



Regione Sardegna
Provincia di Sassari
Comuni di Tergu, Nulvi, Sedini, Chiaramonti,
Ploaghe e Codrongianos



Proposta di ammodernamento complessivo (“repowering”) del “Parco Eolico Nulvi Tergu” esistente da 29,75 MW, con smantellamento degli attuali 35 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 15 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 99 MW

Titolo

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Scala

Formato Stampa

Numero documento

Foglio

Commessa

224308

Fase

D

Tipo doc.

R

Progr. doc.

0341

Rev.

00

Proponente

FRI-EL

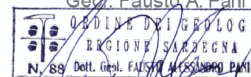
FRI-EL ANGLONA S.R.L.
Piazza del Grano 3
39100 Bolzano (BZ)
fri-elanglona@legalmail.it
P. Iva 02429050210

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione

Progettista

Geol. Fausto A. Pani



Collaboratore

Geol. Roberta M. Sanna

Sul presente elaborato sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente.

Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	20.07.2022	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	F. PANI	D. LO RUSSO	M. LO RUSSO

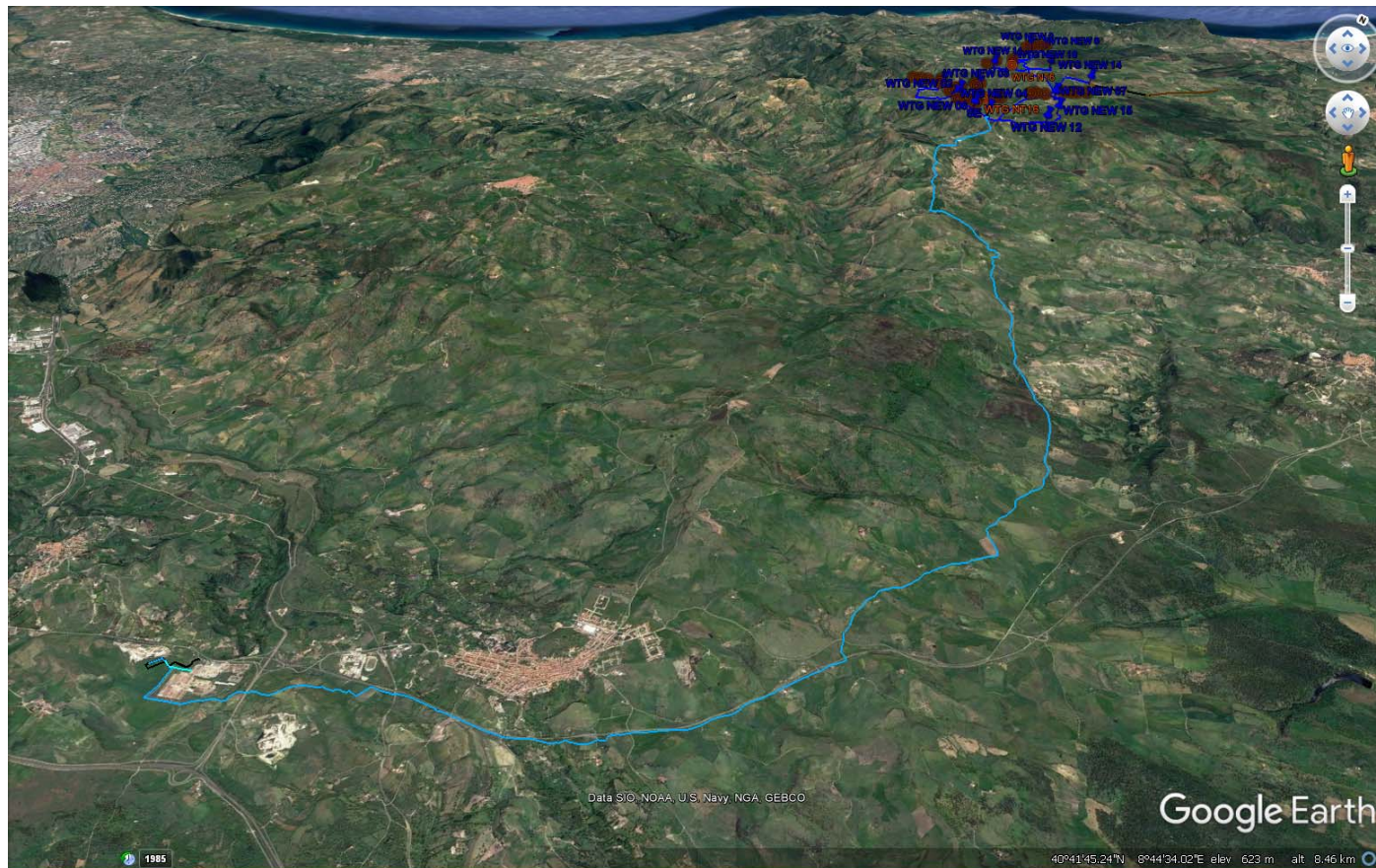
INDICE

1. PREMESSA	4
2. METODOLOGIA	5
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO DI SETTORE	6
4. RELAZIONE GEOLOGICA	7
4.1 SCHEMA GEOLOGICO STRUTTURALE DELLA SARDEGNA	7
4.2 SCHEMA GEOLOGICO DELL'AREA RISTRETTA	11
4.3 LE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE DELL'AREA RISTRETTA	12
4.4 LA GEOLOGIA DELL'AREA DEGLI AEROGENERATORI	14
5. RELAZIONE GEOTECNICA	15
5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
5.2 MODELLO GEOTECNICO	15
5.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
5.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	18
5.5 CARATTERI GEOTECNICI GENERALI	18
5.6 IL SEDIME DEI GENERATORI DEL "REPOWERING"	19
5.7 LA WTGNEW01 EX 14	19
5.8 LA WTGNEW02 EX 21	19
5.9 LA WTGNEW03 EX 10	20
5.10 LA WTGNEW04 EX 18	20
5.11 LA WTGNEW05 EX 16	21
5.12 LA WTGNEW06 EX 28	21
5.13 LA WTGNEW07 EX 32	22
5.14 LA WTGNEW08 EX 04	22
5.15 LA WTGNEW09 EX 02	23
5.16 LA WTGNEW10 EX 07	23
5.17 LA WTGNEW11, 12 e 13 EX 08	24
5.18 LA WTGNEW09, 14 e 15 EX 02	24
6. RELAZIONE SISMICA	25
6.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA	25
6.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA	28
6.3 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	28
6.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA	29
6.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	29
7. SCHEDE DESCRITTIVE DEI SEDIMI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO	33
7.1 SCHEDA SOTTOSTAZIONE	33
7.2 SCHEDA SOTTOSTAZIONE UTENTE	34
7.1 SCHEDA 3 WTG NEW 10, 11 e 13	36
7.2 SCHEDA 4 WTG NEW 14	37
7.3 SCHEDA 5 WTG NEW 07	38
7.4 SCHEDA 6 WTG NEW 02, 04, 05, 06, 12, 15	39
7.5 SCHEDA 1 CAVIDOTTO	40

7.6	SCHEDA 2 CAVIDOTTO	41
7.7	SCHEDA 3 CAVIDOTTO	42
7.8	SCHEDA 4 CAVIDOTTO	43
7.9	SCHEDA 5 CAVIDOTTO	44
7.10	SCHEDA 6 CAVIDOTTO	45
8.	VALUTAZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DA SCAVI	46
8.1	STUDI, CARATTERIZZAZIONI, CERTIFICAZIONI, INERENTI RIUTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO	46
9.	IL PROGETTO ED IL PAI	47
10.	CONCLUSIONI	51

1. PREMESSA

Il **Progetto** in esame consta nel "repowering" (ammodernamento complessivo) di un impianto eolico esistente con gli attuali 35 aerogeneratori ubicati nel comune di Nulvi (SS). Nello specifico, si tratta del "Parco Eolico Nulvi Tergu" esistente, di proprietà della società Fri – El Anglonasrl.



Il presente **Progetto di repowering**, consisterà in:

- dismissione degli attuali 35 aerogeneratori dell'impianto eolico esistente (potenza in dismissione pari a 29,75MW) e delle relative opere accessorie, oltre che nella rimozione dei cavidotti attualmente in esercizio;
- installazione nello stesso sito dell'impianto eolico esistente e in sostituzione di quest'ultimo di 15 aerogeneratori e relative opere accessorie per una potenza complessiva di 99 MW. In particolare, l'impianto sarà costituito da aerogeneratori della potenza unitaria di 6,6 MW, diametro del rotore di 170 m ed altezza complessiva di 200 m;
- la costruzione di nuovi cavidotti interrati MT in sostituzione di quelli attualmente in esercizio;
- Realizzazione di una stazione elettrica di Utenza 150/30kV;
- Realizzazione di una stazione elettrica di condivisione 150kV;
- la costruzione di nuovi cavidotti interrati AT di connessione tra la stazione elettrica di Utenza e la stazione elettrica di condivisione;
- la costruzione di nuovi cavidotti interrati AT di connessione tra la stazione elettrica di condivisione e la stazione RTN;
- futura dismissione dell'impianto ammodernato, al termine della sua vita utile.

2. METODOLOGIA

Il lavoro è stato sviluppato seguendo il seguente schema operativo:

1. Fase preliminare

- Ricerca ed acquisizione dei supporti cartografici topografici e tematici esistenti;
- Ricerca dei supporti aerofotografici e/o di immagini da satellite esistenti;
- Ricerca bibliografica ed acquisizione del materiale bibliografico di interesse;
- Analisi critica del materiale cartografico e bibliografico censito;
- Inquadramento geografico generale;
- Inquadramento climatico generale;
- Inquadramento geologico generale;
- Inquadramento geomorfologico generale;
- Inquadramento idrogeologico generale;
- Individuazione delle problematiche presenti nel territorio attraversato dal tracciato.

2. Fase di approfondimento

- Rilevamento e mappatura geologica di semidettaglio;
- Analisi e descrizione dei caratteri geologici;
- Rilevamento e mappatura dei caratteri geomorfologici;
- Analisi dell'assetto geomorfologico dell'area;
- Rilevamento e mappatura dei caratteri idrogeologici;
- Analisi dell'assetto idrogeologico dell'area;
- Individuazione dei problemi inerenti la vulnerabilità ed il rischio idrogeologico relativi al tracciato.

La presente relazione è la sintesi dei risultati dell'indagine sviluppate nelle due fasi operative.

Le informazioni analisi e descrizione delle problematiche geologico-tecniche dei sedimenti e dei tracciati e le indicazioni operative sono trattate nella relazione geotecnica. Per raggiungere il livello di approfondimento richiesto le informazioni ricavate dalla letteratura, dalla fotointerpretazione e dal rilevamento diretto dei caratteri geologici sono state integrate con i dati acquisiti da indagini geognostiche eseguite nelle stesse formazioni.

Sulla base delle mappature di pericolosità idraulica prodotte dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico che evidenzia rischi di varia natura sul tratto attraversato, sono poi state operate delle analisi di dettaglio per verificare la congruità delle informazioni rilevate, con le mappature presenti nel PAI e la eventuale criticità con il tracciato proposto in questa fase definitiva. In essa vengono descritti i caratteri geotecnici e morfologici di dettaglio dell'area interessata dalla proposta di sistemazione idraulica e viaria, nonché del bacino idrografico interessato e i risultati delle indagini ricognitive, delle valutazioni macroscopiche e di campagna e delle misurazioni e rilievi effettuati in situ.

Lo studio è illustrato in modo visivo attraverso le rappresentazioni grafiche e cartografiche di corredo, allegate, riassuntive i temi di fondamentale importanza per la definizione delle caratteristiche geologiche, morfologiche, pedologiche e geotecniche dei terreni interessati dalla proposta progettuale.

Le informazioni puntuali ed i limiti delle formazioni sono state mappate attraverso il posizionamento con GPS. Il sistema di riferimento utilizzato è EPSG 3003. Attraverso il software ArcGIS 10.03, le minute sono state informatizzate per essere georeferenziate con la precisione adeguata alle necessità di lavoro.

Le rappresentazioni sono fatte su DBGT2020 sovrapposto al modello del suolo a passo 10 m della RAS-CNR.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO DI SETTORE

Il presente documento è redatto secondo quanto richiesto dalla normativa vigente ed in particolare, per quanto riguarda la sfera attinente la professionalità del geologo vengono richiesti all'interno della progettazione 3 documenti:

- relazione geologica
- relazione geotecnica
- relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base.

La relazione geologica deve contenere le indagini, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito in riferimento all'opera ed analizzare la pericolosità geologica del sito in assenza ed in presenza delle opere. La valenza di questo documento è fondamentale non solo per la progettazione esecutiva dell'opera ma per stabilire in fase di progettazione architettonica o preliminare se l'opera si "può fare" e quali saranno le problematiche relative alla stabilità dei terreni ed all'assetto idrogeologico dell'intorno.

La relazione geotecnica riguarda le indagini, la caratterizzazione e modellazione geotecnica del solo "volume significativo" e deve valutare l'interazione opera/terreno ai fini del dimensionamento.

La relazione sulla modellazione sismica deve valutare la pericolosità sismica di base del sito, tale documento riveste importanza per la valutazione della "pericolosità" e quindi va inserito non solo nel livello di progettazione definitivo ma già fin dal livello di progettazione preliminare. Dato che tale documento specie per la trattazione degli effetti di sito assume un carattere prettamente "geologico", lo stesso può essere redatto in forma indipendente o essere inserito nella relazione geologica.

In particolare la normativa generale presa a riferimento è costituita da:

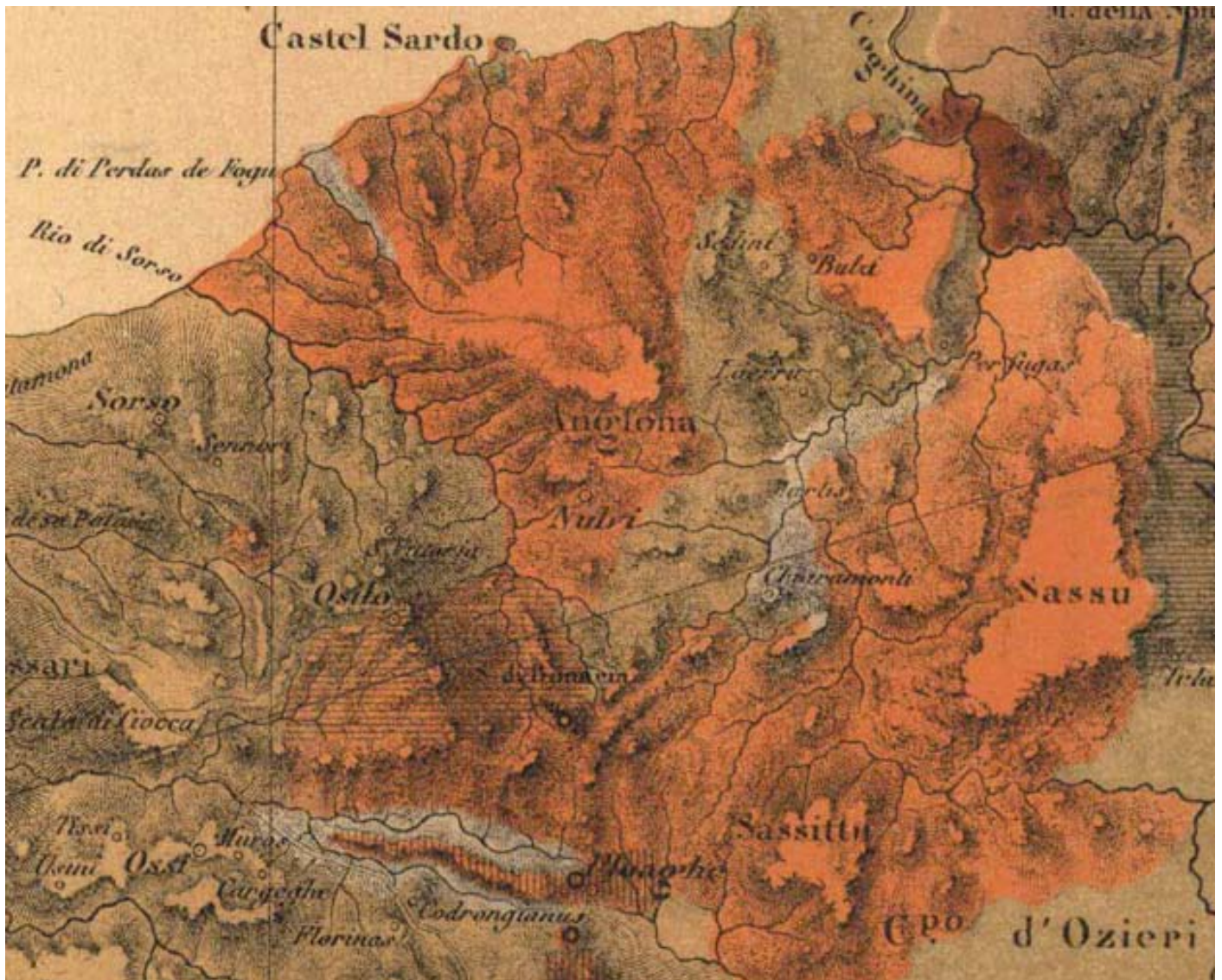
- D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" - Testo Unitario
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018. Circolare 2 febbraio 2019.
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- Piano di Assetto Idrogeologico (NTA agg. marzo 2022)
- Piano delle Fasce Fluviali
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale
- Piano Urbanistico dei comuni interessati dal Progetto e relativo Regolamento edilizio e Norme Tecniche di Attuazione
- D.M. 11.03.1988
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità e dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione

4. RELAZIONE GEOLOGICA

4.1 SCHEMA GEOLOGICO STRUTTURALE DELLA SARDEGNA

La Sardegna è classicamente divisa in tre macro complessi geologici che affiorano per estensioni equivalenti: il basamento metamorfico ercinico, il complesso intrusivo tardo-ercinico, le successioni sedimentarie e vulcanico tardo-erciniche, mesozoiche e cenozoiche le successioni plio-quadernarie.

Il settore del Progetto Nulvi – Tergu è posto all'interno della "fossa Sarda" e di essa condivide la genesi e la tettonica geologica generale.



Mappa – L'area di Nulvi-Tergu nella cartografia La Marmora (1834-39)

Il basamento paleozoico sardo è un segmento della Catena Ercinica sud-europea che dalla maggior parte degli autori è considerata una catena collisionale con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal siluriano, collisione

	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Nulvi Tergu" esistente da 29,75 MW, con smantellamento degli attuali 35 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 15 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 99 MW	
Codifica Elaborato: 224308_D_R_0341Rev.00		

continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo barroviano (datato a 339-350 Ma; Del Moro et alii, 1991) e magmatismo durante il Devoniano superiore e il Carbonifero (Matte, 1986; Carmignani et alii, 1994).

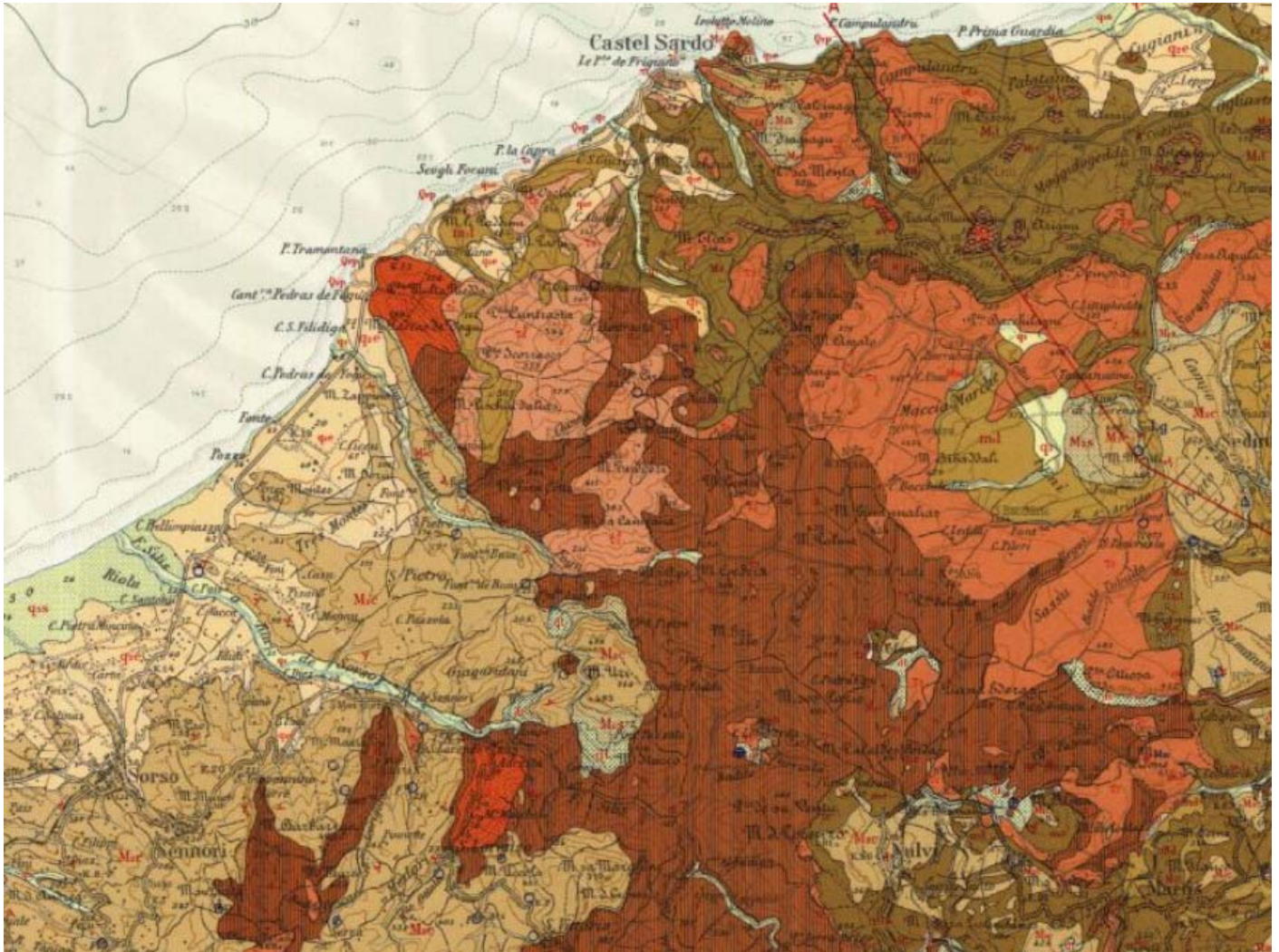
In Sardegna la geometria collisionale della Catena Ercinica è ancora ben riconoscibile. Secondo Carmignani et alii (1992; 1994) il margine armoricano sovrascorso è rappresentato dal Complesso Metamorfico di Alto Grado che affiora nella Sardegna Settentrionale mentre il margine del Gondwana subdotto è rappresentato da un Complesso Metamorfico di Basso e Medio grado strutturato in un edificio a falde e caratterizzato da una zoneografia barroviana prograd (Carmignani et alii, 1979; Franceschelli et alii, 1989), a sua volta suddiviso in Falde Interne e Falde Esterne, che affiora nella Sardegna centrale e sudorientale.

I due complessi sono separati dalla Linea Posada-Asinara, lungo la quale affiorano frammenti di crosta oceanica con paragenesi relitte di ambientazione eclogitica (Cappelli et alii, 1992).

A questa strutturazione collisionale nel tardo-ercinico segue un'evoluzione caratterizzata dal collasso gravitativo della catena e da rilascio termico (metamorfismo di alto T/P). Nelle aree del Mediterraneo occidentale i processi estensionali legati al collasso dell'orogene ercinico sono attivi da 320 fino ad almeno 280 Ma (e.g. Massiccio Centrale e Montagna Nera: Echtler & Malaveille, 1990; Pirenei: Gibson, 1991); in Sardegna e Corsica l'evoluzione tardo-ercinica della catena, caratterizzata da una dinamica essenzialmente estensionale e/o trans-tensile, è dominata da processi esumativi attivi, come minimo, a partire da 308 Ma (età minima di chiusura della muscovite in migmatiti del complesso metamorfico di alto grado: Macera et alii, 1989) e coincide con la messa in posto di gran parte delle plutonici che formano il Batolite Sardo-Corso. Essa si esprime anche con diffuse manifestazioni vulcaniche e sub-vulcaniche in campi filoniani (Attori & Traversa, 1986; Vaccaio, 1990) e con la genesi di bacini intracratonici stefaniano-autuniani.

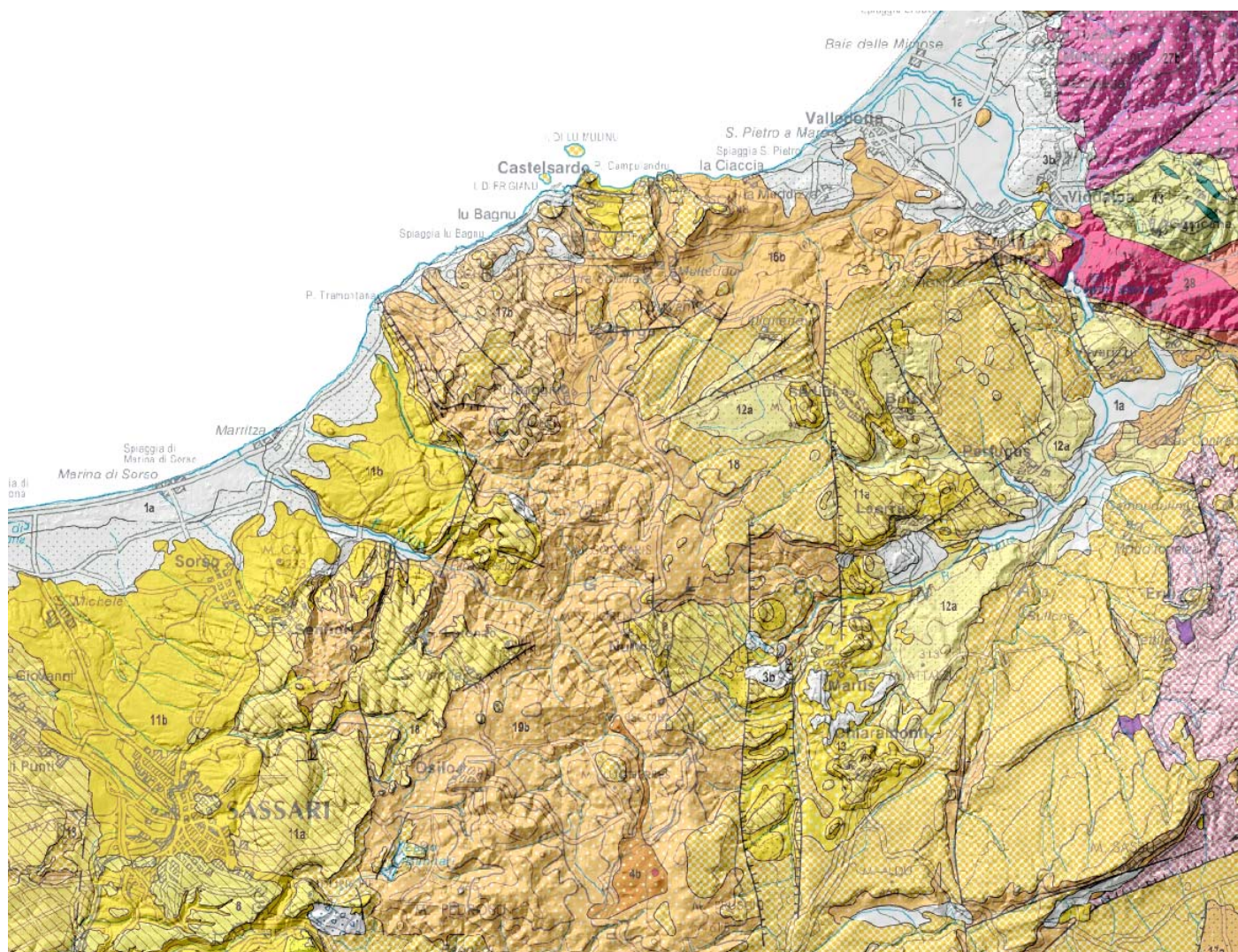
Col Permiano più tardo e con il Triassico inferiore un nuovo ciclo magmatico ad affinità alcalina post-orogonica (Bonin, 1980), ancora associato a sedimentazione continentale, caratterizza il blocco sardo-corso. Questo magmatismo che in Sardegna si esplica con manifestazioni sub-vulcaniche ed effusive (Balzelli et alii, 1987; Cortesogno & Gaggero, 1999) non può essere riferito al collasso della Catena Ercinica ma piuttosto alla riorganizzazione delle placche legata alla fase di rifting che, manifestatasi con trasgressioni marine fin dal Triassico superiore, porterà all'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese (Cortesogno et alii, 1998).

Proposta di ammodernamento complessivo (“repowering”) del “Parco Eolico Nulvi Tergu” esistente da 29,75 MW, con smantellamento degli attuali 35 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l’installazione di 15 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 99 MW

Codifica Elaborato: **224308_D_R_0341Rev.00**

Mappa – L'area in oggetto nella cartografia storica IGM 1:100.000

Dopo l'Orogenesi ercinica altri settori di crosta strutturata in questo evento sono incorporati nella catena pirenaica, nelle Alpi e nell'Appennino, mentre il settore di crosta che attualmente costituisce il Blocco Sardo-Corso non è coinvolto in importanti eventi orogenici; mancano quindi le successioni alloctone di dominio oceanico che costituiscono l'edificio a falde della Corsica Alpina. In Sardegna affiorano esclusivamente successioni mesozoiche comuni ai domini europei più esterni, caratterizzate da piattaforme carbonatiche di mare poco profondo; esse sono coinvolte insieme a successioni sedimentarie e vulcaniche cenozoiche preburdigaliane in un'importante tettonica a carattere trascorrente che si manifesta tra l'Oligocene e l'Aquitano. Tale tettonica, con le sue manifestazioni transpressive e transtensive, viene messa in relazione alla collisione, cui è legato l'Appennino settentrionale, tra il blocco Sardo-Corso e l'Adria (Carmignani et alii, 1994b; Oggiano et alii, 1995; Carmignani et alii, 1995).



Mappa – L'area di Nulvi-Tergu nella carta geologica di Carmignani et alii (2010)

Una nuova emersione, che interessò l'intera Isola, si manifestò alla fine del Cretacico e perdurò per quasi tutto il Paleocene. Verosimilmente in relazione con la fase tettonica pirenaica (BARCA & COSTAMAGNA, 1997; 2000; CARMIGNANI et alii, 2004), nell'Eocene medio- superiore si ristabiliscono in tutta l'Isola condizioni di continentalità, che perdurano per quasi tutto l'Oligocene, come risulta dai depositi fluviali e lacustri riferiti a tale intervallo di tempo presenti anche nell'area (formazione del Cixerri, PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969).

Nell'Oligocene superiore - Miocene Inferiore il Blocco sardo-corso subisce i contraccolpi della collisione nord-appenninica, di cui rappresenta il retropaese. In questo periodo nella Sardegna centro-settentrionale, così come nella Corsica ercinica, è attiva una importante tettonica trascorrente (CARMIGNANI et alii, 1994a; PASCI, 1995), con sistemi di faglie che seguono i lineamenti tettonici e le discontinuità del basamento ercinico.

In concomitanza con tale evento geodinamico si manifesta in Sardegna il cosiddetto "ciclo vulcanico calcalcalino oligo-miocenico", cui si deve la messa in posto di grandi volumi di prodotti ignei, sia effusivi che esplosivi, con chimismo da basico-intermedio (basaltico-andesitico) ad acido (riodacitico-riolitico).

	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Nulvi Tergu" esistente da 29,75 MW, con smantellamento degli attuali 35 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 15 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 99 MW	
Codifica Elaborato: 224308_D_R_0341Rev.00		

La parte meridionale dell'Isola appare scarsamente interessata dalle dinamiche trascorrenti oligo-mioceniche. In quest'area sono attribuiti all'Oligocene superiore - ?Aquitano Inferiore solo alcuni depositi, da continentali a marino-litorali che, con spessori molto modesti, affiorano anche nel Foglio Villacidro (formazione di Ussana, PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969).

Durante il Miocene inferiore-medio, contemporaneamente alla rotazione del Blocco sardo-corso (Burdigaliano) e all'apertura del Bacino Balearico e del Tirreno centro-settentrionale, si sviluppa tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara un sistema di fosse ("Fossa Sarda": VARDABASSO, 1962; "Rift sardo": CHERCHI & MONTADERT, 1982; 1984) con sedimentazione prevalentemente marina, con associati notevoli spessori di vulcaniti calcaline, in parte sottomarine.

A partire dal Miocene Superiore e fino al Pliocene-Pleistocene, tutta l'Isola è interessata da una nuova, importante fase distensiva da riferire all'apertura del Tirreno centro-meridionale, la quale favorisce una breve e localizzata (penisola del Sinis, Campidano di Cagliari e di Oristano, Orosei) ingressione marina nel Pliocene Inferiore. A questa tettonica distensiva sono da imputare le estese manifestazioni vulcaniche plio-pleistoceniche dell'Isola, prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeiitica, di età isotopica compresa tra 5,3 e 0,14 Ma (BECCALUVA et alii, 1978), nonché l'impostazione del graben subsidente del Campidano, colmato da potenti depositi detritici continentali plio-pleistocenici (formazione di Samassi, PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969; "Alluvioni antiche" Auct.).

Sia i sedimenti marini del Miocene inferiore-medio che, più estesamente, i depositi quaternari sono ampiamente rappresentati nell'area in oggetto, mentre i sedimenti del Pliocene inferiore marino e del Pliocene Medio-Inferiore (formazione di Samassi Auct.) sarebbero presenti unicamente nel sottosuolo del Campidano come risulta dallo studio dei sondaggi (POMESANO CHERCHI, 1971, TILIA ZUCCARI, 1969; PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969).

4.2 SCHEMA GEOLOGICO DELL'AREA RISTRETTA

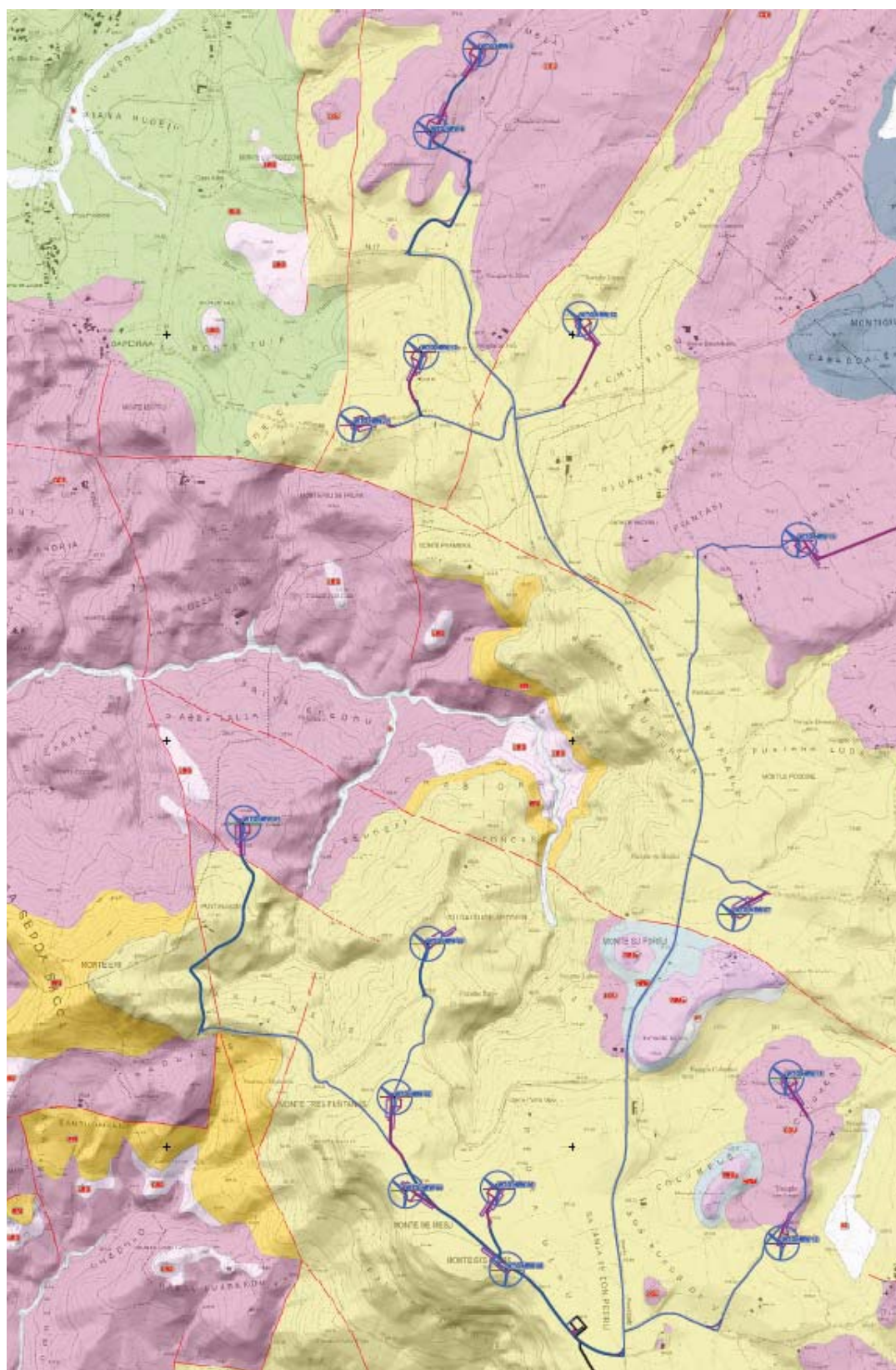
La sequenza stratigrafica complessiva dell'area nella quale si inserisce il settore è rappresentata dal basso in alto da:

- Sedimenti marini miocenici e eocenici;
- Sedimenti continentali pliocenici;
- Vulcaniti acide terziarie;
- Depositi alluvionali quaternari;
- Depositi eluvio-colluviali olocenici-attuali;
- Detriti di falda;

4.3 LE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE DELL'AREA RISTRETTA

Le unità presenti nell'area, dall'alto verso il basso sono le seguenti:

- AA1_001 ,b2 ,Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE**
- AA1_003 ,a1 ,Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE**
- AA2_001 ,b ,Depositi alluvionali. OLOCENE**
- AB0_004 ,PVM2d ,Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Depositi di frana. PLEISTOCENE SUP.**
- BA1_004 ,BGD4 ,Subunità di San Matteo (BASALTI DEL LOGUDORO). Trachibasalti olocristallini, porfirici per fenocristalli di Pl, Cpx, Ol, con noduli gabbrici e peridotitici, e xenoliti quarzosi; in estese colate. (0,7-0.2 ± 1 Ma). PLEISTOCENE MEDIO**
- CA1_011 ,RESb ,Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro (Ardara-Mores).**
- CA1_012 ,RESa ,Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Calcareni, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostreidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.).**
- CA1_014 ,LRM ,FORMAZIONE DEL RIO MINORE. Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre ("Formazione lacustre" Auct.). BURDIGALIANO**
- CA1_015 ,ELS ,FORMAZIONE DI CASTELSARDO. Arenarie e sabbie, argille siltose, tufiti, conglomerati, tufi talora alterati, con intercalazioni di marne più o meno siltose, fossilifere per abbondanti malacofaune (pettinidi, echinidi, gasteropodi, pteropodi).**
- CA1_016 ,ERI ,FORMAZIONE DI MONTE ERI. Conglomerati ed arenarie a componente vulcanica, in livelli e/o lenti. Ambiente continentale fluviale. OLIGOCENE SUP. - AQUITANIANO**
- CB1_001 ,HRM ,UNITÀ DI CHIARAMONTI. Depositi di flusso piroclastico pomiceo-cineritici in facies ignimbratica a chimismo riodacitico, debolmente saldati, talora argillificati e/o silicizzati, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Qtz. (K/Ar: pl: 20,3±1 Ma - bt:**
- CB1_004 ,NLI ,UNITÀ DI SANTA GIULIA. Andesiti basaltiche e basalti andesitici, porfirici per fenocristalli di Ol, Px, Pl; in potenti colate talora ialoclastiche, sills e necks intercalati entro la sequenza lacustre. (K/Ar: 17,7 0.8 Ma: Lecca et alii, 1997).**
- CB1_006 ,NTA ,UNITÀ DI NURAGHE GIUNTAS. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riodacitico, saldati, con cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, vitroclastici o saldati con tessitura eutaxitica. Localmente alla base è presente un paleosuolo.**
- CB1_008 ,LGU ,UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutaxitica. BURDIGALIANO**
- CB1_009 ,OSL ,UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. AQUITANIANO - BURDIGALIANO**
- CB1_010 ,OSLa ,Litofacies nell'UNITÀ DI OSILO. Depositi di debris avalanches con elementi eterometrici di andesiti da clasto-sostenuti a matrice-sostenuti. AQUITANIANO - BURDIGALIANO**
- CB1_012 ,LBG ,UNITÀ DI LU BAGNU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riolitico-riodacitico, saldati, a struttura vitroclastica, con scarsi cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, Am, Bt, fiamme minute talora palagonitiche. (K/Ar: 21,3 ± 1 Ma;**
- CB1_013 ,OZS ,UNITÀ DI MONTE OZZASTRU. Andesiti e andesiti basaltiche, anfibolico-pirosseniche e pirosseniche porfiriche; in cupole di ristagno e colate talora autoclastiche o ialoclastiche a pillows, con associati depositi di block and ash flows a crumble breccia.**



Mappa – Geolitologia dell'area di progetto di Nulvi-Tergu

	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Nulvi Tergu" esistente da 29,75 MW, con smantellamento degli attuali 35 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 15 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 99 MW	
Codifica Elaborato: 224308_D_R_0341 Rev.00		

4.4 LA GEOLOGIA DELL'AREA DEGLI AEROGENERATORI

All'interno dell'area di progetto ricadono solo alcune delle formazioni presenti nell'area complessiva e costituenti il background del sistema.

La descrizione delle unità geolitologiche è tratta dai libretti illustrativi del CARG.

- CB1_ 008 ,LGU ,UNITÀ DI LOGULENTU . Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macro eutattica. BURDIGALIANO
- CB1_ 009 ,OSL ,UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. AQUITANIANO - BURDIGALIANO
- CB1_ 010 ,OSLa ,Litofacies nell'UNITÀ DI OSILO. epositi di debris avalanches con elementi eterometrici di andesiti da clasto-sostenuti a matrice-sostenuti. AQUITANIANO - BURDIGALIANO
- CB1_ 013 ,OZS ,UNITÀ DI MONTE OZZASTRU . Andesiti e andesiti basaltiche, anfibolico -pirosseniche e p irosseniche porfiriche; in cupole di ristagno e colate talora autoclastiche o ialoclastiche a pillows, con associati depositi di block and ash flows a crumble breccia .

5. RELAZIONE GEOTECNICA

5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Lo studio geologico - geotecnico svolto, si giova delle informazioni provenienti ricostruzione operata attraverso sezioni esposte in scavi e scarpate poste nella prossimità dell'intervento, nonché di indagini e analisi svolte sulle stesse formazioni.

Al fine di poter caratterizzare appropriatamente i terreni sono state effettuate numerose ricognizioni nel complesso delle aree interessate dal progetto, e sono state reperite indagini ed analisi relative ad interventi operati nell'area, su substrati aventi caratteristiche similari.

5.2 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base delle informazioni scaturite dalla relazione geologica delle prove effettuate a suo tempo, dalle informazioni scaturenti dalla prova penetrometrica integrativa e delle analisi di laboratorio, si ritiene di poter attribuire, alle singole unità litogeotecniche, i seguenti parametri tipici medi.

Le principali formazioni presenti nell'area di progetto sono, dall'alto verso il basso e dal più recente al più antico:

Depositi quaternari di copertura

- ha, Depositi antropici. Manufatti antropici. OLOCENE
- h1m, Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE
- h1r, Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
- b2, Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
- a, Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
- a1, Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE
- bb, Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
- bnb, Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE

Formazioni sedimentarie e vulcaniche cenozoiche

Tra queste, solo:

- OZS, UNITÀ DI MONTE OZZASTRU. Andesiti e andesiti basaltiche, anfibolico-pirosseniche e pirosseniche porfiriche; in cupole di ristagno e colate talora autoclastiche o ialoclastiche a pillows, con associati depositi di block and ash flows a crumble breccia..
- OSL, UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO.
- LGU, UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutattica. BURDIGALIANO.

Costituiscono il sedime degli interventi.

5.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

I sito in oggetto è stato investigato a suo tempo in modo approfondito ai fini della caratterizzazione geomeccanica del sedime, finalizzata alla progettazione delle opere di fondazione.

Le unità interessate sono OZS, per un solo generatore e LGU per altri 4 ed OSL per tutti gli altri.

Le postazioni di molti di essi, sono già state investigate per il "Parco" esistente e sono da riferirsi, comunque, secondo la seguente tabella:

Generatore NEW	Generatore OLD	Litologia		
		Tipo	Sigla	Descrizione
WTG NEW 1	WTG NT 14	CB1_013	OZS	UNITÀ DI MONTE OZZASTRU. Andesiti e andesiti basaltiche, anfibolico-piroseniche e piroseniche porfiriche; in cupole di ristagno e colate talora autoclastiche o ialoclastiche a pillows, con associati depositi di block and ash flows a crumble breccia. (
WTG NEW 2	WTG NT 21	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 3	WTG NT 10	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 4	WTG NT 18	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 5	WTG NT 16	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 6	WTG NT 28	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 7	WTG NT 32	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 8	WTG NT 4	CB1_008	LGU	UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutattica. BURDIGALIANO
WTG NEW 9	WTG NT 2	CB1_008	LGU	UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutattica. BURDIGALIANO
WTG NEW 10	WTG NT 7	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 11	WTG NT 8	CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO

FRI-EL	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA Proposta di ammodernamento complessivo ("repowering") del "Parco Eolico Nulvi Tergu" esistente da 29,75 MW, con smantellamento degli attuali 35 aerogeneratori e sostituzione in riduzione degli stessi con l'installazione di 15 aerogeneratori, per una potenza totale definitiva di 99 MW	
Codifica Elaborato: 224308_D_R_0341Rev.00		

WTG NEW 12		CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 13		CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
WTG NEW 14		CB1_008	LGU	UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutattica. BURDIGALIANO
WTG NEW 15		CB1_008	LGU	UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutattica. BURDIGALIANO

Solo le postazioni dei generatori WTG 12, 13, 14 e 15 non sono investigate, ma, comunque, le litologie presenti in tali sedimi sono geotecnicamente caratterizzate.

Le altre parti dell'impianto sono invece interessate da:

Sotto stazione locale		CB1_009	OSL	UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO
Cavidotto AT				varie
Sottostazione		CB1_008	OPN	FORMAZIONE DI OPPIA NUOVA. Sabbie quarzoso -feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico, vulcaniti oligo-mioceniche e calcari mesozoici (Nurra). Ambiente da conoide alluvionale a fluvio-deltizio . BURDIGAL IANO ?MEDIO-SUP.

5.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I terreni di copertura quaternari sono sostanzialmente costituiti da suoli e localmente da depositi eluvio colluviali e sono classificati come terre.

I depositi alluvionali recenti (**ba**), poligenici ed incoerenti sono presenti nei fondivalle.

Mentre i depositi alluvionali eterometrici, rimaneggiati e terrazzati, non sono presenti nell'area di sedime ma solo nelle vallate principali.

Il complesso vulcanico interessato è considerato come terre per la frazione propriamente incoerente per fratturazione o alterazione e come roccia per la frazione non alterata, generalmente lapidea.

Sulla base di analisi di laboratorio e delle caratteristiche dei versanti naturali presenti sulle diverse formazioni, nonché delle prove penetrometriche effettuate, si è ipotizzato che le unità abbiano i seguenti parametri tipici minimi:

parametro	simb	Unità	OZS	OSL	LGU
Pressione ammissibile	σ	Kg/cm ²	0.50-1.90	1.00-1.50	2.60-4.20
Coesione non drenata	cu	Kg/cm ²	1.00	1.00	4-5
Modulo di Young	Eel	Kg/cm ²	100	150	>450
Angolo d'attrito	α	Gradi	22-24	26-28	29-33
Peso di volume	γ	g/cm ³	1.8	1.9	1.8/1.9

La variabilità del contenuto d'acqua delle masse argillose presenti produce, come in tutti i materiali incoerenti, una variazione delle caratteristiche geotecniche.

5.5 CARATTERI GEOTECNICI GENERALI

Sulla base dei parametri litologici, integrati con i dati risultanti dalle analisi di laboratorio ed indagini eseguite, le formazioni geologiche interessate dal progetto sono state suddivise in 2 gruppi principali:

- Gruppo A, caratterizzato da terreni classificabili come rocce sciolte, incoerenti o pseudocoerenti
- Gruppo B, relativo alle rocce lapidee o con comportamento assimilabile in situ

5.6 IL SEDIME DEI GENERATORI DEL "REPOWERING"

Le informazioni relative alle caratteristiche del sedime delle singole **WTG** sono desunte dalle indagini dirette operate a suo tempo per il Parco Eolico esistente.

5.7 LA WTGNEW01 EX 14**TURBINA N. 14**

Saggio di riferimento: sondaggio S.14

Ambiente geomorfologico: al colmo di un'altura incombente su un pendio inclinato verso nord.

Falda: assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Nspt Numero col- pi/30cm	Resistenza a rottura Kg/cmq	R.Q.D. medio %
2.00÷10.00	breccia vulcanica cemen- tata, lapidea		164	50

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : 2.20 metri dal p.c

Pressione ammissibile: 10 Kg/cmq

5.8 LA WTGNEW02 EX 21**TURBINA N. 21**

Saggio di riferimento: sondaggio S.21

Ambiente geomorfologico: all'estremità di un pianoro incombente su un pendio immergente verso nordovest

Falda: assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Point Load (MN/mq)	Resistenza a rottura Kg/cmq	R.Q.D. medio %
1.50÷3.20	andesite lapidea molto fratturata	5.6	800	0
3.20 ÷ 4.35	tufo andesitico debol- mente cementato			
4.35÷10.00	breccia andesitica ce- mentata, lapidea	6.4	914	85

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fon dazione : 2.0 metri dal p.c

Pressione ammissibile: 5 Kg/cmq

5.9 LA WTGNEW03 EX 10**TURBINA N. 10**

Saggio di riferimento: sondaggio S.10

Ambiente geomorfologico: pendio debolmente acclive verso sud

Falda assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Nspt Numero colpi/30cm	parametri geotecnici
2.00÷5.00	tufo finissimo alterato	>20	$\gamma = 1.60 \text{ T/mc}$ $C = 0.1 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 29^\circ$
oltre 5.00 m	piroclastite con intercalati sottili livelli lapidei		

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : ≥ 2.00 metri dal p.c , previa bonifica di uno strato di m 1.5 di spessore (da m -2.0 a m - 3.5 dal p.c.) e sua sostituzione con ghiaia compattata

Pressione limite: 6.9 Kg/cm²**5.10LA WTGNEW04 EX 18****TURBINA N. 18**

Saggio di riferimento: sondaggio S.18

Ambiente geomorfologico: area piana incumbente su un pendio inclinato verso ovest

Falda: a m 7.50 dal p.c.

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Point Load (MN/m ²)	R.Q.D. medio %	parametri geotecnici
2.00 ÷ 5.60	piroclastite debolmente cementata con intercalati livelli di andesite lapidea			$\gamma = 1.60 \text{ T/mc}$ $C = 0.1 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 29^\circ$
5.60 ÷ 10.0	andesite lapidea fratturata, a tratti alterata	6.4	30	

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : 2.00 metri dal p.c

Pressione limite: 6.9 Kg/cm²

5.11LA WTGNEW05 EX 16**TURBINA N. 16**

Saggio di riferimento: sondaggio S.16

Ambiente geomorfologico: pianoro debolmente degradante verso est

Falda: - 3.00 m dal p.c.

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Point Load (MN/mq)	Resistenza a rottura Kg/cmq	R.Q.D. medio %
2.00÷5.00	piroclastite debolmente cementata	0.15	21	
oltre 5.00 m	andesite lapidea relati- vamente integra	1.41	201	50

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : ≥ 2.00 metri dal p.c

Pressione limite: 7.8 Kg/cmq

5.12LA WTGNEW06 EX 28**TURBINA N. 28**

Saggio di riferimento: sondaggio S.28

Ambiente geomorfologico: pianoro incombente su un pendio inclinato
a sudovest

Profondità falda : 4.40 m

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Resistenza a rottura Kg/cmq	R.Q.D. medio %
2.00÷4.40	materiale piroclastico-tufaceo debolmente legato		
4.40 ÷10.00	ignimbrite relativamente inte- gra	248	60

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : 2.00 metri dal p.c

Pressione limite: 4.5 Kg/cmq

5.13LA WTGNEW07 EX 32**TURBINA N. 32**

Saggio di riferimento: sondaggio S.32

Ambiente geomorfologico: nel profilo trasversale il sito s'inquadra in un pendio debolmente inclinato verso ovest

Profondità falda : 7.00 m

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Point Load (MN/mq)	R.Q.D. medio %	Resistenza a rottura Kg/cmq
2.00÷5.50	andesite lapidea, litologicamente integra, a tratti più fratturata	4.57	50	652
5.50 ÷10.00	andesite lapidea fratturata		20	

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : 2.00 metri dal p.c

Pressione ammissibile: 10.0 Kg/cmq

5.14LA WTGNEW08 EX 04**TURBINA N. 4**

Saggio di riferimento: sondaggio S.4

Ambiente geomorfologico: altura incombente su un pendio debolmente acclive verso sud.

Falda assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Resistenza a rottura Kg/cmq	R.Q.D. medio %
2.20÷5.00	ignimbrite lapidea relativamente integra , a tratti disagregata		50
oltre 5.00	ignimbrite lapidea integra		80

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : 2.20 metri dal p.c

Pressione ammissibile: 10 Kg/cmq

5.15LA WTGNEW09 EX 02**TURBINA N. 2**

Saggio di riferimento: sondaggio S.2

Ambiente geomorfologico: altura incombente su un pendio debolmente acclive verso sud-est.

Falda assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Point Load (MN/mq)	Resistenza a rottura Kg/cm ²	R.Q.D. medio %
2.00÷3.65	breccia trachitica micro-clastica in matrice terrosa non plastica debolmente cementata	5.8	832	0
oltre mt 3.65	ignimbrite lapidea in letti decimetrici		>100	50

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : ≥ 2.00 metri dal p.c

Pressione limite: 6.9 Kg/cm²

5.16LA WTGNEW10 EX 07**TURBINA N. 7**

Saggio di riferimento: sondaggio S.7

Ambiente geomorfologico: pendio debolmente inclinato verso est.

Falda assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Nspt Numero colpi/30cm	Resistenza a rottura Kg/cm ²	R.Q.D. medio %
2.00÷7.00	andesite lapidea litologicamente integra, fratturata		239	50
oltre mt 7.00	andesite fratturata			20

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : 2.00 metri dal p.c

Pressione ammissibile: 10 Kg/cm²

5.17LA WTGNEW11, 12 e 13 EX 08**TURBINA N. 8**

Saggio di riferimento: sondaggio S.8

Ambiente geomorfologico: al colmo di un'altura incombente su un pendio debolmente acclive verso nord.

Falda assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Point Load (MN/mq)	Resistenza a rottura Kg/cm ²	R.Q.D. medio %
2.00÷4.10	ignimbrite lapidea in livelli decimetrici con intercalazioni tufacee	5.93	737	30
oltre mt 4.10	breccia trachitica in matrice tufacea			

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : 2.00 metri dal p.c

Pressione ammissibile: 10 Kg/cm²

5.18LA WTGNEW09, 14 e 15 EX 02**TURBINA N. 2**

Saggio di riferimento: sondaggio S.2

Ambiente geomorfologico: altura incombente su un pendio debolmente acclive verso sud-est.

Falda assente

STRATIGRAFIA SCHEMATICA

profondità metri	litologia di fondazione	Point Load (MN/mq)	Resistenza a rottura Kg/cm ²	R.Q.D. medio %
2.00÷3.65	breccia trachitica micro-clastica in matrice terrosa non plastica debolmente cementata	5.8	832	0
oltre mt 3.65	ignimbrite lapidea in letti decimetrici		>100	50

Tipologia di fondazione consigliata: fondazione diretta

Profondità di fondazione : ≥ 2.00 metri dal p.c

Pressione limite: 6.9 Kg/cm²

6. RELAZIONE SISMICA

6.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

SISMICITA' STORICA

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali. La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

LE BASI DATI DISPONIBILI – CPTI15 – DBMI15

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15) con estensione al 31/12/2017

redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.

Data Base Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) con estensione al 31/12/2017

realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

La finestra cronologica coperta inizialmente dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., oggi 2017 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato. Nella figura seguente è rappresentata la distribuzione delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 relativi alla Sardegna, mentre per la lista degli stessi, si rinvia alla consultazione del catalogo CPTI15 on line:

<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

La consultazione del catalogo e altresì, la mappa stessa, evidenziano che la Sardegna ed in particolare, l'area interessata dal Progetto hanno una sismicità storica molto bassa. CPTI15 descrive solo due eventi di magnitudo $\leq 5M_w$ (1924 e 1948). In occasione dell'evento del 1948 sono state osservate intensità pari a 6MCS in alcune località della Sardegna Nord-Occidentale.

I terremoti più recenti (avvenuti negli ultimi n10 anni), tutti di $M_w < 5$ e ed in gran parte localizzati in mare, hanno prodotto in terraferma esiti di intensità molto limitata.

Differenze tra le versioni 1.5 e 2.0 di CPTI15

CPTI15 è stato rilasciato, come versione 1.5, per la prima volta nel luglio del 2016 (ROVIDA et al., 2016) e copriva l'intervallo temporale dal 1000 a tutto il 2014. La presente versione CPTI15 v2.0 consiste:

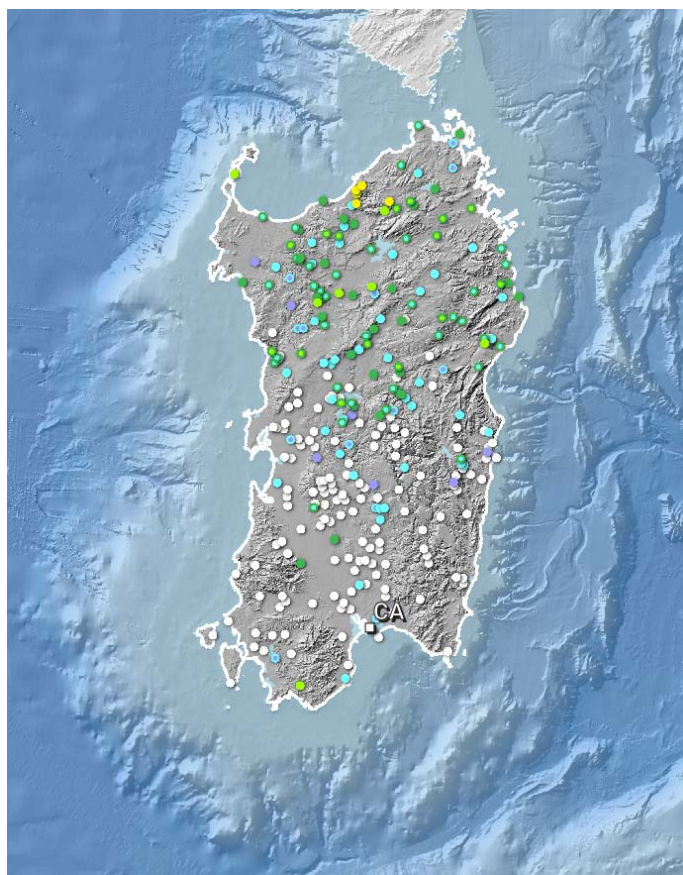
- nell'estensione della copertura temporale fino alla fine del 2017,
- nell'aggiornamento e modifica di pochi record, compresa la correzione di alcuni errori riscontrati.

Le differenze tra le due versioni del catalogo, per quanto riguarda entrambi gli aspetti citati, sono descritti nel seguito. Tutte le modifiche apportate sono evidenziate nel file del catalogo.

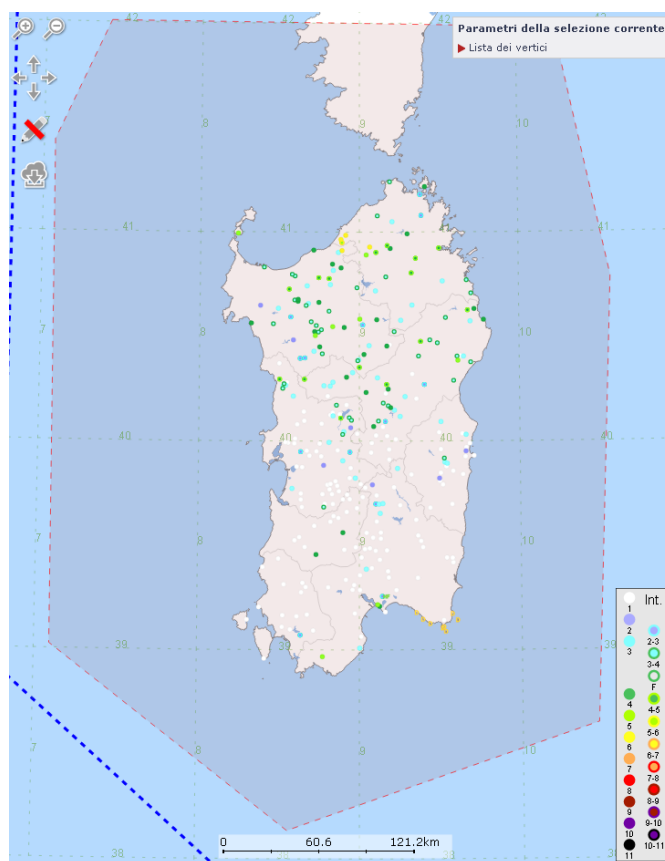
Estensione della copertura temporale fino al 31.12.2017

Seguendo gli stessi criteri e partendo dagli stessi datasets, sono stati considerati 176 terremoti entro le soglie stabilite per il catalogo nell'intervallo temporale tra il 31.12.2014 e il 31.12.2017. I record si riferiscono a 155 terremoti nella sezione principale del catalogo, a 11 relativi all'Arco Calabro, 9 all'area dell'Etna e 1 all'area di Ischia-Vesuvio-Campi Flegrei. Con poche eccezioni si tratta di terremoti con dati esclusivamente strumentali. I cataloghi strumentali considerati per le localizzazioni, elencati in Tabella 6, sono principalmente il Bollettino Sismico Italiano (MARGHERITI et al., 2016; 2016a; 2016b; 2017; NARDI et al., 2016; ROSSI et al.,

2017; BATTELLI et al., 2018; CANTUCCI et al., 2019; LOMBARDI et al., 2019), il Bollettino dell'ISC (International Seismological Centre), al momento della compilazione del catalogo disponibile per i terremoti fino a giugno del 2016, e il Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale - Calabria Meridionale (Gruppo Analisi Dati Sismici, 2019) per l'area relativa. Sono stati inoltre considerati alcuni cataloghi esteri.



Mappa – Distribuzione dei terremoti storici (catalogo CPTI15 – 1000-2017 d.C.) relativi alla Sardegna ed alle sue adiacenze, compresa la piattaforma continentale



Mappa - Area consultata per l'estrazione del catalogo dei sismi riferiti alla Sardegna ed alle sue pertinenze (fonte INGV – CPTI15-DBMI15)

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano						
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)						
File downloaded from CPTI15-DBMI15 v2.0						
Listed entries 49						
PlaceID	Place Name	Lat	Lon	Prov	Imax	EQs
IT_68111	Aggius	40.929	9.065	SS	6	2
IT_68120	Aglientu	41.078	9.113	SS	3-4	1
IT_68124	Alà dei Sardi	40.651	9.330	SS	3	3
IT_68140	Arzachena	41.080	9.389	SS	2-3	1
IT_68145	Badesi	40.965	8.884	SS	6	1
IT_68150	Benetutti	40.455	9.172	SS	4	2
IT_68151	Berchidda	40.786	9.166	SS	3-4	2
IT_68424	Bitti	40.477	9.383	NU	4-5	3
IT_68163	Bortigiadas	40.891	9.043	SS	5	1
IT_68178	Buddusò	40.578	9.259	SS	3	3
IT_68439	Budoni	40.708	9.700	SS	3-4	2
IT_68189	Bultei	40.457	9.061	SS	3	2
IT_68196	Calangianus	40.922	9.194	SS	4	1
IT_68466	Galtelli	40.386	9.616	NU	5	3
IT_68473	Irgoli	40.409	9.631	NU	NF	2
IT_68226	La Maddalena	41.218	9.412	SS	4	2
IT_68484	Loculi	40.406	9.611	NU	3-4	3
IT_68485	Lodè	40.591	9.540	NU	3-4	2
IT_68487	Lula	40.470	9.488	NU	3-4	2
IT_68232	Luogosanto	41.050	9.206	SS	3	1
IT_68233	Luras	40.936	9.175	SS	4-5	1
IT_68239	Monti	40.805	9.326	SS	4-5	2
IT_68148	Muntiggioni	40.950	8.890	SS	5-6	1
IT_68246	Nughedu di San Nicolò	40.556	9.021	SS	2-3	1
IT_68247	Nule	40.461	9.190	SS	NF	3
IT_68261	Olbia	40.924	9.500	SS	4-5	1
IT_68507	Onani	40.484	9.441	NU	3-4	1
IT_68509	Onifai	40.406	9.651	NU	3	2
IT_68515	Orosei	40.378	9.696	NU	3-4	3
IT_68519	Orune	40.407	9.370	NU	3-4	1
IT_68272	Oschiri	40.719	9.101	SS	3	2
IT_68520	Osidda	40.524	9.218	NU	3-4	3
IT_68283	Ozieri	40.584	9.003	SS	5	1
IT_68181	Padru	40.766	9.521	SS	3	2
IT_68285	Palau	41.180	9.382	SS	2-3	1
IT_68291	Pattada	40.581	9.109	SS	4	2
IT_68526	Posada	40.633	9.719	NU	4	1
IT_68532	San Teodoro	40.771	9.672	SS	3-4	2
IT_68197	Sant'Antonio	40.992	9.301	SS	4	1
IT_68558	Santa Lucia	40.581	9.778	NU	4	1
IT_68408	Santa Maria Coghinas	40.903	8.868	SS	3	1
IT_68320	Santa Teresa Gallura	41.241	9.191	SS	3-4	2
IT_68559	Siniscola	40.574	9.694	NU	3	1
IT_68369	Telti	40.875	9.353	SS	4-5	1
IT_68382	Tempio Pausania	40.903	9.104	SS	4-5	1
IT_68575	Torpè	40.627	9.678	NU	4-5	3
IT_68398	Trinità d'Agultu e Vignola	40.985	8.914	SS	6	1
IT_68402	Tula	40.734	8.985	SS	3-4	1
IT_68115	Viddalba	40.912	8.891	SS	6	1

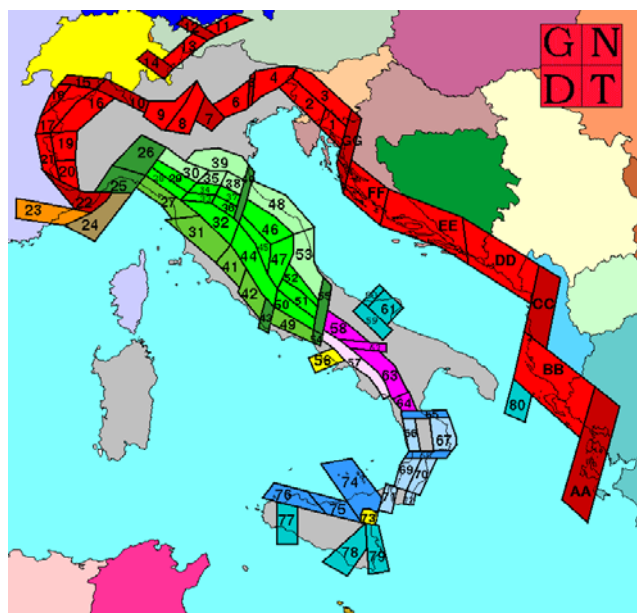
Mappa – Sisimi estratti dal catalogo riferiti al dominio di riferimento costituito da Baronia e Gallura ed alle sue pertinenze (fonte INGV – CPTI15-DBMI15)

6.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA

La caratterizzazione sismogenetica dell'area di progetto è basata sulla Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall'INGV (MELETTI C. e VALENSISE G., 2004), che sostituisce la precedente ZS4.

Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

Come peraltro già stimabile dall'analisi del CPTI15 e del DBM15, la regione interessata dal progetto, inteso in modo esteso, non è interessata dalla presenza di nessuna area sismo genetica di rilievo.



Mappa - Zonazione Sismogenetica, denominata ZS4 a sinistra ed attuale ZS9 a destra

6.3 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La categoria del **suolo di fondazione nei siti delle WTG e della Sottostazione**, sono definite secondo le specifiche del punto 3.2.2 del D.M. del 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e dal suo regolamento applicativo.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Indipendentemente da prove MASW da eseguirsi in fase successiva, le valutazioni di V_{s30eq} , **stanti i parametri geotecnici desunti dalle indagini**, certamente classificheranno i terreni in **classe A**.

Sulla base delle caratteristiche orografiche del territorio attraversato, tutti i manufatti sono riconducibili ad una categoria topografica **T1**.

6.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

Con l'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" viene introdotta la nuova classificazione sismica dell'intero territorio nazionale.

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale è articolata in **4 zone** a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

I valori convenzionali di a_g sono espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale e sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Per ogni classe sismica si assumono i valori riportati nella tabella sottostante.

TABELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003

ZONA	VALORE di a_g
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

L'intero territorio della **Sardegna**, che precedentemente, non era classificato sismico, con la nuova classificazione sismica introdotta dall'O.P.C.M. n. 3274/2003, ricade in **zona sismica 4**.

La Regione Sardegna con Delibera G. R. n.15/31 del 30/03/2004 ha recepito, in via transitoria, fino a nuova determinazione, conseguente l'aggiornamento della mappa di rischio sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. n. 3274/2003.

Secondo quanto definito nell'Allegato A del D.M. 14/01/2008, la Sardegna è caratterizzata da una macro-zonazione sismica omogenea, ossia presenta medesimi parametri spettrali sull'intero territorio insulare a parità di tempo di ritorno dell'azione sismica.

6.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Come definito nel testo unico allegato al **D.M. del 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"** e dal suo regolamento applicativo, "le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella figura seguente ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia il settore di progetto ricade in una zona con accelerazione massima al suolo ($a_{(max)}$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli non rigidi ($V_{s,30}$ tra 180 e 360 m/s; cat .C) compresa tra **0.025 e 0.050 g**.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

L'identificazione di questa categoria va di norma eseguita in base ai valori della $V_{s,eq}$, cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, tuttavia, come specificato nella suddetta normativa, nei terreni non coesivi (coperture) può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) N_{SPT30} .

Nel caso in esame, i valori della V_s per i singoli strati sono stati ricavati utilizzando le formule di calcolo di Ohta e Goto (1978):

$$V_s = 54.33 * (N_{SPT})^{0.173} * \alpha * \beta * (Z / 0.303)^{0.193}$$

e di Yoshida e Motonori (1988):

$$V_s = \beta * (N_{SPT})^{0.25} * \sigma'_{v0}{}^{0.14}$$

Per il calcolo della $V_{s,eq}$, è stata quindi applicata la formula indicata dalle **N.T.C 2018**:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1,N} (h_i / V_{s,i}))$$

Dove:

- o h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo
- o V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima
- o N = Numero di strati

Sulla base delle **NTC 2018** quando lo spessore del **substrato** è superiore a 30 metri, come nel nostro caso:

$$V_{s,eq} = V_{s,30}$$

Considerando che i dati di riferimento indicano coperture limitate, i valori ricavabili con i due metodi attribuiscono ai terreni di fondazione alla categoria "A".



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

Selezione Mappa

Visualizza punti della griglia riferiti a:

Parametro dello scuotimento: **PGA**

Probabilità in 50 anni: **10%**

Percentile: **50***

Periodo spettrale (sec.): **---**

Ridisegna mappa 

Navigazione

Scala:

(Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)

Scala: **75000**

Coordinate del centro della mappa

Lat.: **40.752**

Long.: **8.754**

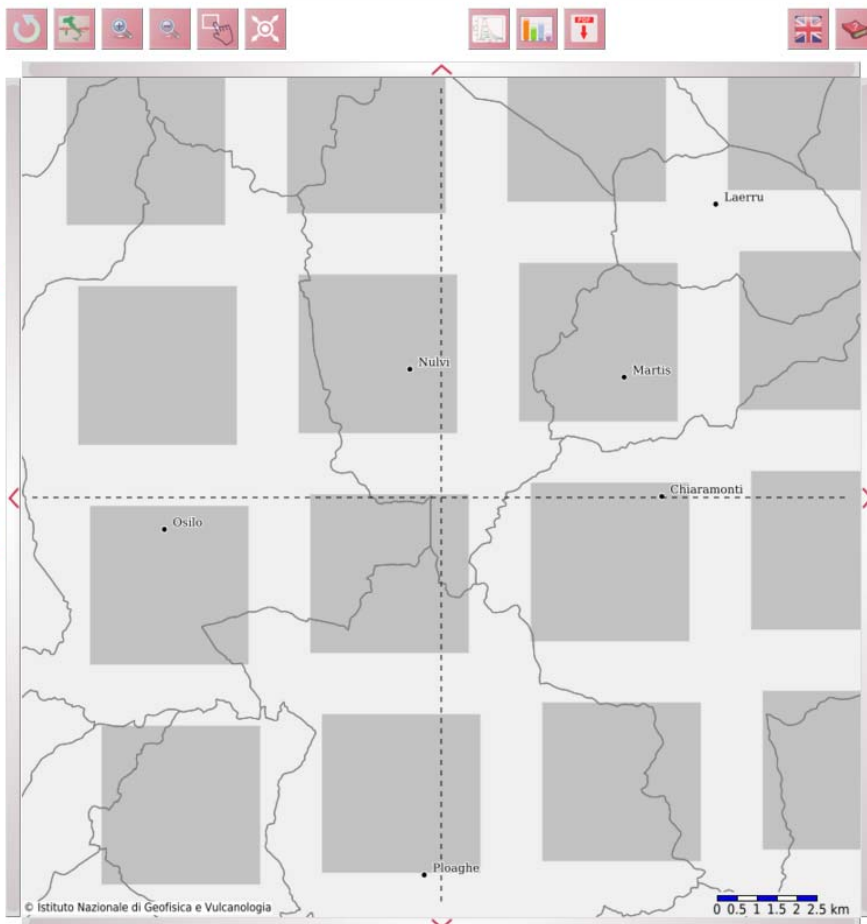
Cambia scala/centro

Ricerca Comune

Il nome contiene:

Comune Evidenziato:
Tergu

Nascondi



Legenda

< 0.025g
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000

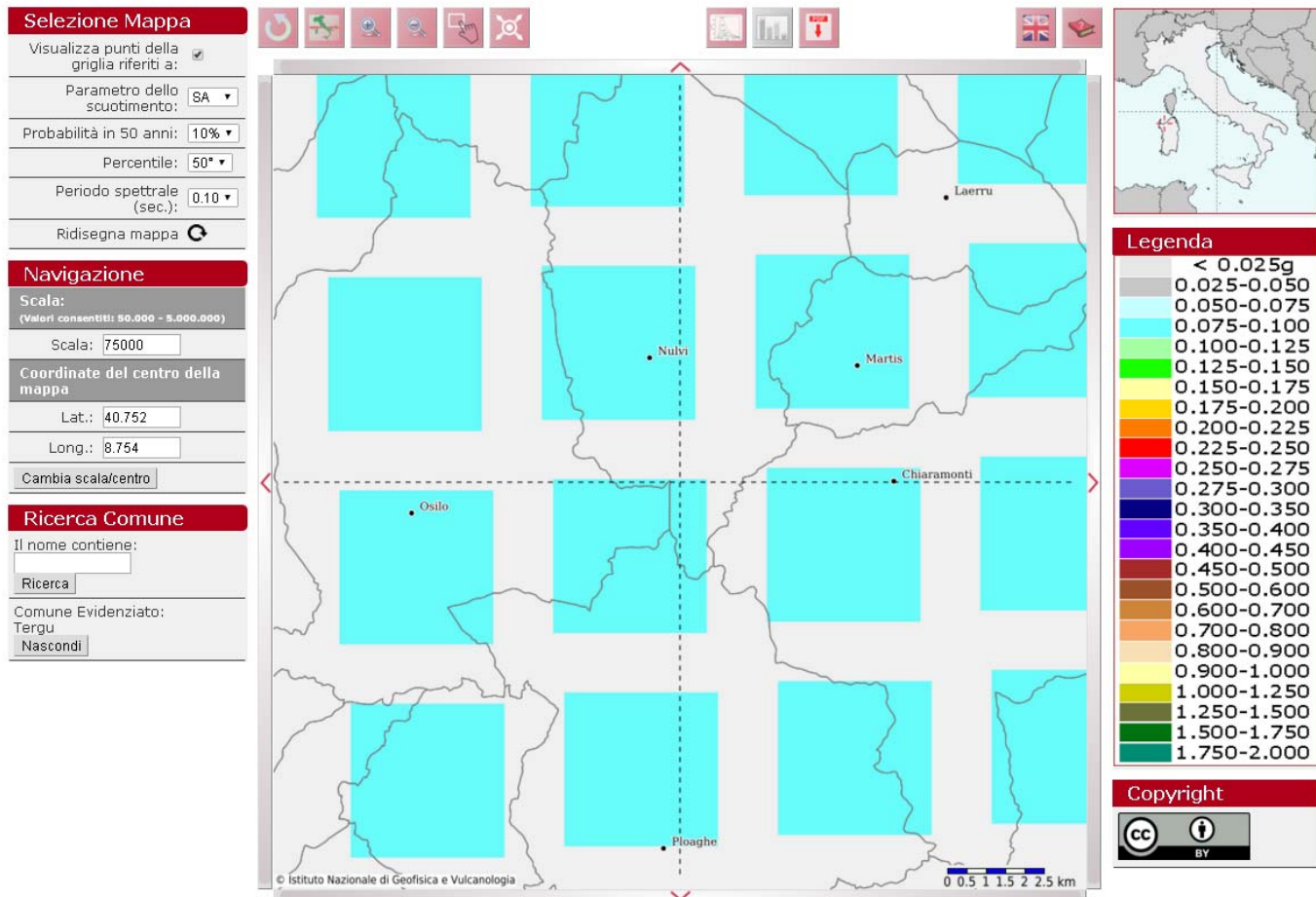
Copyright





ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Web Application Developed by F. Martinelli & C. Meletti, [INGV](#)

Progetto S1

A cura di INGV, Sezione di Pisa

Info: ingv@ingv.it

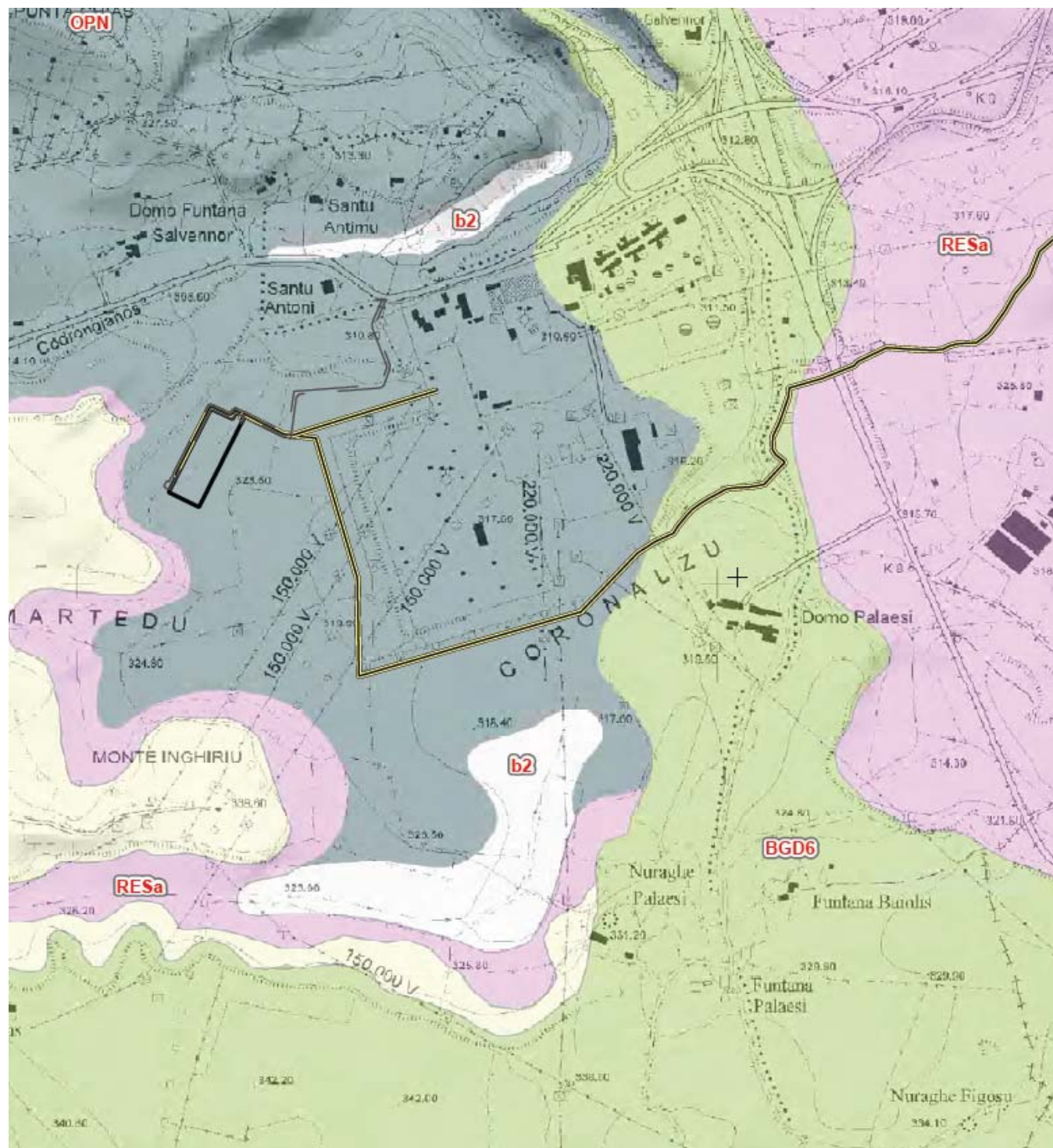
Credito

Mappa – La pericolosità sismica sul settore di progetto dal sito dell'INGV per SA

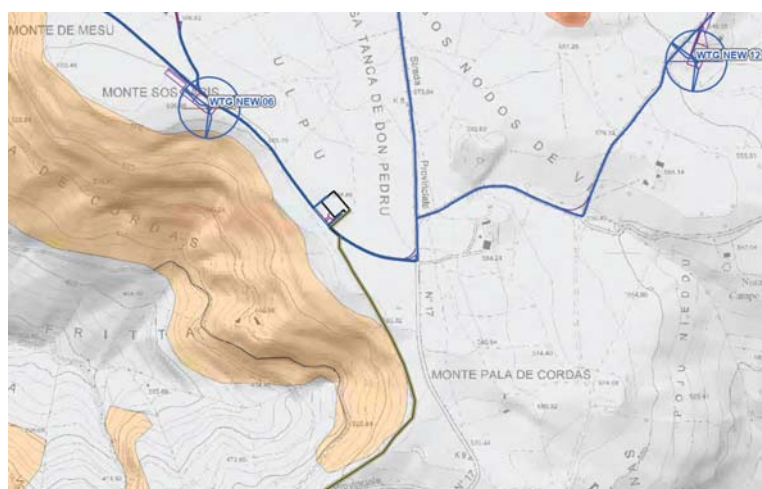
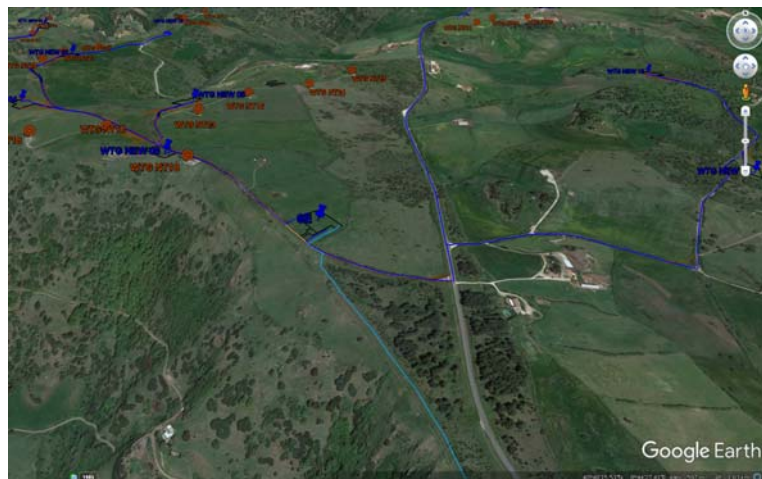
7. SCHEDE DESCRITTIVE DEI SEDIMI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO

7.1 SCHEDA SOTTOSTAZIONE

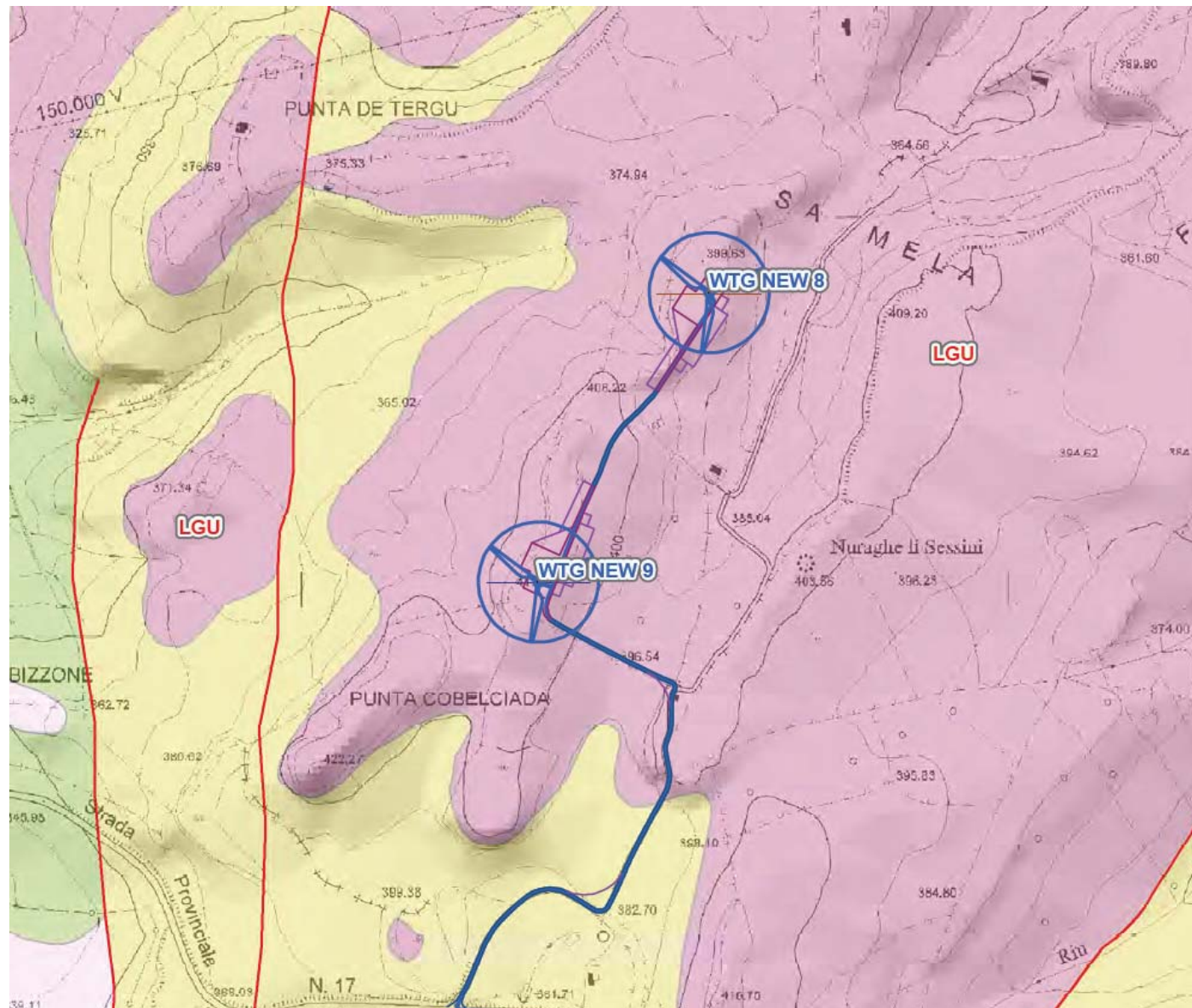
SOTTOSTAZIONE CODRONGIANOS



7.2 SCHEDA SOTTOSTAZIONE UTENTE



La sottostazione Locale di trasformazione da MT a AT è posta a breve distanza della WTG06 nuova e se ne condividono le caratteristiche morfologiche e del sedime. Non è interessata da pericolosità geomorfologica o idraulica.

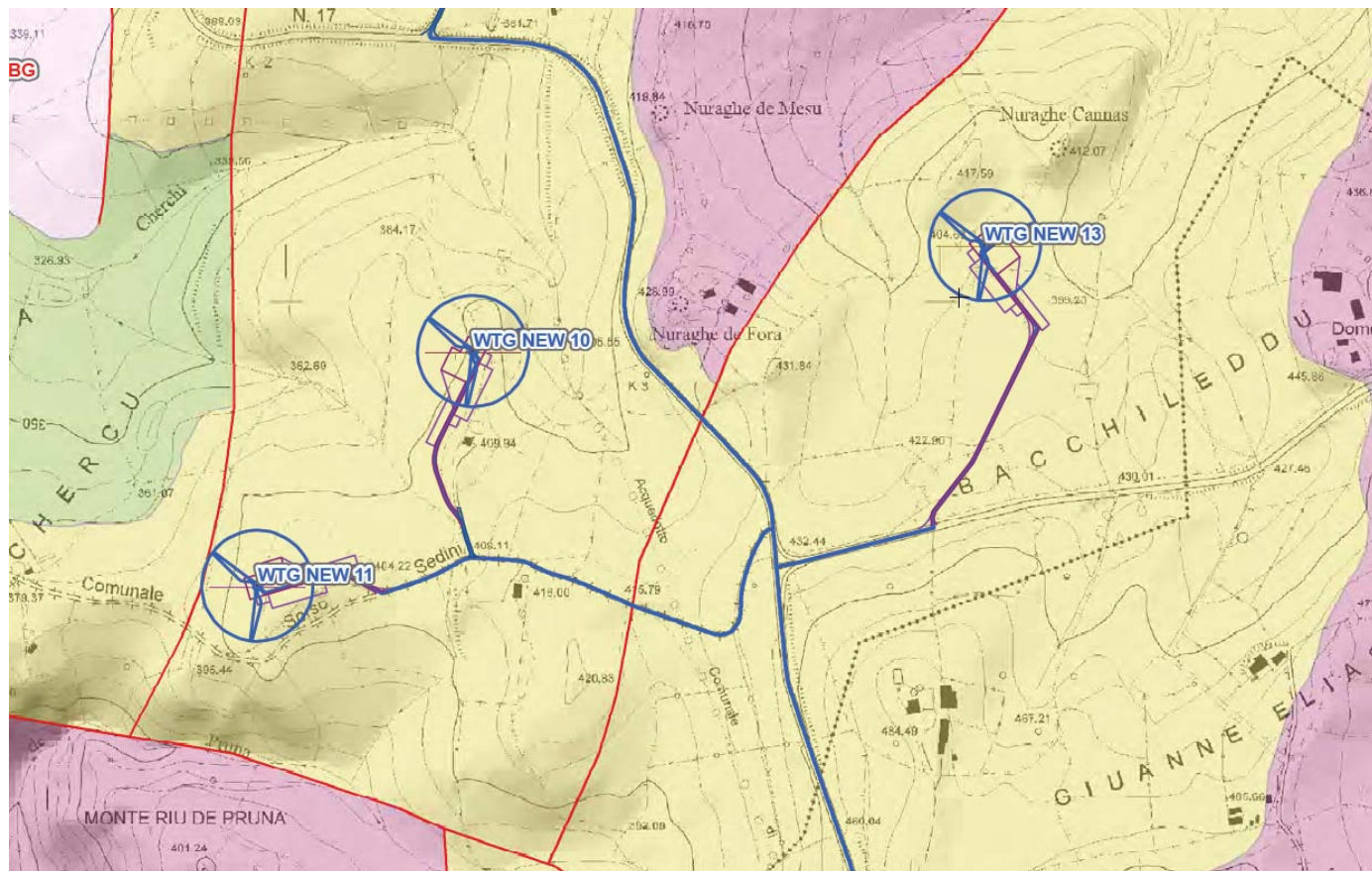
SCHEDA 2 WTG NEW 08 e 09

LITOLOGIA

LGU

Non è interessata da pericolosità geomorfologica o idraulica.

7.1 SCHEDA 3 WTG NEW 10, 11 e 13

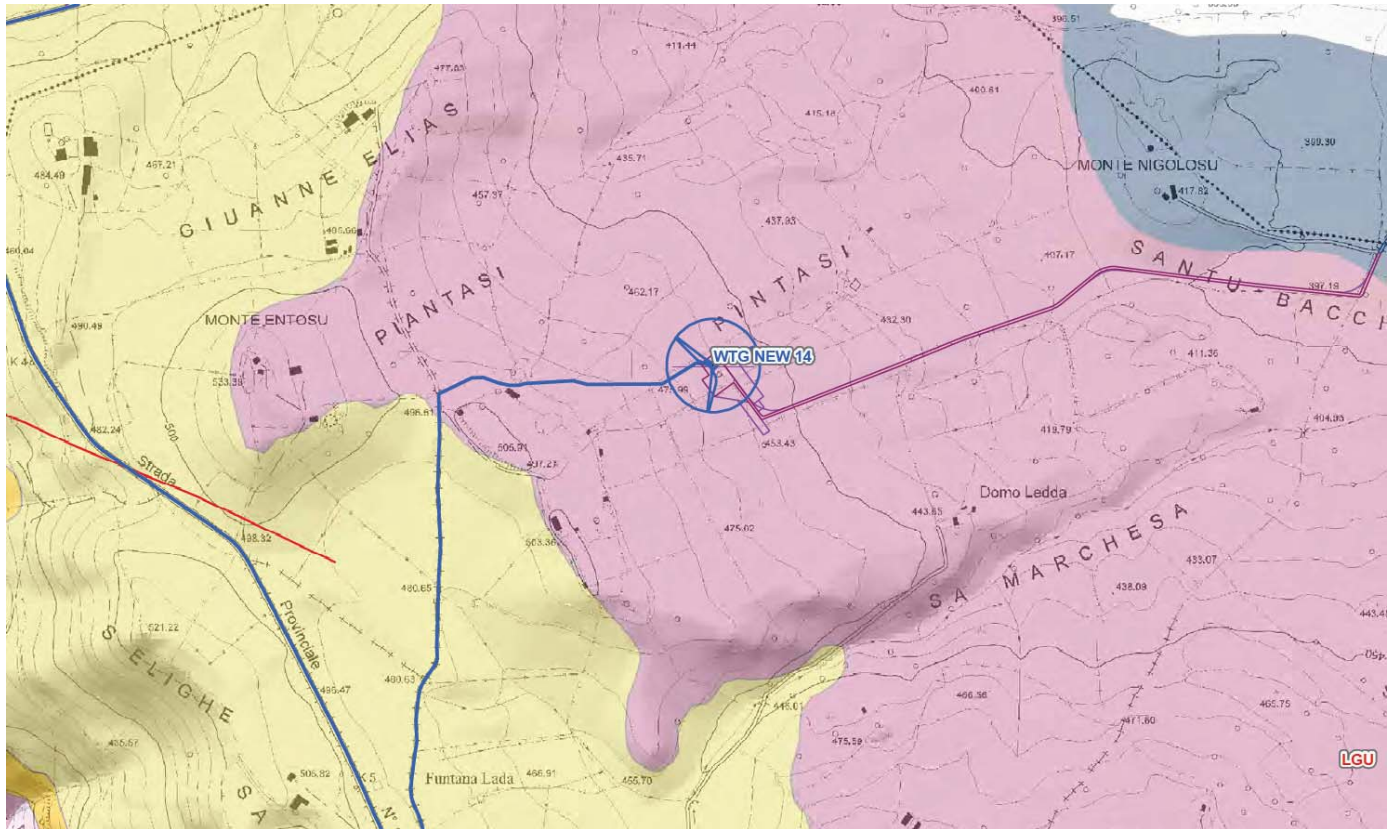


LITOLOGIA

OSL

Non è interessata da pericolosità geomorfologica o idraulica.

7.2 SCHEDA 4 WTC NEW 14

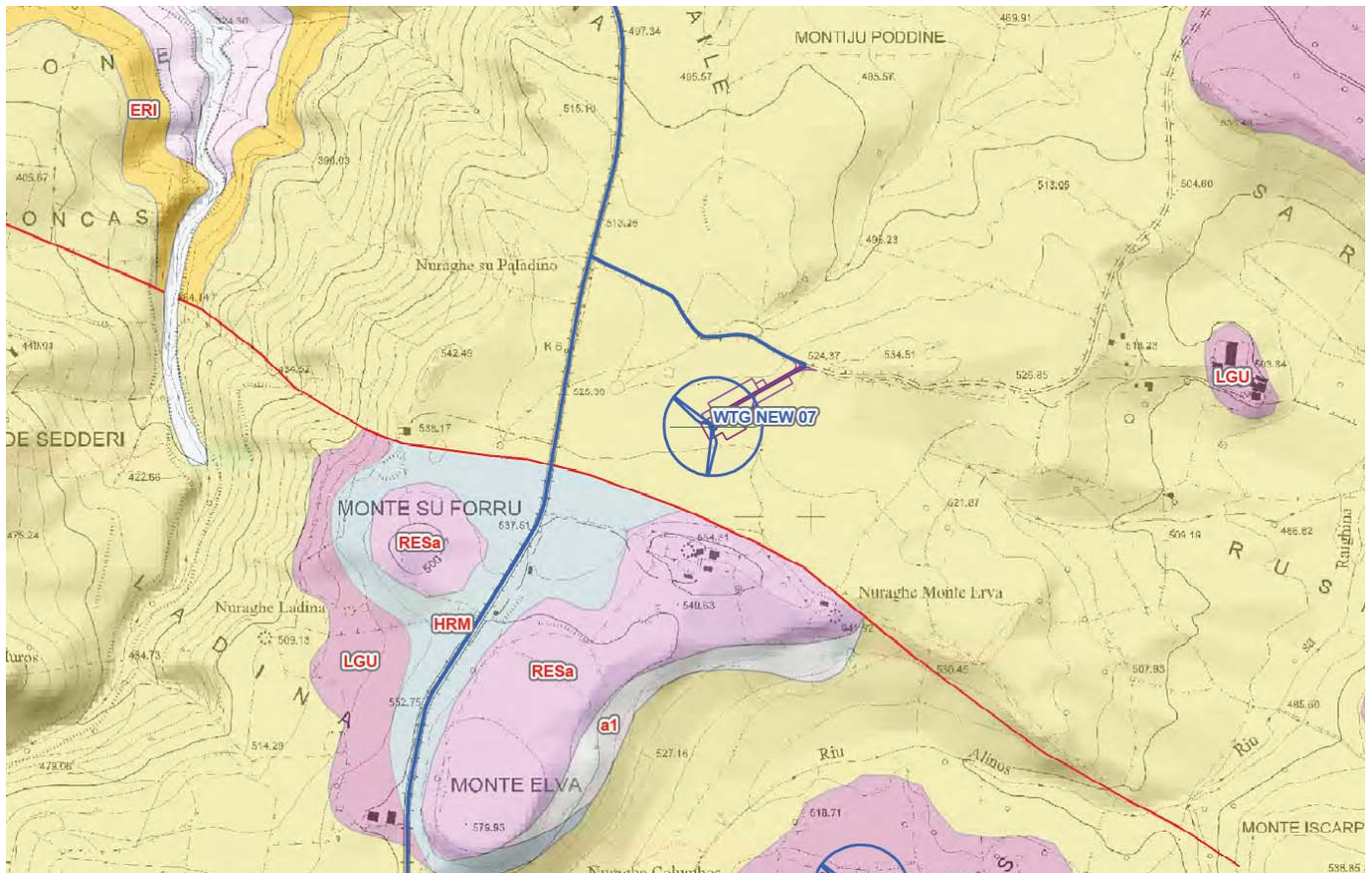


LITOLOGIA

LGU

Non è interessata da pericolosità geomorfologica o idraulica.

7.3 SCHEDA 5 WTG NEW 07

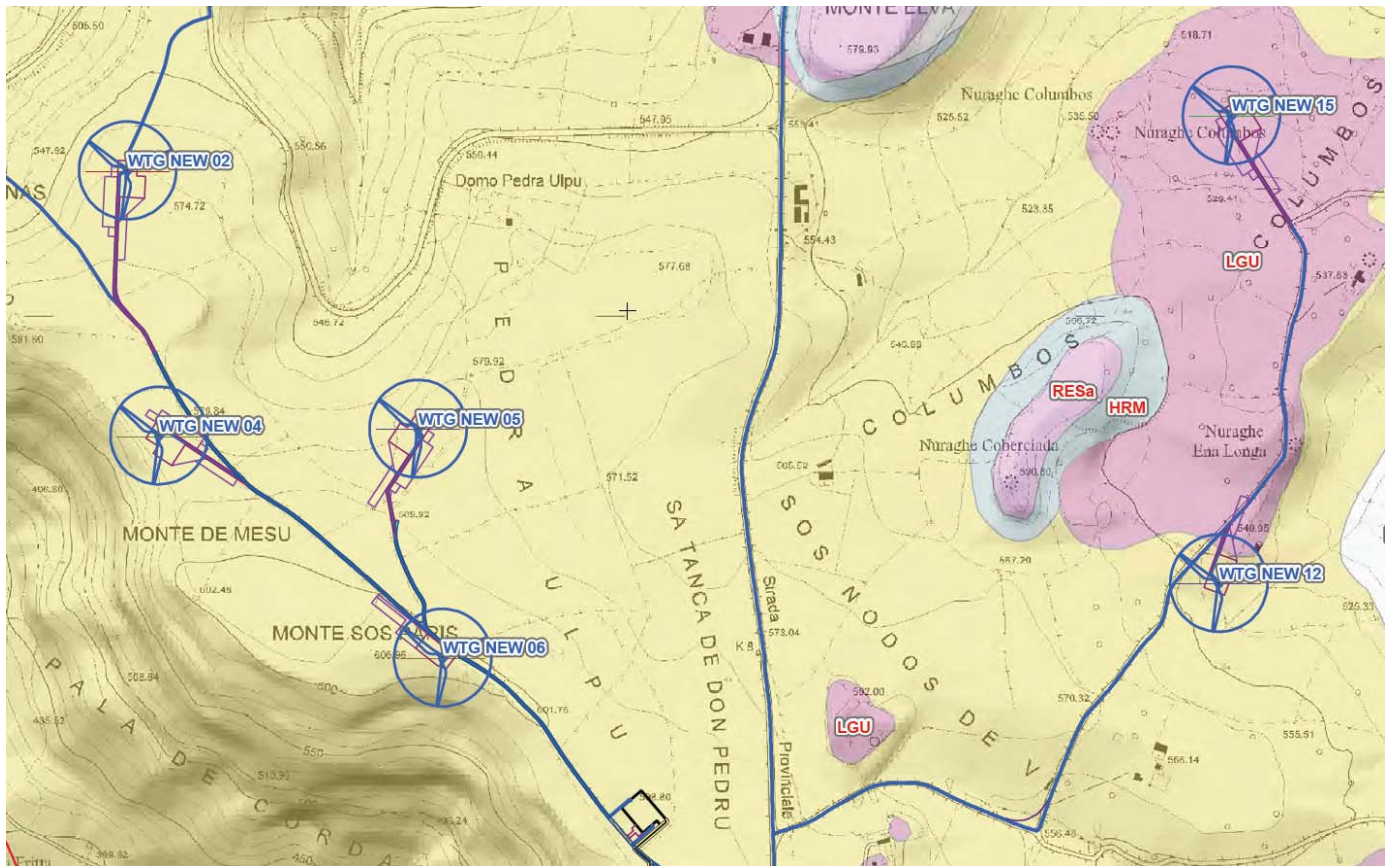


LITOLOGIE

OSL

Non è interessata da pericolosità geomorfologica o idraulica.

7.4 SCHEDA 6 WTG NEW 02, 04, 05, 06, 12, 15



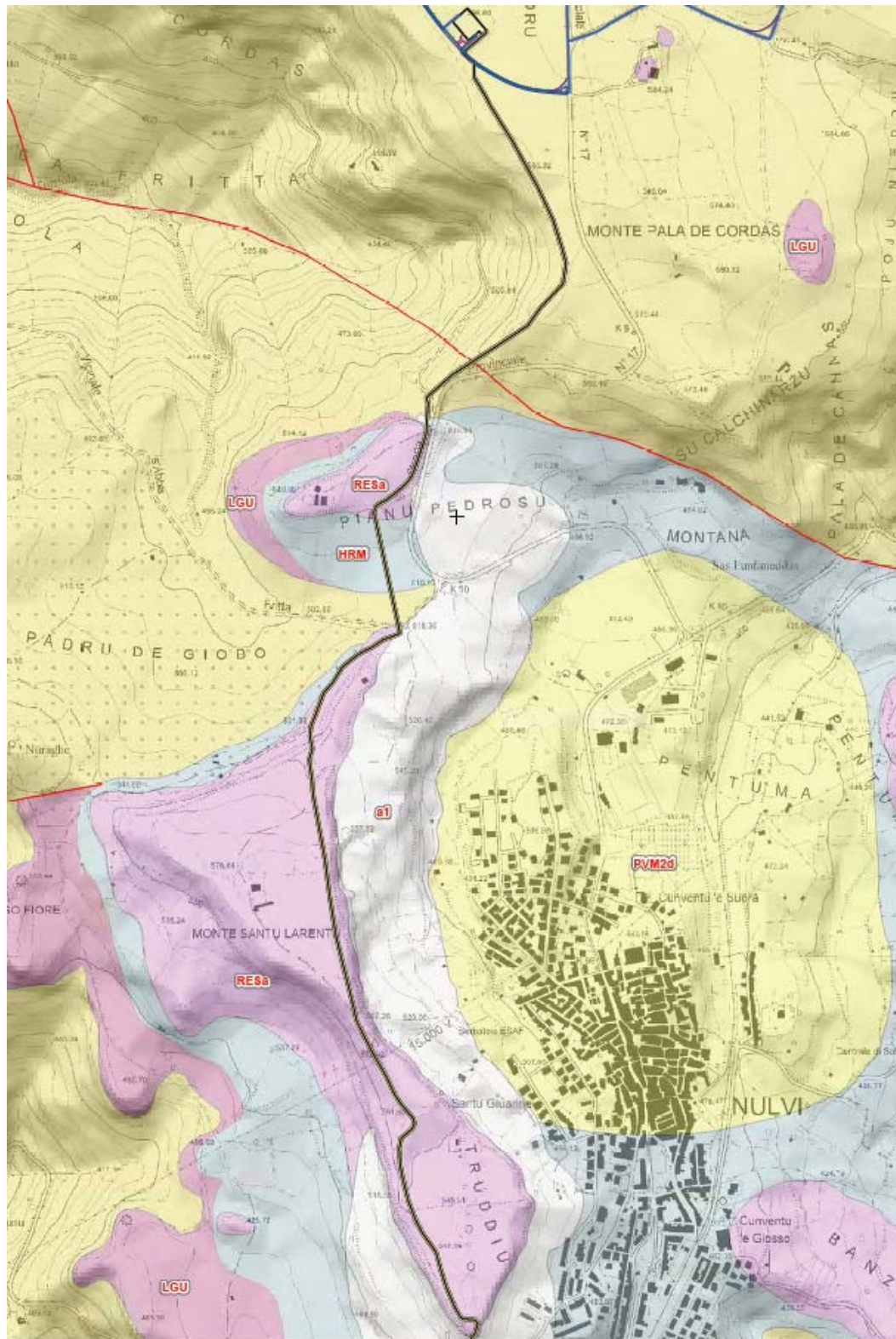
LITOLOGIE

OSL e LGU

Non è interessata da pericolosità geomorfologica o idraulica.

7.5 SCHEDA 1 CAVIDOTTO

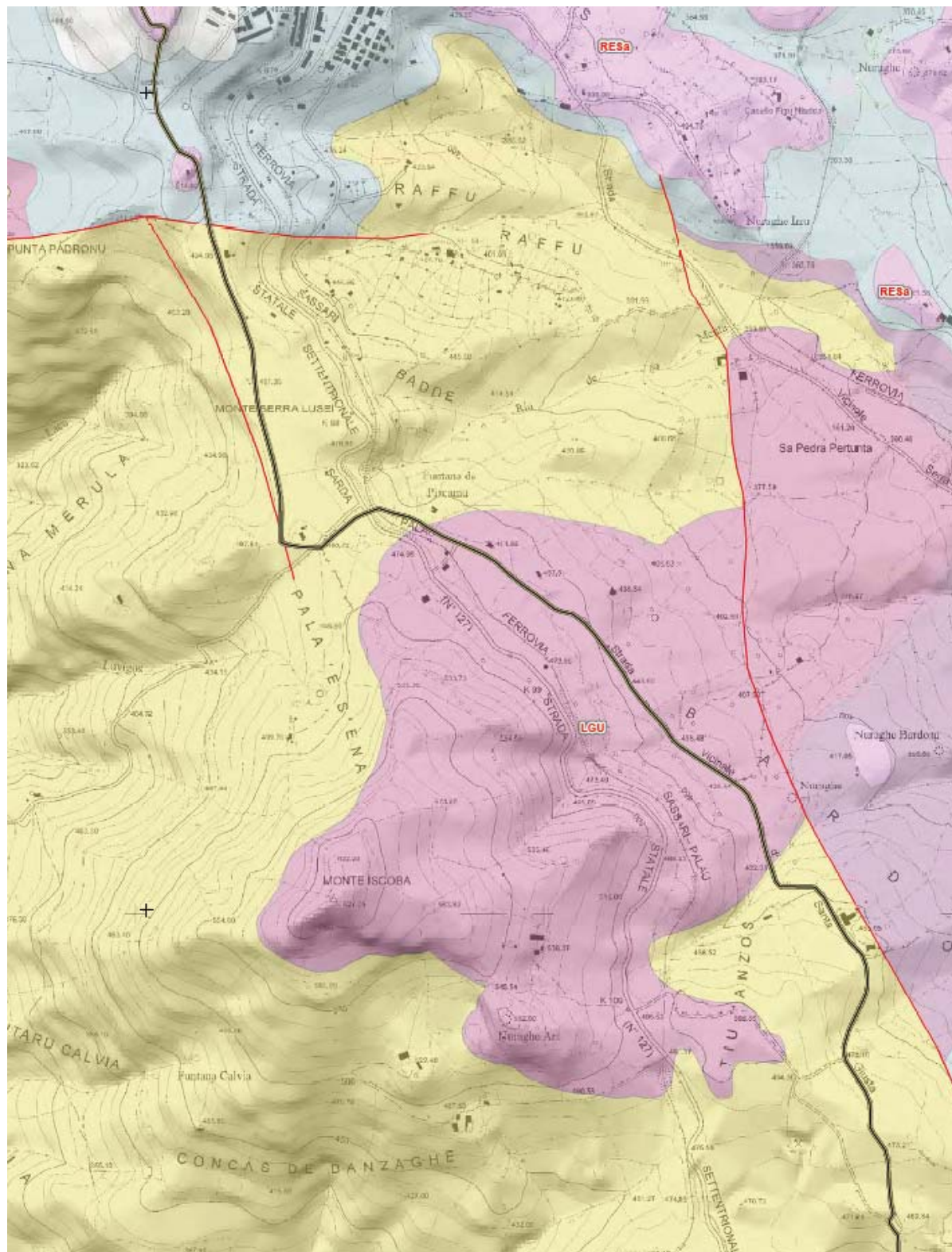
TRACCIATO CAVIDOTTO parte 1



LITOLOGIE VARIE (OSL, RESa, HRM)

7.6 SCHEDA 2 CAVIDOTTO

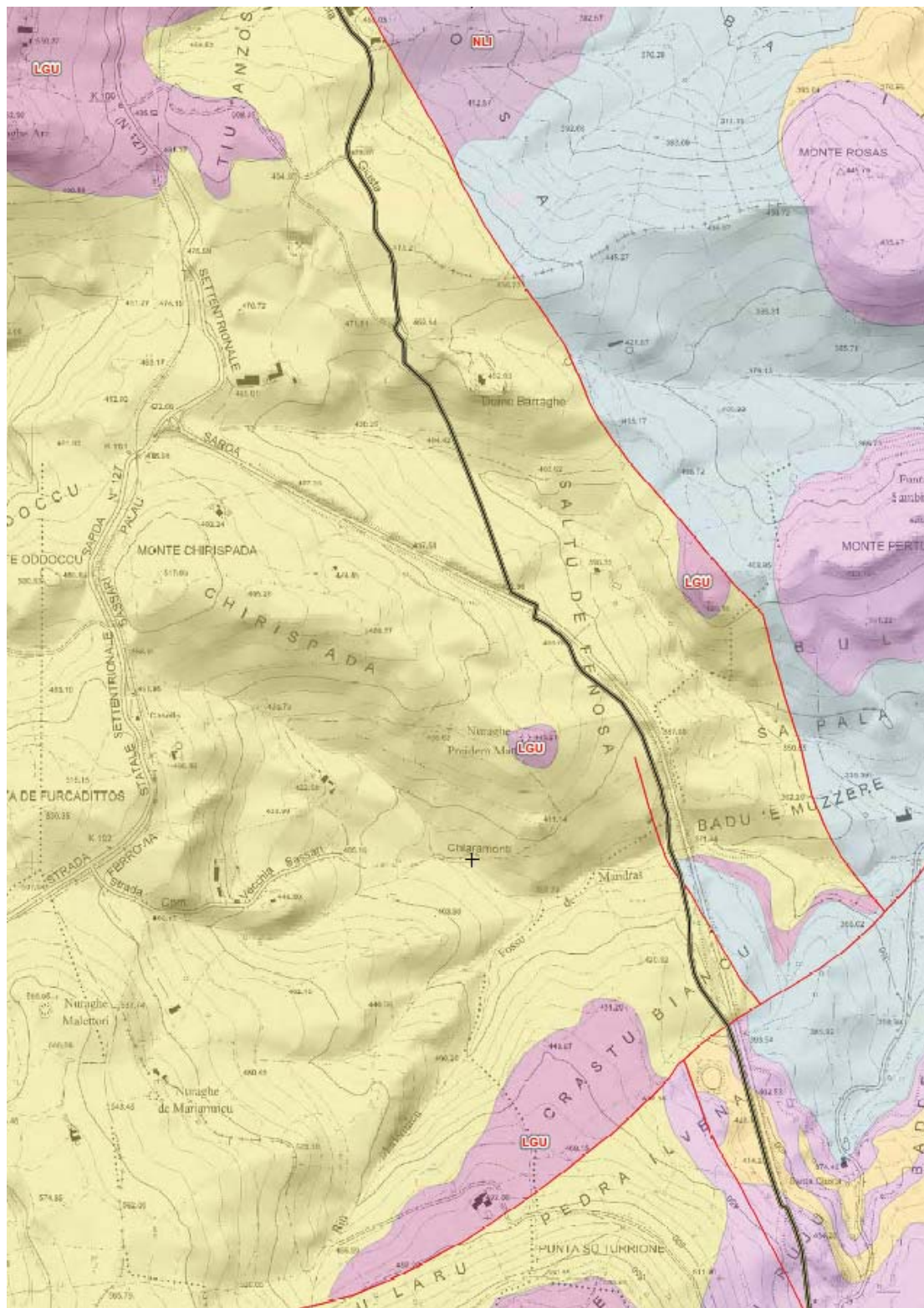
TRACCIATO CAVIDOTTO parte 2



LITOLOGIE VARIE (RESa, OSL, LGU)

7.7 SCHEDA 3 CAVIDOTTO

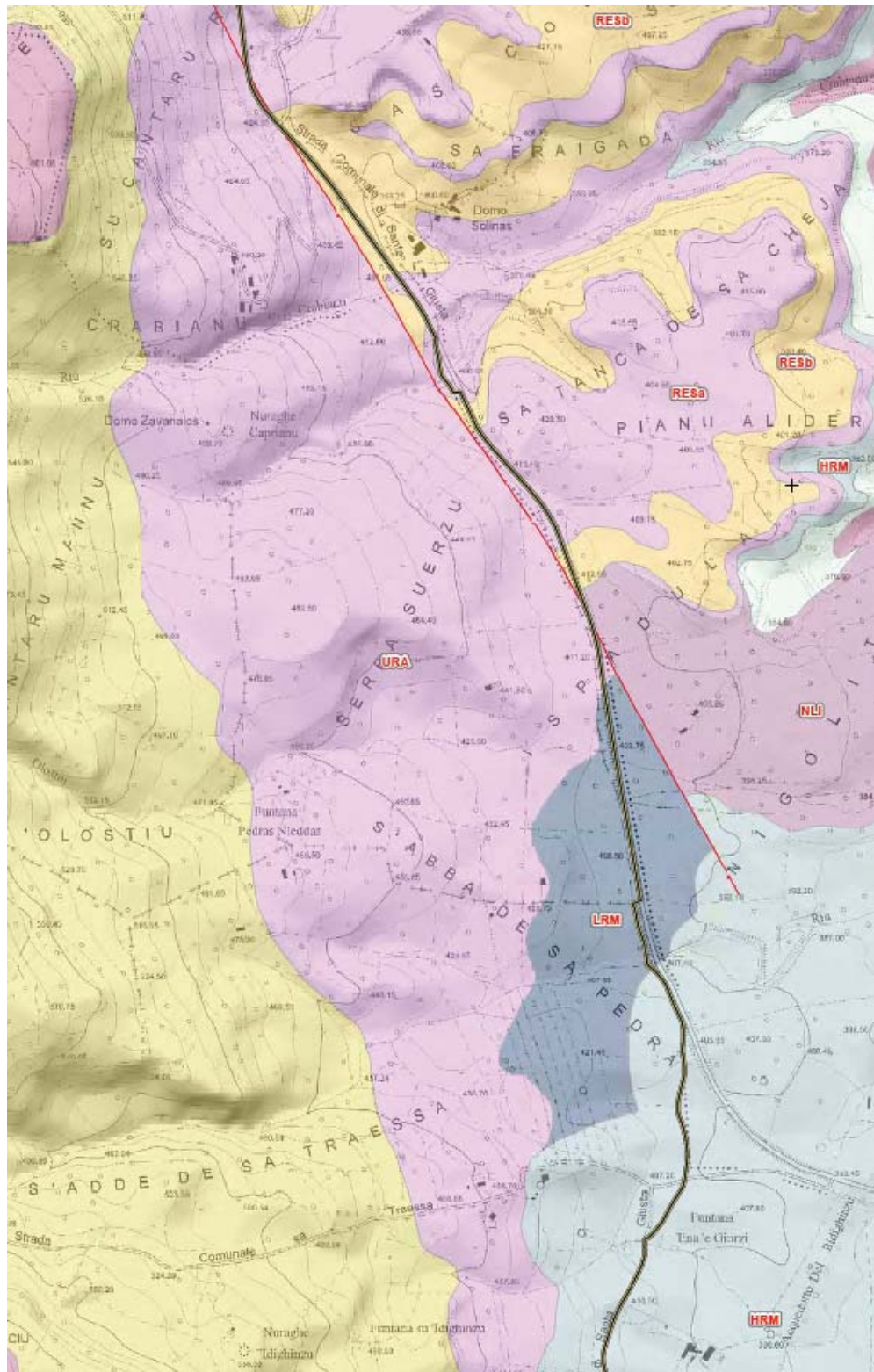
TRACCIATO CAVIDOTTO parte 3



LITOLOGIE VARIE (RESa, OSL, LGU)

7.8 SCHEDA 4 CAVIDOTTO

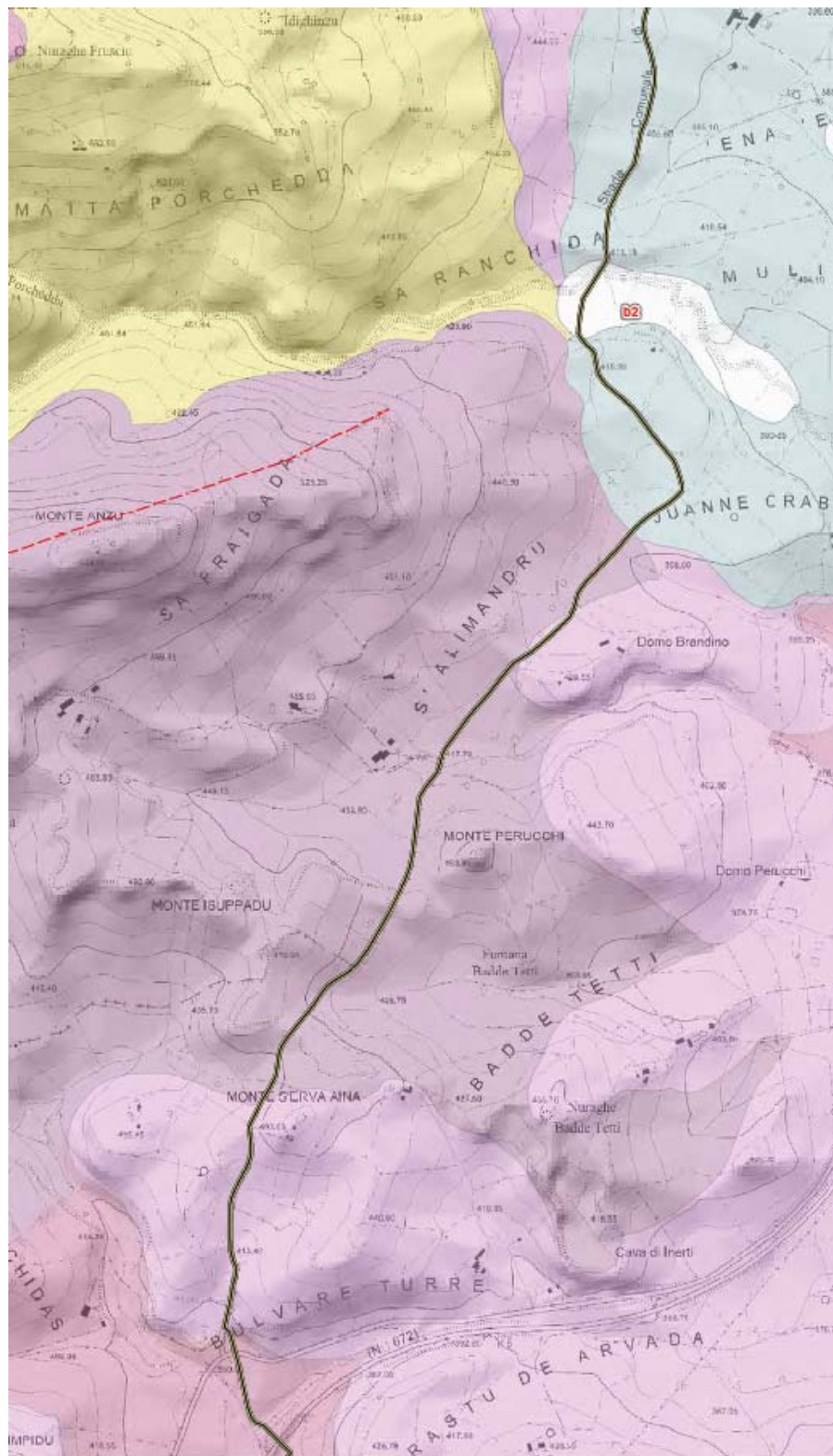
TRACCIATO CAVIDOTTO parte 4



LITOLOGIE VARIE (RESa, RESb, OSL, URA, LRM, HRM)

7.9 SCHEDA 5 CAVIDOTTO

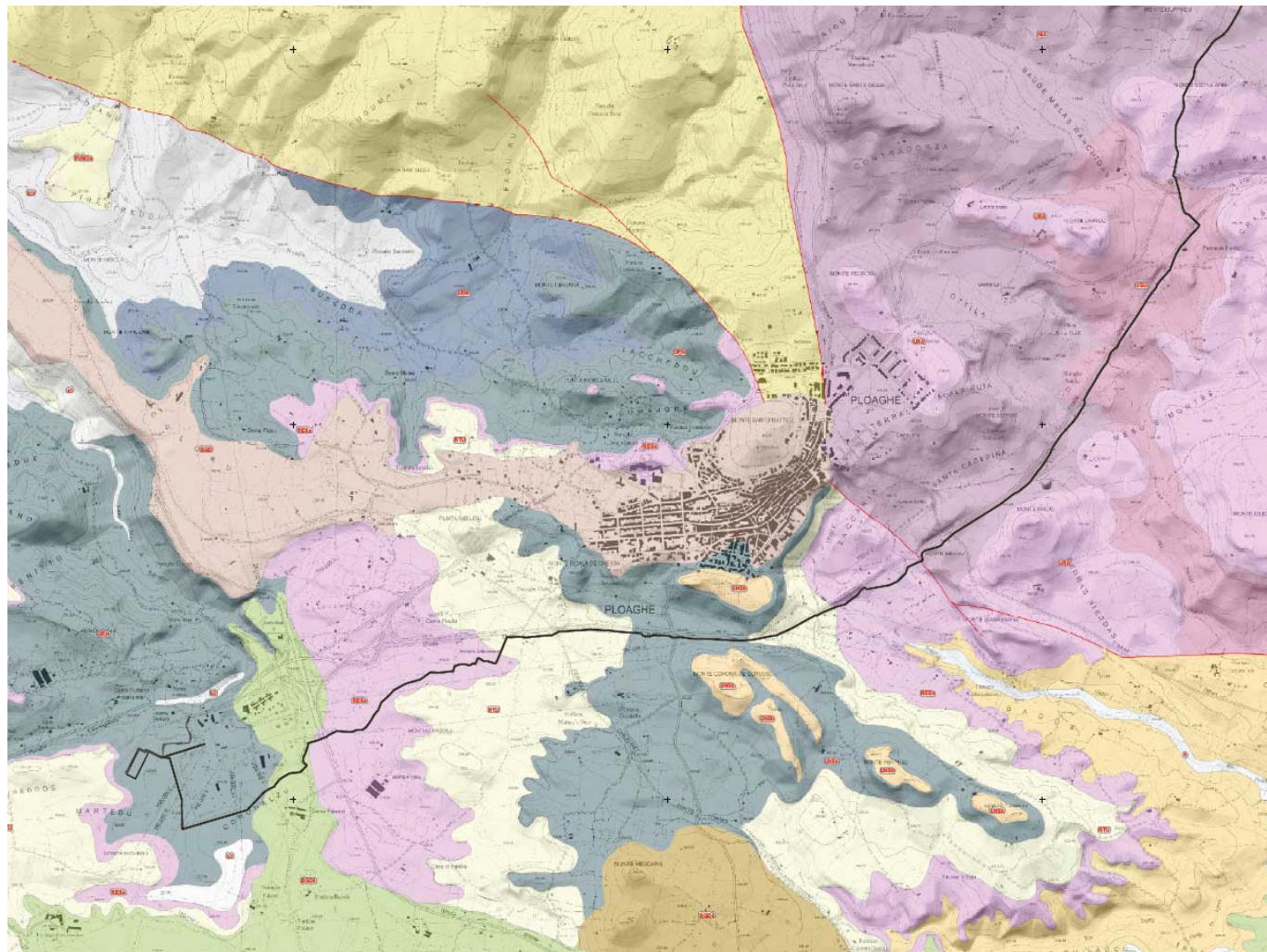
TRACCIATO CAVIDOTTO parte 5



LITOLOGIE VARIE (HRM, URA)

7.10SCHEDA 6 CAVIDOTTO

TRACCIATO CAVIDOTTO parte 6



LITOLOGIE VARIE (HRM, LGU, URA, RTU, LNSa, RESa, BGD6)

8. VALUTAZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DA SCAVI

Gli scavi previsti sono operati in funzione della predisposizione dei sedimenti per i basamenti degli aerogeneratori e della sottostazione, secondariamente per i cavidotti, in particolare per la dorsale verso la sottostazione..

8.1 STUDI, CARATTERIZZAZIONI, CERTIFICAZIONI, INERENTI RIUTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO

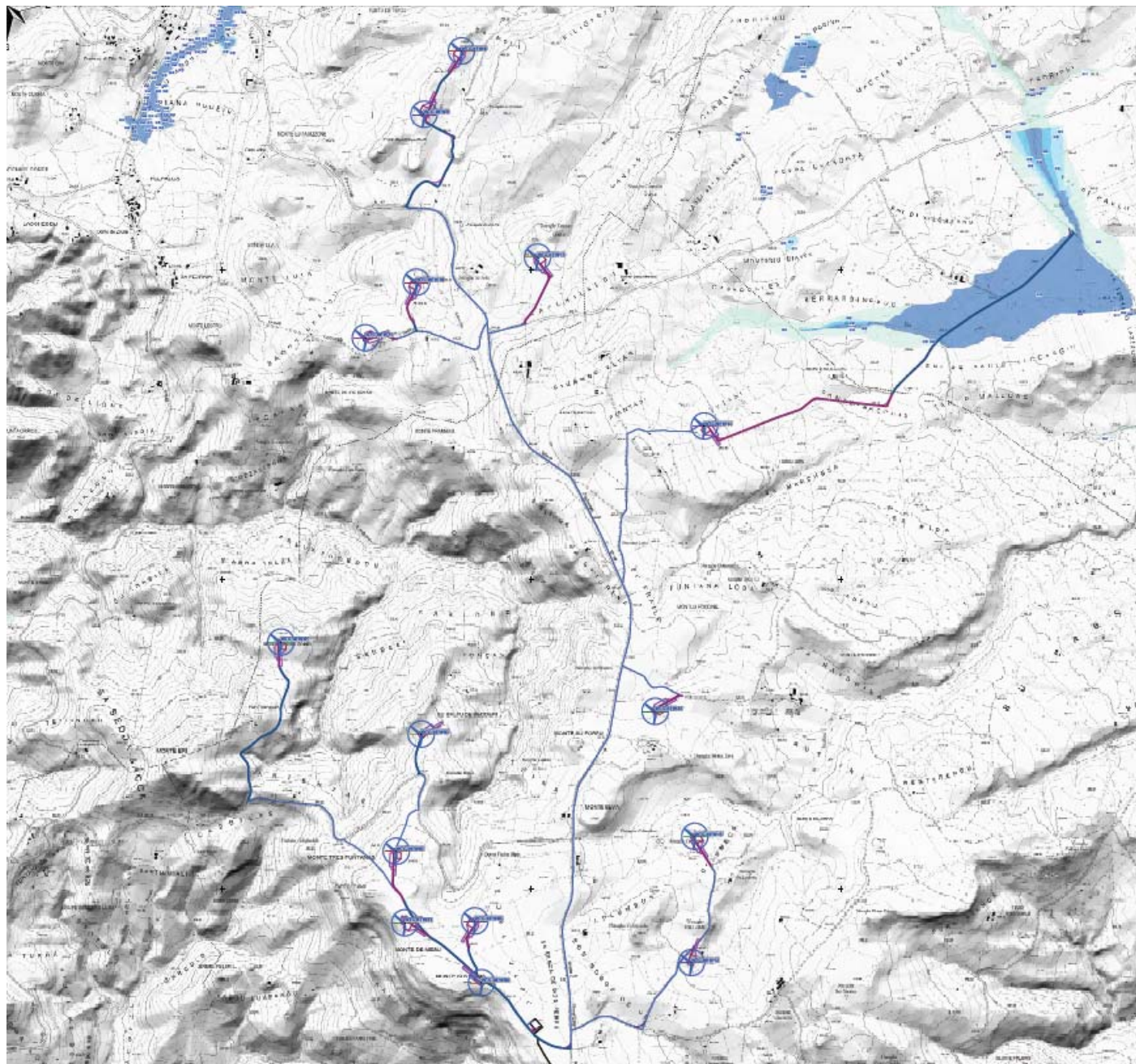
Analisi e valutazioni ai sensi del TU Ambiente (L. 156/2006) e successive modificazioni, e delle perimetrazioni del sito di interesse nazionale SULCIS-IGLESIENTE-GUSPINESE di cui al D.M. 12 marzo 2003 ed in particolare rispetto alle aree perimetrate ai sensi degli Artt. 7-8-9 del D.M. 471/99.

I terreni costituenti i sedimenti di progetto sono esclusi dal SIN, e non sono comunque inclusi in aree di attenzione, o interne a bacini idrografici posti a valle di aree minerarie significative o di zone industriali ad elevato inquinamento e conseguentemente.

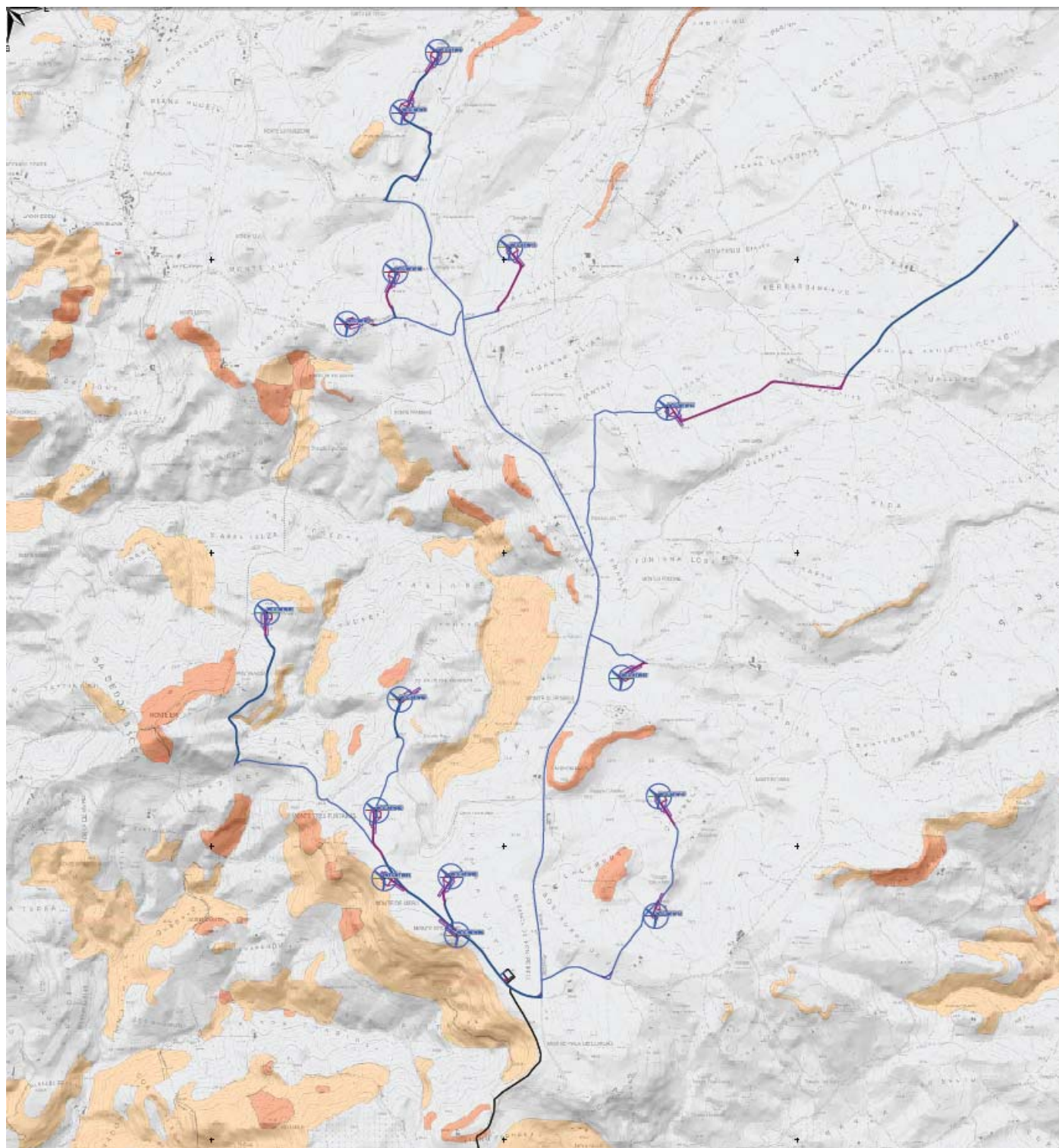
Inoltre, trattandosi di terreni in posto, si dichiara che sono esenti dalla potenziale presenza di sostanze inquinanti sulla base delle tabelle della normativa vigente.

9. IL PROGETTO ED IL PAI

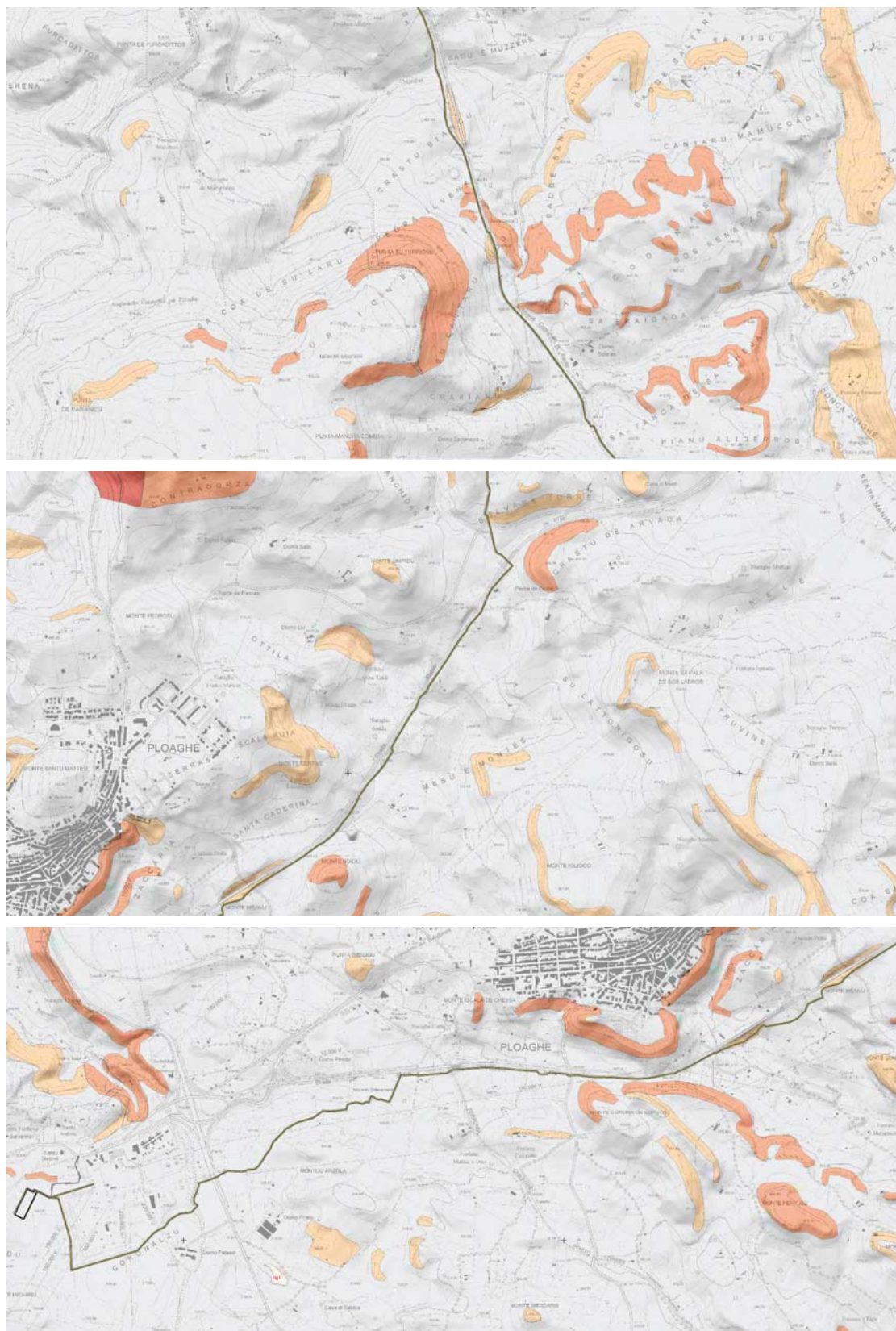
Nel settore interessato dalla presenza degli aerogeneratori e della sottostazione non sono mappate pericolosità idraulica o di frana.



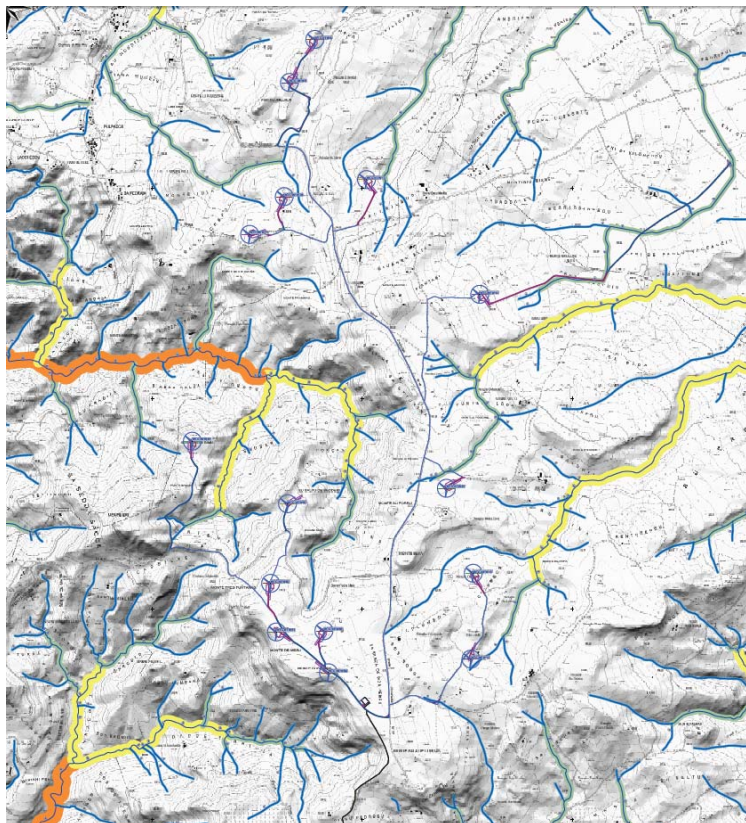
La pericolosità idraulica così come desunta dalle informazioni ufficiali non interessa le postazioni delle WTG



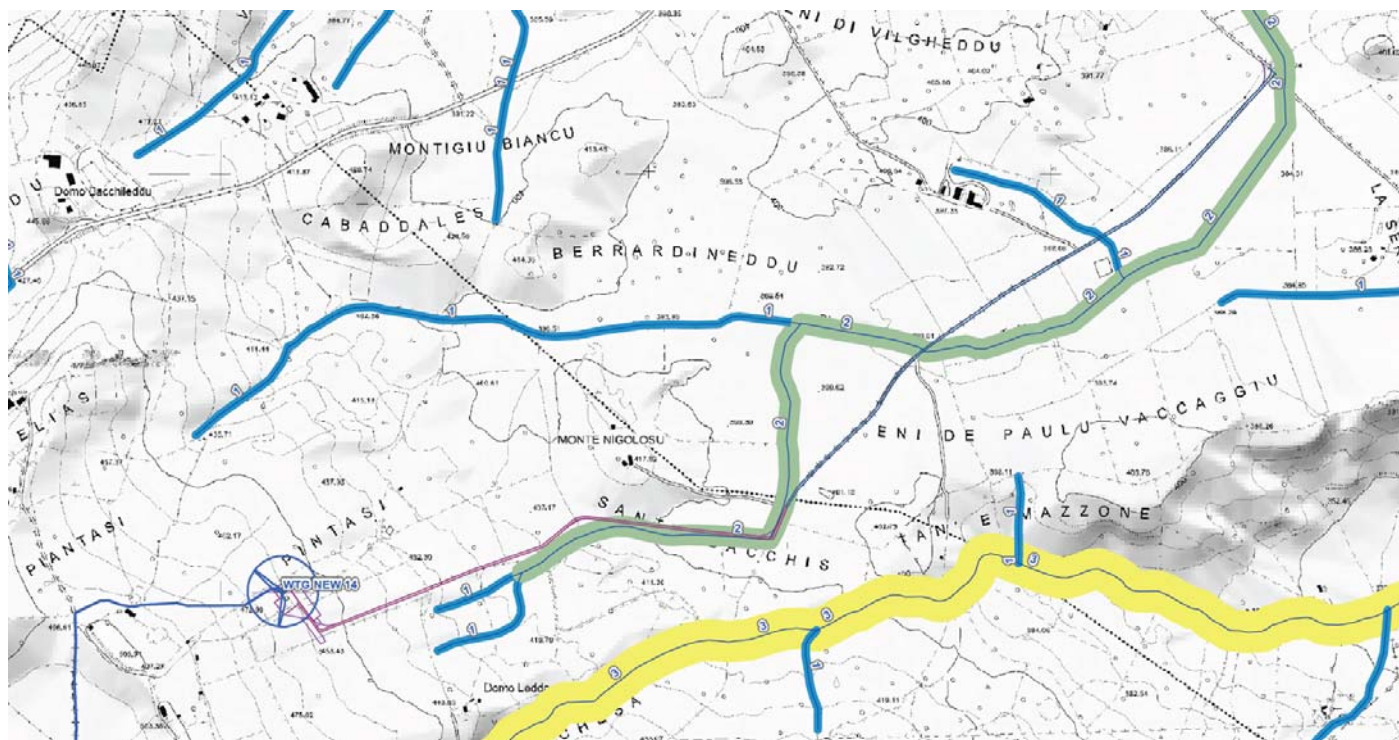
La pericolosità da frana così come desunta dalle informazioni ufficiali non interessa le postazioni delle WTG



La pericolosità da frana così come desunta dalle informazioni interessa solo localmente il tracciato del cavidotto AT senza che questo sia incompatibile.



Le fasce di prima salvaguardia dell'Art. 30ter NTA PAI interessano localmente tracciati senza che siano incompatibili



L'unica interferenza significativa è costituita dalla viabilità d'accesso alla WTG 14 che comunque verrà messa in opera a raso, senza interferire con il deflusso delle acque o ridurre la sezione alveale.

10.CONCLUSIONI

Le caratteristiche geologiche, geotecniche del sedime risultano congrue con i requisiti di progetto.

Non sono state, altresì, identificate situazioni di natura geologica, idrogeologica e geologico-tecnica, che possano creare controindicazioni tecniche.

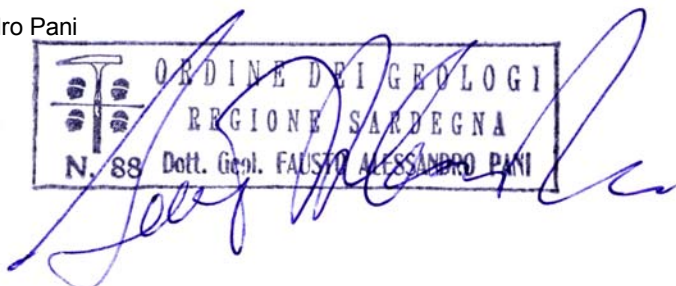
L'intervento così come ipotizzato, non interferisce negativamente con strutture pubbliche o private esistenti.

Le opere non ricadono in aree la cui pericolosità per instabilità del versante o per inondabilità, sia ostativa, o comunque ove marginalmente presente, sia di nocumento alle opere o produca effetti su altre opere.

La stabilità dei versanti presenti, in relazione all'attività prevista, è buona e non crea situazioni di pericolo o contrasta con l'attuazione del progetto proposto.

Fausto Alessandro Pani

Geologo



Collaboratore:

Geologo Roberta Maria Sanna

