

UFFICIO DEL PIANO
COORDINATORE
PROGETTISTA
Arch. Gianfranco Sanna

PROGETTISTA
Arch. Giovanni Maria Filindeu

ARCHEOLOGIA
Dott. Consuelo Cossu
Dott. Elisabetta Garau

PAESAGGI AGRARI
Agr. Giampiero Cotzia

GEOLOGIA
Dott. Geol. Andrea Serreli

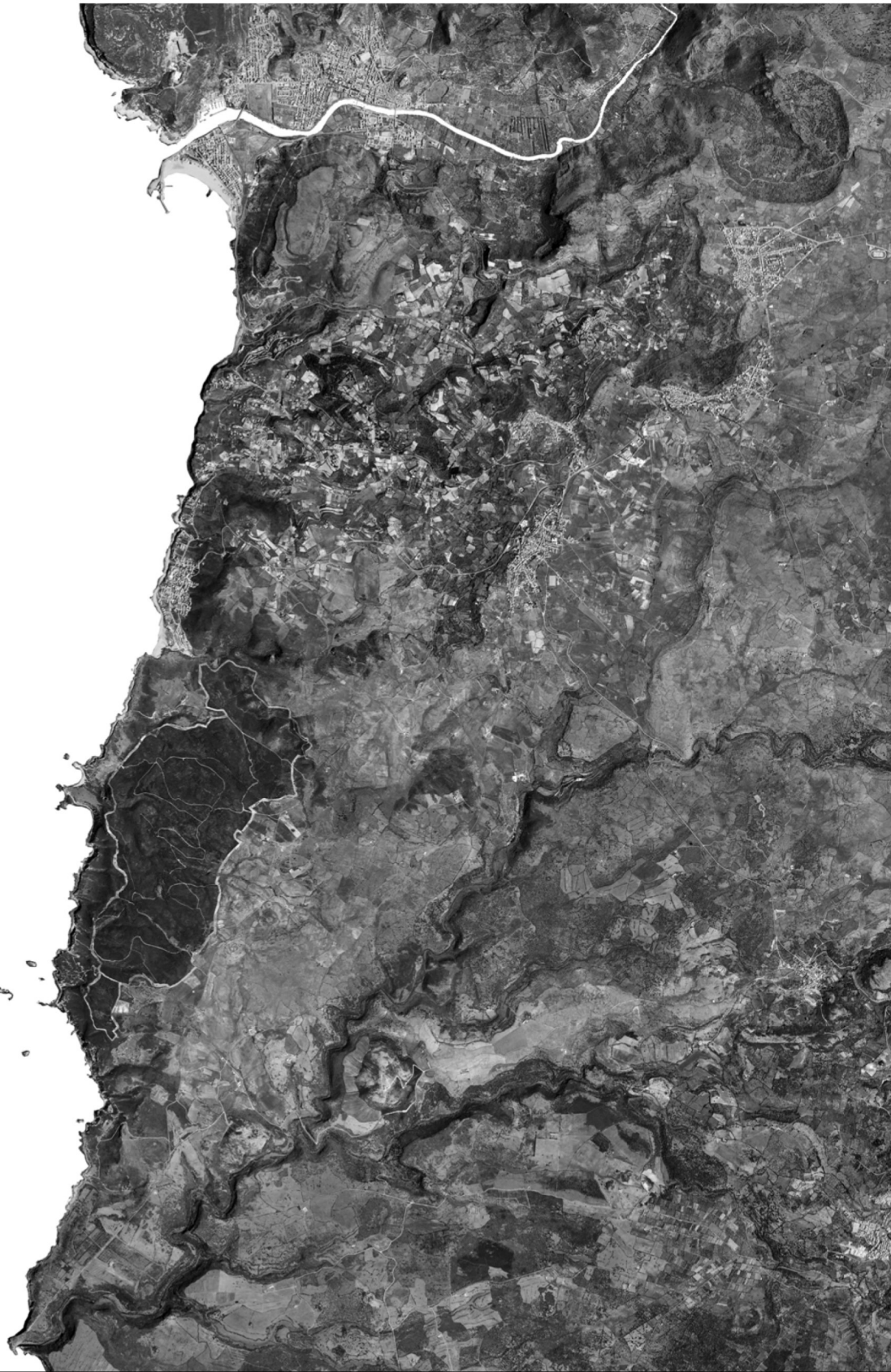
PREVISIONI SOCIO-DEMOGRAFICHE
Ing. Cristian Cannaos, Ing. Giuseppe Onnis

VALUTAZIONE AMBIENTALE
Arch. Gianfranco Sanna

IDRAULICA
Ing. Saverio Liberatore

SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI
Dott. Geol. Andrea Serreli

COLLABORATORI
Dott. Pian. Luca Antonio Serusi



RESPONSABILE DEL SERVIZIO | Geom. Fabrizio Pintori

PROVINCIA DI ORISTANO

COMUNE DI TRESNURAGHES

ADEGUAMENTO DEL PUC AL PPR

RELAZIONE GEOLOGICA



SOMMARIO

1	Premessa	2
2	Obiettivi e metodologie	3
2.1	Il dataset dell'assetto ambientale geologico	3
2.2	L'area di studio.....	4
2.3	Inquadramento cartografico	6
3	Inquadramento climatico	6
3.1	Analisi delle precipitazioni.....	7
3.2	Analisi delle temperature	7
3.3	Confronto precipitazioni - temperature.....	8
3.4	Analisi della evapotraspirazione	9
4	La Carta geologica	11
5	La Carta delle pendenze	22
5.1	Il dataset della pendenza	22
6	La Carta geologico tecnica	24
7	La Carta geomorfologica	25
7.1	Metodologia del rilevamento	26
7.2	Rappresentazioni cartografiche	28
7.3	Caratteristiche del reticolo idrografico.....	33
7.4	Assetto e processi geomorfologici	34
8	La Carta idrogeologica	45
8.1	Metodologia	45
9	Carta della pericolosità da frana	47
9.1	Disciplina delle aree a pericolosità da frana	48
10	Conclusioni, indirizzi e prescrizioni per la pianificazione territoriale e la gestione del territorio	48



1 Premessa

A seguito dell'entrata in vigore del Piano Paesaggistico Regionale (PPR), disposta con la pubblicazione sul BURAS n°30 - 8 settembre 2006 del Decreto del Presidente della Regione 7 settembre 2006 n°82, che sancisce la Delibera della Giunta Regionale n°36/7 del 5 settembre 2006, in base a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del PPR all'art. 107 – Adeguamento della disciplina urbanistica comunale, l'Amministrazione comunale di Tresnuraghes ha provveduto ad avviare l'iter procedurale per l'adeguamento del Piano Urbanistico Comunale (PUC).

In quest'ambito l'Amministrazione comunale di Tresnuraghes ha conferito specifico incarico di prestazione professionale allo scrivente, Dott. Geol. Andrea Serreli, per la redazione degli studi inerenti il riordino delle conoscenze dell'assetto ambientale, così come definito dalle Norme Tecniche di Attuazione del PPR al TITOLO I – Assetto ambientale ed in conformità alle indicazioni fornite dalla Regione Autonoma della Sardegna nel documento "Linee Guida per l'Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI Prima Fase - Il riordino delle conoscenze" (aggiornamento 2008), con particolare riferimento all'ambiente geologico e geomorfologico, nonché della pericolosità idrogeologica per la redazione degli studi inerenti la compatibilità geologica e geotecnica e la compatibilità idraulica delle scelte di PUC, ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna (PAI), (aggiornamento 2008), art 8 – Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso delle aree di costa, comma 2 e in conformità con quanto indicato alle "Linee Guida – Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" allegate al PAI ed in conformità alle indicazioni fornite dalla Regione Autonoma della Sardegna nel documento "Linee Guida per l'Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI - Prima Fase - Il riordino delle conoscenze" (aggiornamento 2008).

Il presente documento illustra e descrive le procedure adottate ed i risultati ottenuti a riguardo della ricostruzione dell'assetto ambientale geologico e geomorfologico, nonché a riguardo della definizione e zonazione della pericolosità da frana nell'ambito territoriale comunale.

In relazione a quest'ultimo aspetto, per gli approfondimenti di contenuto e metodo, si rimanda integralmente allo "Studio della pericolosità e del rischio idrogeologico - Art.8 comma 2 NTA PAI", redatto dallo scrivente Dott. Andrea Serreli e dall'Ing. Saverio Liberatore.

Allegati alla presente relazione illustrativa:

Cartografia in formato digitale .pdf su supporto DVD:

- Tav. A1 - Carta geologica
- Tav. A2 - Carta delle pendenze
- Tav. A3 - Carta geologico tecnica
- Tav. A4 - Carta geomorfologica
- Tav. A5 - Carta idrogeologica

Dati geografici digitali su supporto DVD:

- Poligono del territorio comunale estratto dal DBGT della RAS (shape file) nome file: Limite comunale
- Elementi areali della geologia (shape file) nome file: Geologia areali



- Elementi areali della geologia tecnica (shape file) nome file: Geologico tecnica
- Elementi areali della geomorfologia (shape file) nome file: Geomorfologia areali
- Elementi lineari della geomorfologia (shape file) nome file: Geomorfologia lineari
- Elementi puntuali della geomorfologia (shape file) nome file: Geomorfologia puntuali
- Elementi areali della geomorfologia substrato (shape file) nome file: Geomorfologia substrato
- Elementi areali della idrogeologia (shape file) nome file: Unità idrogeologiche
- Elementi lineari superficiali della idrogeologia (shape file) nome file: Idrogeologia superficiali lineari
- Elementi puntuali superficiali della idrogeologia (shape file) nome file: Idrogeologia superficiali puntuali
- Elementi puntuali sotterranei della idrogeologia (shape file) nome file: Idrogeologia sotterranei puntuali
- Elementi lineari della idrografia (shape file) nome file: Reticolo idrografico
- Elementi areali della pericolosità da frana (shape file) nome file: Pericolo frana
- Raster passo 10 metri del DTM (grid) nome file: DTM10k
- Raster passo 10 metri delle pendenze (grid) nome file: SLOPE10k

Cartografia in formato cartaceo:

- Tav. A1 - Carta geologica
- Tav. A2 - Carta delle pendenze
- Tav. A3 - Carta geologico tecnica
- Tav. A4 - Carta geomorfologica
- Tav. A5 - Carta idrogeologica

2 Obiettivi e metodologie

2.1 Il dataset dell'assetto ambientale geologico

Come accennato in premessa, lo scopo principale del presente lavoro è quello di fornire un sistema di informazioni in grado di riordinare e portare a compimento il composito quadro delle conoscenze territoriali per quanto riguarda gli aspetti ambientali di carattere geologico e geomorfologico e di pericolosità idrogeologica, offrendo uno strumento conoscitivo essenziale, capace di supportare efficacemente il progetto complessivo del PUC e in grado di porsi in maniera trasparente non solo come base di valutazione delle trasformazioni o modificazioni territoriali previste, ma anche come punto di riferimento per il monitoraggio e la valutazione degli strumenti attuativi della pianificazione territoriale.

La complessità delle informazioni territoriali, nella fattispecie strettamente legate all'assetto geologico, necessita, sia nella fase di realizzazione del quadro conoscitivo e sia nella fase gestionale delle informazioni, di un supporto informatico che superi le limitazioni degli strumenti tecnici adatti alla sola rappresentazione e alla mera restituzione delle informazioni in formato cartaceo.

In quest'ottica e secondo quanto indicato nelle Norme Tecniche di Attuazione del PPR al comma 2 dell'art. 108 – Quadro delle conoscenze territoriali, le informazioni che costituiscono la base conoscitiva dell'assetto ambientale geologico e geomorfologico, sono state opportunamente elaborate ed archiviate in un dataset geografico, secondo le specifiche dettate dalle "Linee Guida per l'Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI Prima Fase - Il riordino delle



conoscenze”, integrato con gli altri dati che costituiscono il database geografico comunale, pertanto gestibile attraverso un Sistema Informativo Territoriale e tecnologie GIS.

In questo modo il dataset geografico dell’assetto ambientale geologico e geomorfologico risulta essere il supporto imprescindibile su cui basare le analisi per l’individuazione delle valenze paesaggistiche-ambientali a scala comunale e integrazione fondamentale a supporto delle scelte degli indirizzi di governo del territorio. In questa logica e grazie alla qualità e alla completezza che contraddistinguono le informazioni che lo costituiscono, il dataset dell’assetto ambientale geologico non deve essere visto esclusivamente come un contenitore di informazioni, ma come elemento costituente e integrante del database geografico comunale, attraverso il quale studiare in maniera integrata e coordinata le valenze ambientali, le misure di salvaguardia e tutela, ma anche le relazioni e le interferenze con altri elementi costituenti del paesaggio, nell’ottica di predisporre un sistema di conoscenza aperto e continuamente implementabile nel tempo e uno strumento per il monitoraggio e le valutazioni di compatibilità delle trasformazioni che l’Amministrazione comunale intenderà apportare al territorio.

In accordo con quanto prescritto nelle “Linee Guida per l’Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI Prima Fase - Il riordino delle conoscenze”, il dataset dell’assetto ambientale geologico contiene tutte le necessarie informazioni per la redazione della cartografia di base o comunque di quella cartografia tematica di analisi, di base e/o derivata, che caratterizza la conoscenza minimale estesa all’intero territorio comunale e predisposta per la stampa in scala 1:10000.

Oltre a questa cartografia tematica di analisi, di base e/o derivata, all’interno del dataset dell’assetto ambientale geologico sono archiviate anche tutte le necessarie informazioni utili e indispensabili per redigere la cartografia tematica di sintesi derivata e di sintesi settoriale.

È evidente che attraverso le informazioni presenti all’interno del dataset dell’assetto ambientale, a seguito dell’analitica interpretazione, della critica lettura, della specifica competenza scientifica e delle opportune elaborazioni informatiche, sarà possibile derivare quelle ulteriori informazioni di sintesi settoriale con cui riconoscere i beni e le componenti paesaggistiche ambientali, già individuati nella cartografia in scala 1:25000 del PPR e specificati nelle Norme Tecniche di Attuazione del PPR – Sezione II – Indice per beni e componenti - “Guida alla lettura delle Norme Tecniche di Attuazione: Indice per Beni e Componenti”, Allegato 2, Allegato 2.1 e Allegato 2.3, al fine di inquadrarli alla scala locale secondo le modalità indicate nell’Allegato A1 delle “Linee Guida per l’Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI Prima Fase - Il riordino delle conoscenze”.

In sostanza le attività di studio necessarie e indispensabili per l’approfondimento alla scala comunale delle tematiche inquadrate nel PPR, si concretizzano nella ricostruzione della struttura fisica, abiotica del territorio, anche come supporto per giungere alla complessa valutazione degli aspetti ambientali legati alla pericolosità idrogeologica.

Il dataset dell’assetto ambientale geologico, in accordo con quanto stabilito per il database geografico comunale ed anche con quanto predisposto nel Sistema Informativo Territoriale Regionale (SITR) è stato sviluppato utilizzando il sistema di coordinate di riferimento UTM – WGS84 fuso 32.

2.2 L’area di studio

Nell’ambito degli studi inerenti la ricostruzione dell’assetto ambientale geologico del PUC, l’area di studio coincide con la delimitazione del territorio comunale, così come derivata dal DBGT della RAS (www.sardegna.geoportale.it).



si rimanda integralmente al Cap.2 dello “Studio della pericolosità e del rischio idrogeologico - Art.8 comma 2 NTA PAI” – PARTE GEOLOGICA E GEOTECNICA, redatto dallo scrivente Dott. Andrea Serreli e dall’Ing. Saverio Liberatore.

Il territorio comunale di Tresnuraghes si estende su una superficie di circa 31,58 Km² e confina con il Comune di Cuglieri a Sud-Est con il Comune di Magomadas a Nord e con i Comuni di Sennariolo e Flussio a Est, il confine occidentale è costituito dalla costa marina.

All’interno del territorio comunale, la quota massima (308 m) si individua presso N.ghe Andula, al confine Nord-orientale con il territorio del Comune di Magomadas; mentre la quota minima (0.00 m) si individua presso la costa. Dall’analisi del DTM emerge che la quota media del territorio comunale è pari a circa 153 m e che la superficie territoriale è ubicata in eguali percentuali a quota superiore e inferiore a quella media; ne deriva che il territorio del Comune di Tresnuraghes, seppur non caratterizzato da rilievi importanti è generalmente caratterizzato da territori collinari sopraelevati sul livello del mare anche nel territorio costiero.

A corredo dell’analisi delle caratteristiche generali morfometriche, oltre alla distribuzione delle altimetrie, l’analisi sul territorio comunale è stata condotta anche per la distribuzione delle pendenze dei versanti. Emerge che la pendenza media del territorio comunale è pari a circa 15.8% (9°), la pendenza massima, interpolata su una superficie di 100 mq, è pari a circa 247% (68°) e si individua sulla falesia in prossimità di Torre Foghe; mentre la pendenza minima, interpolata su una superficie di 100 mq, si individua evidentemente nelle aree pianeggianti, quindi nelle aree vallive delle piane alluvionali, ma anche in zone genericamente orizzontali distribuite lungo i tavolati basaltici. Dall’analisi complessiva emerge che circa l’8% del territorio comunale è caratterizzato da valori di pendenza maggiori del 40% (NTA PPR - art. 31. Aree a forte acclività) e che circa il 2.4% è caratterizzato da valori di pendenza maggiori del 60% (Vincolo Idrogeologico - RDL 3267/1923). In definitiva appare che il territorio comunale di Tresnuraghes sia fortemente contraddistinto da un aspetto collinare e pianeggiante, con rilievi tabulari elevati sul livello del mare.

Il territorio di Tresnuraghes si caratterizza per la presenza di due aree urbanizzate: la più estesa e urbanisticamente consistente è quella dell’abitato di Tresnuraghes, ubicata nel settore Nord-orientale del territorio comunale e che si contraddistingue dalla borgata di Porto Alabe ubicata nei pressi della costa a prevalente utilizzo turistico stagionale.

Dall’esame della Carta dell’uso del suolo emerge che le aree urbanizzate, caratterizzate da tessuto urbano continuo, rado e nucleiforme, occupano circa il 3% della superficie comunale, la restante superficie comunale è caratterizzata per circa il 50% da territori soggetti a usi di tipo agricolo e per circa il 47% da territori boschivi e ambienti seminaturali.

2.3 Inquadramento cartografico

Le rappresentazioni cartografiche dei tematismi di base e di quelli derivati sono realizzate utilizzando come supporto di riferimento topografico la C.T.R. numerica e restituite in scala 1:10000.

Le sezioni della C.T.R. numerica utilizzate per la rappresentazione cartografica sono: 497100, 497110, 497140, 497150, 514020 e 514030.

3 Inquadramento climatico

All’interno del territorio del Comune di Tresnuraghes è presente una sola stazione termopluviometrica, ubicata nel centro

abitato, ai dati climatici registrati da questa stazione si fa riferimento per ricostruire le caratteristiche della piovosità e della temperatura del territorio in studio.

Non sono state incluse nell'analisi climatologica altre stazioni meteorologiche presenti nei territori circostanti in quanto non si ritiene siano significative per rappresentare i caratteri climatici di un territorio costiero (stazione di Cuglieri) oppure perché le serie di dati incomplete non sarebbero di integrazione all'analisi (stazione di Bosa).

I dati termopluviometrici utilizzati sono quelli del Servizio idrografico della RAS e anche se le serie di misurazioni non sono continue si ritiene che possano essere rappresentative dei dati medi climatici della zona studiata.

Nome Stazione	Tipo stazione	Coordinata X GaussBoaga	Coordinata Y GaussBoaga	Quota s.l.m. (m)
Tresnuraghes	TP	1459590	4456380	263

Tabella 3-1 – Ubicazione geografica della stazione di Tresnuraghes.

3.1 Analisi delle precipitazioni

Dall'analisi dei dati pluviometrici scaturiscono i valori medi mensili delle altezze di pioggia misurate in mm riassunti nel grafico di Figura 3-1.

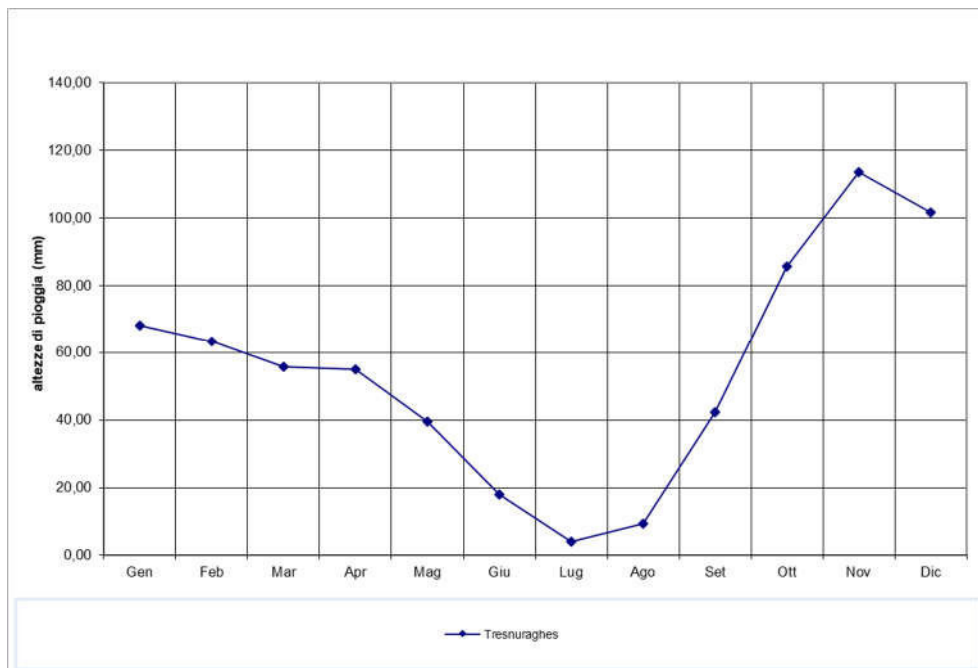


Figura 3-1 –Grafico delle altezze di pioggia medie mensili (mm) per la stazione di Tresnuraghes.

Si osserva un andamento del regime pluviometrico in cui le precipitazioni sul territorio comunale di Tresnuraghes avvengono con regolarità, manifestandosi prevalentemente durante gli ultimi e i primi mesi dell'anno e mostrando generalmente i massimi medi mensili nel mese di Novembre.

Di contro si nota che le precipitazioni sono praticamente nulle nel periodo estivo che appare strettamente siccitoso.

3.2 Analisi delle temperature

All'analisi delle precipitazioni si affianca la valutazione dell'andamento termometrico per la stazione di Tresnuraghes,

malgrado la scarsità e la discontinuità dei dati.

Dall'analisi dei dati termometrici scaturiscono i valori medi mensili delle temperature in °C riassunti nel grafico di Figura 3-2.

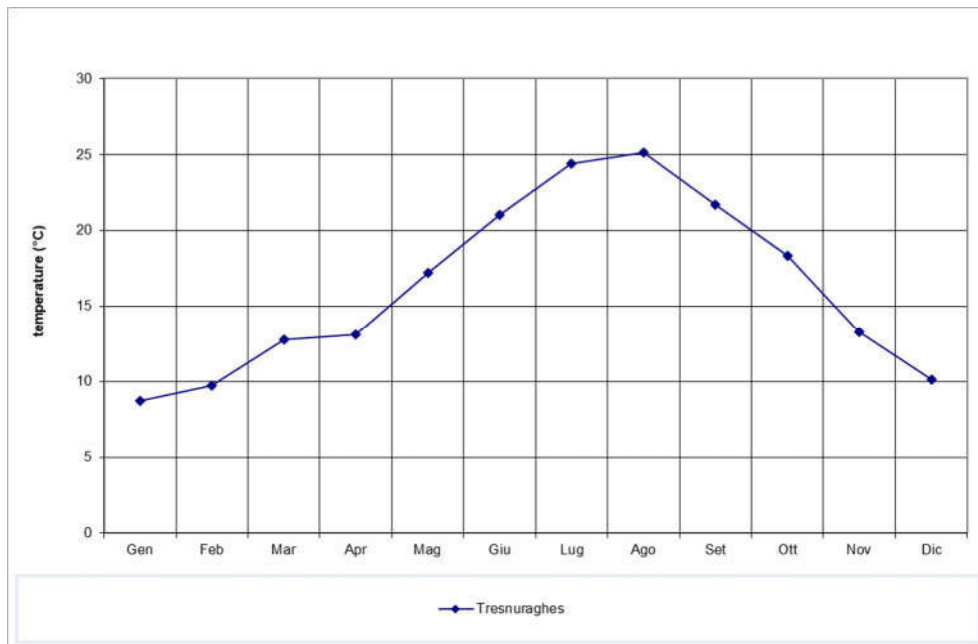


Figura 3-2 – Grafico delle temperature medie mensili (°C) per la stazione di Tresnuraghes.

3.3 Confronto precipitazioni - temperature

Sulla base dei dati precedentemente definiti e attraverso una serie di elaborazioni operate su fogli di calcolo elettronico, vengono messe a confronto le precipitazioni e le temperature medie mensili per la stazione considerata.

Viene così realizzato il seguente grafico che indica il rapporto esistente tra l'andamento medio mensile delle precipitazioni e l'andamento medio mensile della temperatura, utili per una lettura comparata dei parametri climatici medi di base per la valutazione e l'inquadramento climatico della zona in cui ricade la stazione.

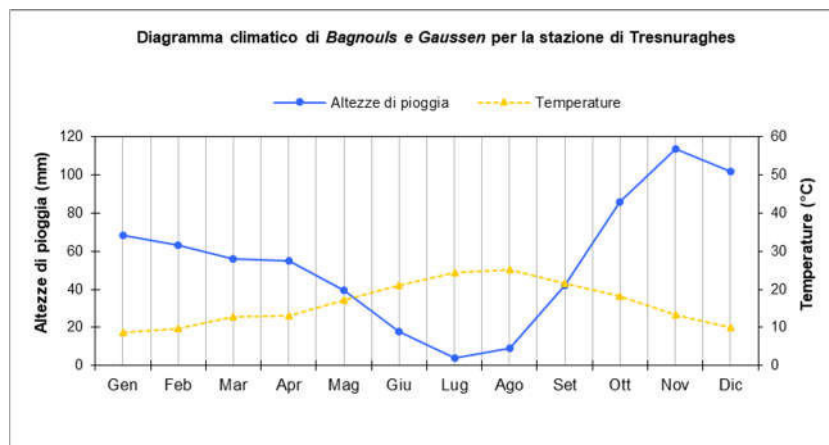


Figura 3-3 – Diagramma climatico a linee ed indicatori relativo al confronto tra le precipitazioni medie mensili e le temperature medie mensili della stazione di Tresnuraghes.

Come si può osservare nel grafico di Figura 3-3 si evince chiaramente che durante il periodo tardo primaverile ed estivo, da maggio a settembre, si verifica un decremento pressoché totale della precipitazione contro un aumento notevole delle



temperature rispetto al valore medio annuale delle stesse.

Ne consegue che proprio in questo periodo si verificano forti processi di evapotraspirazione ed il clima in generale appare fortemente arido e siccitoso. Inoltre si deve notare come proprio il periodo successivo al forte disseccamento estivo sia caratterizzato dai massimi pluviometrici medi mensili, con i massimi pluviometrici medi che vengono raggiunti nei mesi di novembre e dicembre.

3.4 Analisi della evapotraspirazione

Al fine di valutare la quantità d'acqua, intesa come altezza di pioggia media annua percentuale che può potenzialmente evaporare in atmosfera e quindi definire un parametro idrogeologico importante per la comprensione della fenomenologia climatica che caratterizza il territorio comunale di Tresnuraghes, viene calcolata l'evapotraspirazione reale.

Si può calcolare l'evapotraspirazione reale applicando le formule di *Coutagne (1956)*, di *Turc (1954)*.

La formula di *Coutagne* presuppone la conoscenza dell'altezza totale delle precipitazioni (m/anno) riferita ad un numero di anni statisticamente significativo e della temperatura media dell'aria (°C) relativa allo stesso periodo:

$$E_r = P - \lambda P^2$$

dove:

$$\lambda = 1/(0.8 + 0.14T)$$

La formula di *Turc* presuppone la conoscenza dell'altezza totale delle precipitazioni (mm/anno) riferita ad un numero di anni statisticamente significativo e della temperatura media dell'aria T (°C) relativa allo stesso periodo:

$$E_r = P/[0.9 + (P^2/L^2)]^{1/2}$$

dove L rappresenta il potere evaporante dell'atmosfera e risulta:

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

Al fine poi di tener conto dell'umidità dell'aria che influisce sul potere evaporante dell'atmosfera è necessario correggere le temperature in funzione delle precipitazioni medie mensili, si ottiene la seguente espressione per il potere evaporante dell'atmosfera:

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

dove con T_p viene indicata la temperatura fittizia media annua (°C) corretta in funzione di P:

$$T_p = \sum P_i \cdot T_i / P$$

dove:

P_i sono le precipitazioni medie mensili calcolate su un numero di anni statisticamente significativo,

T_i sono temperature medie mensili relative allo stesso periodo statisticamente significativo,

P è l'altezza di pioggia media del periodo di riferimento statisticamente significativo.

	Tresnuraghes
T_p (°C)	13.8

Tabella 3-2 – Temperatura fittizia media annua (°C), ottenuta tramite il metodo di correzione proposto da *Turc*.

Applicando il metodo di *Coutagne* e quello di *Turc*, considerando sia i valori di temperatura non corretti sia quelli corretti, si ottengono i valori di evapotraspirazione reale riassunti nelle seguenti tabelle:

Coutagne	Apporti Pluviometrici Totale medie mensili (m/a)	Temperatura media annua (°C)	Perdite per evapotraspirazione reale (mm/a)	Perdite per evapotraspirazione reale %
Stazione	P	T	Er	Er
Tresnuraghes	0.657	16.28	516.6	78.7%

Tabella 3-3 – Fattori di calcolo e valori della evapotraspirazione reale media annua secondo il metodo proposto da *Coutagne* (1956), l'evapotraspirazione reale viene indicata come altezza di pioggia e come percentuale sul totale degli apporti pluviometrici medi annui.

Turc	Apporti Pluviometrici Totale medie mensili (mm/a)	Temperatura media annua (°C)	Perdite per evapotraspirazione reale (mm/a)	Perdite per evapotraspirazione reale %
Stazioni	P	T	Er	Er
Tresnuraghes	656.61	16.28	553.7	84.3%

Tabella 3-4 – Fattori di calcolo e valori della evapotraspirazione reale media annua secondo il metodo proposto da *Turc* (1954), l'evapotraspirazione reale viene indicata come altezza di pioggia e come percentuale sul totale degli apporti pluviometrici medi annui.

Turc (corretto)	Apporti Pluviometrici Totale medie mensili (mm/a)	Temperatura media annua (°C)	Perdite per evapotraspirazione reale (mm/a)	Perdite per evapotraspirazione reale %
Stazioni	P	T	Er	Er
Tresnuraghes	656.61	13.80	524.5	79.9%

Tabella 3-5 – Fattori di calcolo e valori della evapotraspirazione reale media annua secondo il metodo proposto da *Turc* (1954), corretto attraverso l'utilizzo dei valori di temperatura fittizia media annua, l'evapotraspirazione reale viene indicata come altezza di pioggia e come percentuale sul totale degli apporti pluviometrici medi annui.

Come si può osservare dai dati riassunti nelle tabelle, i vari metodi di calcolo utilizzati portano a valori di evapotraspirazione reale media annua differenti anche se sostanzialmente simili; tralasciando il metodo di *Coutagne* e ragionando sui risultati ottenuti con il metodo di *Turc*, si evince che i valori ottenuti con questi metodi di calcolo presentano piccole differenze, che comunque sono indicative delle influenze climatiche degli apporti di pioggia, che in una zona piuttosto che in un'altra del territorio comunale, caratterizzano l'assetto microclimatico.

Utilizzando i risultati dei calcoli corretti per mezzo dei valori di temperatura fittizia media annua si ottengono valori inferiori a quelli delle formule non corrette, climaticamente e matematicamente logico in quanto i valori delle temperature risultano inferiori, in definitiva, nell'ambito della presente analisi, si ritiene, in linea con le indicazioni del Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna (SAR), di considerare per il presente studio i valori derivanti dai calcoli eseguiti secondo il metodo di *Turc*.

È importante notare come sia effettivamente elevato il grado di evapotraspirazione reale, infatti, risulta che più o meno l'80% degli apporti pluviometrici vengano persi per mezzo del fenomeno di evapotraspirazione.

4 La Carta geologica

Le indagini per la caratterizzazione geologica dell'area in studio sono state effettuate attraverso la ricerca bibliografica e cartografica ufficiale (Carta geologica della Sardegna scala 1:250000, Foglio 205 – 206 Capo Mannu-Macomer della Carta Geologica d'Italia scala 1:100000 e Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000), cartografia geologica elaborata nell'ambito del PUC, altra cartografia geologica e geomorfologica da progetti e studi scientifici, analisi foto-geologiche e sopralluoghi in campo.

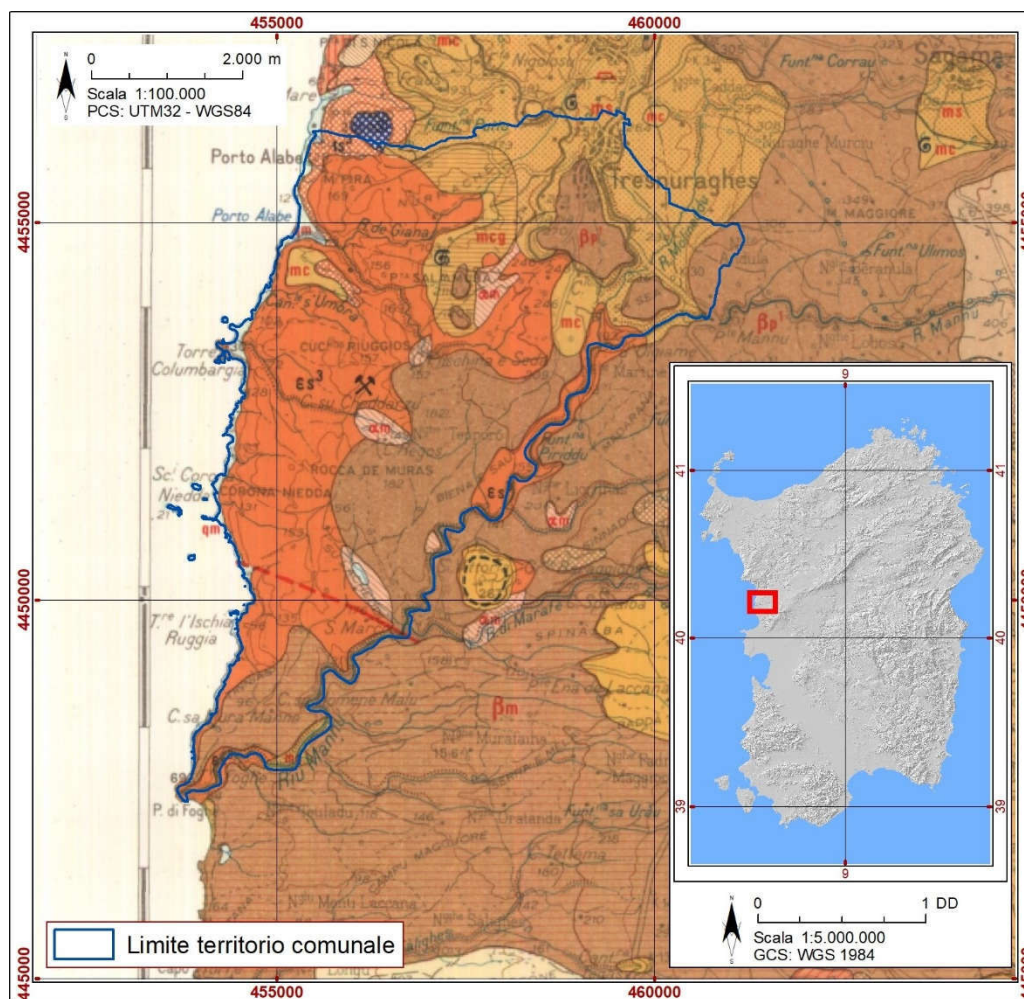


Figura 4-1 – Stralcio Fogli 205-206 Capo Mannu-Macomer della Carta Geologica d'Italia scala 1:100000.

Come si osserva nella Figura 4-1 il settore in studio è strutturato sulle litologie del Ciclo vulcanico oligo-miocenico rappresentato dai termini superiori della "Formazione andesitoide superiore" (andesitoide sup. Auct) rappresentata da: am – andesiti talora brecciformi e conglomeratiche (S. Caterina, Sennariolo) e dai termini superiori della "Formazione ignimbratica superiore" (trachitoide sup. Auct) secondo la seguente stratigrafia: ts³ – tufi riolitici; es³ – rioliti massivi o stratoidi, vetrosi o anauxitici, localmente calcedoniosi o caolinizzati; Si – Formazioni calcedoniose spesso policrome. Le vulcaniti oligo-mioceniche sono sormontate dai sedimenti marini del Miocene medio: mcg – Arenarie grossolane e conglomerati con elementi prevalentemente vulcanici; talora mineralizzati a Mn; ms – Arenarie, arenarie calcaree, arenarie marnose e marno-arenacee fossilifere; mc – Calcari organogeni, calcari detritici più o meno arenacei sempre fossiliferi (Langhiano – Serravalliano). Il Quaternario nel Foglio 205 – 206 è rappresentato da sedimentazioni marine e di ambiente di transizione: qm – "Panchina"



litoranea fossilifera del Tirreniano, talora con sovrastanti arenarie eoliche Würmiane e da vulcaniti del Ciclo vulcanico Plio-quadernario appartenenti al Complesso del Montiferru: β_m – Basalti debolmente alcalini a fenocristalli plagioclasici.

Rilievi di dettaglio ed aggiornamenti della cartografia geologica consentono di differenziare con maggiore precisione quanto distinto nella cartografia consultata.

Ad ogni modo, l'assetto geologico generale mette in evidenza che la struttura geologica che caratterizza il territorio esaminato è strettamente legata agli episodi vulcanici e tettonici che hanno caratterizzato la dinamica crostale dall'Oligocene al Miocene medio, con la rotazione del blocco Sardo-Corso e le eruzioni del complesso vulcanico del Montiferru.

Il complesso vulcanico del Montiferru si è evoluto all'intersezione di tre sistemi di faglie a carattere regionale di direzione N-NW – S-SE (Graben del Campidano), NE – SW ed E-NE – W-SW (Catena del Marghine), e N – S (Fossa Sarda). In termini schematici, gli eventi geologici che hanno contribuito alla costruzione dell'edificio vulcanico riguardano la messa in posto di prodotti del vulcanismo alcalinico "pre-Serravaliano" legato alla dinamica collisionale conseguente alla rotazione del blocco sardo-corso. Questa attività eruttiva è responsabile della messa in posto di vulcaniti a chimismo prevalentemente riolitico-andesitico appartenenti alle Formazioni "trachitoidi" inferiore e superiore e alle Formazioni "andesitoidi".

A seguito della messa in posto dell'edificio vulcanico oligo-miocenico, durante la complessa evoluzione tettonica e sedimentaria del Rift sardo, nel corso del Miocene medio, una fase trasgressiva marina determina la deposizione di sedimenti arenaceo conglomeratici e calcarenitici, attribuiti al Miocene medio e superiore.

Nel Pliocene la Sardegna è interessata da nuova attività tettonica e vulcanica correlata a trasgressioni e regressioni marine che, in particolare nell'area del Sinis, a Sud del territorio in esame, hanno lasciato testimonianze importanti di sedimentazione marina e continentale, rispettivamente nel Pliocene inferiore e nel Pliocene medio.

I prodotti vulcanici pliocenici sono rappresentati da lave basaltiche a carattere alcalino, messe in posto in concomitanza con una fase tettonica a carattere distensivo che in modo differenziale ha generato sollevamenti e abbassamenti relativi, con conseguente sviluppo di processi deposizionali sia di ambiente marino e sia di ambiente continentale; nell'ambito studiato non si ha traccia di depositi continentali o marini del Pliocene.

I prodotti della sedimentazione del Quaternario pre-olocenico, rappresentati da arenarie di spiaggia ed arenarie eoliche del Pleistocene superiore, sono invece estesamente diffusi lungo tutto il territorio costiero dell'area di studio, da Noesola a Nord fino a P.ta di Foghe a Sud. Questi depositi rivestono particolare importanza sia per l'interesse stratigrafico e sia per il ruolo che hanno rivestito e tuttora rivestono come fattore condizionante i processi di morfogenesi della costa.

Come detto, questi sedimenti di ambiente marino-transizionale rappresentano una completa successione stratigrafica che, in sovrapposizioni alterne di arenarie eoliche pre-tirreniane, arenarie marine e di spiaggia del Tirreniano (Pleistocene superiore), arenarie eoliche e colluvi detritico-arenacei post-tirreniani, raggiunge spessori superiori ai 50 metri ed è ben riconoscibile anche nell'entroterra in facies di sedimenti eolici della parte sommitale della successione, questi possono osservarsi anche oltre i 500 metri dalla linea di costa attuale.

La successione sedimentaria pre-olocenica è di fatto caratterizzata da depositi di ambiente di spiaggia e di ambiente continentale di deposizione eolica, la completa esposizione del complesso eolico nella falesia, consente di osservare che questi sedimenti poggiano sui depositi di ambiente transizionale e marino (spiaggia) o direttamente sul basamento costituito



dalle vulcaniti del Cenozoico. La successione completa presenta alla base una arenaria di spiaggia con intercalati livelli conglomeratici, localmente, sovrapposti a queste arenarie di spiaggia, si rinvengono banchi di calcari bioermali con abbondante componente detritica bioclastica e litica, fossiliferi, i livelli sovrapposti sono rappresentati ancora da sedimenti di spiaggia a stratificazione piano parallela e incrociata passanti a più franchi depositi eolici con intercalati depositi detritico colluviali, talvolta conformati in canali, poco addensati e pedogenizzati. La cementazione dei sedimenti è maggiore nelle arenarie di ambiente di spiaggia emersa e sommersa mentre è scarsa o inesistente nei sedimenti eolici e colluviali che caratterizzano la parte più alta.

I depositi eolici terminano verso l'alto con una morfologia sub-pianeggiante che conforma un versante a morfologia concava, debolmente inclinata verso mare, che si raccorda, verso monte, ai rilievi maggiormente acclivi strutturati sulle rocce vulcaniche.

L'intera successione sedimentaria rappresenta il ciclo eustatico del Tirreniano (Marine Isotopic Stage 5 – MIS 5) e le prime fasi della regressione marina del Pleistocene superiore al passaggio tra le condizioni climatiche globali interglaciali e glaciali.

I depositi olocenici sono rappresentati dalle spiagge attuali, dai depositi di versante, dai depositi di frana, dalle coperture colluviali e pedologiche e da limitati depositi alluvionali.

In ordine geocronologico le varie differenziazioni litologiche vengono di seguito brevemente descritte come rappresentate nella Carta geologica:

SUCCESSIONI VULCANO-SEDIMENTARIE TERZIARIE

SUCCESSIONE VULCANO-SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA

COMPLESSO VULCANICO OLIGO-MIOCENICO DELLA SARDEGNA CENTRO-SETTENTRIONALE

DISTRETTO VULCANICO DEL MONTIFERRU

UNITÀ DI MONTE OLIA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo rioclitico, prevalentemente a struttura eutaxitica, con locale alterazione epitermale da propilitica ad argillica (18 Ma). (OIA) OLIGOCENE SUP.. Queste rocce affiorano limitatamente nell'area di studio, in particolare però caratterizzano la valle incisa del Riu Mannu.

DISTRETTO VULCANICO DI CAPO MARARGIU

UNITÀ DI FUNTANA SU LACHEDDU. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Px, Am; in cupole di ristagno interessate da incipiente alterazione idrotermale. (LCD) BURDIGALIANO. Anche queste rocce affiorano limitatamente nell'area di studio, in particolare caratterizzano l'area di Su Lacheddu da cui prende il nome l'Unità andesitica.

UNITÀ DI SAN MARCO. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico, generalmente saldati, con strutture da vitroclastiche ad eutaxitiche. Lave riolitiche, porfiriche per fenocristalli di Pl, Sa, Bt, in cupole, interessate da alterazione idrotermale (NMC) BURDIGALIANO. Queste rocce caratterizzano gran parte dell'area di studio ed in particolare l'Unità prende nome dalla cupola lavica che conforma la collina di S. Marco, a Sud dell'area di studio; queste piroclastiti affiorano con continuità da Nord a Sud nell'area di studio; nel settore costiero affiorano alla base della successione del Pleistocene e ben esposte, nella facies di lave riolitiche, lungo la falesia di Torre Foghe ed in mare dove costituiscono gli scogli di Sa Corona Niedda e Isca Ruggia.



Figura 4-2 – Versante e falesia di Punta Foghe modellati sulle piroclastiti di flusso dell'Unità di San Marco, sormontate dalle andesiti basaltiche plio-plistoceniche.

UNITÀ DI PUNTA SU TUVU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica e di onda basale debolmente saldati, pomiceo-cineritici e cineritico-sabbiosi, a chimismo riolitico, con cristalli liberi di Pl, Sa, Qtz, Bt in matrice vulcanica a struttura eutaxitica (TVU) BURDIGALIANO. Queste rocce vulcaniche affiorano limitatamente al settore Nord-occidentale dell'area di studio dove costituiscono il rilievo di Punta Lorio e il versante a monte di Porto Alabe, più a Sud affiorano lungo la dorsale compresa tra il Riu Giunis e il Canale s'Umbra.

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DELLA SARDEGNA CENTRO-SETTENTRIONALE

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL BACINO DEL TIRSO

ARENARIE DI DUALCHI. Sabbioni conglomeratici rossastri e grigiastri, ad elementi paleozoici e vulcanici, localmente fossiliferi (scarsi e piccoli pettinidi), passanti verso l'alto a conglomerati fossiliferi. Ambiente fluvio-deltizio e litorale. (DAL) BURDIGALIANO INF.-MEDIO. Queste rocce affiorano molto limitatamente in località Sa Sea conformando un rilievo poco pronunciato con blande pendenze.

FORMAZIONE DI MODOLO. Arenarie, arenarie bioclastiche, arenarie marnose, calcari arenaceo-marnosi bianco-giallastri con abbondante contenuto fossilifero, in alternanze metriche. Calcari compatti giallastri, bioclastici al tetto della serie. (ODO) BURDIGALIANO MEDIO-SUP. - LANGHIANO?. Queste rocce prevalentemente arenacee e calcarenitiche affiorano diffusamente nel settore settentrionale dell'area di studio caratterizzando anche il sottosuolo dell'urbano consolidato di Tresnuraghes, questa successione arenacea presenta intercalazioni di calcari compatti bioclastici che localmente determinano gli alti morfologici tabulari come si osserva sul rilievo di Binza Manna.

FORMAZIONE DI S. CATERINA DI PITTINURI. Calcari organogeni, calcari detritici più o meno arenacei e fossiliferi, con filoni di selce e calcite idrotermale (TTR). LANGHIANO MEDIO - SERRAVALLIANO INF.. Queste rocce compatte si possono osservare in limitati affioramenti nella valle incisa del tratto focivo del Riu Mannu sulla sponda sinistra, mentre caratterizzano in maniera omogenea la base della falesia a Sud di Punta Foghe in territorio di Cuglieri.



SUCCESSIONE VULCANO-SEDIMENTARIA PLIO-PLEISTOCENICA

COMPLESSO VULCANICO PLIO-PLEISTOCENICO

BASALTI DEI PLATEAU

Subunità di Funtana di Pedru Oe (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Px; in estese colate. (BPL3) PLIOCENE SUP.. Le rocce laviche plio-pleistoceniche affiorano diffusamente nel territorio studiato ed in particolare caratterizzano il settore del bordo della colata interrotta dall'incisione del Riu Mannu in prossimità del tratto focivo.

Subunità di Dualchi (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA) Andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Ol; in estesi espandimenti. Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx; in estese colate. (BPL2) PLIOCENE SUP. – PLEISTOCENE. Queste rocce effusive andesitico-basaltiche caratterizzano il paesaggio nell'area di studio sia a Nord che a Sud conformando estese superfici pianeggianti o sub-pianeggianti delimitate da scarpate sub-verticali.



Figura 4-3 – Falesia verticale di Punta Foghe modellata sulle piroclastiti di flusso dell'Unità di San Marco, sormontate, tramite un contatto su una superficie di erosione, dalle andesiti basaltiche plio-pleistoceniche.

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE

DEPOSITI PLEISTOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE

Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. (PVM2b) PLEISTOCENE SUP.. Questi depositi caratterizzano in modo continuo tutto il settore costiero dell'area di studio conformando falesie e ripe marine che caratterizzano in modo univoco il paesaggio della costa.



Figura 4-4 – Falesia modellata sulle arenarie pleistoceniche costituite da alternanze di depositi eolici, depositi di spiaggia e colluvi, evidenziate dalla differente granulometria, dalla differente coerenza della roccia e dalla geometria della stratificazione, si osserva di fatto un granulometria maggiore, la stratificazione incrociata e una maggiore coerenza nei depositi di spiaggia a differenza dei depositi eolici più fini e talvolta sciolti anche senza una evidente stratificazione.



Figura 4-5 – Sequenza stratigrafica esposta sulla scarpata costiera, si osserva alla base uno strato caratterizzato da una fitta stratificazione pianoparallela e incrociata, una superficie di erosione, uno strato con una meno evidente stratificazione, un'altra superficie di erosione e ancora uno strato con stratificazione fitta, pianoparallela e incrociata.

DEPOSITI OLOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE

Ambiente transizionale - Sedimenti litorali



Depositi di spiaggia. Ciottoli e massi. (g2b) OLOCENE

Depositi di spiaggia. Ghiaie e ciottoli. (g2a) OLOCENE

Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie, talvolta con molluschi. (g2) OLOCENE

I sedimenti che caratterizzano le spiagge sono stati distinti in funzione della granulometria; alla base del versante di Torre Ischia Ruggia è indicata, nella Carta geologica, una spiaggia di ciottoli e massi che derivano dalla demolizione di un deposito detritico colluviale; altre spiagge prevalentemente ghiaiose sono localizzate alla base delle falesie e derivano prevalentemente dalla elaborazione di corpi di frana a prevalente componente di originarie rocce vulcanoclastiche, la spiaggia in località Sa Piscina rappresenta molto bene il morfotipo appena descritto; tra le spiagge sabbiose la principale è quella di Porto Alabe, ma vengono distinte anche quella dell'insenatura di Torre Columbargia, quella di Noesola al confine con il territorio di Magomadas ed una piccola, ma caratteristica spiaggia, incastonata nella falesia costiera a valle dell'incisione del Canale s'Umbra.



Figura 4-6 – La spiaggia di blocchi e ciottoli che caratterizza la costa a valle del versante meridionale di Torre Ischia Ruggia prevalentemente costituito da un deposito detritico la cui rielaborazione alimenta continuamente il deposito costiero.



Figura 4-7 – Spiaggia ciottolosa con blocchi alla base della falesia, modellata sulle piroclastiti di flusso dell'Unità di San Marco, a Nord di Torre Ischia Ruggia, si osserva, sul bordo in secondo piano la superficie di erosione su cui giacciono i depositi arenacei Plio-pleistocenici, mentre sul bordo in primo piano un grande corpo di frana con evidenti di attività del fenomeno franoso come tension cracks e gradonature, al centro della spiaggia si possono osservare i grandi blocchi precipitati dal bordo della falesia sul quale se ne osservano altri in posizione critica.



Figura 4-8 – La spiaggia di Torre Columbargia parzialmente poggiante sulla piattaforma di abrasione e delimitata da versanti a falesia impostati sulle arenarie plio-pleistoceniche e sulle vulcaniti dell'Unità di San Marco nel promontorio meridionale su cui è edificata la torre costiera.



Figura 4-9 – La Spiaggia di Porto Alabe nel settore centrale; si distingue la berma di tempesta che corrisponde al gradino di risacca generato dalle onde che hanno raggiunto il settore di altaspiaggia quasi fino al piede della duna.

Ambiente continentale - Sedimenti eolici

Depositi eolici. Sabbie di duna ben classate. (d) OLOCENE. Questi depositi si riconoscono principalmente nel retrospiaggia di Porto Alabe, ma anche nel retro delle spiagge di Torre Columbargia e di Noesola.



Figura 4-10 – Depositi eolici in località Noesola sul bordo settentrionale dell'impluvio che giunge alla spiaggia.



Figura 4-11 – Sistema di spiaggia di Porto Alabe, si osserva il corpo dunale interessato da processi di destrutturazione morfologico – vegetazionale causato dalla frequentazione non controllata.

Ambiente continentale - Sedimenti alluvionali

Depositi alluvionali. (b) OLOCENE

Ambiente continentale - Sedimenti legati alla gravità

Depositi di frana. Corpi di frana antichi. (a1a) OLOCENE

Depositi di frana. Corpi di frana. (a1) OLOCENE



Figura 4-12 – Alla base della falesia si riconosce la falda detritica costituita dai corpi di frana continuamente alimentati da crolli, ma anche rielaborati dall'azione del moto ondoso.

Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. (b2) OLOCENE



Figura 4-13 – Depositi colluviali esposti in una scarpata stradale della viabilità secondaria.

Depositi antropici

Depositi antropici. Manufatti antropici. (ha) OLOCENE



5 La Carta delle pendenze

La realizzazione della carta delle pendenze ha previsto l'attività di elaborazione di un DTM (Digital Terrain Model) propedeutica alle successive elaborazioni per la derivazione di informazioni morfometriche. Il DTM è stato elaborato dai dati raster estratti dal geoportale della RAS (www.sardegnegeoportale.it), unendo i diversi tasselli e realizzando una copertura omogenea con estensione sufficiente ad avere la copertura di tutto il territorio comunale.

Per il DTM definitivo, considerata la scala nominale della cartografia raster di partenza, la risoluzione adottata è pari a 10.00 m, questo equivale a dire che la cella unitaria della griglia dei valori di quota ha lato pari a 10.00 m e superficie planimetrica pari a 100 m².

5.1 Il dataset della pendenza

Il dataset della pendenza è stato derivato attraverso procedure automatizzate a partire dal DTM pertanto con la stessa estensione areale e la stessa risoluzione.

L'informazione contenuta nel livello informativo raster viene espressa in valori percentuali e non in angoli, inoltre è necessario precisare che il valore che viene attribuito ad ogni cella del raster è un valore mediato e distribuito su una superficie di 100 m².

L'utilizzo dei dati di acclività relativi al territorio comunale o a stralci dello stesso, consente di trarre preziose informazioni sulla distribuzione spaziale della pendenza dei versanti al fine di analizzare le qualità paesaggistiche conferite al territorio dalla conformazione dei pendii o in applicazioni di sintesi per l'analisi di fenomenologie e processi di dissesto legati al fattore pendenza.

La rappresentazione cartografica del livello informativo dell'acclività viene effettuata concordemente alla suddivisione in classi di pendenza percentuale proposte nel documento "Linee Guida per l'Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al P.P.R. e al P.A.I. Prima Fase - Il riordino delle conoscenze" (aggiornamento 2008).

Questo procedimento prevede la riclassificazione della scala dei valori del raster al fine di riprodurre il dato di pendenza in maniera discreta piuttosto che continua, consentendo una più agevole elaborazione dei dati di sintesi relativamente alla distribuzione delle diverse classi.

L'analisi morfometrica è stata estesa sul territorio comunale allo scopo di indicare i principali elementi statistici della distribuzione delle pendenze in funzione della determinante morfologica dei territori e quindi in funzione delle caratteristiche paesaggistiche.

Emerge che la pendenza media del territorio comunale è pari a circa 15.8% (9°), la pendenza massima, interpolata su una superficie di 100 mq, è pari a circa 247% (68°) e si individua sulla falesia in prossimità di Torre Foghe; mentre la pendenza minima, interpolata su una superficie di 100 mq, si individua evidentemente nelle aree pianeggianti, quindi nelle aree vallive delle piane alluvionali, ma anche in zone genericamente orizzontali distribuite lungo i tavolati basaltici.

Dall'analisi complessiva emerge che circa l' 8% del territorio comunale è caratterizzato da valori di pendenza maggiori del 40% (NTA PPR - art. 31. Aree a forte acclività) e che circa il 2.4% è caratterizzato da valori di pendenza maggiori del 60% (Vincolo Idrogeologico - RDL 3267/1923). In definitiva appare che il territorio comunale di Tresnuraghes sia fortemente

contraddistinto da un aspetto collinare e pianeggiante, con rilievi tabulari elevati sul livello del mare.

La Tabella 5-1 indica in sintesi la suddivisione in 8 classi individuate, caratterizzate ognuna da un intervallo percentuale di pendenza e da una descrizione di carattere morfologico e paesaggistico.

Intervallo %	Classi	Descrizione	
0 - 2.5	A1	Elevata difficoltà di drenaggio	
2.5 - 5	A2	Difficoltà di drenaggio	
5 - 10	A3	Classe per la quale devono essere consigliate attenzioni per le pratiche agricole	
10 - 20	A4	Rafforzamento delle misure di sistemazione idraulico-forestale	
20 - 40	A5	Sconsigliato qualunque intervento di dissodamento	
40 - 60	A6	Art. 31 PPR AREE A FORTE ACCLIVITA'	R.D.L. 3267/1923
60 - 80	A7		
> 80	A8		

Tabella 5-1 – Indicazione degli intervalli di pendenza percentuale, descrizione e caratterizzazione normativa, utilizzati per l'individuazione delle 8 classi di pendenza.

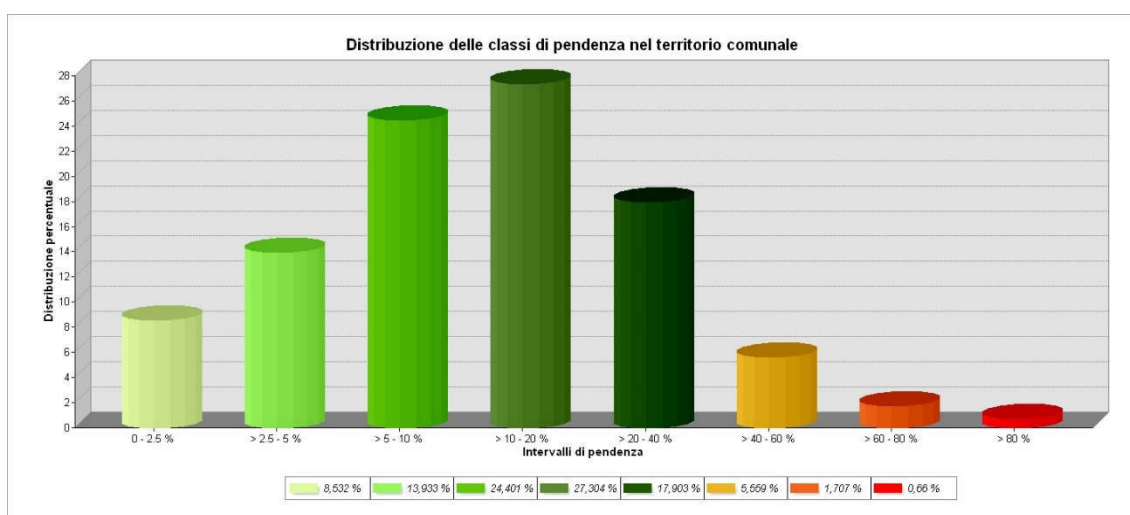


Figura 5-1 – Istogramma della distribuzione percentuale superficiale delle diverse classi di acclività, sulla superficie totale comunale.

La Carta delle pendenze è integrata con la rappresentazione alla scala 1:50000 di altri fattori morfometrici del territorio di Tresnuraghes, contestuali alla conoscenza degli elementi morfologici del paesaggio, quali la distribuzione dell'altimetria e dell'esposizione dei versanti, nonché con istogrammi di distribuzione e immagini 3D esplicative della morfologia del territorio.



6 La Carta geologico tecnica

La Carta geologico tecnica costituisce un elaborato derivato dalla Carta geolitologica in quanto le voci di legenda vengono definite attraverso la riclassificazione delle litologie ed una valutazione in grande dello stato di aggregazione, del grado di alterazione e del conseguente comportamento meccanico che le singole unità litologiche assumono nei confronti dei possibili interventi insediativi e infrastrutturali che lo strumento urbanistico introduce.

Per quanto riguarda i materiali delle coperture, il riferimento fondamentale è quello che richiama il processo di messa in posto del deposito o dell'accumulo, lo stato di addensamento, la tessitura dei materiali costituenti.

In accordo con quanto specificato nelle "Linee Guida per l'Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al P.P.R. e al P.A.I. Prima Fase - Il riordino delle conoscenze" (aggiornamento 2008), in tutto il territorio del Comune di Tresnuraghes vengono distinte 10 classi litotecniche secondo il criterio proposto dalle linee guida.

Nella Carta geologico tecnica che, come detto, rappresenta la variazione orizzontale delle caratteristiche geomeccaniche in funzione della variabile geologica, le classi litotecniche sono ulteriormente distinte proprio in funzione di alcuni aspetti litologici che si ritiene fondamentale indicare per approfondire la classificazione del territorio in base a questa informazione.

Con questo livello di approfondimento, alle Classi litotecniche vengono associati i litotipi rilevati nel territorio comunale, distinguendo tra litotipi coerenti, in generale materiali lapidei con differenziazioni litologiche e strutturali molto ampie, grado di alterazione variabile e più o meno intensa fratturazione; litotipi semicoerenti, terre granulari a varia granulometria e stato di addensamento e/o di alterazione; litotipi incoerenti, terre granulari il più delle volte sciolte o poco addensate con varia granulometria.

Nella Figura 6-1 sono riassunte le informazioni sulle Classi litotecniche così come indicate nella legenda della Carta geologico tecnica.

Legenda	
	Reticolo idrografico
	Limite amministrativo comunale
UNITA' LITOTECNICHE	
Codice -- Descrizione	
	LC2 -- LITOTIPI COERENTI - 'Andesiti porfiriche' monolitologico non stratificato fratturato
	LC2 -- LITOTIPI COERENTI - 'Ignimbriti piroclastiche' monolitologico non stratificato fratturato
	LC2 -- LITOTIPI COERENTI - 'Ignimbriti rioidacitiche' monolitologico non stratificato fratturato
	LC3 -- LITOTIPI COERENTI - 'Calcarei miocenici' monolitologico stratificato non fratturato
	LC4 -- LITOTIPI COERENTI - 'Basalti dei plateau' monolitologico stratificato fratturato
	LC6 -- LITOTIPI COERENTI - 'Arenarie mioceniche' plurilitologico stratificato fratturato
	LS1 -- LITOTIPI SEMI-COERENTI - 'Conglomerati arenacei miocenici' Materiale granulare cementato o molto addensato a grana prevalentemente grossolana
	LS2 -- LITOTIPI SEMI-COERENTI - 'Cineriti riolitiche' Materiale granulare cementato o molto addensato a grana medio fine
	LS2 -- LITOTIPI SEMI-COERENTI - 'Eolianiti pleistoceniche' Materiale granulare cementato o molto addensato a grana medio fine
	LI1 -- LITOTIPI INCOERENTI - 'Colluvi' Materiale detritico eterogeneo ed eterometrico
	LI1 -- LITOTIPI INCOERENTI - 'Corpi di frana' Materiale detritico eterogeneo ed eterometrico
	LI2 -- LITOTIPI INCOERENTI - 'Alluvioni' Materiale granulare sciolto o poco addensato a granulometria non definita
	LI3 -- LITOTIPI INCOERENTI - 'Spiagge ghiaiose e ciottolose' Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana
	LI4 -- LITOTIPI INCOERENTI - 'Dune' Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza sabbiosa
	LI4 -- LITOTIPI INCOERENTI - 'Spiagge sabbiose' Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza sabbiosa
	NRC -- Aree non rilevate o non classificate

Figura 6-1 – Legenda della Carta geologico tecnica per il territorio comunale di Tresnuraghes.

È evidente che le indicazioni contenute nella Carta geologico tecnica hanno carattere generale e di indirizzo a supporto di una conoscenza di base, indispensabile per la pianificazione territoriale e quindi, nei vari casi specifici non idonea e non esauriente per scopi applicativi diretti, quali l'attività edilizia.

Per quanto detto, nell'ambito della pianificazione attuativa e/o della progettazione di opere in genere, da realizzarsi nel territorio dell'Amministrazione comunale, sarà necessario l'approfondimento analitico attraverso indagini di stretto carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico indispensabili e obbligatorie secondo le norme vigenti in materia edilizia con particolare riferimento alla Legge 64 del 02/02/1974, al D.M. 11/03/1988 con la Circolare Ministero Lavori Pubblici 24/09/1988 n. 30483 e dalle NTC di cui al DM 17/01/2018 e Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 Gennaio 2019 n. 7 – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

7 La Carta geomorfologica

La sintesi degli studi e delle analisi di carattere geologico e geomorfologico viene rappresentata nella Carta geomorfologica. Questo elaborato cartografico rappresenta infatti le caratteristiche del paesaggio dettate dagli aspetti geologici, litologici e strutturali, mettendo in relazione le forme del territorio con quelle che sono le morfologie e i processi di evoluzione del



paesaggio stesso.

In quest'ottica è evidente che lo studio geomorfologico costituisce il principio per un'analisi corretta della morfologia del paesaggio, ma anche delle limitazioni e delle attitudini che ne contraddistinguono l'evoluzione nel passato e nel futuro.

Infatti, solo attraverso la conoscenza della storia geomorfologica di un processo evolutivo e delle modalità con cui questo evolve nella condizione climatica attuale, legato alla dinamica fluviale, marina, eolica, carsica, gravitativa, antropica ecc., è possibile risalire alle cause ed agli effetti che lo determinano e allo stadio evolutivo che lo caratterizza.

Il paesaggio si identifica e si distingue in base ai processi evolutivi, ma anche in funzione delle valenze ambientali, nella fattispecie geologiche e geomorfologiche, che il P.P.R. riconosce e contempla nell'ambito dei beni paesaggistici ambientali e in quanto tali soggetti a norme di indirizzo e direttiva, ma anche a misure di tutela, salvaguardia e valorizzazione.

In una visione territoriale più estesa la conoscenza geolitologica e geomorfologica permettono l'elaborazione di informazioni derivate che contraddistinguono i caratteri evolutivi del territorio legati alle dinamiche idrogeologiche. Questa conoscenza risulta indispensabile per valutare le pericolosità idrogeologiche, siano esse legate alle inondazioni o alle frane, ma anche di indicare le principali condizioni di rischio per l'uomo e gli insediamenti, conseguenti a calamità naturali o alla normale trasformazione delle componenti geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del paesaggio.

7.1 Metodologia del rilevamento

La metodologia adottata per il rilevamento delle forme e dei processi ha seguito un approccio di tipo "classico".

Lo strumento principale per l'acquisizione dei dati è la fotointerpretazione stereoscopica e delle ortofoto digitali e/o delle immagini satellitari, coadiuvata dalle informazioni morfometriche derivanti dal DTM, altimetria, acclività, esposizione e viste tridimensionali. Tali analisi aerofotografiche sono state eseguite anche in modalità multitemporale, il che ha consentito di individuare aspetti del paesaggio la cui condizione morfodinamica attuale risponde a profonde modificazioni del territorio e la cui evoluzione non è facilmente comprensibile o rappresentabile se non con la conoscenza del passato.

Evidentemente le informazioni derivanti dalla aerofotointerpretazione, restituite sullo specifico dataset, sono state integrate con gli studi bibliografici e con numerosi sopralluoghi in campo, indispensabili per la verifica delle forme e dei processi genetici individuati, nonché per la definizione degli aspetti di restituzione cartografica. Inoltre i rilievi di campagna hanno consentito di rendere aggiornata la cartografia geomorfologica e conseguentemente quella geologica, consentendo non solo di individuare le differenze temporali dalla data di ripresa delle ortofoto, ma anche la corretta collocazione temporale dello stato di attività dei processi.

In quest'ottica il rilevamento geomorfologico e geologico e la redazione della cartografia sono stati portati avanti più o meno contemporaneamente, o comunque tutte le verifiche e le modificazioni apportate all'uno o all'altro tematismo sono state rispettivamente riportate nell'uno o nell'altro, al fine di mantenere la coerenza logica e spaziale tra le informazioni contenute nel dataset della geologia e quelle contenute nel dataset della geomorfologia.

Secondo i principi di rappresentazione delle forme e dei processi geomorfologici, tali rappresentazioni si distinguono in tre classi in funzione della primitiva geometrica con cui vengono rappresentate. Si hanno pertanto:

- elementi puntuali



- elementi lineari
- elementi areali

Con la classe degli elementi puntuali vengono rappresentate non solo le forme e i processi rappresentabili esclusivamente con geometria puntuale, ma anche quelle forme e quei processi che pur avendo reale estensione lineare o areale, non possono essere rappresentati alla scala cartografica a causa delle loro dimensioni ridotte.

Con la classe degli elementi lineari vengono rappresentate forme e processi che seppur aventi estensione di tipo areale, non hanno sufficiente larghezza per essere rappresentate come aree alla scala cartografica prescelta.

Con la classe degli elementi areali vengono rappresentate nelle loro effettive estensioni e dimensioni planimetriche le forme e o le superfici più o meno intensamente interessate da processi geomorfologici.

La Carta geomorfologica contiene informazioni relativamente a diversi aspetti legati alla geologia, alla litologia, alle forme, ai processi, al loro grado di evoluzione ed ai rapporti spaziali e temporali che intercorrono tra essi.

Vengono quindi rappresentati:

- Dati idrografici
- Dati litologici
- Dati tettonici
- Dati morfogenetici
- Dati morfocronologici
- Dati morfoevolutivi

I dati idrografici sono in sostanza costituiti dalla rete idrografica superficiale.

I dati litologici derivano dalla reinterpretazione dei contenuti informativi del dataset della geologia; questa reinterpretazione si basa sulla riclassificazione delle diverse litologie in chiave geomorfologica, ovvero in funzione del loro comportamento verso gli agenti meteorici e distinguendo le formazioni geologiche del substrato da quelle detritiche superficiali che sono direttamente legate all'evoluzione dei rilievi nella condizione morfodinamica osservabile attualmente. Questa prima classificazione consente di distinguere a grandi linee le aree prevalentemente sottoposte ai processi di erosione e quelle dominate dai processi di deposizione legati all'attuale assetto morfologico.

Le formazioni del substrato, rielaborate dal dataset della geologia, sono ripartite con criteri geomorfologici in categorie litologiche fondamentali, in ragione del loro grado di resistenza ai processi di degradazione ed erosione o ad altri fattori che possono assumere importanza nella morfogenesi.

I materiali della copertura detritica superficiale vengono distinti in funzione del processo e dell'ambiente di sedimentazione, con l'eventuale specificazione in base anche alle granulometria e agli spessori dei depositi.

I dati tettonici vengono riportati come forme strutturali e derivano integralmente dai contenuti del dataset della geologia.

I dati morfogenetici rappresentano i fenomeni che influenzano il modellamento e l'evoluzione del rilievo; nella Carta



geomorfologica a ogni fenomeno morfogenetico viene associato un colore e tutte le forme e tutti i processi che caratterizzano quel fenomeno vengono rappresentati con quel determinato colore.

Nell'area di studio si distinguono in via generale:

- Forme strutturali e vulcaniche
- Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento
- Forme di versante dovute alla gravità
- Forme eoliche
- Forme ed elementi di origine marina
- Forme di origine antropica

In particolare si è cercato di accentuare il dettaglio interpretativo verso le forme ed i processi che sono direttamente legati alla definizione degli aspetti evolutivi del territorio, in termini di modellamento dei versanti e dinamica dei deflussi superficiali, ritenendo importante e determinante il contributo che la geomorfologia ha nella valutazione delle pericolosità idrogeomorfologiche e nella fattispecie nel processo di valutazione della pericolosità da frana.

7.2 Rappresentazioni cartografiche

Forme strutturali e vulcaniche

Nell'area di studio, che ha una chiara connotazione geomorfologica derivante dagli eventi vulcanici del Terziario e quelli Plio-pleistocenici, le forme di questa categoria sono determinate dalla presenza di edifici vulcanici e soprattutto dei loro prodotti.

Tra le forme influenzate dal vulcanismo che si individuano diffusamente nell'area di studio e a tratti ne definiscono i connotati morfologici essenziali, anche di rilevante interesse paesaggistico, vengono indicate creste rocciose, picchi rocciosi e gli orli di scarpata ripida influenzata dalla struttura in particolare sui bordi delle colate delle lave andesitico basaltiche Plio-pleistoceniche.

Le creste rocciose sono conformate su affioramenti di rocce vulcanoclastiche particolarmente saldate e coerenti, pertanto emergono dalle morfologie morbide che prevalentemente caratterizzano il paesaggio; analogamente i picchi rocciosi sono elementi geomorfologici di particolare pregio paesaggistico, non solo per la presenza degli affioramenti rocciosi e quindi anche di forme di alterazione, ma anche per la complessità e asprezza delle morfologie complessive.

Gli orli di scarpata ripida influenzata dalla struttura sono invece tipiche morfologie che caratterizzano prevalentemente i bordi delle colate laviche Plio-pleistoceniche e secondariamente i bordi di rilievi tabulari determinati da bancate calcaree e calcarenitiche del Miocene.

Queste cornici costituiscono rotture morfologiche nette, con pendenze verticali o sub-verticali, al bordo di superfici strutturali pianeggianti o sub-pianeggianti che caratterizzano fortemente il paesaggio della costa e dell'interno.

La dinamica evolutiva delle creste e dei picchi rocciosi e degli orli di scarpata ripida è determinata da fenomenologie di crollo, di porzioni degli ammassi rocciosi, determinate dalle condizioni strutturali e geomeccaniche e dalla più o meno intensa

fratturazione e alterazione della roccia.

Si rilevano, in corrispondenza di questi elementi morfologici del paesaggio, processi attivi, attualmente in evoluzione e sintomi di instabilità per l'appunto dovuti alle condizioni geomeccaniche degli ammassi rocciosi e alle forti pendenze che caratterizzano le forme del paesaggio; in particolare, come detto in precedenza (Cap. 7.4), si osserva che nelle aree di affioramento delle rocce andesitico basaltiche i processi gravitativi, o a maggiore componente dinamica gravitativa, coinvolgono porzioni di ammasso molto fratturate o elementi singolari isolati da discontinuità, anche di considerevoli dimensioni, generando crolli di materiale detritico in massi e blocchi, talvolta di dimensioni ciclopiche.

Per quanto detto, nella cartografia geomorfologica, ai simboli che rappresentano le forme strutturali sono spesso associati simboli che rappresentano forme, ma soprattutto processi morfodinamici, a carattere gravitativo.

Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento

Nel caso delle forme e dei processi legati al dilavamento, ovvero al deflusso delle acque, sia che questo avvenga lungo i versanti o incanalato nei fondovalle, la mappatura dei processi geomorfologici riveste un ruolo di primaria importanza per la conoscenza dei fenomeni erosivi di versante e di quelli morfoevolutivi dei fondovalle e conseguentemente per la valutazione delle pericolosità idrogeomorfologiche.

Nell'area di studio si riconoscono superfici interessate da forme di ruscellamento diffuso che spesso evolvono in rivoli e localmente in profondi solchi d'erosione, spesso veicolati lungo la viabilità sterrata in pendenza.



Figura 7-1 – Solco d'erosione generato su una superficie debolmente inclinata verso la costa e generato dalla concentrazione dei deflussi determinata a monte dalla fascia parafuoco e dalla viabilità sterrata, lungo la quale si osservano morfologie erosive analoghe.

Generalmente questi processi erosivi si manifestano in aree caratterizzate da un basso grado di copertura vegetale, superfici degradate, aree percorse da ripetuti incendi, fasce parafuoco o aree soggette a pascolo intensivo o ad un uso agricolo non sostenibile o non corretto, nell'area di studio queste aree sono diffuse, ma presentando basse pendenze i processi di *sheet*



erosion e rill erosion sono molto limitati.

Ad ogni modo in tutte le aree pianeggianti o sub pianeggianti, come, nella fattispecie, le superfici strutturali dove dominano affioramenti rocciosi di lave basaltiche, suoli erosi, scarsa vegetazione o assente, si possono riconoscere la progressiva scomparsa della coltre pedologica e evidenti indizi di desertificazione.

I processi erosivi legati al deflusso delle acque sono in continua evoluzione e si manifestano con maggiore energia in concomitanza di precipitazioni intense e/o persistenti, inoltre, come affermato precedentemente, quando combinati con fenomenologie gravitative, generano condizioni di dissesto idrogeologico che acquisiscono pericolosità da frana crescente con l'evolvere del fenomeno; in questa logica subentra l'evoluzione dei solchi d'erosione, localmente indicati nella cartografia, che possono convogliare le acque di ruscellamento superficiale areale e in alcuni casi, laddove le condizioni morfologiche ne accentuano l'energia, determinare o innescare frane vere e proprie.

Sui versanti sono state distinte le vallecole a V testimonianza di processi di approfondimento delle sedi di deflusso incanalato. In genere le vallecole a V sono localizzate delle aree più acclivi, che versano prevalentemente in direzione della costa, laddove l'energia erosiva delle acque è più intensa.

Le vallecole a conca, meno soggette a processi erosivi lineari caratterizzano aree meno acclivi, dove comunque si concentrano i deflussi delle acque superficiali; normalmente le vallecole a conca evolvono in vallecole a V dove aumenta la pendenza o dove cambiano le caratteristiche litologiche; nella fattispecie passando dalle aree in cui affiorano le lave basaltiche, dove le morfologie a conca sono diffuse, verso le aree in cui affiorano le piroclastiti o le arenarie del Pleistocene le vallecole divengono sempre più incise determinando anche scarpate sub verticali.

Nella Carta geomorfologica gli orli di tali scarpate sono stati indicati come forme di degradazione o di denudazione che caratterizzano anche altri settori, non per forza interessati da deflussi incanalati, ma dove l'erosione differenziale connessa al ruscellamento diffuso genera scarpate di varia dimensione o pendenza.

Le forme maggiormente caratterizzanti il paesaggio dell'area di studio, legate al deflusso delle acque, sono connesse alla presenza del canyon del Riu Mannu che è stato rappresentato con il simbolo di forra; il corso d'acqua corre in una valle profondamente incassata, con scarpate verticali delimitate da cornici influenzate dalla struttura tabulare delle lave andesitico basaltiche, a volte con andamento meandriforme dettato dalla struttura geologica.

Nell'ambito delle forme connesse con l'evoluzione del territorio per processi di dilavamento sono inserite le creste di displuvio, queste forme, evidentemente influenzate dalla struttura geologica, ma sostanzialmente elaborate dall'erosione, caratterizzano il paesaggio, insieme alle vallecole a conca, con morfologie blande, arrotondate e sono moderatamente interessate da processi di dilavamento che possono evolvere in dissesti caratterizzati da pericolosità da frana.

Lungo i corsi d'acqua principali sono state evidenziate diverse forme legate all'evoluzione recente ed attuale dei fondovalle, in particolare si evidenziano superfici di terrazzo oloceniche che in occasione degli eventi meteo-idrologici più intensi sono interessate dai deflussi di piena, mostrando morfologie in costante evoluzione pertanto relazionate a processi attivi che determinano la tendenza evolutiva all'interno degli alvei e nei fondovalle.

Forme di versante dovute alla gravità

Le forme e i processi di versante, influenzati e determinati dalla forza di gravità, ma in particolare lungo la costa, innescati da



processi di erosione marina, sono stati rappresentati con geometria lineare e areale.

Nella fattispecie, sono stati rappresentate cornici franose in evoluzione e i depositi delle frane.

Le cornici franose in evoluzione rappresentano processi attivi per prevalenti cinematismi gravitativi connessi a crolli, queste fenomenologie interessano aree estese spesso in relazione a forme strutturali, ammassi rocciosi instabili, falesie e ripe di erosione marina, scarpate di denudazione.

I corpi delle frane rappresentati nella carta geomorfologica sono generalmente sormontati da cornici rocciose in evoluzione e/o da morfologie strutturali tendenzialmente soggette a cinematismi di crollo o ribaltamento. Si tratta infatti di morfologie a cui è associato un processo dinamico attivo, in costante evoluzione sia per cinematismi innescati dalla gravità, ma anche per cinematismi innescati dagli eventi meteorici e meteomarini.

Per quanto preposto, i simboli indicati nella Carta geomorfologica per distinguere la morfodinamica gravitativa, rappresentano sostanzialmente dei processi attivi nel contesto morfoevolutivo attuale e rappresentano fonti di pericolosità geomorfologica che si accentua con gli impulsi apportati dagli eventi meteorici intensi e persistenti. Questi processi coinvolgono, oltre alle coperture di materiali detritici, settori di ammassi rocciosi, più o meno fratturati e/o alterati, per i quali le condizioni strutturali e geomeccaniche possono essere potenziali determinanti di processi franosi per crollo, ribaltamento e rotolamento di detriti di varia granulometria.

Questi processi legati alla gravità, che prevalentemente interessano le creste ed i picchi rocciosi e le scarpate strutturali, ma anche e soprattutto le scarpate costiere e le scarpate di denudazione, si differenziano, come detto precedentemente, sia nei termini litologici e sia, evidentemente, in relazione alle condizioni strutturali e meccaniche intrinseche degli ammassi rocciosi ed in funzione della conformazione dei pendii, nella determinazione dei cinematismi dei fenomeni franosi.

I processi franosi riconosciuti sono prevalentemente dominati dalle dinamiche di crollo e ribaltamento che si manifestano sulle scarpate strutturali, ai quali si associano, ma in maniera minoritaria, quelli misti impostati prevalentemente sui depositi detritici di versante, spesso e nella stragrande maggioranza dei casi influenzati e determinati dalle precipitazioni intense e persistenti e caratterizzati da dinamica rototraslativa o di colamento.

Forme eoliche

Le forme eoliche rappresentano le morfologie legate all'azione di erosione, trasporto e sedimentazione del vento, in particolare sono messe in evidenza le dune costiere così come rappresentate nella Carta geologica e che costituiscono una risorsa paesaggistica e geomorfologica importantissima nella dinamica costiera dei sistemi di spiaggia emersa e sommersa; in questa ottica si sottolinea che l'apparato dunale di Porto Alabe presenta evidenti indizi di destabilizzazione morfologico vegetazionale; nella Carta geomorfologica sono indicati alcuni elementi e processi erosivi rappresentati con il simbolo di varchi di deflazione.

Forme ed elementi di origine marina, lagunare e lacustre

L'ambiente prevalentemente costiero del territorio studiato è fortemente caratterizzato da elementi della geomorfologia costiera determinati dall'azione del mare. La costa prevalentemente alta non ha consentito la formazione di significative aree depresse nel retro litorale che potessero ospitare lagune o stagni; molto limitatamente il retrospiaggia della spiaggia di Porto Alabe, che ospita la foce del Riu de Giana, presenta una conformazione depressa solo temporaneamente e raramente occupata dall'acqua.

La costa alta caratterizza il settore settentrionale dell'area di studio con una falesia che degrada progressivamente in una ripa verso la spiaggia di Porto Alabe, oltre questo settore di costa bassa sabbiosa, la costa prosegue omogeneamente alta a falesia interrotta in corrispondenza degli impluvi che versano in mare. In corrispondenza dell'impluvio del Riu Torrolo la costa si abbassa ed è modellata con un ripa di erosione marina che presenta a monte un versante poco acclive; il passaggio alle rocce vulcanoclastiche in località Funtana Binzale e Garbu segna nuovamente la costa alta a falesia che si estende fino al limite meridionale di punta Foghe.

Localmente la costa è contraddistinta da una piattaforma di abrasione marina che si estende anche nel settore sommerso e che limitatamente e temporaneamente è ricoperta da depositi sabbiosi il cui accumulo è piuttosto effimero e costantemente eroso dall'azione del mare, sia per effetto delle maree, ma soprattutto del moto ondoso.



Figura 7-2 – L'estesa piattaforma di abrasione modellata sulle arenarie pleistoceniche, la piattaforma si estende anche nell'ambiente subacqueo e nei periodi meno caratterizzati da eventi meteomarini intensi è ricoperta da un sottile strato di sabbie sciolte, in parte provenienti dalla erosione della falesia e dei versanti retrostanti ed in parte trasportata dalle onde.

Forme di origine antropica

Le forme di origine antropica sono quelle che derivano dalle trasformazioni apportate alla morfologia del territorio dalle attività umane e legate prevalentemente alla viabilità e al ciclo estrattivo.

Si mettono in evidenza le trincee ed i rilevati stradali nelle strade che si ritengono principali, asfaltate, strategiche; infatti, la pendenza dei versanti a monte e a valle delle sedi stradali, le rotture di pendio delle scarpate e delle trincee, le cornici in roccia fratturata o spesso nella copertura detritica, determinano condizioni di instabilità dei fronti di scavo e degli orli.

Tra le morfologie di origine antropica si rilevano le forme ereditate dalle attività estrattive, si evidenziano la cava dismessa storica "Funtana Berenatto" e la miniera di caolino a cielo aperto in località Funtana Pattalza.



Figura 7-3 – Scavi a cielo aperto della miniera di caolino di Funtana Pattalza evidentemente abbandonata in condizioni di palese insicurezza e pericolosità.

7.3 Caratteristiche del reticolo idrografico

Il reticolo idrografico che si sviluppa nel territorio dell'area di studio si distingue per la presenza del Riu Mannu che si sviluppa con direzione NE – SW, delineando il limite comunale di Tresnuraghes con Sennariolo e Cuglieri, scorrendo verso Punta Foghe in una valle profondamente incassata anche con scarpate verticali e morfologie a meandri di rara bellezza paesaggistica.

Il Riu Mannu riceve a Nord, da destra, i contributi del Riu Molineddu questo modesto corso d'acqua proviene dal territorio di Magomadas, percorre una vallecola poco incisa a conca, poi, a valle della S.P. 292, percorre un tratto incassato in una valle a V e poi confluisce sul Riu Mannu.

Da sinistra il Riu Mannu riceve altri corsi d'acqua minori che provengono dall'altipiano basaltico, alimentati da bacini poco estesi e con pendenze molto modeste; più a Sud, sempre da sinistra, il Riu Mannu riceve il contributo del Riu Marafe, importante corso d'acqua che proviene dai rilievi a Est e che confluisce dopo aver percorso una valle incassata del tutto analoga a quella del corso d'acqua principale.

In corrispondenza con la confluenza con il Riu Marafe, il Riu Mannu riceve da destra il contributo di un altro piccolo corso d'acqua in località Su Lacheddu.

Nell'area di studio il reticolo idrografico afferente al Riu Mannu, escluso il Riu Marafe, presenta caratteristiche idrologiche e idrauliche molto modeste, infatti il corso d'acqua principale, riceve i contributi di piccoli impluvi che drenano l'altipiano basaltico su cui si imposta lo spartiacque che delinea i bacini che invece versano a Ovest sulla costa.

Il reticolo idrografico che drena verso la costa è più complesso e articolato rispetto a quello che drena sul Riu Mannu, infatti è caratterizzato da bacini idrografici poco estesi anche se settorialmente presentano versanti fortemente acclivi.



Presso la spiaggia di Noesola trova sbocco a mare un modesto corso d'acqua che in una vallecchia a V scorre con direzione E – W.

Nell'estremo meridionale della spiaggia di Porto Alabe trova sbocco a mare il Riu de Giana, il bacino idrografico ricade in parte nel territorio di Magomadas e lo spartiacque di monte è impostato sul bordo dei rilievi tabulari andesitico basaltici, a valle di questi rilievi le pendenze aumentano progressivamente, mentre nel settore mediano le pendenze dei versanti aumentano e gli impluvi sono conformati in vallecchie a V ben incassate.

Progredendo verso Sud si presentano bacini idrografici minori che drenano verso la costa, tra questi i più importanti sono il Canale s'Umbra e il Riu su Caddalzu, con quest'ultimo che sfocia in corrispondenza della spiaggia di Torre Columbargia, anche questi bacini idrografici presentano vallecchie a V, in evoluzione, caratterizzate da cornici di denudazione e processi franosi attivi che interessano sia le litologie vulcanoclastiche mioceniche e sia la successione arenaceo sabbiosa del Pleistocene. In queste condizioni morfologiche e geomorfologiche si presentano anche il corso d'acqua che sfocia a Sud di Iscalalba, il Riu Traisine, il Riu Ontilo e il Riu Torrolo; i bacini idrografici sono molto modesti e i reticoli idrografici dendritici, ma poco ramificati.

Tutti gli altri corsi d'acqua che drenano verso la costa sono praticamente dei monoimpluvi, o tutt'al più con rare ramificazioni, con caratteristiche vallecchie a V incise prevalentemente sui depositi arenacei pleistocenici.

7.4 Assetto e processi geomorfologici

Lo studio dei caratteri geomorfologici generali che definiscono la morfologia e la dinamica evolutiva nell'area di studio è stato eseguito attraverso l'analisi morfologica e morfometrica generale, lo studio del reticolo e dei bacini idrografici, attraverso l'analisi di dati aerofotografici e topografici multitemporali, geologici, di uso del suolo e rilievi di campagna.

Il territorio studiato può suddividersi in tre settori principali caratterizzati da peculiari conformazioni caratterizzanti il paesaggio: la valle del Riu Mannu, le aree sub pianeggianti conformate sulle colate pleistoceniche e sulle aree degradanti verso la costa impostate sulle vulcanoclastiti e sui sedimenti marini del Miocene e il settore costiero conformato con le falesie, le ripe e la costa bassa sabbiosa prevalentemente modellate sulle rocce arenacee pleistoceniche.

Questa distinzione si riflette sulla distribuzione spaziale e sulle caratteristiche delle forme ereditate e soprattutto di quelle in evoluzione, il cui dinamismo si manifesta con varia estensione in funzione dell'intensità dei processi morfodinamici correlati, non solo in relazione alla litologia, ma anche in relazione all'intensità dei fenomeni ed in relazione alle trasformazioni antropiche del territorio.

In generale si osserva che nelle aree caratterizzate dalle rocce vulcaniche andesitico basaltiche le forme del paesaggio sono blande, pianeggianti o subpianeggianti, si possono osservare vallecchie a conca poco pronunciate, ampi avvallamenti, aree depresse con difficoltà di deflusso, dove a dominare sono i processi di modellamento legati all'erosione idrometeorica, alle modificazioni morfologiche apportate dagli interventi antropici e all'alterazione delle rocce. Si tratta di aree non interessate da franosità o al limite interessate da modesti e limitati fenomeni franosi localizzati lungo scarpate antropiche prevalentemente di tipo stradale.

Di contro gli orli delle colate pleistoceniche sono invece caratterizzati da forme molto acclivi, scarpate sub-verticali, dove gli ammassi rocciosi, fratturati, decompressi e disarticolati, determinano una evidente predisposizione dei pendii a franare, si



osservano in particolare condizioni di instabilità diffuse lungo le scarpate, accumuli detritici alla base delle scarpate e aree interessate da recenti dissesti.



Figura 7-4 – Il paesaggio pianeggiante del plateau che si estende verso Nord visto dalla collina di S. Marco.



Figura 7-5 – Morfologie pianeggianti conformate sulle superfici strutturali delle colate andesitico-basaltiche del Quaternario, sullo sfondo la cupola vulcanica di S. Vittoria, oltre il Riu Mannu in territorio di Sennariolo all'esterno dell'area di studio.

Nelle aree in cui dominano i sedimenti marini e le vulcanoclastiti del Miocene si possono distinguere due settori caratteristici: uno in cui la morfologia è definita da forme del rilievo morbide, arrotondate, con ampi impluvi vallivi a debole pendenza dei

versanti, dove a dominare sono i processi di modellamento legati all'erosione idrometeorica e alle modificazioni morfologiche apportate dagli interventi antropici. In questi settori possono riscontrarsi fenomeni erosivi localizzati lungo i corsi d'acqua che si manifestano con processi di approfondimento dei talweg e solchi di erosione da deflusso incanalato. Si tratta infine di aree non interessate da franosità o al limite interessate da modesti e limitati fenomeni franosi localizzati lungo scarpate antropiche prevalentemente di tipo stradale; il secondo settore si caratterizza per forme più aspre in cui dominano creste, picchi e cornici rocciose e vallecole a V; le pendenze sono accentuate, i fenomeni di modellamento sono connessi alle frane e all'azione delle acque di deflusso incanalato e sono evidenti condizioni di instabilità geomorfologica con processi attivi e potenzialmente attivabili. Infatti, dove l'energia del rilievo incide in modo determinante sulla instabilità degli ammassi rocciosi, le rocce vulcanoclastiche, relativamente al tipo litologico (tufiti, breccie piroclastiche, rioliti coerenti...), al grado di saldatura, all'intensità della alterazione, della fratturazione e della condizione giaciturale nei confronti della morfologia, sono fortemente soggette a franosità per crolli e ribaltamenti che talvolta coinvolgono considerevoli volumi di roccia anche per aree estese. In questi settori si riconoscono morfologie tipiche delle aree franose quali cornici di degradazione in evoluzione, depositi detritici, ammassi rocciosi molto fratturati e disarticolati.



Figura 7-6 – La cresta rocciosa conformata su breccie piroclastiche del Miocene inferiore, manifesta ammassi rocciosi esposti su pareti verticali, fratturati e disarticolati con porzioni di ammasso e singoli elementi di ammasso predisposti al crollo e al ribaltamento, sul versante a valle della cresta rocciosa possono riconoscersi blocchi e megablocchi crollati dalla cornice e rotolati.



Figura 7-7 – La cresta rocciosa conformata su piroclastiti saldate in rilievo, presenta ammassi rocciosi molto fratturati in condizioni instabili e di incipiente movimento con potenziali cinematismi di crollo e ribaltamento e successivo rotolamento lungo i pendii dove possono riconoscersi i blocchi, i massi e i megablocchi rotolati, nel settore a valle della cresta si osservano invece le rocce tufacee che sono maggiormente interessate da fenomeni di erosione e movimenti in massa connessi all'azione del deflusso delle acque.

Nelle aree in cui affiorano prevalentemente le rocce sedimentarie del Miocene le forme morbide non predispongono i pendii a fenomeni franosi, inoltre le trasformazioni antropiche che in tutti questi settori sono prevalentemente destinate alle attività agricole, con la realizzazione di terrazzamenti e di opere di modellazione dei pendii, garantiscono ulteriori garanzie di stabilità, di fatto non sono state osservate forme di dissesto o condizioni di incipiente instabilità geomorfologica; i processi di modellamento sono sostanzialmente legati al deflusso delle acque superficiali.

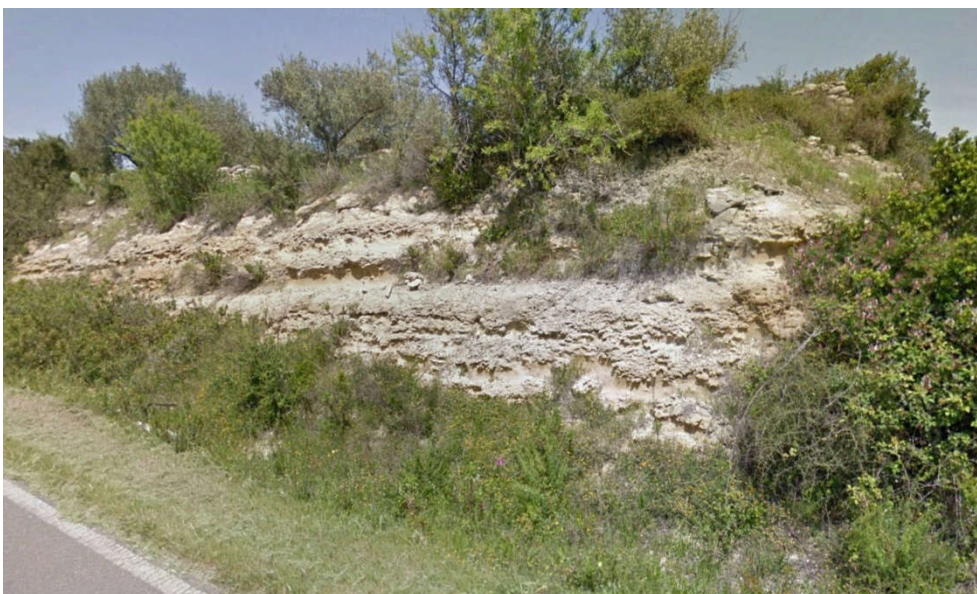


Figura 7-8 – Scarpata stradale sulle arenarie mioceniche stratificate e contraddistinte da processi di erosione differenziale che mettono in evidenza gli strati di roccia maggiormente coerente, calcareniti e calcari, rispetto ad arenarie e arenarie marnose meno coerenti.



Nell'area studiata elemento portante del paesaggio è la presenza della valle del Riu Mannu, incastonata in una forra che presenta scarpate molto acclivi con dislivelli che superano anche i 70 m e meandri incassati di elevata valenza paesaggistica (presso N.ghe Magomadas); limitatamente ad alcuni settori la valle si apre con pendii meno acclivi in corrispondenza di impluvi di corsi d'acqua affluenti. Lungo le cornici e le scarpate che delimitano il canyon del Riu Mannu affiorano prevalentemente le rocce andesitico basaltiche del Pleistocene sulla sommità e le rocce vulcanoclastiche del Miocene alla base, subordinatamente, in prossimità del tratto focivo e alla base della scarpata di sinistra, affiorano i calcari del Miocene medio, mentre le arenarie grossolane conglomeratiche del Miocene inferiore si possono osservare nel settore settentrionale della valle sulla sommità della scarpata di destra.

Lungo tutta la valle del Riu Mannu, nelle scarpate che la delimitano, dominano i processi gravitativi come frane di crollo, colate di detrito su canali in roccia, deposizione di falde detritiche, rotolamento di massi, blocchi e megablocchi; si possono osservare forme di dissesto attive che interessano porzioni di ammasso roccioso, prevalentemente nelle parti più alte, sulle litologie andesitico basaltiche, dove la fratturazione è più intensa o dove la geometria delle discontinuità dispone anche singoli elementi al crollo o al ribaltamento.



Figura 7-9 – Il tratto terminale del canyon del Riu Mannu, gli ammassi rocciosi esposti sulle scarpate sono evidentemente predisposti a frane di crollo e ribaltamento sia nel settore a quota maggiore e sia nel settore più basso. Sono evidenti segni di attivazione di dissesti di crollo anche in materiali detritici della copertura colluviale e di alterazione.



Figura 7-10 – Recente nicchia di distacco di una frana di crollo sulla destra del Riu Mannu, nei pressi della foce, la frana ha coinvolto i materiali detritici della copertura a monte di una cornice rocciosa, ma presumibilmente è stata attivata da un crollo di una porzione dell'ammasso roccioso sottostante su cui poggiava la coltre detritica e/o di alterazione.

Il settore costiero dell'area di studio si sviluppa lungo la costa con un margine prevalentemente conformato in costa alta rocciosa limitatamente interrotta dalle foci di piccoli torrenti e molto limitatamente su brevi tratti di costa bassa sabbiosa e/o rocciosa.

Lungo il limite costiero, generalmente poco articolato, le soluzioni di continuità sono definite da promontori e baie poco pronunciati: Torre Columbargia che si articola con una limitata spiaggia sabbiosa, Corona Niedda che si conforma con gli antistanti scogli, Torre Ischia Ruggia in costa alta a falesia e P.ta di Foghe in falesia verticale interrotta dalla foce del Riu Mannu.

La costa è prevalentemente modellata sulle rocce arenacee del Pleistocene che localmente si osservano poggianti sulle vulcanoclastiti mioceniche, nel settore meridionale la falesia è sostanzialmente impostata sulle rocce vulcanoclastiche.

La falesia, ma anche le ripe di erosione marina che non presentano particolare sviluppo in altezza, sono interessate da frane di crollo e ribaltamento che, nelle rocce arenacee interessano grandi volumi di rocce pseudocoerenti o molto più spesso singoli elementi degli ammassi anche di dimensioni ciclopiche, dove la falesia è conformata sulle rocce vulcanoclastiche e andesitico basaltiche le frane di crollo interessano più che altro porzioni degli ammassi rocciosi che si presentano in condizioni di intensa fratturazione e disarticolati.

Sulla scarpata costiera è possibile osservare corpi di frana antichi riattivati e fenomeni di attivazione continua di processi erosivi lungo il ciglio delle scarpate, ma anche fenomeni di erosione differenziale sulle eolianiti pleistoceniche, connessi anche all'azione del vento, che determinano morfologie a mensola che predispongono gli ammassi a crolli e ribaltamenti.



Figura 7-11 – Falesia tra Porto Alabe e Noesola, tutto il settore è interessato da dissesti diffusi che hanno interessato e stanno coinvolgendo, per il continuo arretramento, le opere antropiche in parte crollate sulla spiaggia.



Figura 7-12 – Morfologie a mensola ed erosione differenziale nella ripa di erosione marina nel retrospiaggia di Porto Alabe, la ripa è in continua evoluzione, infatti alla base agisce l'azione demolitrice del moto ondoso che conforma una morfologia a sbalzo predisposta a fenomeni di crollo.

In tutto il settore della falesia sormontata dall'area urbanizzata di Porto Alabe si deve osservare che alcuni dissesti, seppur le rocce per loro natura sono predisposte ad erosione e a dinamiche di crollo, sono stati determinati o accelerati dalla presenza di opere antropiche, quali discese al mare o scarichi di acque pluviali, che concentrando i deflussi hanno generato aree di

erosione accelerata e hanno disposto gli ammassi ai dissesti che hanno coinvolto le opere stesse.



Figura 7-13 – La costa alta a falesia a Sud di Porto Alabe, vista da Torre Columbargia verso Porto Alabe, presenta con continuità fenomenologie franose di crollo, ma anche di ribaltamento in continua evoluzione con una falda detritica alla base, spesso poggiata sulla piattaforma di abrasione marina, che viene continuamente aggredita dal moto ondoso ed erosa.



Figura 7-14 – Costa alta interessata da dissesti franosi che coinvolgono a diversi livelli tutta l'estensione in altezza della falesia, si osservano gli effetti dell'erosione differenziale, lastre ribaltate, morfologie a sbalzo, segni di recenti frane di crollo e la falda detritica poggiante sulla piattaforma di abrasione.



Figura 7-15 – Frana di crollo sulla costa a falesia del promontorio meridionale della spiaggia di Torre Columbargia, l'erosione del deposito colluviale posto alla base di un banco arenaceo più competente ha generato una morfologia a sbalzo che ha poi determinato il crollo di una porzione di ammasso mobilizzata su una discontinuità parallela al fronte della falesia, il fenomeno franoso è evidentemente attivo.



Figura 7-16 – Frana di crollo sulle arenarie pleistoceniche nella falesia a nord di Torre Ischia Ruggia, in questo settore le arenarie non presentano una evidente stratificazione e si presentano omogenee nell'addensamento e da punto di vista granulometrico, a valle di questo tratto di falesia, compreso tra affioramenti di rocce vulcanoclastiche è presente una piccola spiaggia appunto alimentata dai crolli della falesia.



Figura 7-17 – Dopo qualche anno il corpo di frana che si osserva nella precedente Figura 7-16 è evoluto prevalentemente per azione di erosione al piede da parte del moto ondoso e progressivi smottamenti, si osservi, oltre la falesia modellata sulle arenarie eoliche, la nicchia di frana che interessa le litologie vulcanoclastiche mioceniche, inoltre è evidente la differenziazione che esiste tra la spiaggia sabbiosa che si origina dallo smantellamento delle arenarie e la spiaggia ciottolosa che si origina dai crolli sulle rocce vulcanoclastiche.



Figura 7-18 – La grande cornice attualmente è in evoluzione, sia in prossimità della costa e sia nella porzione più interna con cinematismi di crollo/ribaltamento e rotolamento, si possono osservare i grandi blocchi depositati, sulla superficie inclinata del corpo detritico di frana che alla base poggia sulle piroclastiti di flusso e che è evidentemente interessato da fenomeni di riattivazione testimoniati da nicchie di distacco di frane di crollo/colamento, da coni detritici in evoluzione e coni detritici erosi al piede.

In località Ortilo dove la continuità della copertura delle arenarie pleistoceniche si interrompe e affiorano sulla costa le vulcanoclastiti mioceniche si osserva un grande corpo di frana non recente che si trova oggi in continuo rimodellamento e



riattivazione.



Figura 7-19 – Versante costiero complesso conformato sulle litologie ignimbriche di flusso piroclastico del Miocene inferiore, si osserva chiaramente la predisposizione degli ammassi rocciosi fratturati e disarticolati a frane di crollo e rotolamento, la falda detritica alla base mostra le importanti dimensioni degli elementi che vengono mobilizzati dalle frane.

Verso Sud la falesia modellata prevalentemente sulle arenarie pleistoceniche lascia spazio alla falesia modellata sulle rocce vulcanoclastiche e di flusso piroclastico del Miocene sormontate dalle vulcaniti andesitico basaltiche del Pleistocene. Anche in questo settore i fenomeni franosi sono del tipo crollo/ribaltamento determinati dalla predisposizione geomeccanica degli ammassi rocciosi, si tratta di frane attive ed in continua evoluzione che possono interessare singoli massi o blocchi come anche porzioni di ammassi rocciosi molto fratturati e disarticolati.



Figura 7-20 – La falesia presso Torre Foghe è conformata sulle ignimbriti di flusso piroclastico sommontate dalle colate laviche andesitico basaltiche, nonostante vi sia tale differenziazione litologica, la condizione strutturale/geomeccanica degli ammassi rocciosi è pressoché identica, conseguentemente tutta la scarpata della falesia è interessata da cinematismi di crollo/ribaltamento.

8 La Carta idrogeologica

Generalmente la cartografia idrogeologica è costituita da due diverse tipologie di rappresentazione quali: carte tematiche rappresentanti gli elementi idrogeologici di base (di tipo puntuale, areale o lineare) e carte tematiche che mostrano la variazione sul territorio ed in particolare nel sottosuolo, di parametri idrogeologici rappresentati da entità o elementi chiaramente identificabili, dotati in generale di una certa estensione fisica, i quali rappresentano i fenomeni che si estendono su tutto il territorio in esame.

Ambedue le tipologie di carte costituiscono il punto di partenza per tutte le successive elaborazioni, in particolare per la realizzazione di cartografia derivata e per sviluppare idonei confronti tra la componente idrogeologica e gli altri compartimenti del sistema ambiente.

La cartografia tematica idrogeologica consente di localizzare sul territorio le informazioni raccolte, rappresentabili in elementi puntuali, lineari e areali.

8.1 Metodologia

La Carta idrogeologica estesa al territorio comunale di Tresnuraghes rappresenta gli elementi conoscitivi di base per una conoscenza generale dei caratteri idrogeologici che determinano lo sviluppo della circolazione idrica sotterranea e i rapporti con quella superficiale.

Essa si basa sulla rappresentazione delle classi di permeabilità delle formazioni geologiche, ovvero dei substrati geologici, potenzialmente capaci di costituire acquiferi, differenziandosi dalla permeabilità dei suoli più attinente allo Studio di compatibilità geomorfologica e allo Studio di compatibilità idraulica in adeguamento al P.A.I..

La suddivisione in classi di permeabilità è stata operata a partire dal dataset della geologia, riclassificando le unità geologiche

omogenee oltre che in funzione della comprovata unità spaziale e giacitura, anche in base alle differenziazioni di permeabilità generale che le accomuna, secondo un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto.

La valutazione in questo ambito è di tipo qualitativo e si riferisce a valori di permeabilità classificati secondo quattro intervalli definiti nella Tabella 8-1.

Grado di permeabilità relativa	Intervalli di permeabilità K in m/s
Alto	$K > 10^{-2}$
Medio – alto	$10^{-2} < K < 10^{-4}$
Medio – basso	$10^{-4} < K < 10^{-9}$
Basso	$K > 10^{-9}$

Tabella 8-1 – Corrispondenza tra grado di permeabilità relativa e valori di permeabilità K misurati.

La Tabella 8-2 mette invece in relazione le litologie rilevate nel territorio comunale di Tresnuraghes con l'unità idrogeologica e la descrizione della permeabilità associata.

UNITA'	NOME UNITA'	LITOLOGIA	PERMEABILITA'
1	Unità Detritico- Carbonatica Quaternaria	Sabbie marine, di spiaggia e dunari, arenarie eoliche, sabbie derivanti dall'arenizzazione dei graniti; panchina tirreniana, travertini, calcari; detriti di falda	Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione
2	Unità delle Alluvioni Plio- Quaternarie	Depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi; depositi lacustro palustri, scariche minerarie	Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana
3	Unità delle Vulcaniti Plio- Quaternarie	Basalti, basaniti, trachibasalti, hawaiiiti, andesiti basaltiche, trachiti, fonoliti e tefriti in cupole e colate con intercalazioni e coni di scorie e con livelli sedimentari fluvio-lacustri intercalati, daciti, riodaciti e daciti in cupole e colate, con sporadici depositi piroclastici associati; filoni associati	Permeabilità complessiva per fessurazione da mediobassa a bassa; localmente, in corrispondenza di facies fessurate, vescicolari e cavernose, permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità medio-alta
5a	Unità Detritico- Carbonatica Miocenica Superiore	Calcari, calcareniti, arenarie marnose con subordinate marne e siltiti, conglomerati e arenarie	Permeabilità complessiva medioalta; da medio-bassa a medio-alta per porosità nei termini detritici, medio-alta per fessurazione e/o carsismo nei termini carbonatici
6a	Unità Detritico- Carbonatica Oligo- Miocenica Inferiore	Conglomerati, arenarie, marne, tufti, calcari, di ambiente marino	Permeabilità complessiva medio-alta per porosità e subordinatamente per fessurazione e/o carsismo (calcari); localmente mediobassa in corrispondenza dei termini marnosi e vulcanici
7	Unità delle vulcaniti Oligo- Mioceniche	Rioliti, riodaciti, daciti e subordinate comenditi in espandimenti ignimbritici, cupole di ristagno e rare colate, con associati prodotti piroclastici e talora livelli epiclastici; andesiti, andesiti basaltiche, basalti andesitici e rari basalti, talora brecciati, in cupole di ristagno e colate; gabbri, gabbronoriti in corpi ipoabissali e quarzodioriti porfiriche; filoni associati	Permeabilità per fessurazione complessiva mediobassa, più alta nei termini con sistemi di fratturazione marcati (espandimenti ignimbritici e lavici) e più bassa in quelli meno fratturati (cupole di ristagno) e nei livelli piroclastici e epiclastici

Tabella 8-2 – Unità idrogeologiche della Sardegna caratteristiche del territorio comunale di Tresnuraghes, descrizione delle litologie costituenti, del tipo e del grado qualitativo di permeabilità.

Oltre alla classificazione in unità idrogeologiche omogenee, la carta idrogeologica è strutturata per contenere informazioni generali sugli elementi dell'idrologia superficiale e sugli elementi dell'idrologia sotterranea.

L'individuazione delle unità idrogeologiche fa riferimento alla classificazione delle Unità idrogeologiche regionali e in accordo con quanto specificato nelle "Linee Guida per l'Adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al P.P.R. e al P.A.I. Prima Fase

- Il riordino delle conoscenze” (aggiornamento 2008), in tutto il territorio del Comune di Tresnuraghes vengono distinte 7 unità idrogeologiche, come indicate nella Tabella 8-2.

Vengono inoltre individuati come caratteristiche dell'idrologia sotterranea, le sorgenti, secondo quanto derivabile dalla CTR numerica, ma anche alcuni elementi dell'idrologia superficiale quali il reticolo idrografico, gli spartiacque principali; è inoltre indicata la stazione meteorologica nei pressi dell'abitato di Tresnuraghes.

9 Carta della pericolosità da frana

A riguardo della definizione e zonazione della pericolosità da frana nell'ambito territoriale comunale, per gli approfondimenti di contenuto e metodo, si rimanda integralmente allo “Studio della pericolosità e del rischio idrogeologico - Art.8 comma 2 NTA PAI”, redatto dallo scrivente Dott. Andrea Serreli e dall'Ing. Saverio Liberatore.

La pericolosità da frana Hg individua la possibilità dell'instaurarsi di un fenomeno di dissesto in un determinato punto del territorio. Non essendo possibile quantificare la frequenza di accadimento di un fenomeno di dissesto, pertanto associare una probabilità di accadimento, ovvero un tempo di ritorno, nella redazione del PAI si è assunta una suddivisione della pericolosità in quattro classi, basando la classificazione sullo stato di attività e sul grado di importanza del fenomeno di dissesto.

In questa ottica le aree di pericolosità da frana rappresentano le aree soggette a possibili fenomeni di dissesto.

Nel suddetto studio viene inserita la classe di pericolosità da frana Hg0 con la medesima concezione con cui viene introdotta nella Relazione Generale del PAI.

Pericolosità geomorfologica			Descrizione
Classe	Intensità	Valore	
Hg1	Moderata	0,25	i fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali
Hg2	Media	0,50	zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetto di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
Hg3	Elevata	0,75	zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali
Hg4	Molto elevata	1,00	zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

Tabella 9-1 – Classi di pericolosità (Hg) e quantificazione lineare dell'intervallo [0,1] come da Linee Guida – Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia” allegata al PAI.



Pericolosità geomorfologica			Descrizione
Classe	Intensità	Valore	
H _g 0	Nulla	0	aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente e con pendenze < 20%;
H _g 1	Moderata	0,25	aree con pericolosità assente o moderata e con pendenze comprese tra il 20% e il 35% con copertura boschiva limitata o assente; aree con copertura boschiva con pendenze > 35%
H _g 2	Media	0,50	aree con pericolosità media con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, con copertura boschiva rada o assente e con pendenze comprese tra 35 e 50%, falesie lungo le coste
H _g 3	Elevata	0,75	aree con pericolosità elevata con pendenze >50% ma con copertura boschiva rada o assente; frane di crollo e/o scorrimento quiescenti, fenomeni di erosione delle incisioni vallive. Fronti di scavo instabili lungo le strade; aree nelle quali sono in attività o sono state svolte in passato attività minerarie che hanno dato luogo a discariche di inerti, cave a cielo aperto, cavità sotterranee con rischio di collasso del terreno e/o subsidenza (i siti minerari dismessi inseriti nella Carta della pericolosità di frana); aree interessate in passato da eventi franosi nelle quali sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza
H _g 4	Molto elevata	1,00	aree con pericolosità molto elevate con manifesti fenomeni di instabilità attivi o segnalati nel progetto AVI o dagli Enti Locali interpellati o rilevate direttamente dal Gruppo di lavoro

Tabella 9-2 – Classi di pericolosità (Hg) e quantificazione lineare dell'intervallo [0,1] come da Relazione Generale del PAI.

Le classi di pericolosità da frana sono state individuate nel territorio comunale secondo la distribuzione areale indicata alla Tabella 9-3.

Classe di pericolosità	Estensione superficie (Km ²)	Distribuzione percentuale
Hg0	22,84	72,32
Hg1	1,75	5,53
Hg2	2,99	9,45
Hg3	2,36	7,47
Hg4	1,65	5,22

Tabella 9-3 – Distribuzione delle classi di pericolosità (Hg) nel territorio comunale.

La pericolosità da frana è rappresentata, negli allegati al presente documento, alla scala 1:10000 nella Tav. 6 - Carta della pericolosità da frana, e alla scala 1:2000 e nella Tav. 9 - Carta della pericolosità da frana – Centri urbani.

9.1 **Disciplina delle aree a pericolosità da frana**

Nella fase di adeguamento del PUC al PAI è necessario che le prescrizioni delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI per le aree a pericolosità da frana vengano recepite nelle Norme Tecniche di Attuazione del PUC.

10 **Conclusioni, indirizzi e prescrizioni per la pianificazione territoriale e la gestione del territorio**

Il territorio comunale di Tresnuraghes presenta caratteristiche geologiche generali molto varie ed interessanti dal punto di vista litologico, strutturale, stratigrafico, ma anche paleontologico; in particolare la conformazione geomorfologica che conferisce al territorio una considerevole valenza paesaggistica, di contro si sposa con una evidente pericolosità da frana che interessa in particolare il territorio costiero.

Il territorio che si affaccia sul mare è caratterizzato in prevalenza dalla costa alta a falesia, ma sono presenti anche tratti di costa bassa rocciosa e sabbiosa.



La costa di Porto Alabe rappresenta il sistema sabbioso più importante, esteso dalla foce del Riu de Giana a Sud fino al confine con il territorio di Magomadas in località Noesola; nel settore meridionale è caratterizzato da un'ampia spiaggia sabbiosa e da un sistema di dune non ben conservato e tutelato, verso Nord la costa bassa è meno estesa, è sottesa dalla costa alta a falesia e sostanzialmente caratterizzata da una piattaforma di abrasione marina, solo stagionalmente ricoperta da un sottile strato di sabbie.

Altre piccole spiagge caratterizzano la costa, come quella di Noesola che sottende un impluvio in cui è presente anche un limitato sistema di dune, comunque in un contesto paesaggistico urbanizzato; la spiaggia di Columbargia è invece ubicata nel settore della foce del Riu su Caddalzu e rappresenta un sistema geomorfologico di particolare pregio paesaggistico, definito da piattaforme di abrasione marina e coste a falesia modellate su arenarie pleistoceniche e vulcanoclastiti mioceniche, spiaggia sabbiosa ciottolosa e dune oloceniche.

Il territorio interno è caratterizzato dai plateau basaltici, da morfologie dettate ed ereditate dal vulcanismo del Miocene e del Quaternario e da territori in cui dominano le rocce sedimentarie del Miocene marino.

I territori pianeggianti conformati sulle superfici strutturali delle colate laviche andesitico basaltiche presentano condizioni ambientali in avanzato degrado, sono diffusi gli affioramenti rocciosi, i suoli troncati e la carenza di vegetazione naturale, sostituita da colture erbacee e da pascoli artificiali, evidenti indizi di progressiva desertificazione.

La continuità dei plateau basaltici è interrotta verso Est dal canyon del Riu Mannu che con le scarpate verticali e i versanti ad alta energia configura, con meandri incassati, cornici rocciose e l'ambiente di foce, un sistema geomorfologico di grande interesse paesaggistico ambientale completato dalla rigogliosa vegetazione che colonizza tutta la profonda vallata.

I settori in cui dominano le rocce vulcaniche del Miocene, sono i più estesi, caratterizzati da morfologie blande, ma anche da aspri versanti e vallecole incise interessate da processi franosi ed erosivi concentrati, in particolare nei bacini idrografici che drenano verso la costa.

In questi territori sono di specifico interesse geologico, petrografico e giacimentologico, le breccie vulcaniche, i tufi riolitici ed in particolare i giacimenti di caolino saggiati in diverse aree del territorio, ma anche storicamente sfruttati nella miniera a cielo aperto in località Funtana Pattalza.

Le rocce sedimentarie marine del Miocene caratterizzano il territorio con forme morbide e talvolta sub pianeggianti, tabulari, con evidenti stratificazioni e giaciture sub-orizzontali, si presentano di colore chiaro, giallo paglierino – bianco, distinguendosi molto chiaramente da quelle che sono le litologie vulcaniche del Miocene e del Pleistocene che in genere presentano colorazioni scure.

Le dolci morfologie hanno reso questi luoghi agevolmente insediabili e ricchi dal punto di vista degli insediamenti urbani e agricoli; tutt'oggi rappresentano il settore in cui sono concentrate le parcellizzazioni agricole che configurano il paesaggio agrario storicizzato degli oliveti e dei vigneti con morfologie a campi terrazzati e paesaggi a campi chiusi.

Dal punto di vista idrogeologico il territorio di Tresnuraghes presenta una sostanziale variabilità, ma appare ricco di giacimenti idrici sotterranei che si concentrano prevalentemente in acquiferi profondi o mediamente profondi, impostati sia nelle rocce sedimentarie e sia nelle rocce vulcanoclastiche del Miocene.

Diverse sono le sorgenti conosciute, comunque non di rilevante importanza e spesso ubicate ai bordi delle colate andesitico



basaltiche del Pleistocene; infatti le rocce laviche quaternarie, conseguentemente alla loro intensa fratturazione, favoriscono l'infiltrazione e la filtrazione, essendo maggiormente permeabili delle rocce tuftiche e arenacee mioceniche su cui giacciono, le quali fungendo da soglia di permeabilità, favoriscono l'emersione delle acque sotterranee.

Come detto in precedenza la conformazione geomorfologica del territorio genera valenze paesaggistiche singolari che però spesso si accompagnano a situazioni di instabilità geologica delle forme, che, interessate da processi evolutivi che si manifestano prevalentemente con frane di crollo/ribaltamento, generano condizioni di pericolosità geomorfologica.

Nella fattispecie tutta la falesia è interessata da aree di pericolosità da frana molto elevata, come d'altronde lo sono le scarpate del canyon del Riu Mannu; altri settori dei bacini idrografici che drenano sulla costa sono interessati da forme e processi predisponenti a fenomeni franosi e sono conseguentemente annoverati tra le aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata.

Questi fenomeni non coinvolgono l'abitato di Tresnuraghes che risulta ubicato in una zona sostanzialmente stabile dal punto di vista geomorfologico e idrogeologico, di contro interessano pesantemente l'area di Porto Alabe dove hanno interessato e continuano a mettere a rischio fabbricati e opere antropiche realizzate in prossimità degli orli della falesia, oltre a minacciare la sicurezza della frequentazione della spiaggia sottostante la falesia. Tutt'oggi è in fase di progettazione un intervento di messa in sicurezza della scarpata della falesia.

Gli indirizzi di carattere geologico-ambientale per la pianificazione generale e per il governo del territorio riguardano sostanzialmente l'aspetto della sicurezza e l'aspetto della tutela di aree con valenza paesaggistica e meritevoli di tutela e valorizzazione.

Per quanto concerne le aree caratterizzate da pericolosità idrogeologica (pericolo da frana e pericolo idraulico) si dovranno rispettare le Norme Tecniche di Attuazione del PAI con le successive integrazioni e modificazioni, che riguardano la disciplina d'uso di quelle aree secondo la loro classificazione.

A riguardo della sicurezza si ritiene che tutte le aree classificate con le classi di pericolosità da frana elevata e molto elevata, con particolare riferimento alle aree di costa, che risultano certamente essere le più frequentate, debbano essere messe a conoscenza della popolazione con appositi sistemi di segnalazione e informazione, anche in termini di protezione civile.

Gli indirizzi per la gestione delle aree di costa riguardano la programmazione e la pianificazione sostenibile degli ambienti costieri coordinata con la corretta frequentazione degli stessi.

Il Piano di Utilizzo dei Litorali (PUL) dovrà essere lo strumento portante della pianificazione settoriale e dovrà prevedere, alla base della definizione degli spazi demaniali programmabili, oltre alla caratterizzazione geomorfologica del territorio oggetto della pianificazione anche le linee di principio per l'uso della costa, nella fattispecie delle spiagge e delle dune, compatibilmente con la frequentazione sostenibile delle stesse, definendo per le prime le aree assentibili e per le seconde i divieti e i criteri di salvaguardia e protezione dalla frequentazione incontrollata o addirittura dalla realizzazione di opere anche se temporanee.

Nelle aree interne che presentano maggiore degrado e progressiva desertificazione, influenzate dalle condizioni geologiche, ma certamente favorite e accelerate dalle attività umane, incendi e sovrappascolamento, si ritiene che debbano essere incentivate azioni di recupero di settori da destinare alla riqualificazione e al ripristino della vegetazione potenziale naturale,



affinché possano ricrearsi condizioni adatte allo sviluppo di micro-ecosistemi, favorevoli all'insediamento di specie vegetali adattabili e quindi di specie animali, da mettere in interconnessione attraverso corridoi ecologici, con gli ambienti più accoglienti della costa e della vallata del Riu Mannu.

In merito all'uso del territorio si raccomanda l'applicazione delle norme concernenti la disciplina delle attività di trasformazione del territorio stesso con particolare riferimento al D.M. 17/01/2018, Aggiornamento delle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI e alla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 Gennaio 2019 n. 7 – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Nell'ambito della progettazione di tutte le opere civili, pubbliche o private, dovranno essere obbligatoriamente adempiute le richieste di cui alle norme precedente citate e per la fattispecie nei riguardi della progettazione geologica, geotecnica e sismica.

In particolare, ed a titolo non esaustivo, si fa riferimento alla obbligatorietà della Relazione geologica e della Relazione geotecnica di cui al Capitolo 6 – Progettazione geotecnica (6.2.1 – Caratterizzazione e modellazione geologica del sito; 6.2.2 – Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito) e della Relazione sismica (3.2 – Azione sismica) per le seguenti opere:

6.3 – Stabilità dei pendii naturali; 6.4 – Opere di fondazione; 6.5 – Opere di sostegno; 6.6 – Tiranti di ancoraggio; 6.7 – Opere in sotterraneo; 6.8 – Opere di materiali sciolti e fronti di scavo; 6.9 – Miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi; 6.10 – Consolidamento geotecnico di opere esistenti; 6.11 – Discariche controllate di rifiuti e depositi di inerti; 6.12 – Fattibilità di opere su grandi aree.

Infatti, i risultati dei precedenti elaborati progettuali di carattere geologico e geotecnico, sono indispensabili nella esecuzione delle verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (Capitolo 2 – Sicurezza e prestazioni attese), per i vari stati limite SLU ed SLE, evidentemente anche in relazione alle azioni sismiche (Capitolo 7 – Progettazione per azioni sismiche).

Inoltre si vuole citare anche il Capitolo 8 – Costruzioni esistenti, che al punto 8.3 – Valutazione della sicurezza, prevede la caratterizzazione sismica, la valutazione delle proprietà dei terreni, le eventuali verifiche di idoneità dei sistemi di fondazione, l'opportunità di procedere ad una verifica della stabilità geomorfologica del sito.

Dott. Geol. Andrea Serreli

Firmato digitalmente