 o fascia C.

Tabella 57 - Grandezze idrauliche per il tratto sublacuale del fiume Tirso in corrispondenza della portata con T= 500 anni con lo scenario di "argini non tracimabili".

Fiume Tirso tratto sublacuale: T = 500 anni e scenario di "argini non tracimabili"										
ID Sezione [-]	Progr. [m]	Q [m³/s]	Fondo alveo [m s.m.]	h [m s.m.]	y [m]	H [m s.m.]	v [m/s]	A [m²]	b [m]	Fr [-]
12.2	10334,27	4810,00	0,43	8,47	8,04	8,74	3,11	2197,26	614,86	0,40
12.1	10313,27	4810,00	0,43	8,45	8,02	8,73	3,13	2185,32	614,70	0,40
11	9388,72	4810,00	0,31	7,81	7,50	8,00	2,42	2494,53	778,30	0,31
9	8434,76	4810,00	0,11	7,02	6,91	7,31	3,59	2189,06	714,53	0,47
8.5	7615,17	4810,00	-1,31	6,47	7,78	6,70	2,96	2530,58	869,06	0,42
8.4	7613,67	4810,00	-1,31	6,47	7,78	6,70	2,96	2529,65	869,06	0,42

Tabella 62 - Grandezze idrauliche per il tratto sublacuale modellato del fiume Tirso in corrispondenza della portata con T = 500 anni con lo scenario di "argini tracimabili".

Fiume Tirso tratto sublacuale: T = 500 anni e scenario di "argini tracimabili" – L101										
ID Sezione [-]	Progr. [m]	Q [m3/s]	Fondo alveo [m s.m.]	h [m s.m.]	y [m]	H [m s.m.]	v [m/s]	A [m2]	b [m]	Fr [-]
12.2	10334,27	4810,00	0,43	6,39	-5,96	6,52	2,86	3399,22	2580,39	0,45
12.1	10313,27	4810,00	0,43	6,36	-5,93	6,50	2,95	3313,63	2572,63	0,47
11	9388,72	4810,00	0,31	5,01	-4,70	5,15	2,56	2921,24	2759,71	0,44
9	8434,76	4810,00	0,11	4,65	-4,54	4,68	1,35	6236,04	3891,48	0,23
8.5	7615,17	4810,00	-1,31	4,41	-5,72	4,47	1,83	5289,40	4185,58	0,33
8.4	7613,67	4810,00	-1,31	4,41	-5,72	4,46	1,84	5285,81	4185,32	0,33

11 CONCLUSIONI

Per quanto descritto nella presente relazione e nelle opere di progetto, l'intervento proposto:

- relativamente alla Zona Hi1:

  - non costituisce ostacolo significativo per il deflusso delle acque;

- relativamente alle fasce di tutela dei corpi idrici superficiali:

  - è posto all'interno dell'area inondabile, ma all'esterno della fascia di tutela relativa all'arginatura.

L'**art. 75 delle NTA del PUC** cita le NTA del PAI solo relativamente alle aree a pericolosità elevata e quindi alla zona Hi2 mentre non considera lasciandole fruibili le aree Hi1.

ART. 75 - SOTTOZONA "H3" - SALVAGUARDIA AMBIENTALE, P.A.I.

Sono le aree di salvaguardia ambientale ***(elevata pericolosità*** *da PAI, di bonifica ambientale, ecc.), destinate alla funzione prioritaria di tutela. In tale sottozona trovano integrale applicazione le norme relative alla sottozona H2.*

Il progetto proposto è quindi coerente e compatibile con le NTA del PAI e del PUC.

Dott. Ing.
Davide Sechi

Dott. Geol.
Fausto Alessandro Pani

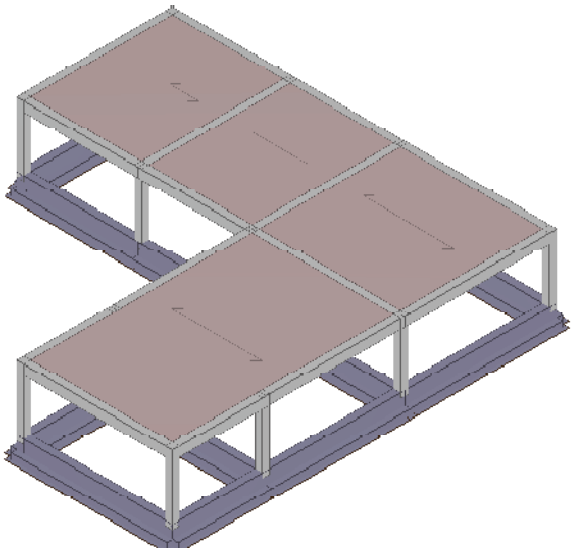
Simulazione di calcolo di un edificio (Villa tipo B)

L'edificio oggetto della relazione di calcolo si sviluppa per un piano fuori terra; la distribuzione planimetrica prevede al piano terreno un alloggio unifamiliare con struttura intelaiata con fondazioni superficiali. L'edificio non è cantinato e ha un tetto piano.

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

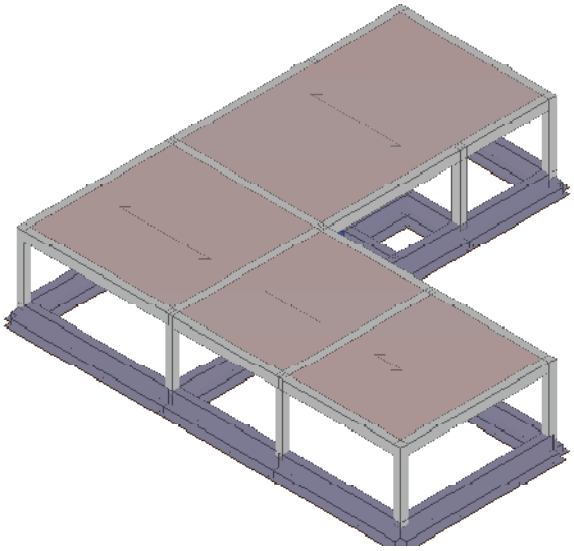
Vista Anteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (1;1;-1)



Vista Posteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (-1;-1;-1)



2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)
"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)
"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)
"Norme tecniche per le Costruzioni"

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)
"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

Eurocodice 7 – "Progettazione geotecnica" - ENV 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

3 - MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche Calcestruzzo Armato

N	γ_k	CdT	E	G	Stz	R_{ck}	R_{cm}	$\%R_{ck}$	γ_c	f_{cd}	f_{ctd}	f_{cfm}	n	n Ac
	[N/m³]	[1/°C]	[N/mm²]	[N/mm²]		[N/mm²]	[N/mm²]							
Cls C28/35_B450C - (C28/35)														
001	25 000	0,000010	32 588	13 578	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	002
Cls C25/30_B450C - (C25/30)														
003	25 000	0,000010	31 447	13 103	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA Caratteristiche Calcestruzzo Armato

N	Numero identificativo del materiale.
γ_k	Peso specifico.
CdT	Coefficiente di Dilatazione Termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Indica il 'Tipo Situazione': [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente)(tiene conto del LC/FC); [P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo);
R_{ck}	Resistenza caratteristica cubica.
R_{cm}	Resistenza media cubica.
$\%R_{ck}$	Percentuale di riduzione della R_{ck}
γ_c	Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
f_{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione.
n	Coefficiente di omogeneizzazione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche Acciaio

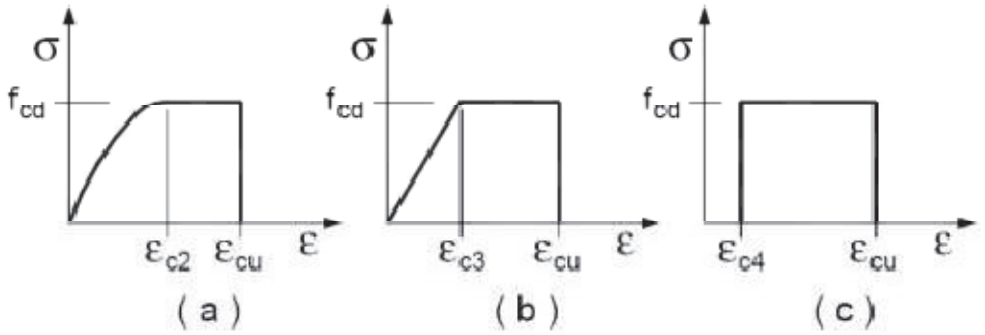
N	γ_k	CdT	E	G	Stz	$f_{yk,1}$/ $f_{yk,2}$	f_{tk}	$f_{yd,1}$/ $f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}
	[N/m^3]	[1/°C]	[N/mm^2]	[N/mm^2]	[N/mm^2]	[N/mm^2]	[N/mm^2]	[N/mm^2]	[N/mm^2]						
Acciaio B450C - (B450C)															
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-

LEGENDA Caratteristiche Acciaio

N Numero identificativo del materiale.
γ_k Peso specifico.
CdT Coefficiente di Dilatazione Termica.
E Modulo elastico normale.
G Modulo elastico tangenziale.
Stz Indica il 'Tipo Situazione' : [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente) (tiene conto del FC); [-/P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo); [-] = resistenze medie /caratteristiche del materiale.
$f_{yk,1}$ Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t <= 40 mm).
$f_{yk,2}$ Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t <= 80 mm).
f_{tk} Resistenza a Rottura (Bulloni).
$f_{yd,1}$ Resistenza di calcolo (per profili con t <= 40 mm).
$f_{yd,2}$ Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t <= 80 mm).
f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ_s Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
γ_{M1} Coefficiente di sicurezza per instabilità.
γ_{M2} Coefficiente di sicurezza per sezioni tese indebolite.
$\gamma_{M3,SLV}$ Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLV (Bulloni).
$\gamma_{M3,SLE}$ Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLE (Bulloni).
γ_{M7} Coefficiente di sicurezza precarico bulloni ad alta resistenza (Bulloni): [-] = parametro NON significativo per il materiale.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

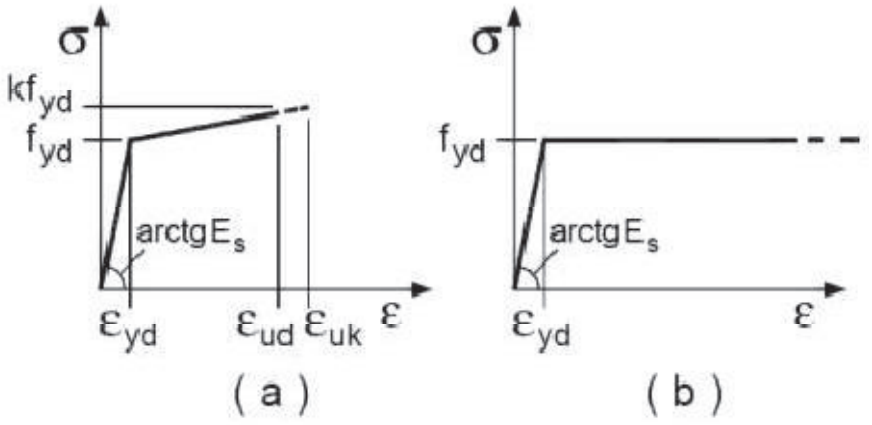
I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

La deformazione massima $\varepsilon_{c\,max}$ è assunta pari a 0.0035.

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 14 gennaio 2008; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).



La resistenza di calcolo è data da f_{yk}/γ_f. Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1.15.

4 - ANALISI DEI CARICHI

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica.
Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del **Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008** (G. U. 4 febbraio 2008, n. 29 - Suppl.Ord.) "Norme tecniche per le Costruzioni"
La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

5 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 7 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni" per le costruzioni da edificarsi in siti ricadenti in **zona 4**. In particolare si è fatto riferimento alla procedura semplificata indicata come **metodo 2** al § C7 della "Circolare 2 febbraio 2009 n. 617".

In tal caso le sollecitazioni sismiche, per tutti i ***tipi di costruzione***, ***le classi d'uso*** e per qualsiasi ***categoria di sottosuolo*** del terreno, debbono essere valutate considerando la combinazione di azioni definita nel § 3.2.4 ed applicando, in due direzioni ortogonali, un sistema di forze orizzontali calcolate assumendo uno spettro di progetto costante e pari a $S_d(T)=0,07g$.

Tale valutazione "semplificata" degli effetti del sisma sulla struttura, per i siti ricadenti in zona 4, è valida solo se "*gli orizzontamenti siano assimilabili a diaframmi rigidi, ossia ad elementi infinitamente rigidi nel loro piano*".

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum ED50:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
39.9113	8.5821	3

5.1 Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.
Il numero di modi di vibrazione considerato (15) ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	95.1
salvaguardia della vita	Y	95.3
salvaguardia della vita	Z	100.0

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1+\beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1-\beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1+\beta_{ij}^2)} \qquad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati
- ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

5.2 Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Il sisma, per i siti ricadenti in zona 4, viene convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate.

5.3 Eccentricità accidentali

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state

considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a +/- 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

6 - AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008.
I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).

I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.
Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

6.1 Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.
Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + ... \quad (1)$$

dove:

G_1	rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
G_2	rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
P	rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
Q	azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo: - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura; - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
Q_{ki}	rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$	coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 14 gennaio 2008;
ψ_{0i}	sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le 20 combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula precedente).
I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i;
Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i.

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) .$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	ψ_{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B – Uffici	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,3
Categoria H – Coperture	0,0
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0

Le verifiche strutturali e geotecniche, come definite al punto 2.6.1 del D.M. 14 gennaio 2008, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al citato punto, definito sinteticamente come (A1+M1+R3); le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 14 gennaio 2008, i valori di resistenza del terreno sono stati considerati al loro valore caratteristico (coefficienti M1 della tabella 2.6.II tutti unitari), i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per R3 nelle verifiche di tipo GEO.

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle verifiche dei "Tabulati di calcolo" in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

6.2 Stato Limite di Danno e Operatività

Per i siti ricadenti in zona 4, l'utilizzo del metodo 2 di verifica prevede solo verifiche nei confronti dello SLV, come indicato al § C7.1 della "Circolare 2 febbraio 2009 n. 617".

6.3 Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - al punto 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione rara $$F_d = \sum_{j=1}^{m}\left(G_{Kj}\right) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^{n}\left(\psi_{0i}\cdot Q_{ki}\right) + \sum_{h=1}^{l}\left(P_{kh}\right)$$

combinazione frequente $$F_d = \sum_{j=1}^{m}\left(G_{Kj}\right) + \psi_{11}\cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^{n}\left(\psi_{2i}\cdot Q_{ki}\right) + \sum_{h=1}^{l}\left(P_{kh}\right)$$

combinazione quasi permanente $$F_d = \sum_{j=1}^{m}\left(G_{Kj}\right) + \psi_{21}\cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^{n}\left(\psi_{2i}\cdot Q_{ki}\right) + \sum_{h=1}^{l}\left(P_{kh}\right)$$

dove:

- G_{kj} valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- P_{kh} valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- Q_{kl} valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q_{ki} valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- ψ_{0i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- ψ_{1i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti ψ_{0i}, ψ_{1i}, ψ_{2i} sono attribuiti i seguenti valori:

Azione	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B – Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula (1)), con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).
Negli allegati tabulati di calcolo sono riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "Quasi Permanente" (1), "Frequente" (2) e "Rara" (3).
Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

7 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

7.1 Denominazione

Nome del Software	**EdiLus**
Versione	26.00a
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	86022637
Intestatario Licenza	PORCU - SECHI ingg. Studio Associato
Produzione e Distribuzione	**ACCA software S.p.A.** Via Michelangelo Cianciulli 83048 Montella (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

7.2 Sintesi delle funzionalità generali

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

7.3 Modello di Calcolo

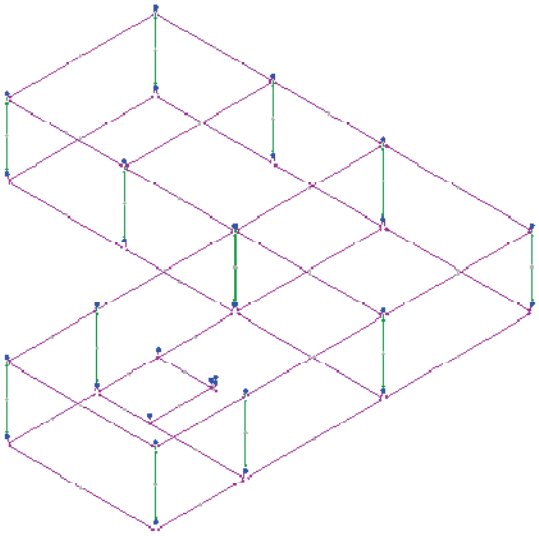
Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari

elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

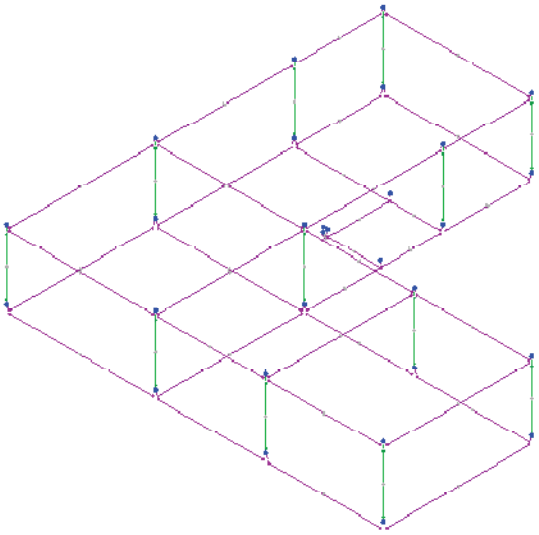
Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei tabulati di calcolo.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

Vista Anteriore



Vista Posteriore



Dalle illustrazioni precedenti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e da due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate, com'è corretto, solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

7.4 Progetto e Verifica degli elementi strutturali

Le costruzioni da edificarsi in siti ricadenti in zona 4 possono essere progettate e verificate applicando le sole regole valide per le strutture non soggette all'azione sismica alle condizioni di seguito enunciate:

- gli orizzontamenti debbono essere assimilabili a diaframmi rigidi, ossia ad elementi infinitamente rigidi nel loro piano;
- gli elementi strutturali devono rispettare le limitazioni, in termini di geometria e di quantitativi d'armatura, relative alla CD "B";
- le sollecitazioni debbono essere valutate considerando la combinazione di azioni definita nel § 3.2.4 ed applicando, in due direzioni ortogonali, un sistema di forze orizzontali calcolate assumendo uno spettro di progetto costante e pari a $S_d(T)=0,07g$ per tutte le tipologie strutturali.

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 14.01.2008, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel § 2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 14/01/2008.
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

7.4.1 Verifiche di Resistenza

Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo, in dettaglio, il procedimento seguito quando si è in presenza di pressoflessione deviata (pilastri e trave di sezione generica):

- per tutte le terne Mx, My, N, individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.10 del D.M. 14 gennaio 2008, effettuando due verifiche a pressoflessione retta con la seguente formula:

$$\left(\frac{M_{Ex}}{M_{Rx}}\right)^{\alpha}+\left(\frac{M_{Ey}}{M_{Ry}}\right)^{\alpha}\le 1$$

  dove:

  M_{Ex}, M_{Ey} sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi di flessione X ed Y del sistema di riferimento locale;

  M_{Rx}, M_{Ry} sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti allo sforzo assiale N_{Ed} valutati separatamente attorno agli assi di flessione.

  L'esponente α può dedursi in funzione della geometria della sezione, della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.

- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.10 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Sempre quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per le travi verificate/semiprogettate a pressoflessione retta:

- per tutte le coppie Mx, N, individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste coppie esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le coppie considerate.

Nei tabulati di calcolo, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna Mx, My, N, o la coppia Mx, N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti.

Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

8 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei seguenti paragrafi.

8.1 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è riassunta nella seguente tabella:

Descrizione del terreno	Q_i	Q_f	C_m	Ad	Ps	K_z	K_o	Ø	C'	C_u	Ed	VEd
	[m]	[m]			[N/m³]	[N/cm³]	[N/cm³]		[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	
Terreni fondazioni dirette												
Argilla fluviolacustre sabbiosa	-	-	-	-	17000	30	10	10	0	0.15	15	-
Q_i=Quota iniziale dello strato (Riferito alla quota iniziale della stratigrafia)												
Q_f=Quota finale dello strato (Riferito alla quota iniziale della stratigrafia)												
C_m=Comportamento dello strato												
Ad=Addensamento dello strato												
Ps=Peso specifico del terreno												
K_z=Costante di sottofondo in verticale												
K_o=Costante di sottofondo orizzontale (media aritmetica fra le costanti lungo X e lungo Y)												
Ø=Angolo di attrito interno												
C'=Coesione efficace												
C_u=Coesione												
Ed=Modulo edometrico.												
VEd=Variazione del modulo edometrico con la profondità.												

8.2 Modellazione geotecnica

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidezze offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera / terreno.

8.3 Pericolosità sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 7 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni" per le costruzioni da edificarsi in siti ricadenti in **zona 4**. In particolare si è fatto riferimento alla procedura semplificata indicata come **metodo 2** al § C7 della "Circolare 2 febbraio 2009 n. 617".

In tal caso le sollecitazioni sismiche, per tutti i ***tipi di costruzione***, ***le classi d'uso*** e per qualsiasi ***categoria di sottosuolo*** del terreno, debbono essere valutate considerando la combinazione di azioni definita nel § 3.2.4 ed applicando, in due direzioni ortogonali, un sistema di forze orizzontali calcolate assumendo uno spettro di progetto costante e pari a $S_d(T)=0,07g$.

Tale valutazione "semplificata" degli effetti del sisma sulla struttura, per i siti ricadenti in zona 4, è valida solo se "*gli orizzontamenti siano assimilabili a diaframmi rigidi, ossia ad elementi infinitamente rigidi nel loro piano*".

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum ED50:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
39.9113	8.5821	3

9 - SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE

La tipologia delle opere di fondazione sono consone alle caratteristiche meccaniche del terreno definite in base ai risultati delle indagini geognostiche.
Nel caso in esame, la struttura di fondazione è costituita da:

- fondazioni dirette

10 - VERIFICHE DI SICUREZZA

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche di sicurezza sono state condotte, con riferimento all'**Approccio 2** (Combinazione **A1+M1+R3**), sulla base delle tipologie di fondazioni descritte nel paragrafo precedente.

Le azioni sono ottenute, applicando ai valori caratteristici delle stesse, i coefficienti parziali γ_F di cui nella tabella 6.2.I delle NTC 2008, che vengono di seguito riportati.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	A1 (STR)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1.0
	Sfavorevole		1.3
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0
	Sfavorevole		1.5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0
	Sfavorevole		1.5

Il valore di progetto della resistenza R_d è determinato in modo analitico con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M, specificato nella tabella 6.2.II delle NTC 2008, e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specifici per ciascun tipo di opera. Utilizzando l'approccio 2, i coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici del terreno relativi alla colonna M1 sono tutti unitari.

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito elencate le metodologie ed i modelli usati per il calcolo del carico limite ed i risultati di tale calcolo.

10.1 Carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{\lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q + \frac{1}{2} \cdot B \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma$$

in cui:

c = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

q = $\gamma \times D$ = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

γ = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;
D = profondità del piano di posa della fondazione;
B = dimensione caratteristica della fondazione, che corrisponde alla larghezza della suola;
L = Lunghezza della fondazione;

γ_f = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;
s, d, i, g, b, ψ = coefficienti correttivi.

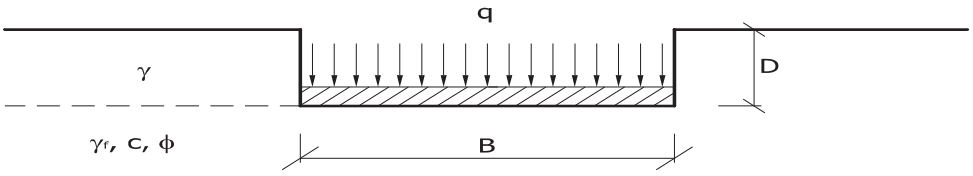
NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot e_B$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L$$

dove:

e_B = eccentricità parallela al lato di dimensione B;
e_L = eccentricità parallela al lato di dimensione L
con B'≤L'.



Calcolo dei fattori N_c, N_q, N_γ

Terreni puramente coesivi (c≠0, ϕ=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, ϕ≠0)
$N_c = 2 + \pi$	$N_c = (N_q - 1)\cot\phi$
$N_q = 1$	$N_q = k_p \cdot e^{\pi \tan\phi}$
$N_\gamma = 0$ se $\omega = 0$ $N_\gamma = -2\sin\omega$ se $\omega \neq 0$	$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$

dove:

$k_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$ è il coefficiente di spinta passiva di Rankine;

ϕ = angolo di attrito del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

ω = angolo di inclinazione del piano campagna.

Calcolo dei fattori di forma s_c, s_q, s_γ

Terreni puramente coesivi	Terreni dotati di attrito e coesione

(c≠0, ϕ=0)	(c≠0, ϕ≠0)
$s_c = 1 + \frac{B'}{(2+\pi)L'}$	$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B'}{L'}$
$s_q = 1$	$s_q = 1 + \frac{B'}{L'}\tan\phi$
$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B'}{L'}$

con B'/L'<1.

Calcolo dei fattori di profondità del piano di posa d_c, d_q, d_γ

Si definisce il seguente parametro:

$$k = \frac{D}{B} \qquad \text{se} \qquad \frac{D}{B} \le 1;$$

$$k = \operatorname{arctg}\frac{D}{B} \qquad \text{se} \qquad \frac{D}{B} > 1.$$

Terreni puramente coesivi (c≠0, ϕ=0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, ϕ≠0)
$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$	$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$d_q = 1$	$d_q = 1 + 2\tan\phi\,(1 - \sin\phi)^2 \cdot k$
$d_\gamma = 1$	$d_\gamma = 1$

Calcolo dei fattori di inclinazione del carico i_c, i_q, i_γ

Si definisce il seguente parametro:

$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$ se la forza H è parallela alla direzione trasversale della fondazione

$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$ se la forza H è parallela alla direzione longitudinale della fondazione

$m = m_\theta = m_L \cos^2\theta + m_B \sin^2\theta$ se la forza H forma un angolo θ con la direzione longitudinale della fondazione

Terreni coesivi (c≠0, ϕ=0)	**Terreni incoerenti** (c=0, ϕ≠0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, ϕ≠0)
$i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{c \cdot N_c \cdot B \cdot L}$	$i_c = 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$i_q = 1$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^m$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot\phi}\right)^m$
$i_\gamma = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m+1}$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot\phi}\right)^{m+1}$

dove:

H = componente orizzontale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione;
V = componente verticale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione.

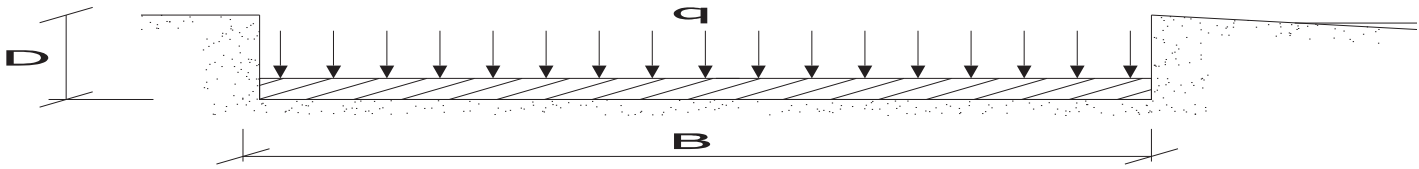
Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di campagna b_c, b_q, b_γ

Indicando con ω la pendenza del piano campagna, si ha:

Terreni puramente coesivi (c≠0, ϕ=0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, ϕ≠0)
$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \omega}{(2+\pi)}$	$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$b_q = (1 - \tan\omega)^2 \cos\omega$	$b_q = (1 - \tan\omega)^2 \cos\omega$
$b_\gamma = \frac{b_q}{\cos\omega}$	$b_\gamma = \frac{b_q}{\cos\omega}$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$\omega < \phi \; ; \qquad \omega < 45°$$



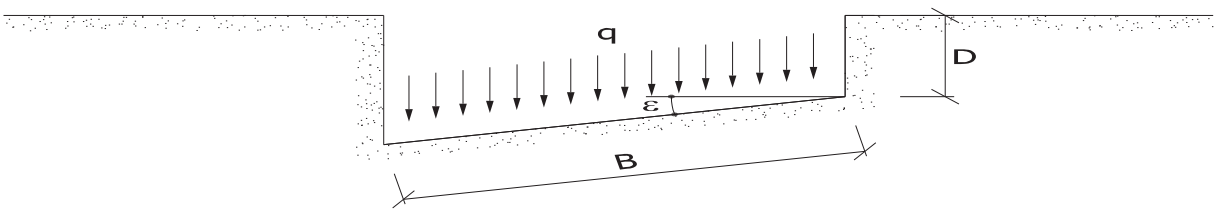
Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di posa g_c, g_q, g_γ

Indicando con ε la pendenza del piano di posa della fondazione, si ha:

Terreni puramente coesivi (c≠0, ϕ=0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, ϕ≠0)
$g_c = 1 - \frac{2 \cdot \varepsilon}{(2+\pi)}$	$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$g_q = 1$	$g_q = (1 - \varepsilon \cdot \tan\phi)^2$
$g_\gamma = 1$	$g_\gamma = (1 - \varepsilon \cdot tan\,\phi)^2$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$\varepsilon < 45°$$



Calcolo dei fattori di riduzione per rottura a punzonamento ψ_c, ψ_q, ψ_γ

Si definisce l'*indice di rigidezza* del terreno come:

$$I_r = \frac{G}{c + \sigma \cdot \tan\phi}$$

dove:

$G = \frac{E}{2(1+\upsilon)}$ = modulo d'elasticità tangenziale del terreno;

E= modulo elastico del terreno. Nei calcoli è utilizzato il modulo edometrico;

ν = modulo di Poisson. Sia in condizioni non drenate che drenate è assunto pari a 0.5, a vantaggio di sicurezza;

σ= tensione litostatica alla profondità D+B/2.

La rottura a punzonamento si verifica quando i coefficienti di punzonamento ψ_c, ψ_q, ψ_γ sono inferiori all'unità; ciò accade quando l'indice di rigidezza I_r si mantiene inferiore al valore critico:

$$I_r < I_{r,crit} = \frac{1}{2} exp\left\{\left(3.3 - 0.45\frac{B'}{L'}\right)\cot\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)\right\}$$

Terreni puramente coesivi (c≠0, ϕ=0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, ϕ≠0)
$\psi_c = 0.32 + 0.12\frac{B'}{L'} + 0.6 \cdot \mathrm{Log}(I_r)$	$\psi_c = \psi_q - \frac{1-\psi_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$\psi_q = 1$	$\psi_q = exp\left\{\left(0.66\frac{B'}{L'} - 4.4\right)\tan\phi + \frac{3.07 \cdot \sin\phi \cdot \mathrm{Log}(2I_r)}{1+\sin\phi}\right\}$
$\psi_\gamma = 1$	$\psi_\gamma = \psi_q$

Calcolo del carico limite in condizioni non drenate

L'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni totale*, diventa:

$$q_{\lim} = (2+\pi)c_u \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q + \frac{1}{2}\gamma_{sat} \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

c_u = coesione non drenata;

γ_{sat} = peso unità di volume del terreno in condizioni di saturazione.

N.B: Nel calcolo in condizioni non drenate (situazione molto rara per un terreno incoerente) si assume, sempre e comunque, che l'angolo di attrito ϕ sia nullo (ϕ=0).

10.2 Fattori correttivi al carico limite in presenza di sisma

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (**effetto cinematico**) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (**effetto inerziale**).
Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati $\mathbf{K_{hi}}$ e $\mathbf{K_{hk}}$, il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.
La formula generale del carico limite si modifica nel seguente modo:

$$q_{\lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q \cdot z_q + \frac{1}{2}B \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

in cui, oltre ai termini già precedentemente indicati, si sono introdotti i seguenti termini:

z_c, z_q, z_γ = coefficienti correttivi dovuti all'effetto inerziale;
c_γ = coefficiente correttivo dovuto all'effetto cinematico.

Calcolo del fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico cγ

L'effetto cinematico modifica il solo coefficiente $N\gamma$ in funzione del coefficiente sismico K_{hk}, valutabile con i riferimenti normativi specificati per i pendii (circolare esplicativa § C 7.11.5.3.1). In tal modo è possibile esprimere il K_{hk} (§ 7.11.3.5.2, NTC 2008) come:

$$k_{hk} = \beta_s \frac{S_S \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
g = accelerazione di gravità;
S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
S_T = coefficiente di amplificazione topografica;
a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 7.11.I del DM 14/01/2008:

Tab. 7.11.I – DM 14/01/2008

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
A	**B,C,D,E**	
β_s	β_s	
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Il fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico $\mathbf{c_\gamma}$ è stato, pertanto, determinato con la seguente relazione:

Terreni puramente coesivi (c≠0, ϕ=0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, ϕ≠0)
$c_\gamma=1$	$c_\gamma = \left(1-\frac{k_{hk}}{tg\phi}\right)^{0.45}$ se $\frac{k_{hk}}{tg\phi}$ <1, altrimenti $c_\gamma=0$

Calcolo dei fattori correttivi dovuti all'effetto inerziale z_c, z_q, z_γ

L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite in funzione del coefficiente sismico K_{hi}.

Tali effetti correttivi vengono valutati con la teoria di **Paolucci - Pecker** attraverso le seguenti relazioni:

Terreni puramente coesivi (c≠0, ϕ=0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, ϕ≠0)
$z_c=z_q=z_\gamma=1$	$z_c = 1-0.32\cdot k_{hi}$ se z_c >0, altrimenti $z_c=0$ $z_\gamma = z_q = \left(1-\frac{k_{hi}}{tg\phi}\right)^{0.35}$ se $\frac{k_{hk}}{tg\phi}$ <1, altrimenti $z_\gamma = z_q=0$

dove:

K_{hi} è ricavato dallo spettro di progetto allo SLV attraverso la relazione:

$$k_{hi} = \frac{S_S \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

i cui termini sono stati precedentemente precisati.

Si fa notare che il coefficiente sismico K_{hi} coincide con l'ordinata dello spettro di progetto allo SLV per T =0 ed è indipendente dalle combinazioni di carico.

Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa relativa alla verifica dello stato limite di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.
Si precisa che il valore relativo alla colonna $Q_{d,Rd}$, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza R_d, ossia il rapporto fra il carico limite Q_{lim} (calcolato come sopra esposto) ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza γ_R relativo alla capacità portante del complesso terreno-fondazione. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza γ_R, come indicato nella tabella 6.4.I delle NTC 2008, è stato assunto pari a:

$$\gamma_R = 2.3.$$

Si precisa che, nella sottostante tabella:

- la coppia Q_{Max} e $Q_{d,Rd}$ è relativa alla combinazione di carico, fra tutte quelle esaminate, che da luogo al minimo coefficiente di sicurezza (CS);
- nelle colonne "***per N_q***, ***per N_c*** e ***per N_γ***", relative ai "***Coef. Cor. Terzaghi***", viene riportato il prodotto tra i vari coefficienti correttivi presenti nell'espressione generale del carico limite. Ad esempio si è posto:

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_q = s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \psi_q \cdot z_q$$
$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_c = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \psi_c \cdot z_c$$
$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_\gamma = s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \psi_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

VERIFICHE PER CARICO LIMITE SU FONDAZIONI DIRETTE

Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	CS	Dimensioni e orientazione			Prof	Falda	Comp. Terreno	Coef. Cor. Terzaghi			Coef. Calc. Terzaghi			QMax	Qd, Rd	Intrv
		X	Y	Rtz				per N_q	per N_c	per N_γ	per N_q	per N_c	per N_γ			
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]	
Trave 11-12	9,54	3,89	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,21	0,00	1,00	5,14	0,00	0,043	0,410	NO
Trave 10-11	11,66	6,01	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,39	0,00	1,00	5,14	0,00	0,041	0,474	NO
Trave 9-10	11,84	6,44	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,39	0,00	1,00	5,14	0,00	0,040	0,474	NO
Trave 8-12	14,43	6,44	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,18	0,00	1,00	5,14	0,00	0,028	0,400	NO
Trave 7-8	9,92	3,89	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,21	0,00	1,00	5,14	0,00	0,041	0,409	NO
Trave 1b-7	5,54	2,67	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,59	0,00	1,00	5,14	0,00	0,097	0,539	NO
Trave 5-6	13,85	6,45	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,39	0,00	1,00	5,14	0,00	0,034	0,474	NO
Trave 5-9	11,15	6,44	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,18	0,00	1,00	5,14	0,00	0,036	0,400	NO
Trave 3-5	9,12	4,78	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,41	0,00	1,00	5,14	0,00	0,053	0,479	NO
Trave 1-3	9,39	5,12	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,41	0,00	1,00	5,14	0,00	0,051	0,479	NO
Trave 1-2	14,68	6,44	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,39	0,00	1,00	5,14	0,00	0,032	0,473	NO
Trave 4-6	7,69	4,79	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,20	0,00	1,00	5,14	0,00	0,052	0,404	NO
Trave 2-4	9,30	5,11	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,41	0,00	1,00	5,14	0,00	0,052	0,479	NO
Trave 4b-11	7,89	4,15	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,28	0,00	1,00	5,14	0,00	0,055	0,432	NO
Trave 6-10	11,50	6,44	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,18	0,00	1,00	5,14	0,00	0,035	0,400	NO
Trave 3b-4b	22,7	2,68	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,24	0,00	1,00	5,14	0,00	0,01	0,41	NO

Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	CS	Dimensioni e orientazione			Prof	Falda	Comp. Terreno	Coef. Cor. Terzaghi			Coef. Calc. Terzaghi			QMax	Qd,Rd	Intrv
		X	Y	Rtz				per N_q	per N_c	per N_γ	per N_q	per N_c	per N_γ			
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm^2]	[N/mm^2]	
Trave 3b-5b	837,05	0,19	1,10	0,00	0,40	-	Coesivo	1,00	1,18	0,00	1,00	5,14	0,00	80,011	70,400	NO
Trave 2b-3b	43,94	0,20	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,39	0,00	1,00	5,14	0,00	0,011	0,474	NO
Trave 1b-3b	19,78	2,29	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,47	0,00	1,00	5,14	0,00	0,025	0,500	NO
Trave 7-4b	5,81	2,29	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,58	0,00	1,00	5,14	0,00	0,093	0,538	NO
Trave 6-1b	7,32	3,32	1,10	0,00	0,95	-	Coesivo	1,00	1,49	0,00	1,00	5,14	0,00	0,069	0,507	NO

LEGENDA - Verifiche per Carico Limite su fondazioni dirette

Descrizione	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza [NS] = Non significativo.
Dimensioni	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
Prof	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Falda	Profondità di falda sotto l'elemento di fondazione dal piano campagna.
Comp. Terreno	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
Coef. Cor. Terzaghi	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Coef. Calc. Terzaghi	Coefficienti di calcolo per la formula di Terzaghi.
QMax	Carico Massimo di Progetto allo SLU.
Qd,Rd	Resistenza di progetto del terreno.
Intrv	[SI] = nodo con presenza di rinforzo; [NO] = nodo senza rinforzo.

Oristano, 02/10/2014

Il Progettista

(ing. Gianni Porcu)