



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

1 di/of 58

TITLE: RELAZIONE GEOTECNICA

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto Eolico Carbonia RELAZIONE GEOTECNICA

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

File:GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00_Relazione geotecnica.pdf

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	15/12/2021	Prima emissione	GN.M.	E.S.	L.S.

ENEL VALIDATION

	G. Buonomo	A. Puosi
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

CARBONIA

ENEL CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	R	25	IT	W	15012	00	058	00

CLASSIFICATION

UTILIZATION SCOPE



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

2 di/of 58

Sommario

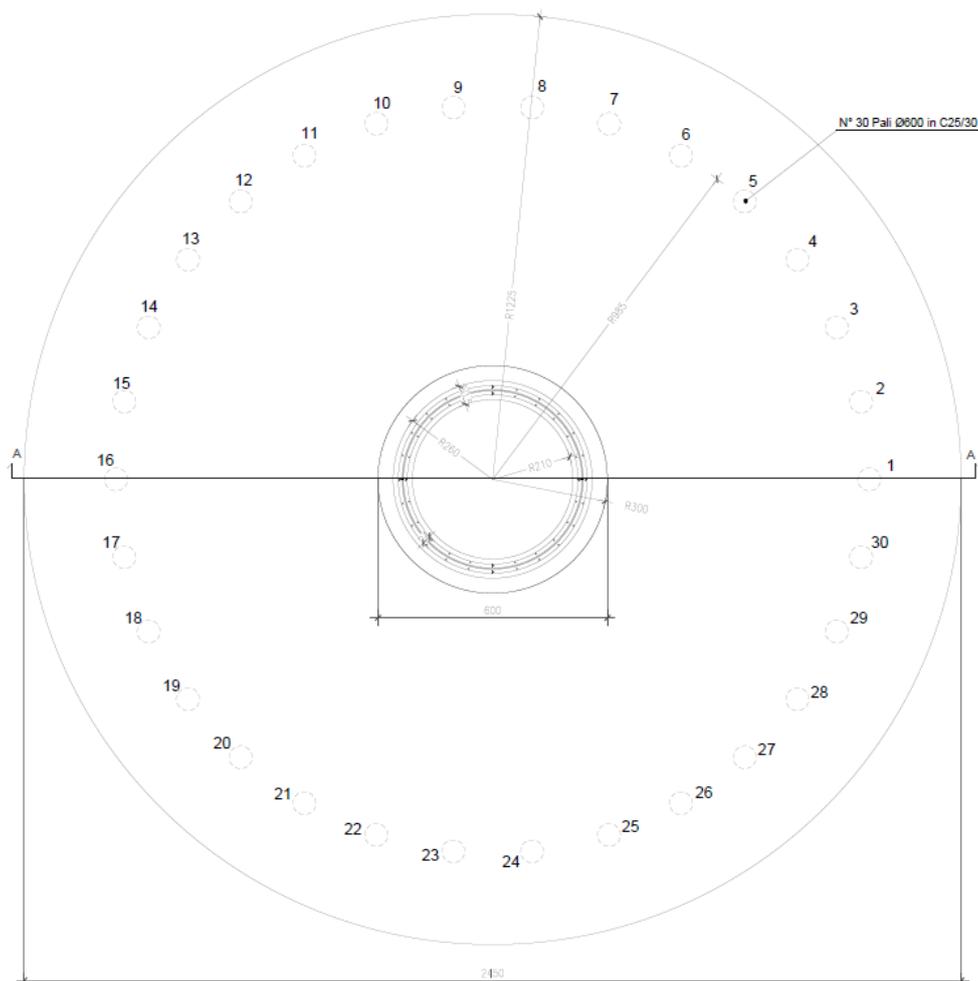
1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE	5
3.2. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO locale	13
4. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI.....	19
4.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA.....	19
4.1.1. LE SORGENTI SISMOGENETICHE.....	19
4.1.2. ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI	20
4.2. sismicità storica	21
4.3. MACROZONAZIONE SISMICA - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	22
5. LIQUEFAZIONE	23
6. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	25
6.1. CATEGORIA TOPOGRAFICA	26
7. LITOSTRATIGRAFIA LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	26
8. DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA VERTICALE DI FONDAZIONI PROFONDE	38
8.1. CARICO LIMITE VERTICALE ALLA PUNTA DEL PALO.....	39
8.2. CARICO LIMITE VERTICALE LUNGO LA SUPERFICIE LATERALE DEL PALO.....	43
8.3. VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE	49
8.4. VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE	54
9. CONCLUSIONI.....	58

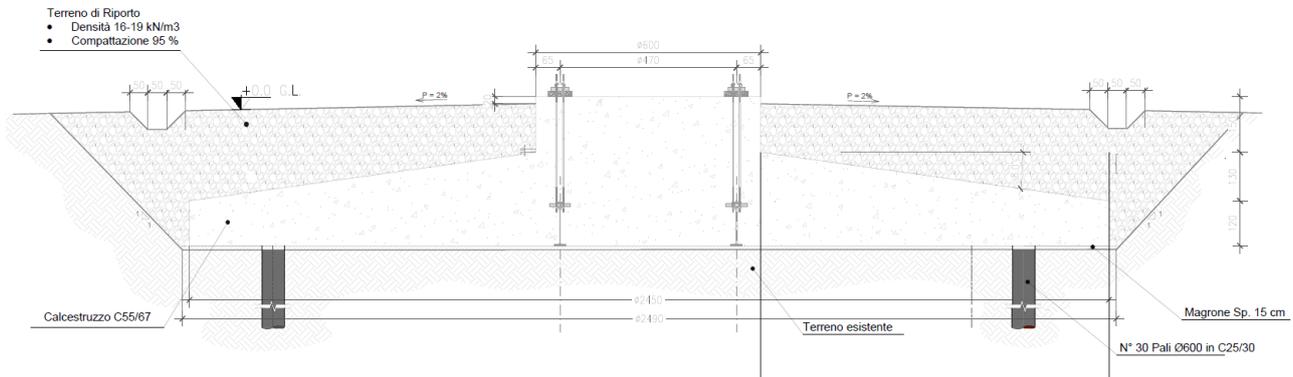
1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è quello di riassumere le principali risultanze dello studio geologico svolto e di illustrare il modello preliminare geotecnico del terreno utilizzato pre le verifiche geotecniche relativamente all'impianto Eolico denominato "Carbonia" proposto da Enel Green Power italia s.r.l., nei Comuni di Carbonia e Gonnese, in provincia del Sud Sardegna (SU). L'impianto prevede l'installazione di N.7 Aerogeneratori, di potenza nominale pari a 6 MW, per una potenza nominale complessiva di 42 MW.

Le opere geotecniche di fondazione degli Aerogeneratori sono di forma tronco-conica con un diametro di 24,5 metri ed un'altezza totale massima di 4,00 metri, la capacità portante è affidata ad un sistema di fondazioni profonde costituito da 30 pali in calcestruzzo armato di diametro $\Phi 60$ ed un infissione di 10 metri.

I dettagli relativi alla tipologia di fondazione sono riportati all'elaborato "GREEEC.D.25.IT.W.15012.00.051.00_Tipico Fondazioni Aerogeneratori".





**Figura 1: Tipico fondazioni Aerogeneratori. estratto elaborato
 "GREEEC.D.25.IT.W.15012.00.051.00_Tipico Fondazioni Aerogeneratori"**

Le verifiche geotecniche di capacità portante illustrate nel presente documento sono state effettuate alla base di un modello geotecnico non basato su indagini di caratterizzazione in situ, pertanto si assumono di carattere preliminare.

In fase esecutiva, le ipotesi e le prescrizioni contenute nella presente relazione dovranno essere necessariamente verificate. Se il confronto tra i dati forniti dalla presente relazione e quelli provenienti da osservazioni dirette dovesse evidenziare differenze sostanziali, nel pieno rispetto del D.M. 17/01/2018, le indagini e le verifiche geotecniche dovranno essere necessariamente integrate e dovrà necessariamente riverificarsi la compatibilità geotecnica.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- LEGGE n° 64 del 02/02/1974. "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità 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.";
- D.M. LL.PP. del 16/01/1996. "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- Eurocodice 1 - Parte 1 - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- Eurocodice 7 - Parte 1 - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- Eurocodice 8 - Parte 5 - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
- Circolare n. 7 del 21/01/2019



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

5 di/of 58

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE

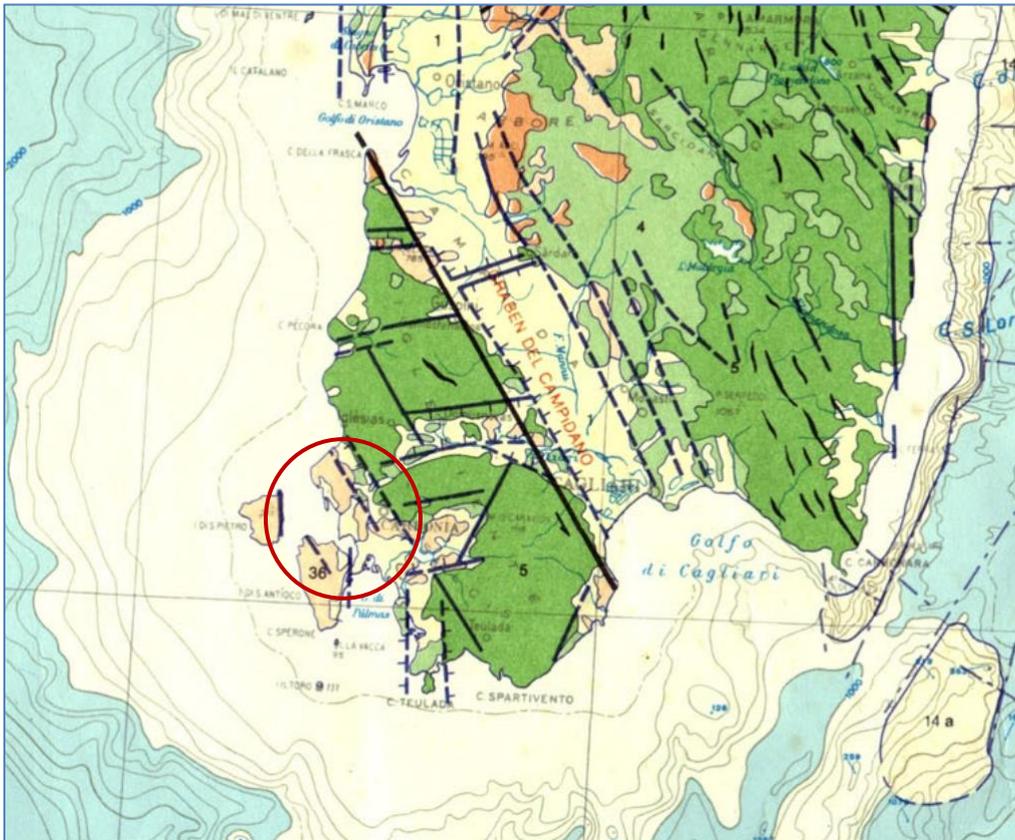
L'inquadramento geologico che qui segue riprende largamente quanto riportato nelle note illustrative del Foglio Geologico CarG 555, "Iglesias" e relativa bibliografia.

La Sardegna è usualmente divisa in tre complessi: il basamento metamorfico ercinico, il complesso intrusivo tardo-ercinico, le coperture sedimentarie e vulcaniche tardo-erciniche, mesozoiche e cenozoiche.

Il basamento sardo è un segmento della catena ercinica sud-europea, considerata una catena collisionale, con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal Siluriano, e collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo durante il Devoniano e il carbonifero. In Sardegna la geometria collisionale della catena ercinica è ancora ben riconoscibile. Secondo alcuni autori 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, a sua volta suddiviso in Falde interne e Falde esterne, che affiora nella Sardegna centrale e sud-orientale. I due complessi sono separati dalla Linea Posada-Asinara, lungo la quale si rinvencono relitti di crosta oceanica.

Alla strutturazione collisionale segue nel tardo-ercinico un'evoluzione caratterizzata da: collasso gravitativo della catena, metamorfismo di alto T/P, messa in posto delle plutoniti che formano il Batolite sardo-corso.

Dopo l'Orogenesi ercinica altri settori di crosta sono stati incorporati nella catena pirenaica, nelle Alpi e nell'Appennino, mentre il settore di crosta che attualmente costituisce il Blocco sardo-corso non è stato coinvolto in eventi orogenici di qualche rilevanza. Le deformazioni più importanti sono di carattere trascorrente e si manifestano tra l'Oligocene ed il Miocene.



UNITÀ ALPINE E SARDO-CORSE



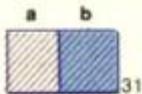
4
5 «Massiccio» sardo-corso, Maures-Esterei, Giura svizzero. Nuclei cristallini prepermiani (5) e coperture (4).



6
7 «Zona dell'Innes-elvetica» e «Zona ultraelvetica». Massicci cristallini «esterni» precarboniferi (7) (Argentera, Pelvoux-Belledonne, M. Bianco-Aiguilles Rouges, Aar, Tavetsch, nuclei cristallini del M. Chétif e del Gottardo) e coperture (6).

MAGMATISMO POST-ERCINICO

Vulcanismo plio-pleistocenico legato ai processi di oceanizzazione del Mediterraneo occidentale



31 – Vulcaniti centrotirreniche. a) Seamounts in prevalenza tholeitici; b) ad affinità non determinata.



32
33 – Vulcaniti di margine di bacino (magmi in prevalenza «mediterranei»: sistema toscano-laziale-campano, I. Ponziane, ed I. Eolie p.p. (32); basamento andesitico delle Eolie (Alicudi, Filicudi, Panarea, Lipari p.p., Salina p.p.) (33).



34 – Vulcaniti basaltiche di piattaforma: Pantelleria, Linosa, Iblei, Etna, Ustica-Anchise, Sardegna p.p. Centri vulcanici sottomarini storici del Canale di Sicilia (Δ).



35 Magmatismo acido mio-pliocenico appenninico: plutoniti dell'I. d'Elba, I. del Giglio, I. di Montecristo, di Gavorrano e vulcaniti dell'I. di Capraia, di S. Vincenzo e Roccastrada, di Montecatini e Orciatino, della Tofa, del Ceriti e di Manzianna.



36 Vulcanismo terziario contemporaneo a fasi compressive alpine: Sardegna p.p. (andesiti-riodaciti); Calabria (limburgiti-andesiti, non cartografate).

Figura 2: Carta Tettonica d'Italia – Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – sca 1:500.000

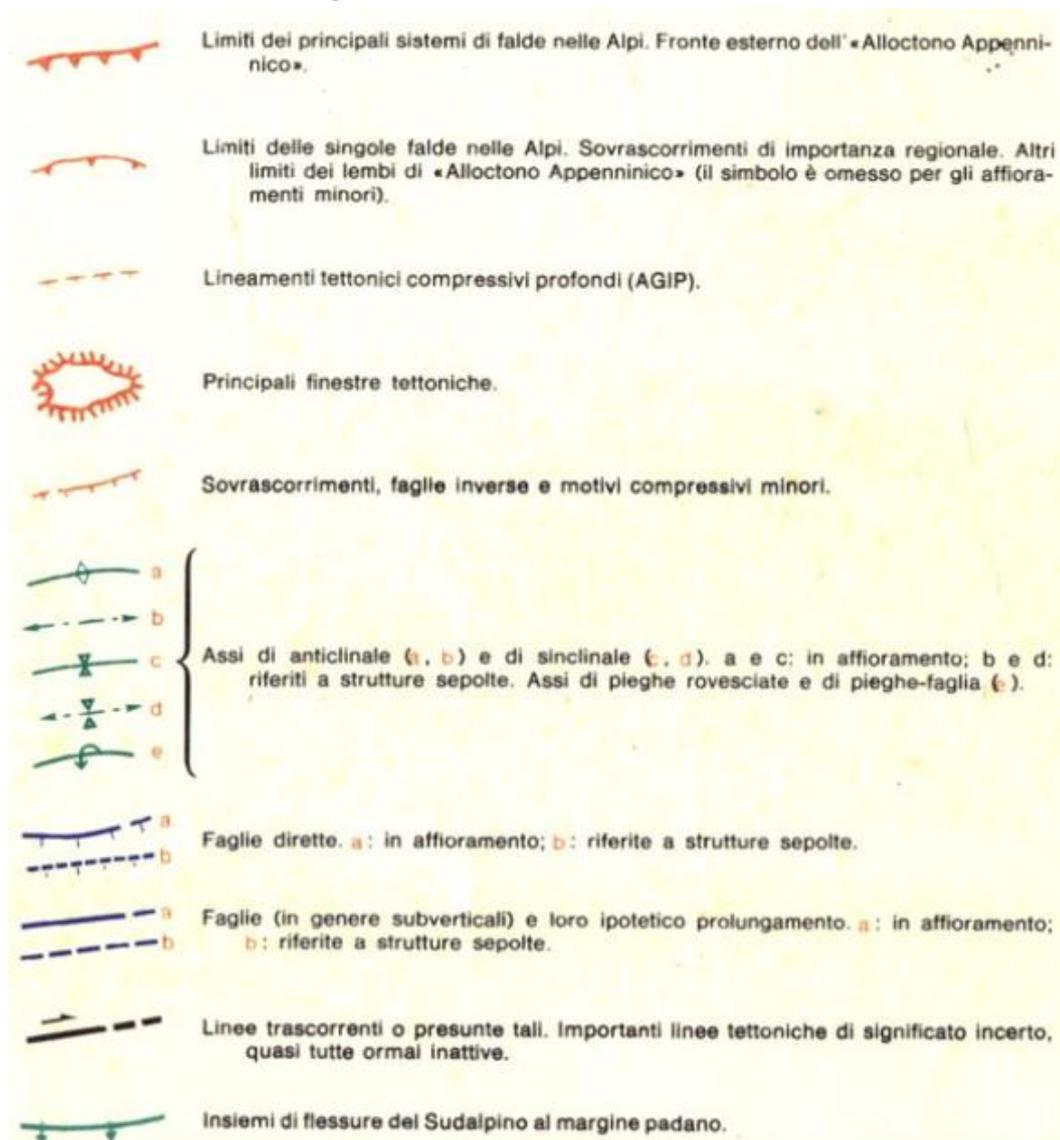


Figura 3: Legenda Carta Tettonica d'Italia – Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – sca 1:500.000

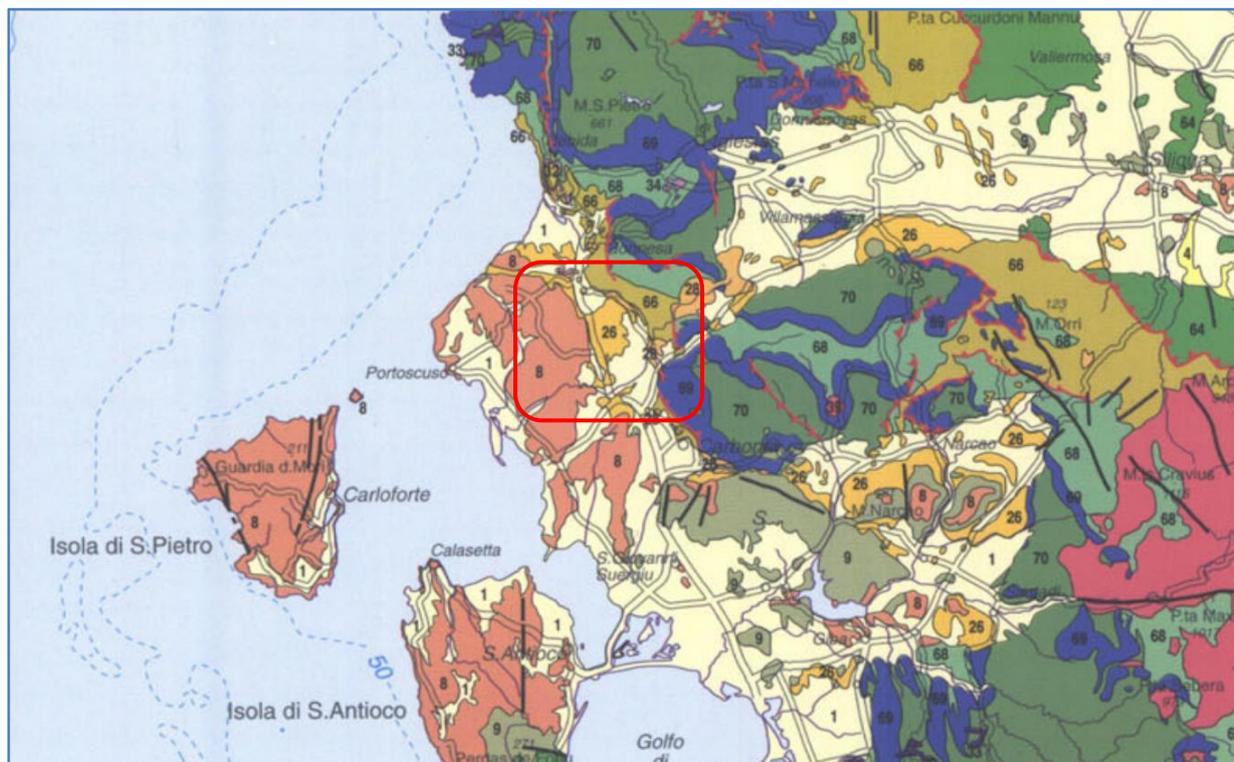


Figura 4: Stralcio Carta Geologica e strutturale della Sardegna e della Corsica; 1-Depositi alluvionali olocenici, 8-Rioliti e riolaciti ignimbriche burdigaliano-aquitaniene, 9-Andesiti e basalti burdigaliano-aquitaniene, 26-Conglomerati e breccie, marne, marne arenacee, calcari, tuffi marine del post-Eocene medio-Burdigaliano inferiore-medio, 38-Successioni vulcano-sedimentarie andesitiche, dacitiche e riolitiche del Paleozoico, 39-Leucomonzograni a biotite del Paleozoico, 57-Paragneiss e micascisti paleozoici; 28-Calcarei, marne e argille con depositi di lignite, 33-Filoni basici: lamprofiri, deloriti e acidi calcalcalini 66-Metaconglomerati, metarenarie e metasiltiti dell'Ordoviciano-Devoniano, 68-Metacalcari nodulari, metareniti metasiltiti e metargilliti del Cambriano-Ordoviciano, 69-Metacalcari e metadolomie con archeociatidi, trilobiti ed echinodermi del cambriano inferiore, 70-Metarenarie alternate a siltiti, con lenti carbonatiche ad archeociatidi del Precambriano-Cambriano

Nella carta geologico-strutturale di Sardegna e Corsica l'area rientra in un settore complesso, con le unità metamorfiche paleozoiche, i terreni sedimentari di età terziaria, le serie vulcaniche burdigalino-aquitaniene e i terreni quaternari continentali.

Nella più accurata Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 a cura del Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna (edizione 1996) l'area rientra nel gruppo denominato 10a, ovvero la Formazione del Cixerri "Conglomerati, arenarie e siltiti argillose poggianti su calcari e argille di ambiente paralico del Luteziano" e 2 "Depositi plio-pleistocenici: Arenarie eoliche con cervidi e proboscidi, Conglomerati, arenarie e biocalcareni con molluschi". La zona interessata dalle opere di connessione, posta più a ovest, rientra invece nel contesto contrassegnato dalla sigla 11, ovvero dal ciclo vulcanico calcalcalino oligomiocenico, caratterizzato da prevalenti ignimbriti a chimismo riolitico, riolacitico, dacitico e comenditico e più raramente da colate, cupole di ristagno e talora prodotti freatomagmatici.

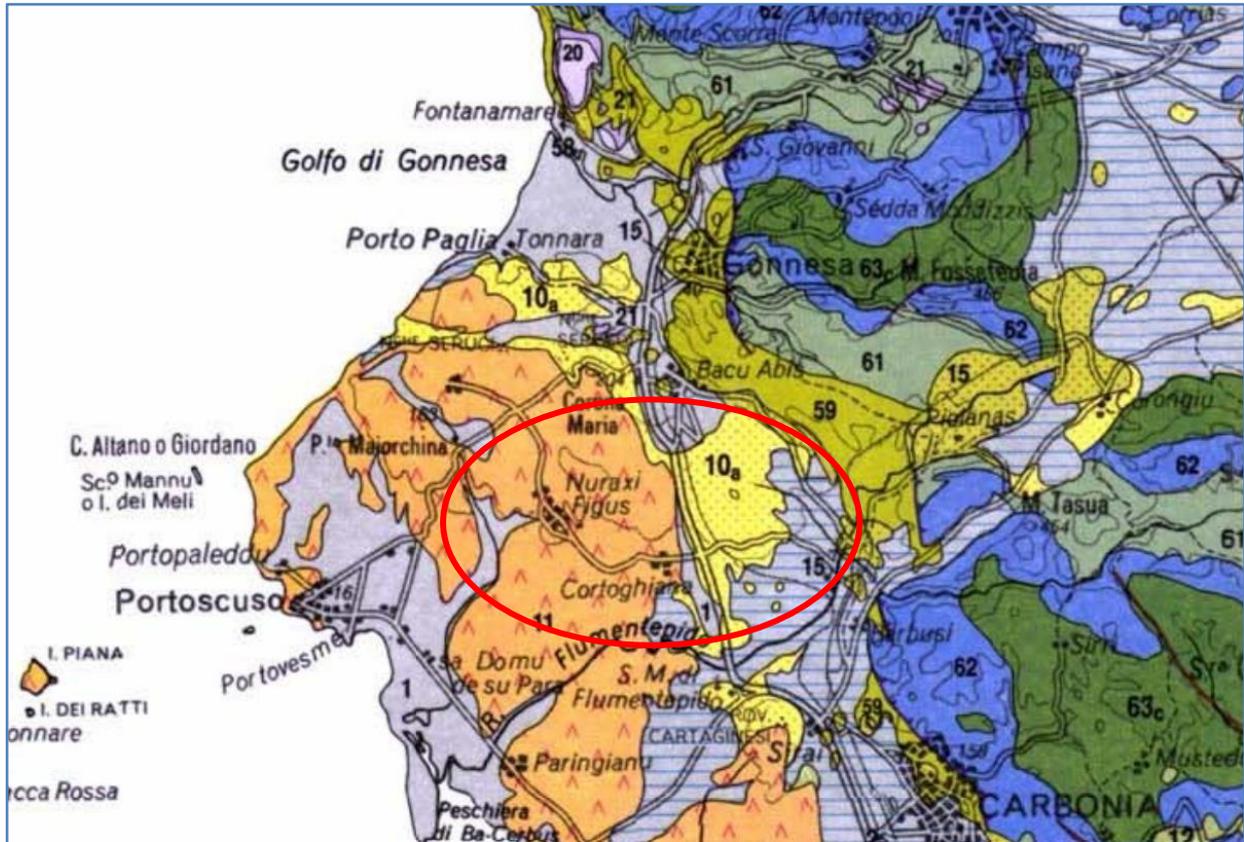
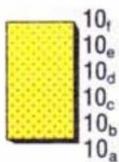


Figura 5: Stralcio Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000. Fonte [Cartografia geologica | Ordine Regionale dei Geologi della Sardegna](#).

Depositi continentali e successione marina Post Eocene medio - Miocene inf.
Post Middle Eocene - Lower Miocene continental and marine deposits



10_f Conglomerati e arenarie continentali con banchi di selce, tufiti, tufi pomicei (Lacustre Auct. p.p.), con Piante (*Bombacoxylon owenii*, *Arganioxylon sardum*, *Pinuxylon zobelianum*, *Palmoxylon sardum*, etc.) (Lago Omodeo, Anglona) 10_i, **Burdigaliano**.

10_d Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali, con Foraminiferi planctonici, Molluschi pelagici (*Vaginella depressa*, *Clio triplicata*, etc.), Molluschi bentonici (*Pecten corsicanus*, *Ostreinella negleta*), Coralli hermatipici, Echinoidi, etc. (Molassa a *vaginella*, Arenarie di Gesturi, Formazione della Marmilla p.p. Auct.) (Anglona: Castelsardo; Sarcidano-Mandrolisai: Genoni, Asuni; Arburese: Funtanazza; etc.); marne argillose ittiolitiche, arenarie e siltiti con Molluschi bentonici (*Pereiraia gervaisi*, *Tympanotonos margaritaceus*) (formazione delle Marne di Ales Auct.) (Marmilla: Ales; Arburese: Funtanazza; etc.) 10_b.

10_c Calcari selciosi, siltiti, arenarie e conglomerati fluviali, con intercalazioni di tufi riolitici, con resti di Piante (*Glyptostrobus europaeus*, *Sequoia* cf. *sternbergi*, *Cinnamomophyllum scheuchzeri*, etc.), Ostracodi, Alghe (Characee), Molluschi (*Planorbis exiguus*, *Lymnaea pachigaster*, *Helix* cf. *ramondi*) (Lacustre p.p. Auct.) (Logudoro: Oschiri, Berchidda; Anglona: Arburese: Funtanazza; Nurra: Porto Conte) 10_g.

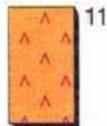
10_e Conglomerati fluviali, talora arrossati, a elementi di basamento cristallino (Logudoro: Piano Ladu; Anglona: Casteldoria); conglomerati poligenici continentali, arenarie e calcareniti con Nummuliti rimaneggiati (Baronie: M. Albo, La Caletta, M. Tuttavista; Barbagia: Lanaitto) 10_c.

Formazione di Ussana - Conglomerati poligenici e arenarie continentali, con matrice argillosa rossastra; nella parte alta microconglomerati, arenarie e siltiti, litorali, con Ostreidi, Mitilidi, Ceritidi (Campidano: Monastir, Nuraminis); conglomerati fluviali (Marmilla; Trexenta; Sarrabus: M. Genis; Gerrei: S. Nicolò Gerrei; Sarcidano: Villanovatulo; etc.) 10_b.

Oligocene sup. - Aquitaniano. **Formazione del Cixerri** - Conglomerati, arenarie e siltiti argillose rossastre, continentali, poggiati sopra calcari e argille paralici con Carofite e Palinomorfi del Luteziano (Iglesiente: Tanca Aru, etc.) 10_a.

Post Eocene medio - Oligocene.

Ciclo vulcanico calcalkalino oligo-miocenico (14 - 32 Ma) *Oligocene-Miocene calcalkaline volcanic cycle (14-32 Ma)*



Rioliti, riolaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, a cui si associano prodotti freatomagmatici ("fall" e "surge"); talora livelli epiclastici intercalati (Sulcis; Mandrolisai; Allai, Asuni, Ruinas; Oristanese; Paulilatino; Valle del Tirso; Fordongianus; Logudoro; Anglona; Planargia) **11. Oligocene sup. - Miocene inf. medio.**

Ignimbrites, lava domes and rare lava flows of rhyolitic, rhyodacitic, dacitic and locally comenditic composition, with fall and surge deposits; intercalations of sedimentary and epiclastic deposits (Sulcis; Mandrolisai; Allai, Asuni, Ruinas; Oristanese; Paulilatino; Valle del Tirso; Fordongianus; Logudoro; Anglona; Planargia) 11. Upper Oligocene - Lower Middle Miocene.



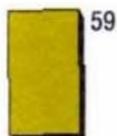
Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalkalina, talora brecciati, in colate, cupole di ristagno (Planargia: Montresta, Tresnuraghes; Oristanese: Bauladu; Marmilla: Ales; Sulcis: Narcao, S. Antioco); lave dacitiche e andesitiche in cupole e filoni (Valle del Cixerri; Campidano: Monastir; Planargia: C. Marargiu; Sulcis: Pula, Carbonia, Sarroch); andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalkalina alta in K a shoshonitica (Anglona); localmente gabbri e gabbronoriti in corpi ipoabissali (Arburese: M. Arcuentu, M. Nureci); quarzodioriti porfiriche (porfiriti di alghero Auct.), (Nurra: Calabona) **12. Oligocene sup. - Miocene inf..**

Successioni transizionali e marine del Paleocene Sup.- Eocene medio *Upper Paleocene-Lower Eocene transitional and marine successions*



SUCCESSIONE DELLA SARDEGNA ORIENTALE (Sarrabus; Gerrei; Salto di Quirra: M.te Cardiga; Baronie; Orosei). Calcari, calcari marnosi e marne argillose sublitorali, con Coralli, Echinoidi, Nummuliti (*Nummulites biarritzensis*, *N. leymeriei*, *N. munchisoni*), Assiline, Operculine, Discocycline (Calcari a Nummuliti Auct.) **14_a**. Arenarie e conglomerati poligenici più o meno quarzosi fluvio-deltizi, con Ceritidi **14_a**, **Ypresiano - Luteziano inf..**

SUCCESSIONE DEL SULCIS E DELLA TREXENTA (Sulcis: Terras de Collu; Trexenta: N.ghe Sioco; Iglesiente: Gonnesa). Calcari litorali e transizionali con Characee, Ostracodi, Alveolinidi della zona ad *Alveolina cucumiformis*, Orbitolitidi e Milioliti (Miliolitico Auct.); calcari marnosi, marne e argille continentali e paralico-transizionali con depositi di carbone, con Palinomorfi (*Corsinopolites ichnusae*, *Leiotriletes dorogensis*), Characee, Perissodattili (*Lophiodon sardus*, *Atalanodon monterini*), Alveolinidi (*Alveolina* cf. *subpyrenaica*, *A. lepidula*), Carofite (*Nitellopsis thaleri*) e Ostracodi (*Neocyprideis*) (Lignifero Auct.); alla base: arenarie e conglomerati di piana alluvionale **15. Paleocene sup. - Eocene inf. medio.**



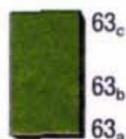
Metasiltiti e metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche e metatufiti, con Briozoi, Brachiopodi (*Nicolella actoniae*, *Dolerorthis maxima*, *Paurorthis gnoliana*, etc.), Tentaculiti litorali (*Comulites*), Graptoliti (<*Glyptograptus*> cf. *tenuissimus*, etc.), Crinoidi, Trilobiti (*Ovalocephalus tetrasulcatus*, *Arthrorhynchus tarda*) (formazione di M.te Orri, formazione di Portixeddu, formazione di Domusnovas, formazione di Rio San Marco Auct.); metaconglomerati con olistoliti di calcari e dolomie cambriani, metasiltiti e metarenarie rosso-violacee di piana da alluvionale a costiera (Puddinga, formazione di M.te Argentu Auct.) (Iglesiente: Portixeddu, Buggerru, Fluminimaggiore, P.ta S'Argiola, P.ta Su Amadori, Mason Porcus, R. Cannamenda, Caput Aquas, etc.) **59. Caradoc-Ashgill.**



Formazione di Cabitza - Argilloscisti, metarenarie, metacalcari nodulari e metasiltiti con rare lenti calcaree, con Trilobiti (*Solenopleuroopsis* cf. *ribeiroi*, *Paradoxides mediterraneus*, *Corynexochus* sp., *Conocoryphe* cf. *brevifrons*, *Jincella* cf. *prantli*, *Bailiella* cf. *levyi*, *Micragnostus* sp.), Graptoliti bentonici (*Rhabdinopora flabelliformis*), Foraminiferi bentonici (*Hemisphaerammina* cf. *cecallalickeri*?), Spongiari, Carpoidi, Hyolitidi, Brachiopodi, Incertae sedis (*Chancelloria maroccanza*, *C. sardinica*), Alghe (*Girvanella problematica*), Echinodermi, Acritarchi, (Scisti di Cabitza, Calcescisti, formazione di Campo Pisano Auct.) (Iglesiente: Cabitza, M.te S. Giovanni, Nebida, Campo Pisano, Gonnesa, Villamassargia) **61. Cambriano inf.- Ordoviciano inf..**



Formazione di Gonnesa (Metallifero Auct.) - Metacalcari e metadolomie con rari Archeociati, Trilobiti, Echinodermi (Calcare ceroide, Dolomia grigia, formazione di San Giovanni Auct.) (Iglesiente: Is Ollastus, Acquacadda, S. Giovanni, etc.); metadolomie e metacalcari stromatolitici, con rari Archeociati (*Rasetticyathus* sp., *Coscincyathus* sp.) (Dolomia rigata, formazione di Santa Barbara Auct.) (Iglesiente: Planu Sartu, Arcu Biasterria, S. Barbara, etc.) **62. Cambriano inf..**



Formazione di Nebida (Formazione delle Arenarie Auct.) - Metarenarie a cemento carbonatico, metadolomie, metacalcari oolitici e micritici, con Trilobiti (*Dolerolenus bifidus*, *Sardoredlichia laskei*, *Giordanella meneghini*), Archeociati (*Rasetticyathus iglesiensis*), Alghe, Brachiopodi, Lingulidi, rari Hyolitidi ed Echinodermi (formazione di P.ta Manna, membro di P.ta Manna Auct.); arenarie e arenarie siltose con rare intercalazioni di calcari con Alghe (*Girvanella meneghini*, *Epiphilon*), Archeociati (*Rasetticyathus iglesiensis*, *Inessocyathus spatiosus*, *Taylorcyathus vologdini*, *Coscincyathus elongatus*), Trilobiti (*Giordanella meneghini*, *Enantiaspis enantiopa*) (formazione di Matoppa, membro di Matoppa Auct.) (Sulcis; Iglesiente) **63_c. Cambriano inf..**

Filladi e metarenarie, talora con intercalazioni di metaconglomerati e di marmi spesso dolomitici (formazione di Bithia Auct.); metavulcaniti basiche (Sulcis) **63_b. ? Precambriano - Cambriano inf..** Micascisti ad Andalusite (Scisti di M. Settiballas Auct.) (Sulcis) **63_a. ? Precambriano.**

Figura 6: Legenda Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000; [Cartografia geologica | Ordine Regionale dei Geologi della Sardegna](#).

A seguire si riporta estratto della cartografia CARG, Foglio 555 "Iglesias".

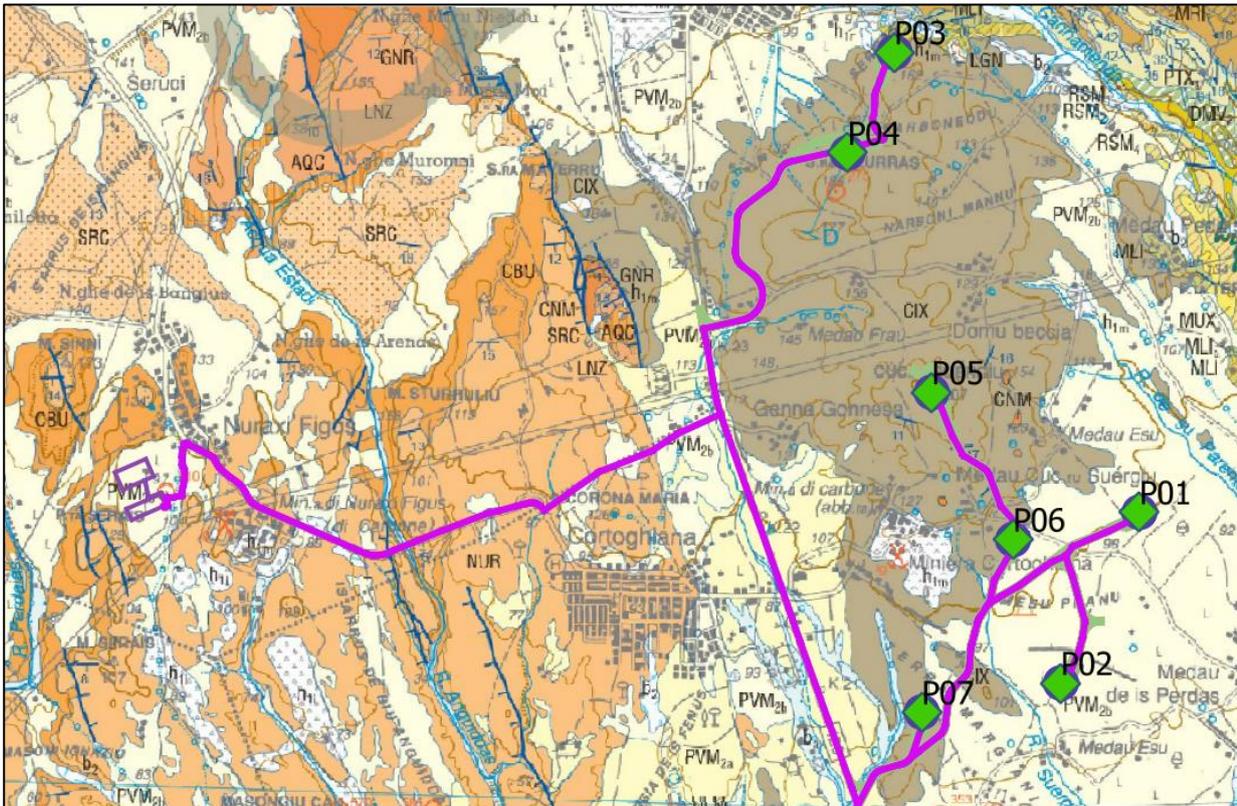


Figura 7: Stralcio cartografia CARG Foglio 555 "Iglesias". Fonte ISPRA [555 Iglesias \(isprambiente.gov.it\)](http://isprambiente.gov.it). Per la legenda si rimanda al testo riportato a seguire.

L'area si presenta piuttosto complessa come assetto tettonostratigrafico poiché comprende terreni che coprono un arco temporale molto ampio, con vicissitudini tettoniche e fasi genetiche diversificate. Le unità tettonostratigrafiche presenti nell'area sono le seguenti, riportate dalla più recente alla più antica. Le sigle riportate valgono come legenda della figura precedentemente riportata (figura 7).

- Depositi continentali dell'area continentale (Olocene)
 - ✓ h_n - depositi antropici (discariche industriali, riporti, discariche minerarie, bonifiche)
 - ✓ b_a - depositi alluvionali (ghiaie con subordinate sabbie e limi)
 - ✓ b_2 - coltri eluvio-colluviali (depositi fini frammisti a depositi grossolani)
 - ✓ a - depositi di versante

- Depositi pleistocenici
 - ✓ PVM-Sintema di Portovesme-subsintema di Carbonia (ghiaie alluvionali terrazzate, sabbie eoliche, detriti di versante e breccie, corpi di frana con accumuli caotici e blocchi)

- Successioni vulcano-sedimentarie terziarie (Miocene inferiore-medio)
 - ✓ CBU – Rioliti di Monte Crobu (Depositi piroclastici da flusso da densamente saldati a non

saldati (tufi, tufi a lapilli e tufi-breccia), a tussitura porfirica e a composizione riolitica. Alla base brecce poligeniche

- ✓ NUR - Rioliti di Nuraxi (depositi piroclastici di flusso intensamente saldati, porfirici, a composizione riolitica, con livello vitrofirico alla base)
- ✓ SRC - Rioliti di Seruci (depositi piroclastici di flusso intensamente saldati, porfirici, a composizione riolitica, spesso con depositi da caduta e con livello vitrofirico alla base)
- ✓ ACQ - Daciti di Acqua Sa Canna (depositi piroclastici di flusso non saldati e depositi di caduta a composizione dacitica; in alternanza conglomerati conglomerati e arenacei vulcanoclastici)
- ✓ LNZ - Rioliti di Lenzu (depositi piroclastici di flusso densamente saldati a composizione dacitica con depositi di caduta alla base)
- ✓ CNM - Daciti di Corona Maria (Depositati piroclastici da flusso da densamente saldati a non saldati, porfirici, a composizione dacitica, spesso con vetro vitrofirico; talora alla base sono presenti depositi da caduta e paleosuoli)

➤ Successione sedimentaria paleogenica

- ✓ CIX - Formazione del Cixerri (arenarie quarzoso-feldspatiche, marne, argille siltose e conglomerati poligenici, conglomerati e arenarie quarzose, liditi e calcari lacustri)
- ✓ LGN - Lignitifero (Alternanze ritmiche di argille spesso carboniose, marne, calcari, arenarie con abbondante materia organica e depositi di lignite)
- ✓ MLI - Miliolitico (Clacari e calcari arenacei, spesso ricchissimi in miliolidi; alla base talora conglomerati a clasti di quarzo e liditi)

➤ Successione sedimentaria mesozoica (*Triassico inferiore-medio*)

- ✓ BUN - Bundsandstein (conglomerati e brecce da granosostenuti a matrice-sostenuti, alternati ad arenarie grossolane)

➤ Basamento metamorfico paleozoico – successione post-Discordanza Sarda

- ✓ FLU - Formazione di Fluminimaggiore (alternanza di calcari nodulari scuri e metapeliti scure riccamente fossilifere); *Siluriano inferiore-Devoniano inferiore*
- ✓ RSM - Formazione di Rio San Marco (metargilliti, metasiltiti, metarenarie, alternanze ritmiche parallele e torbiditiche, metabrecce, metaconglomerati); *Ordoviciano superiore*
- ✓ PTX - Formazione di Portixeddu (metasiltiti e metargilliti e con rari noduli fosfatici e intercalazione metavulcanoclastica) *Ordoviciano superiore*
- ✓ AGU - Formazione di Monte Argentu "Puddinga" (metasiltiti, metapeliti, metaconglomerati, megabrecce poligeniche ed eterometriche); *Ordoviciano medio-superiore*

➤ Basamento metamorfico paleozoico – successione pre-Discordanza Sarda

- ✓ CAB - Formazione di Cabitza “Argilloscisti laminati” (alternanze di metasiltiti e metapeliti, in parte con metarenarie, lenti di calcari); *Cambriano medio-Ordoviciano inferiore*
- ✓ GNN - Formazione di Gonnese “Metallifero” (calcari grigi massivi in parte dolomitizzati “Membro del calcare ceroidale” e dolomie stratificate e laminate, spesso stromatolitiche, con noduli e livelli di selce scura alla base “Membro della Dolomia Rigata”); *Cambriano inferiore*

3.2. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LOCALE

Il dettaglio delle condizioni geologiche può essere desunto attraverso la cartografia geologica ufficiale disponibile, facendo riferimento alla cartografia in scala 1:50.000 che rappresenta la cartografia di riferimento. Di seguito si riporta uno stralcio dei tematismi CARG digitalizzati con l'ubicazione delle WTG.

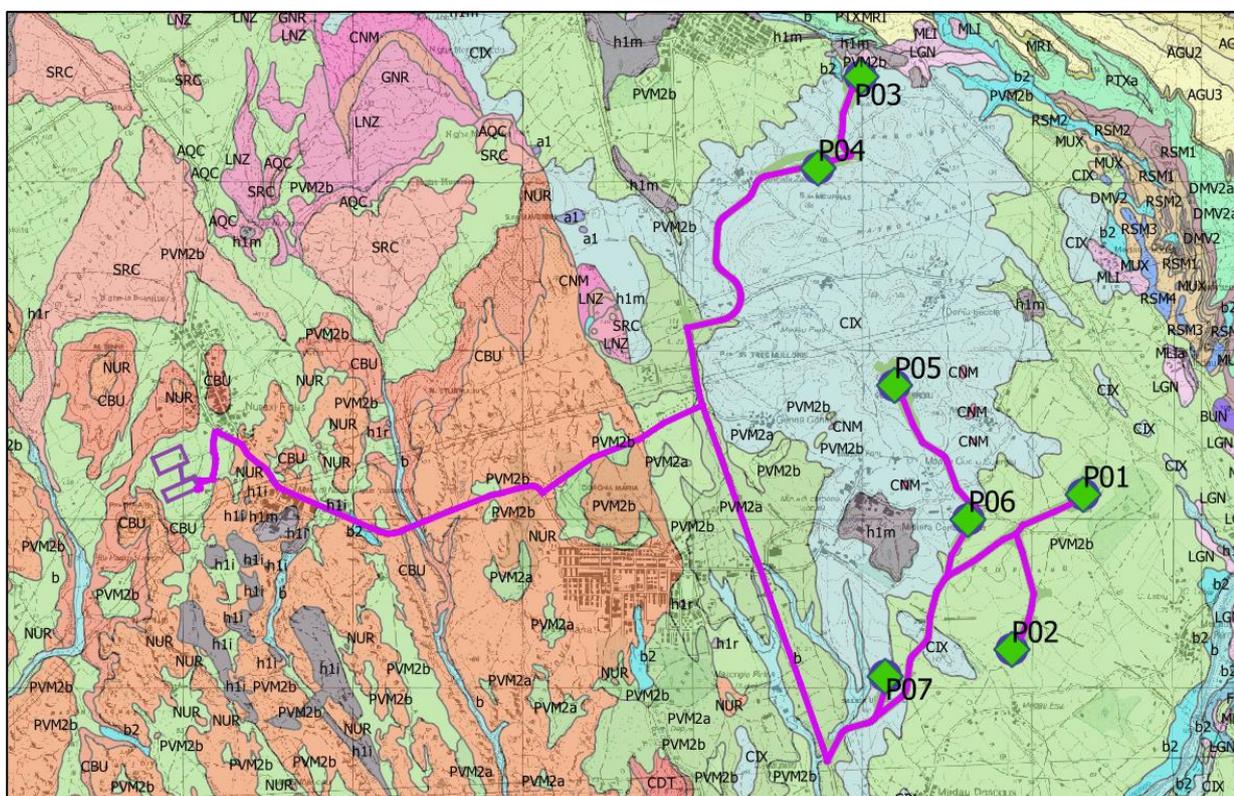


Figura 8: Carta Litologica: Fonte SITR Sardegna ed elaborazione in ambiente GIS. Le sigle indicano le formazioni geologiche, indicate nel corpo del paragrafo.

Alla scala di dettaglio le formazioni presenti nell'area e su cui saranno realizzate le WTG di progetto sono le seguenti:

- P01, P02: PVM2b – Sintema di Portovesme-subsintema di Carbonia – litofacies delle sabbie e arenarie eoliche.

Sabbie e arenarie medie e grossolane di origine eolica con subordinati detriti e depositi alluvionali, con spessori fino a circa 30 m. La stratificazione è incrociata concava e planare, con evidenti superfici di erosione e riattivazione; sono arrangiati in paleo-campi dunari indicanti direzione dei venti

dominanti da nord-ovest, talvolta addossate ai rilievi. Tali depositi sono spesso intercalati a sedimenti alluvionali o detritici di altre litofacies del subsistema di Carbonia.

Tale litotipo caratterizza, oltre che molti tratti di cavidotto, anche l'area di realizzazione della sottostazione utente.



Figura 9: Dintorni dell'area di realizzazione della sottostazione utente, con visibili prodotti prevalentemente sabbiosi rimaneggiati dalle lavorazioni agrarie, appartenenti al subsistema di Carbonia del Sintema di Portovesme, caratterizzato da sabbie e arenarie di origine eolica. Coordinate 450914.50 m E- 4341051.59 m N.



Figura 10: Area immediatamente a sud della WTG P01, con visibili prodotti prevalentemente sabbiosi rimaneggiati dalle lavorazioni agrarie, appartenenti al subsistema di Carbonia del Sintema di Portovesme, caratterizzato da sabbie e arenarie di origine eolica, e con frazioni eluvio-colluviali. Coordinate 456249.24 m E- 4340910.40 m N.

- P03, P04, P05, P06, P07: CIX – Formazione del Cixerri

Tale formazione poggia sia direttamente sul basamento metamorfico paleozoico, sia sulle formazioni del Miliolitico e del Lignitifero; essa risulta intrusa da filoni andesitici ipoabissali di età oligo-aquitana ed è ricoperta dalle vulcaniti o dai conglomerati età pleistocenica. Dal basso verso l'alto è stato riconosciuto un trend evolutivo che da depositi in genere medio-fini porta a sedimenti a grana più grossa. Le frazioni conglomeratiche caratterizzano prevalentemente gli orizzonti di tetto. Il contenuto fossilifero è in genere molto scarso e la datazione della formazione possiede un certo grado di incertezza, con parte delle faune di età oligocenica e filoni intrusivi di età prevalentemente aquitana. L'ambiente deposizionale delle porzioni basali è rappresentativo di una piana alluvionale ampia e a meandri, a bassa energia, che passa verso l'alto a un ambiente a canali intrecciati, con maggior energia dell'ambiente deposizionale.

Litologicamente la formazione è quindi caratterizzata da arenarie quarzoso-feldspatiche, marne, calcari, argille siltose e conglomerati poligenici poco evoluto nella parte alta, argille siltose, arenarie quarzose e marne nella parte medio-bassa, alla base conglomerati a clasti di quarzo e liditi, arenarie

quarzose e talvolta calcari di ambiente lacustre nella parte bassa. Spessore affiorante complessivo di circa 100 m.

Le WTG P06 e P07 ricadono nei pressi del contatto con il subsistema di Carbonia.



Figura 11: Formazione del Cixerri, affiorante a est della WTG P05 (coordinate 455424.16 m E- 4341877.70 m N). Litofacies delle arenarie, qui debolmente cementate.



Figura 12: Formazione del Cixerri, affiorante a est della WTG P05. Litofacies delle arenarie, qui ben cementate e in parte conglomeratiche, con buona resistenza meccanica. Coordinate 455422.64 m E- 4341867.38 m N.



Figura 13: Formazione del Cixerri nella litofacies arenacea tenera, affiorante sul terreno denudato a circa 150 m di distanza dalla WTG P06 alle coordinate 455390.54 m E- 4340869.75 m N. La freccia gialla indica la posizione della WTG P06.

Per quanto attiene il tracciato dei cavidotti esso ricade sostanzialmente nelle formazioni di origine vulcanica delle Rioliti di Nuraxi, subordinatamente Rioliti di Seruci e raramente nelle Rioliti di Monte Crobu, nonché, in larghi tratti nel già citato Sintema di Portovesme e ovviamente della Formazione del Cixerri.

Le Rioliti di Seruci affiorano diffusamente in tutto il settore compreso fra la strada statale 126 dell'Iglesiente e l'area costiera. Le Rioliti sono costituite da depositi di caduta nella parte basale e da depositi da flusso in facies ignimbratica spesso densamente saldati, appartenenti alle ignimbriti di alto grado, che si formano quando il flusso ignimbratico ha ancora temperatura sufficientemente alta da saldare fra loro buona parte degli ejecta. Si tratta di una formazione complessa, formata da più flussi ignimbratici impilati in tempi molto brevi. Le Rioliti di Seruci poggiano sulle Daciti di Acqua Sa Canna, sulla quale giace il corpo principale, litoide e di aspetto massivo, posto al di sopra del livello vitrofirico basale, di spessore molto contenuto (1 m circa). La struttura è eutassitica, in particolare a causa di frammenti pomicei "a fimma" grigi e nerastrischiacciati e diasproidi, più evidenti e abbondanti nella porzione superiore. In generale il colore è bruno rossiccio. Verso l'alto aumentano anche i fenocristalli liberi, in particolare di plagioclasio e sanidino. Lo spesso varia da un



minimo di circa 9-10 m a un massimo di circa 40 m, sia in affioramento, sia sulla base di dati di perforazione. L'età di tali depositi piroclastici è compresa fra il Burdigaliano superiore e il Langhiano.

Le Rioliti di Monte Crobu affiorano diffusamente in larghi settori del Sulcis-Iglesiente, ma hanno importanza in affioramento contenuta nei riguardi del tracciato dei cavidotti, che la intercettano solo per brevi tratti; essa poggia sulle Rioliti di Seruci e presentano solitamente colorazione da bruno giallastra a grigio bruna. In letteratura è ormai riconosciuta come appartenere sostanzialmente a un unico evento piroclastico, con caratteristiche di Ignimbrite di Bassa Temperatura e di Ignimbrite di Alta Temperatura, che da quindi luogo a depositi sia poco saldati sia densamente saldati. La parte basale presenta una matrice non saldata, nerastra e bruna, con cristalli feldspatici liberi numerosi, frammenti litici e pomicei, nonché tipici "spatter" nerastri vetrosi, anche di dimensione metrica, spesso porfirici e vescicolati. Al di sopra del livello a "spatter" è presente una breccia a clasti vulcanici di 2-3 m di spessore; nella parte superiore la matrice vulcanica appare nuovamente non-saldata, con frammenti litici e pomicei e litofisi tondeggianti giallastre. Il livello sommitale (circa 2 m) è marcato da un forte aumento del grado di saldatura, dalla struttura eutassitica con abbondante vetro e dalle "fiamme" ossidiane grigie e beige piuttosto appiattite. Lo spessore delle Rioliti di Monte Crobu varia da un minimo di circa 25 m fino a un massimo di circa 100 m e si ritiene che si siano formata a distanza relativamente modesta dai centri eruttivi.

4. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI

4.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA

Come ampiamente noto la Sardegna è priva di sorgenti sismogenetiche note e caratterizzata da una sismicità storica pressoché assente, legata esclusivamente al risentimento locale di sismi a grande distanza.

4.1.1. LE SORGENTI SISMOGENETICHE

Il primo passo per la definizione dell'azione sismica è quella di individuare le "sorgenti sismiche capaci" caratterizzanti l'area di studio. Per il presente studio si è fatto riferimento al DISS 3.2.1 (Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy) che individua per l'area oggetto del presente studio le sorgenti sismogenetiche.

Dall'osservazione della cartografia su WebGis è possibile osservare che l'area sarda non è caratterizzata dalla presenza di sorgenti sismogenetiche; le sorgenti all'intorno sono posizionate a centinaia di chilometri e le più prossime sono **Northern Africa offshore East** (magnitudo massima 7,0), **Imperia Promontory** (magnitudo massima 6,6) e la **Southern Tyrrhenian** (magnitudo massima 6,5), seguono quindi tutte le sorgenti sismogenetiche appenniniche. a causa della grande distanza nessuna di queste sorgenti è in grado di indurre deformazioni nel territorio o danni nel patrimonio antropico di rilievo.

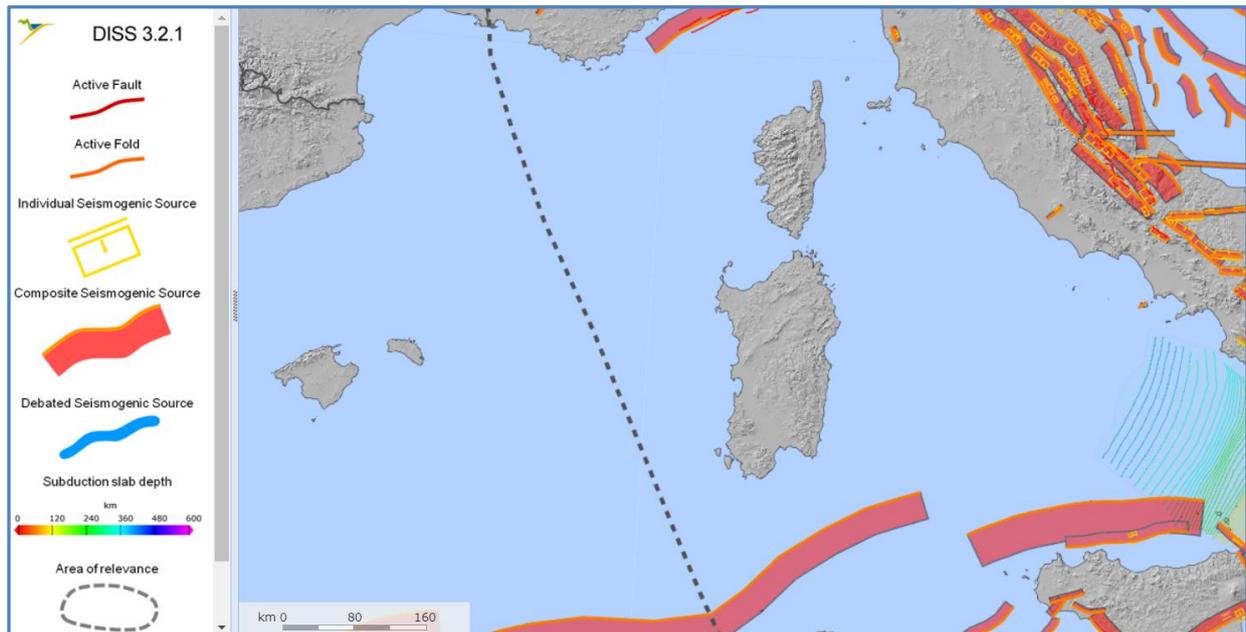


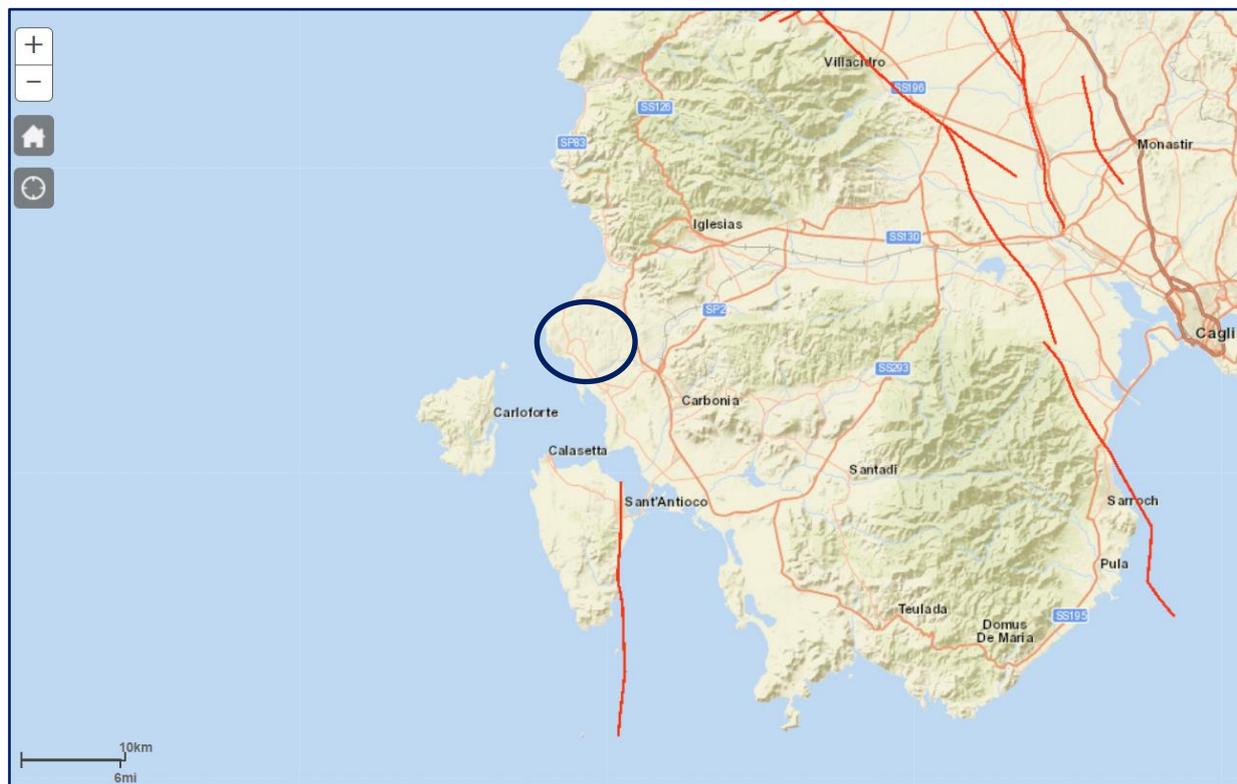
Figura 14 - Le Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno della Sardegna contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy"; per l'ubicazione dell'area in esame (progetto DISS - <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

4.1.2. ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI

Il catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) colleziona le informazioni disponibili sulle faglie capaci, cioè le faglie con attività almeno pleistocenica che potenzialmente possono creare deformazione tettonica permanente in superficie, che interessano il territorio italiano. ITHACA è uno strumento fondamentale per l'analisi di pericolosità ambientale e sismica, per la comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, per la pianificazione territoriale e per la gestione delle emergenze di Protezione Civile.

L'area di diretto interesse non è interessata da faglie capaci, che vengono riportate nell'area più a sud-ovest, presso Oristano, in cui viene riportata la faglia Maladroxia, una faglia sepolta di attività medio-pleistocenica a cinematiso normale ad alto angolo, con 25,5 km di sviluppo, che interessa l'isola di Sant'Antioco e di cui non si hanno informazioni sui tassi di deformazione, sulla superficie di rottura e sulla massima magnitudo attesa. Molto più lontani sono i segmenti di faglia che definiscono il sistema del Graben del Campidano.

Nessuno dei segmenti di faglia appena citati è collegato ad attività sismica in epoca storica.



Kinematics

- Unknown
- Normal Fault
- ... Oblique Fault
- - Reverse Fault
- - Strike Slip

Figura 15 - Le faglie capaci presenti in prossimità dell'area di studio, contenute nel database ITHACA (GeoMapView, ISPRA - <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

4.2. SISMICITÀ STORICA

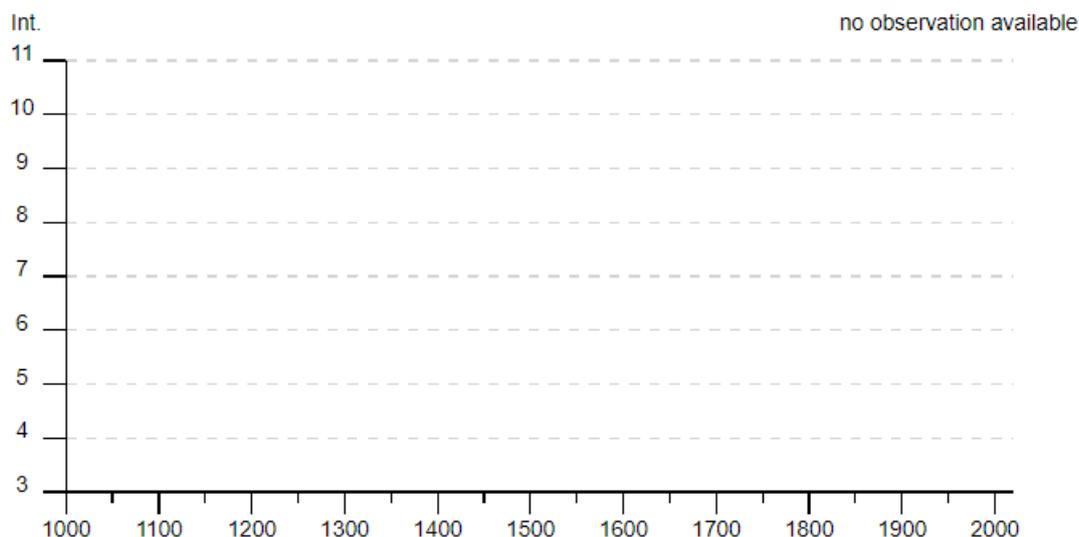
Per l'esame della sismicità storica sono disponibili le informazioni reperibili nel database INGV del progetto Emidius (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/), nel quale vengono riportati i terremoti per ciascuna località italiana.

Sono state verificate le località dell'area di impianto e per tutta l'area l'unico evento segnalato nel database è un sisma nell'area tirrenica; si riporta il tabulato per il comune di Carbonia; il risentimento macrosismico locale non è definito a causa dell'intensità troppo bassa risentita in situ.

Carbonia



PlaceID IT_68667
 Coordinate (lat, lon) 39.166, 8.526
 Comune (ISTAT 2015) Carbonia
 Provincia Carbonia-Iglesias
 Regione Sardegna
 Numero di eventi riportati 1



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

Figura 16 – Storia sismica di Carbonia (SU); in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni; in basso in formato tabellare; non sono presenti sismi e l'unico riportato ha intensità locale non definita. Fonte [CPTI15-DBM15 v3.0 \(ingv.it\)](https://cpti15-dbm15.v3.0.ingv.it).

4.3. MACROZONAZIONE SISMICA - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni". La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro a_g , che rappresenta l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. Successivamente la suddivisione è stata emendata e aggiornata, ma la classificazione della Regione Sardegna non ha subito modifiche e pertanto l'area di impianto, che ricade nel comune di Carbonia, rientra tuttora in zona sismica 4, a rischio sismico molto basso; in maniera analoga rientra in zona 4 anche il territorio di Gonnese, all'interno del quale rientrano parte delle opere di connessione.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Figura 17 - Livello di pericolosità delle zone sismiche suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06 e ss.mm.ii.; NTC 2018).

Le accelerazioni a_g attese su suolo di categoria A, in tutta l'area di impianto (e in generale in tutta la Sardegna), rientrano nel range 0,025-0,050 g.

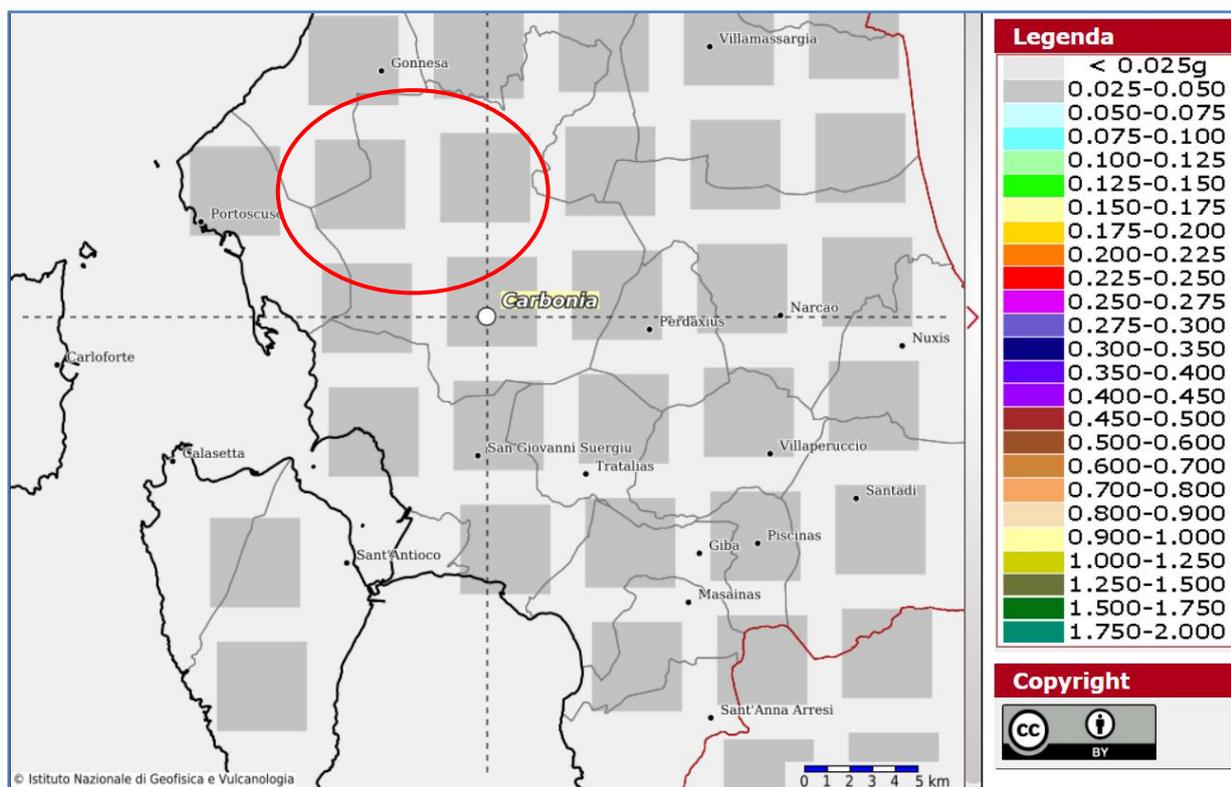


Figura 18 – accelerazioni al suolo attese per suolo di categoria A nel Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 dell'Istituto Nazionale Italiano di Geofisica e Vulcanologia (fonte [Modello di pericolosità sismica MPS04 \(ingv.it\)](#)).

5. LIQUEFAZIONE

Valutazioni circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche vanno svolte in presenza di terreni granulari saturi, con fuso granulometrico a dominanza

sabbiosa. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

L'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018), così come già indicato nelle NTC 2008, indica che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a $0.1g$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 23(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 23(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

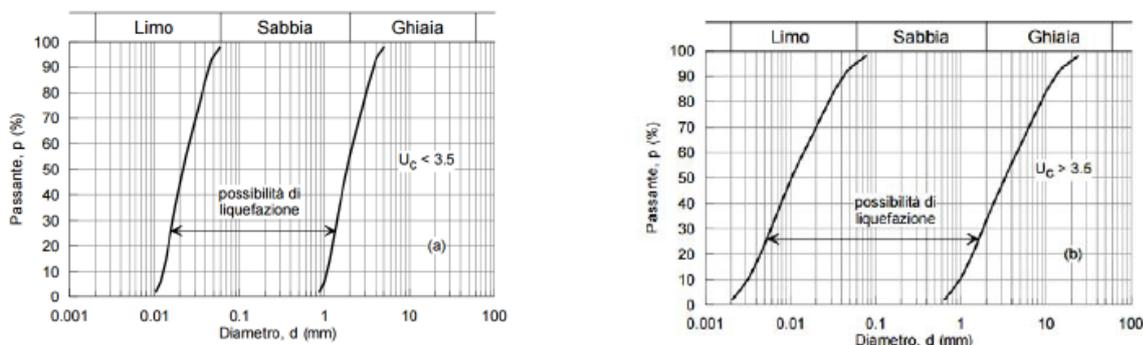


Figura 19 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC

Alla luce delle caratteristiche sismiche dell'area, caratterizzata da sismicità molto bassa (e anche delle caratteristiche litologiche dei terreni) si esclude che vi possano essere fenomeni di liquefazione dei sottofondi e si omettono quindi verifiche di tipo analitico.

6. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio "Vs". I valori di Vs sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

Categoria	Descrizione
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

Categoria	Descrizione
	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.

Tabella 1 - Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC vigenti

La caratterizzazione di tale importante parametro di progetto è demandata alla successiva fase progettuale. Situazioni geologiche simili conducono solitamente a categoria di tipo B per l'area di impianto, ma non è da escludere che possano verificarsi condizioni con categoria C (in particolare per le WTG P01 e P02), per cui in prima approssimazione si consiglia di adottare tale categoria per le valutazioni preliminari. Larghi tratti dei percorsi dei cavidotti sono invece caratterizzati probabilmente da categoria A, poiché in tali zone sono presenti spesso orizzonti litoidi del complesso ignimbrico.

Tali asserzioni saranno verificate mediante opportune tecniche geofisiche nelle successive fasi progettuali.

6.1. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto attiene la categoria topografica, l'area ricade in un contesto collinare a bassa-moderata pendenza; tutte le WTG sono ubicate in contesto di versante a pendenza bassa o moderata, inferiore a 15° e quindi a categoria T1, eccettuata la P05, collocata sulla sommità di un rilievo e quindi a categoria T3.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 20 – Categorie topografiche ai sensi delle NTC 2018

7. LITOSTRATIGRAFIA LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Non essendo disponibili in tale fase progettuale indagini geognostiche, è possibile fornire per i terreni in oggetto solamente delle valutazioni di larga massima delle caratteristiche geotecniche. In linea generale, per quanto riguarda l'area di impianto, sono presenti due grandi categorie di terreno

differenti, corrispondenti alla Formazione del Cixerri e al subsistema di Carbonia.

Talora si possono avere accumuli localizzati anche significativi di coltrei eluvio-colluviali, in particolare nelle aree depresse o a bassa pendenza.

FORMAZIONE DEL CIXERRI (WTG P03-P04-P05-P06-P07). Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati.

Fondazioni superficiali altamente probabili; in netto subordine fondazioni profonde.

Da valutare le condizioni di pendenza per l'effettiva fattibilità di fondazioni superficiali in particolare per la P03, P04 e P05.

Descrizione	ϕ (°)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Argille limose	24-26	35	100	1860	1900	1190	3000	0,26	60

Descrizione	ϕ (°)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Conglomerati-ghiaie	32-38	0	0	1960	2060	32000	20000	0,35	70

Litofacies nel Subsistema di Carbonia (WTG P01-P02). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali.

Fondazioni superficiali probabili; nettamente in subordine fondazioni profonde.

Descrizione	ϕ (°)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Arenarie-sabbie	30-36	0	0	1960	2060	6667	18000	0,35	70

Diversi tratti di cavidotto attraversano i complessi vulcanici di natura ignimbratica, che molto spesso si presentano ben cementati e molto duri; non è da escludere che in alcune aree siano da utilizzare attrezzature specifiche per la rottura di rocce dure. Tali litotipi hanno un comportamento geotecnico estremamente variabile, che è una funzione diretta del grado di saldatura delle vulcaniti; qualora dovessero essere realizzate opere di fondazioni su tali terreni sono molto probabili le fondazioni superficiali.

In linea generale, come mera indicazione di massima, si riportano le caratteristiche medie per litotipi vulcanoclastici ignimbratici saldati e non-saldati. Le morfologie riscontrate in fase di sopralluogo



lasciano intendere che l'alternanza fra litotipi saldati e litotipi non-saldati potrebbe essere irregolare e a breve raggio.

Descrizione	ϕ (°)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Igimbriti non saldate	32-34	0	0	1960	2500	7500	20000	0,35	80

Descrizione	ϕ (°)	C (kPa)	c_u (kPa)	γ (daN/cm ³)	γ_{sat} (daN/cm ³)	E_{edo} (daN/cm ²)	E_{EL} (daN/cm ²)	ν	Dr %
Igimbriti saldate	40-48	200	400	2700	2800	35000	100000	0,30	-



Figura 21: Rioliti di Monte Crobu affioranti in destra idrografica del Riu di Ghilotta alle coordinate 450112.58 m E-4340929.82 m N. La facies è saldata, ma con un certo grado di alterazione superficiale.

Le Rioliti di Nuraxi rappresentano un'unità molto estesa arealmente e quindi di notevole importanza e proprio nelle aree interessate dal tracciato dei cavidotti ha una delle sue massime espressioni; si tratta inoltre di litotipi molto ben studiati nella letteratura scientifica.

Si tratta di un'unità caratterizzata da plateaux ignimbrici con giacitura sub-orizzontale e lieve inclinazione a meridione, indicativi di un'eruzione di tipo esplosivo di notevoli dimensioni. Geometricamente poggiano sulle Rioliti di Monte Crobu e su di essa poggiano le "Comenditi" (rioliti peralcaline). L'unità è costituita alla base da depositi di caduta (cristalli feldspatici liberi, lapilli litici e pomicei) di spessore molto contenuto (10-40 cm) e discontinuo, cui segue un livello vitrofirico di colore scuro (Unità Ignimbrica Inferiore), molto sottile, mediamente di circa 1 m di spessore, con accenno di fessurazione colonnare e cavità da cattura di gas. L'Unità Ignimbrica Superiore è caratterizzata nella parte basale da vescicolature, "fiamme" e impronte da flusso che indicano un centro eruttivo a nord-ovest dell'area; l'aspetto generale è massiccio, ma con frequente foliazione

magmatica data da strutture reomorfiche sin- e post-deposizionali, che simulano morfologie di flusso lavico. La vescicolazione è spesso molto marcata, mentre la struttura è sostanzialmente equigranulare, eutassitica, fra frammenti pomicei “a fiamme” grigi, con cristalli liberi di plagioclasio e feldsoati alcalini (sanidino soprattutto). Il centro eruttivo aveva caratteri prevalentemente fissurali, con forte componente gassosa ed è stato ipotizzato circa 20-30 km a nord dell’Isola di San Pietro. Nella zone a morfologia piana lo spessore delle Rioliti di Nuraxi è costantemente intorno a circa 20 m di spessore, ma l’effetto di “tappezzamento” della topografia ha causato ispessimento anomali molto cospicui, anche fino a 160 m in una perforazione effettuata per ragioni minerarie (foro 19/82 Carbosulcis, in Agus et al., 1994).

L’età dei depositi piroclastici è langhiana, e le determinazioni radiometriche risultano comprese nell’intervallo 15-16 MA. Tale unità è presente in tutto il settore più occidentale.



Figura 22: Rioliti di Nuraxi, facies non saldata (Ignimbriti di bassa temperatura). Coordinate 449343.10 m E-4342436.11 m N lungo la strada provinciale.



Figura 23: Rioliti di Nuraxi nei pressi di Nuraxi Figus (coordinate 451333.29 m E- 4341175.83 m N), in cui si apprezza fessurazione verticale con alterazione per devetrificazione.

In qualche raro caso le strade di accesso e le opere di connessione sono poste in vicinanza di terreni di riporto costituiti dai prodotti delle discariche minerarie, ma in ogni caso non saranno interessati dalle lavorazioni di progetto.



Figura 24: Zona basale delle Rioliti di Nuraxi affiorante di fianco la strada (tracciato di cavidotto) che da Cortoghiana conduce a Nuraxi Figus, alle coordinate 452226.27 m E- 4340751.92 m N, in prossimità del ponte che supera il Riu Sturruliu. L'immagine mostra in maniera estremamente chiara il livello vitrofirico basale di colore scuro e in parte, soprattutto sulla destra, i livelli da caduta decimetrici che appoggiano sulle sottostanti Rioliti di Monte Crobu.



Figura 25: Piroclastiti ignimbriche delle Rioliti di Nuraxi, facies densamente saldata (Ignimbriti di alta temperatura) con strutture reomorfiche evidenti. Immagine scattata a ovest dell'area di sottostazione alle coordinate 449731.15 m E- 4341022.37 m N.



Figura 26: Rioliti di Nuraxi con il tipico aspetto derivante dall'azione erosiva differenziale dovuta alla saldatura molto variabile all'interno dell'unità, con i termini non saldati che vengono facilmente erosi e dilavati, lasciando degli importanti vuoti fra le zone densamente saldate. Coordinate 449956.65 m E- 4340711.62 m N.

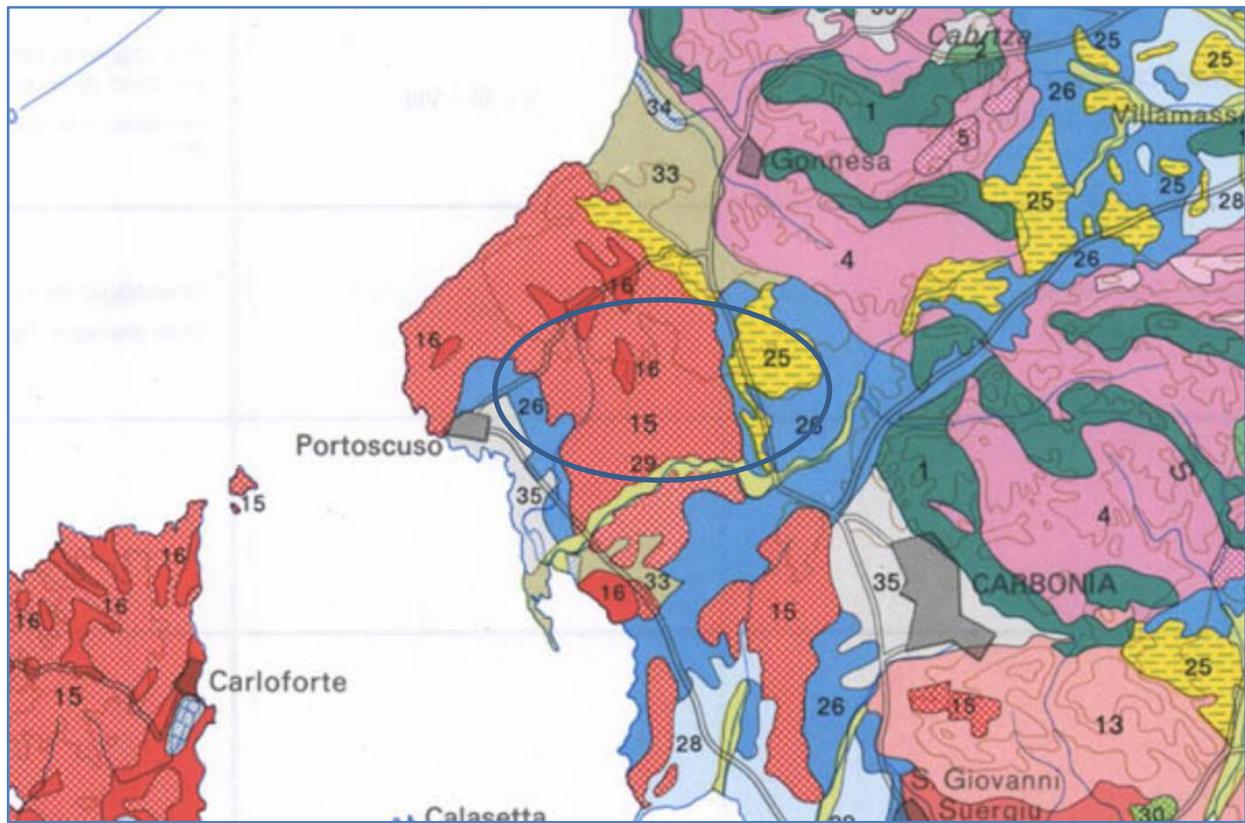


Figura 27: Dettaglio sulla struttura delle Rioliti di Nuraxi densamente saldate con ben visibili i cristalli bianchi di plagioclasio e le strutture "a fiamma" molto schiacciate, nel tipico aspetto macroscopico della parte alta dell'Unità.



Figura 28: materiale della discarica mineraria di lignite di Cortoghiana, circa 600 m a sud-ovest di P06, alle coordinate 454999.77 m E- 4340548.48 m N.

La Sardegna è dotata di una cartografia pedologica ad ampia scala, che di seguito si riporta, nella quale si può osservare che la zona di impianto è caratterizzata sostanzialmente da due classi di suolo, riportati con la numerazione 25 e 26, suoli evolventisi su argille arenarie e conglomerati (25-Formazione del Cixerri) e suoli che si evolvono su alluvioni e su arenarie eoliche centate del Pleistocene. In termini tassonomici rientrano (F.A.O., 2008) rispettivamente nei Leptosols (Eutric e Lithic), nei Regosols (Eutric) nei Cambisols (Eutric), negli Haplic calcisols la Formazione del Cixerri e Haplic Nitosols i terreni alluvionali e eolici. Largh tratti delle opere di connessione ricadono invece in famiglie evolventesi su sottofondi vulcanici, che rientrano nella classe 15-Rock outcrop (lithic xerorthens e eutric e lithic leptosols) e nella classe 16-Typic, vertic e lithic xerochrepts e Eutric e vertic cambisols. Di seguito si riporta stralcio della carta pedologica citata.



UNITÀ CARTOGRAFICHE CARTOGRAPHIC UNITS	U.S.D.A. SOIL TAXONOMY - 1988	F.A.O. - 1988
--	-------------------------------	---------------

A Paesaggi su calcari, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico e relativi depositi di versante Landscapes on limestones, dolomites and dolomitic limestones of the Paleozoic and Mesozoic and their slope deposits		
1	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric e Lithic Leptosols
2	Lithic e Typic Xerorthents Lithic e Typic Rhodoxerafals Lithic e Typic Xerochrepts Rock outcrop	Eutric e Lithic Leptosols Chromic Luvisols Eutric e Chromic Cambisols Rock outcrop
B Paesaggi su metamorfiti (scisti, scisti arenacei, argilloscisti, ecc.) del Paleozoico e relativi depositi di versante Landscapes on metamorphic rocks (schists, arenaceous schists, shales, etc.) of the Paleozoic and their slope deposits		
3	Rock outcrop Lithic, Dystric e Typic Xerorthents	Rock outcrop Lithic, Dystric ed Eutric Leptosols
4	Typic, Dystric e Lithic Xerorthents Typic, Dystric e Lithic Xerochrepts	Eutric, Dystric e Lithic Leptosols Eutric e Dystric Cambisols
5	Typic, Dystric e Lithic Xerochrepts Typic Palexerafals Typic, Dystric e Lithic Xerorthents	Eutric e Dystric Cambisols Haplic Nitosols Haplic Luvisols Eutric, Dystric e Lithic Leptosols

D Paesaggi su rocce effusive acide (andesiti, rioliti, riolaciti, ecc.) e intermedie (fonoliti) del Cenozoico e loro depositi di versante, colluvi Landscapes on acid effusive rocks (andesites, rhyolites) and intermediate (phonolites) of Cenozoic and their slope and colluvial deposits		
13	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric e Lithic Leptosols
14	Vertic e Typic Xerochrepts Typic Xerorthents Calcixerollic Xerochrepts	Vertic ed Eutric Cambisols Haplic Calcisols
15	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric e Lithic Leptosols
16	Typic, Vertic e Lithic Xerochrepts Typic e Lithic Xerorthents	Eutric e Vertic Cambisols Eutric e Lithic Leptosols
17	Andic e Typic Xerochrepts	Eutric Cambisols
H Paesaggi su argille, arenarie e conglomerati (formazioni del Cixerri e di Ussana) dell'Eocene, Oligocene e Miocene Landscapes on claystones, sandstones and conglomerates (Cixerri and Ussana formations) of the Eocene, Oligocene and Miocene		
25	Typic e Lithic Xerorthents Typic e Lithic Xerochrepts Calcixerollic Xerochrepts	Eutric e Lithic Leptosols Eutric Regosols Eutric Cambisols Haplic Calcisols
I Paesaggi su alluvioni (a), (b), (c) e su arenarie eoliche cementate (d) del Pleistocene Landscapes on alluvial deposits (a), (b), (c) and eolian sandstones (d) of the Pleistocene		
26	Typic, Aquic ed Ultic Palexeralfs	Haplic Nitisols
27	Calcic e Petrocalcic Palexeralfs	Petric Calcisols Haplic Nitisols Calcic Luvisols
28	Typic e Calcic Haploxeralfs Petrocalcic Palexeralfs	Haplic e Calcic Luvisols Petric Calcisols
M Paesaggi su sabbie eoliche dell'Olocene Landscapes on eolian sand of the Holocene		
33	Typic Xeropsamments Aquic Xeropsamments	Haplic, Calcaric e Gleyic Arenosols

Figura 29: Stralcio carta dei suoli della Sardegna e relativa legenda (A. Aru et alii, 1989).

8. DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA VERTICALE DI FONDAZIONI PROFONDE

La verifica della capacità portante è stata effettuata con l'ausilio di un software di calcolo alla base del modello geotecnico descritto nel capitolo 7 della presente Relazione.

Per la determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde si fa riferimento a due contributi: la "portanza di punta" e la "portanza per attrito laterale". Queste due componenti in genere sono calcolate in maniera autonoma dato che risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico è assorbita dall'attrito laterale e quanta dalla resistenza alla punta. Nel seguito, ai fini del calcolo della portanza verticale, si assumeranno le seguenti espressioni generali valide per il caso di palo soggetto a compressione e per il caso di palo soggetto a trazione (nel calcolo della portanza verticale è possibile tenere in conto tutti o solo uno dei contributi su definiti):

$$Q_C = \frac{Q_P}{\eta_P} + \frac{Q_L}{\eta_L} - W_{ATT.NEG.} - W_P \quad (\text{caso di palo in compressione}) \quad Q_T$$

$$= \frac{Q_L}{\eta_L} + W_P \quad (\text{caso di palo in trazione})$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- Q_C resistenza a compressione del palo
- Q_T resistenza a trazione del palo
- Q_P carico limite verticale alla punta del palo
- Q_L carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo
- $W_{ATT.NEG.}$ attrito negativo agente sul palo
- W_P peso totale del palo
- η_{II} coefficiente di sicurezza per carico limite verticale alla punta del palo
- η_{IA} coefficiente di sicurezza per carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo

I valori del carico limite verticale alla punta del palo "QP" e del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo "QL" sono determinati con le note "formule statiche". Queste esprimono i valori di cui sopra in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche geotecniche del terreno in cui è immerso, della modalità esecutiva e dell'interfaccia palo-terreno.

Di seguito si illustrano le metodologie con le quali saranno determinati i valori prima citati; è necessario tenere presente che tali metodi sono riferiti al calcolo del "singolo palo" e per estendere tale modalità computazione al caso di "pali in gruppo" si farà ricorso ai "coefficienti d'efficienza", in questo modo si potrà tenere in debito conto l'interferenza reciproca che i pali esercitano.

8.1. CARICO LIMITE VERTICALE ALLA PUNTA DEL PALO

Il valore del carico limite verticale alla punta del palo, indipendentemente dal metodo utilizzato per la sua determinazione, è condizionato dalla modalità esecutiva. Esso varia notevolmente a seconda che il palo sia del tipo "infisso" o "trivellato" poiché le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno circostante il palo variano in seguito alle operazioni d'installazione. Di conseguenza, per tenere conto della modalità esecutiva nel calcolo dei coefficienti di portanza, si propone di modificare il valore dell'angolo di resistenza a taglio secondo quanto suggerito da Kishida (1967):

$$\phi_{cor} = \frac{\phi + 40}{2} \quad (\text{per pali infissi}) \quad \phi_{cor} = \phi - 3^\circ \quad (\text{per pali trivellati})$$

Con la correzione di cui sopra si determineranno i fattori adimensionali di portanza che sono presenti nella relazione per la determinazione del carico limite verticale alla punta che assume la seguente espressione:

$$Q_P = A_P \cdot (q_P \cdot N_q^* + c \cdot N_c^*)$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- A_P superficie portante efficace della punta del palo
- q_P pressione del terreno presente alla punta del palo
- c coesione del terreno alla punta del palo (nel caso di condizione non drenata $c = c_u$)
- N_q^*, N_c^* fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno $\phi_{\gamma op}$ del terreno già corretti

In letteratura esistono diverse formulazioni per il calcolo dei fattori adimensionali di portanza, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Meyerhof per base poggiate su terreni sciolti (1951)

- se $\phi \neq 0$ (condizione drenata) si ha:

$$N_q = \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \quad (\text{fattori di forma})$$

$$d_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \quad d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (\text{fattori d'approfondimento})$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

- se $\phi = 0$ (condizione non drenata) si ha:

$$N_q = 1.00 \quad N_c = \pi + 2$$

$$s_q = 1.00 \quad s_c = 1.20 \quad (\text{fattori di forma})$$

$$d_q = 1.00 \quad d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \quad (\text{fattori d'approfondimento})$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

Formulazione di Hansen per base poggiate su terreni sciolti (1970)

- se $\phi \neq 0$ (condizione drenata) si ha:

$$N_q = \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$s_q = 1 + \operatorname{tg}(\phi) \qquad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \qquad \text{(fattori di forma)}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\phi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\phi))^2 \cdot \theta \qquad d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \qquad \text{(fattori d'approfondimento)}$$

$$\text{dove: se } \frac{L}{D} \leq 1 \Rightarrow \theta = \frac{L}{D}, \text{ se } \frac{L}{D} > 1 \Rightarrow \theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{L}{D}\right)$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \qquad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

se $\phi = 0$ (condizione non drenata) si ha:

$$N_q = 1.00 \qquad N_c = \pi + 2$$

$$s_q = 1.00 \qquad s_c = 1.20 \qquad \text{(fattori di forma)}$$

$$d_q = 1.00 \qquad d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \qquad \text{(fattori d'approfondimento)}$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \qquad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

Formulazione di Zeevaert per base poggiate su terreni sciolti (1972)

se $\phi \neq 0$ (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = \frac{\cos^2(\phi)}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi + \phi}{4}\right)} \cdot e^{\left(\frac{3 \cdot \pi}{2} + \phi\right) \cdot \operatorname{tg}(\phi)} \qquad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\phi)$$

se $\phi = 0$ (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = 9.00$$

Formulazione di Berezantzev per base poggiate su terreni sciolti (1970)

Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano della punta del palo. Inoltre considera il cilindro di terreno coassiale al palo (avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento) in parte sostenuto da tensioni tangenziali dal rimanente terreno presente lungo la superficie laterale del cilindro. Conseguentemente il valore della pressione presente alla punta del palo è inferiore alla corrispondente pressione litostatica ed è influenzata dal rapporto tra la profondità alla quale è posta la punta "L" del palo e il diametro "D" dello stesso. Quindi il valore di N_q^* è influenzato da questo effetto "Silo". I valori che l'autore propone sono:

se $\phi \neq 0$ (condizione drenata) si ha:



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

42 di/of 58

Valori di N_q^* per pali di diametro fino a 80.0 cm.

L/Δ	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.07	2.18	3.15	4.72	7.15	10.73	15.85	22.95	32.62	45.56	62.69	85.18	114.53	152.71	202.32	266.82	350.86	460.79	605.36
12	1.04	1.77	2.46	3.64	5.52	8.42	12.71	18.85	27.44	39.21	55.07	76.20	104.13	140.81	188.86	251.72	334.05	442.17	584.82
20	1.03	1.63	2.20	3.20	4.82	7.38	11.22	16.82	24.76	35.79	50.83	71.06	98.01	133.65	180.59	242.29	323.39	430.21	571.48
28	1.03	1.54	2.05	2.93	4.40	6.72	10.26	15.48	22.96	33.43	47.84	67.37	93.54	128.35	174.39	235.13	315.21	420.95	561.08
36	1.02	1.49	1.94	2.75	4.10	6.26	9.57	14.49	21.60	31.64	45.53	64.48	90.00	124.10	169.36	229.27	308.46	413.26	552.38
50	1.02	1.42	1.82	2.53	3.74	5.68	8.70	13.23	19.84	29.27	42.45	60.56	85.14	118.18	162.30	220.95	298.80	402.16	539.74
75	1.02	1.35	1.69	2.30	3.33	5.02	7.69	11.74	17.73	26.37	38.58	55.55	78.82	110.38	152.84	209.67	285.53	386.74	522.01
100	1.01	1.31	1.61	2.14	3.07	4.60	7.02	10.74	16.28	24.34	35.84	51.95	74.19	104.56	145.68	201.02	275.23	374.64	507.95
200	1.01	1.22	1.44	1.84	2.54	3.71	5.60	8.56	13.05	19.73	29.43	43.30	62.82	89.95	127.29	178.30	247.63	341.59	468.90
500	1.01	1.14	1.29	1.55	2.02	2.82	4.14	6.24	9.50	14.45	21.83	32.64	48.25	70.49	101.85	145.69	206.57	290.75	406.87

Valori di N_q^* per pali di diametro maggiore a 80.0 cm.

L/Δ	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.16	3.09	3.95	5.04	6.44	8.22	10.50	13.41	17.12	21.87	27.92	35.65	45.53	58.14	74.24	94.80	121.05	154.57	197.38
12	1.21	3.14	3.98	5.05	6.42	8.14	10.34	13.13	16.68	21.18	26.90	34.17	43.41	55.15	70.07	89.03	113.13	143.77	182.72
20	1.26	3.18	4.01	5.06	6.39	8.06	10.18	12.85	16.23	20.49	25.88	32.69	41.29	52.16	65.89	83.26	105.21	132.97	168.06
28	1.30	3.22	4.04	5.07	6.36	7.99	10.02	12.57	15.78	19.81	24.86	31.20	39.17	49.16	61.72	77.49	97.29	122.16	153.40
36	1.35	3.27	4.07	5.08	6.34	7.91	9.86	12.30	15.33	19.12	23.84	29.72	37.04	46.17	57.55	71.72	89.38	111.36	138.75
44	1.39	3.31	4.10	5.09	6.31	7.83	9.70	12.02	14.88	18.43	22.81	28.23	34.92	43.18	53.38	65.95	81.46	100.56	124.09
52	1.44	3.35	4.14	5.10	6.29	7.75	9.54	11.74	14.44	17.74	21.79	26.75	32.80	40.19	49.21	60.18	73.54	89.76	109.43
56	1.46	3.37	4.15	5.10	6.27	7.71	9.46	11.60	14.21	17.40	21.28	26.00	31.74	38.70	47.12	57.30	69.58	84.36	102.10
60	1.49	3.39	4.17	5.11	6.26	7.67	9.38	11.46	13.99	17.06	20.77	25.26	30.68	37.20	45.03	54.42	65.62	78.96	94.77
65	1.51	3.42	4.19	5.12	6.25	7.62	9.28	11.29	13.71	16.63	20.13	24.33	29.35	35.33	42.43	50.81	60.67	72.21	85.61

$$N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

se $\phi = 0$ (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = 9.00$$

Formulazione di Vesic per base poggiate su terreni sciolti (1975)

se $\phi \neq 0$ (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = \frac{3}{3 - \text{sen}(\phi)} \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot I_{rr}^{\frac{4 \cdot \text{sen}(\phi)}{3 \cdot (1 + \text{sen}(\phi))}} \cdot e^{\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \cdot \text{tg}(\phi)} \qquad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + \varepsilon_v \cdot I_r} \qquad \varepsilon_v = \frac{q_p \cdot \alpha}{E_t} \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{(1 - \nu)} \qquad I_r = \frac{E_t}{2 \cdot (1 + \nu) \cdot (c + q_p \cdot \alpha \cdot \text{tg}(\phi))}$$

se $\phi = 0$ (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = \frac{4}{3} \cdot (\log_n(I_{rr}) + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- E_t modulo elastico del terreno alla profondità della punta del palo
- ν coefficiente di Poisson del terreno alla profondità della punta del palo
- α coefficiente di riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo



Nel caso in cui si scelga di effettuare la riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo (cioè $\alpha \neq 1$) il coefficiente di riduzione " α " assume la seguente espressione:

$$\alpha = \frac{1 + 2 \cdot K_0}{3} \quad \text{dove: se } \phi \neq 0 \Rightarrow K_0 = 1 - \text{sen}(\phi); \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

Formulazione di Janbu per base poggiate su terreni sciolti (1976)

se $\phi \neq 0$ (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = \left(\text{tg}(\phi) + \sqrt{1 + \text{tg}^2(\phi)} \right)^2 \cdot e^{2 \cdot \vartheta \cdot \text{tg}(\phi)} \quad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$\vartheta = 60 + 0.45 \cdot Dr \quad \text{dove "Dr" è la densità relativa del terreno.}$$

se $\phi = 0$ (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \quad N_c^* = 5.74$$

Formulazione di Terzaghi per base poggiate su roccia (1943)

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice *RQD* (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di *RQD* è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

$$N_q = \frac{e^{2 \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \text{tg}(\phi)}}{2 \cdot \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow N_c = \frac{3}{2} \cdot \pi + 1$$

$$s_q = 1.00 \quad s_c = 1.30 \quad (\text{fattori di forma})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q \quad N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz per base poggiate su roccia (1968)

$$N_q = \text{tg}^6 \left(\frac{90^\circ + \phi}{2} \right) \quad N_c = 5 \cdot \text{tg}^4 \left(\frac{90^\circ + \phi}{2} \right)$$

$$s_q = 1.00 \quad s_c = 1.30 \quad (\text{fattori di forma})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q \quad N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

8.2. CARICO LIMITE VERTICALE LUNGO LA SUPERFICIE LATERALE DEL PALO

Il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo è dato dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali che si sviluppano all'interfaccia palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int_{\Gamma} \tau_{\text{lim}} \cdot d\Gamma = \int_0^L (c_a + \sigma_h \cdot \text{tg}(\delta)) \cdot P_{\text{lat}} \cdot dz$$

dove i simboli sopra riportati hanno il seguente significato:

- χ_a adesione all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- σ_h tensione orizzontale alla generica profondità "z"
- δ angolo di resistenza a taglio all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- P_{lat} perimetro della sezione trasversale del palo alla generica profondità "z"
- L sviluppo longitudinale del palo

Analogamente al carico limite alla punta, anche il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo varia notevolmente a seconda che esso sia del tipo "infisso" o "trivellato" a causa del diverso comportamento del terreno circostante in palo. Conseguentemente i parametri sopra riportati possono essere correlati da leggi diverse in funzione delle modalità di esecuzione del palo. Di seguito si descrivono quelle che sono state implementate.

L'adesione " c_a " è correlata alla coesione " c " nel caso di condizioni drenate; oppure alla coesione non drenata " c_u " nel caso di condizioni non drenate, per mezzo del coefficiente d'adesione " ψ " secondo la seguente relazione:

$$c_a = c_* \cdot \psi \quad \text{dove : } c_* = c \text{ (in condizione drenata);}$$

$$c_* = c_u \text{ (in condizione non drenata).}$$

Esprimendo il valore di " c " in N/cm², il coefficiente d'adesione " ψ " può assumere i seguenti valori:

Caquot-Kerisel (consigliato per pali trivellati)

$$\psi = \frac{100 + c_*^2}{100 + 7 \cdot c_*^2}$$

Meyerhof-Murdock (consigliato per pali trivellati)

$$\text{se } c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 1.000 - 0.100 \cdot c_*$$

$$\text{se } c_* > 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.525 - 0.005 \cdot c_*$$

Whitaker-Cooke (consigliato per pali trivellati)

$$\text{se } c_* \leq 2.50 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.90$$

$$\text{se } 2.50 < c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.80$$

$$\text{se } 5.00 < c_* \leq 7.50 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.60$$

$$\text{se } c_* > 7.50 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.40$$

Woodward (consigliato per pali trivellati)

$$\text{se } c_* \leq 4.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.90$$

$$\text{se } 4.00 < c_* \leq 8.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.60$$

$$\text{se } 8.00 < c_* \leq 12.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.50$$

$$\text{se } 12.00 < c_* \leq 20.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.40$$

$$\text{se } c_* > 20.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.30$$

Viggiani e altri (consigliato per pali infissi)

se $c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 1.00$
se $5.00 < c_* \leq 10.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.70$
se $10.00 < c_* \leq 15.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.50$
se $15.00 < c_* \leq 20.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.40$
se $c_* > 20.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.30$

Il valore della tensione orizzontale " σ_h " è correlato al valore della pressione verticale " σ_v " per mezzo del coefficiente di spinta orizzontale " K_s " secondo la seguente relazione:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K_s$$

Il valore di " K_s " dipende essenzialmente dal tipo di terreno e dal suo stato d'addensamento nonché dalla tecnologia utilizzata per l'installazione.

Il programma permette di scegliere tra differenti teorie per il calcolo di K_s .

Opzione 1:

Metodo "Tomlinson (1971)"

K_s può variare da un limite inferiore pari al coefficiente di spinta a riposo " K_0 " fino a valori prossimi al coefficiente di spinta passiva " K_p "; i valori proposti sono:

pali trivellati: $K_s = K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$

pali infissi: $K_s =$ variabile da: $K_p = 1 + \text{tg}^2(\phi)$ in sommità fino a $K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$ alla punta

Opzione 2:

Metodo di "Kulhavy (1983)"

pali trivellati: $K_s = \alpha K_0$ con α variabile tra 2/3 e 1

pali infissi: $K_s = \alpha K_0$ con α variabile da 3/4, per compattazione del terreno trascurabile, fino a 2, nel caso di compattazione significativa.

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio all'interfaccia terreno-palo " δ " è funzione della scabrezza della superficie del palo e quindi della modalità esecutiva; i valori proposti sono:

$$\delta = \text{arctg}(\text{tg}(\phi)) \quad (\text{per pali trivellati}) \quad \delta = \text{arctg}\left(\frac{3}{4} \cdot \text{tg}(\phi)\right) \quad (\text{per pali infissi})$$

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

46 di/of 58

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni profonde

- X elem. ascissa nel riferimento globale dell'elemento
- Y elem. ordinata nel riferimento globale dell'elemento
- Profon. profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lungh. dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Altez. altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Rotaz. rotazione dell'elemento rispetto al suo baricentro
- Grup. ap. nel caso cui l'elemento faccia parte di una palificata, rappresenta il numero identificativo della stessa
- Ind. Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Tip. iniez. tipologia d'iniezione dei micropali ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (No iniez. = assenza d'iniezione, Iniez.uni. = iniezione unica, Iniez.rip. = iniezione ripetuta)
- Tip. ter. tipologia di terreno ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (Coes. = coesivo, Inc. = incoerente)
- Dia. P. diametro fusto del palo
- Lun. P. lunghezza totale del palo
- Lun. L. lunghezza tratto del palo senza contributo di terreno
- Dis. P. distanza del baricentro del palo dal bordo del plinto
- In. Px interasse principale del palo
- In. Py interasse secondario del palo
- Dia. B. diametro bulbo del palo
- Lun. B. lunghezza della sbulbatura del palo
- E.C.V. coefficiente d'efficienza per carico limite verticale del singolo palo
- E.C.C. coefficiente d'efficienza per carico critico verticale del singolo palo
- E.C.T. coefficiente d'efficienza per carico limite trasversale del singolo palo
- Svin. testa codice di svincolo alla rotazione in testa al palo (0 = non attivo, 1 = attivo)
- Vin. piede codici di vincolo rispettivamente alla rotazione orizzontale, traslazione orizzontale e traslazione verticale applicabili al piede del palo (0 = non attivo, 1 = attivo)
- Asc. X' ascissa del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Asc. Y' ordinata del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Peso spec. peso specifico del palo
- Mod. El. Pa. modulo elastico normale del palo

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni profonde



- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- S. Normale sollecitazione normale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante X' sollecitazione tagliante lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante Y' sollecitazione tagliante lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale X' sollecitazione flessionale lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale Y' sollecitazione flessionale lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Torsionale sollecitazione torsionale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)

Valori di calcolo per le fondazioni profonde

- Port. punta carico limite verticale alla punta del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. lat. carico limite verticale lungo la superficie laterale del fusto del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. bulbo carico limite verticale lungo la superficie laterale del bulbo del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- C. Critico carico critico per l'instabilità del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Attr. Neg. attrito negativo agente sul palo (valore su singolo palo)
- Peso Palo peso totale del singolo palo
- Cmb numero e tipologia della combinazione di carico
- S. Norm. sollecitazione normale agente alla testa del palo in esame
- V. V. Com. resistenza a compressione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- V. V. Tra. resistenza a trazione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- Ver. Com. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a compressione (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a trazione (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- S. Tagl. sollecitazione tagliante agente alla testa del palo
- S. Fles. sollecitazione flessionale agente alla testa del palo
- V. V. Trs. resistenza trasversale del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

48 di/of 58

sicurezza)

- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione tagliante agente alla testa del palo e la sua resistenza trasversale (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Ced. V. cedimento verticale in corrispondenza della testa del palo
- Ced. H. cedimento orizzontale in corrispondenza della testa del palo

PARAMETRI DI CALCOLO

Modalità di calcolo della portanza verticale per fondazioni profonde:

Per elementi con pali: Portanza di punta e laterale

Per elementi con micropali: Portanza di punta e laterale

Metodi di calcolo della portanza di punta per fondazioni profonde:

Per terreni sciolti: Vesic

Riduzione della tensione litostatica: No

Per terreni lapidei: Terzaghi

Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati: Si

Metodo di calcolo del coefficiente di spinta orizzontale K_s : Tomlinson

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per Tensioni Ammissibili e S.L.E. nel calcolo della portanza per fondazioni profonde:

Coeff. di sicurezza alla punta: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il fusto: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il bulbo: 2,50

Coeff. di sicurezza per palo in trazione: 2,50

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per S.L.U. nel calcolo della portanza per pali trivellati:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per $\tan \phi$ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per C_u (statico): 1
- Coeff. M1 per $\tan \phi$ (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

49 di/of 58

- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
 - Coeff. R3 base: 1,35
 - Coeff. R3 laterale in compressione: 1,15
 - Coeff. R3 laterale in trazione: 1,25
- Fattore di correlazione: 1,70

8.3. VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE

Elemento: 32 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$
 Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-32250.4	-19585840.0	0,002	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-32250.4852900.0	267800.0	160000000	-464700000	

Elemento: 62 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$
 Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	7495.8	526598.3	0,014	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	7495.8-120500.0	-426900.0	-257600000	114000000	

Elemento: 63 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$
 Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	2447.3	526598.3	0,005	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	2447.3-287000.0	-257700.0	-156600000	214100000	

Elemento: 64 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$
 Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
003	SLU STR	1	0.00	0.00	-5454.2	-19585840.0	0,000	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
003	SLU STR	No	-5454.2-182600.0	76887.0	42890000	127300000	

Elemento: 65 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$
 Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
------	------	------	---------	---------	---	-------	-------	-------



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

50 di/of 58

n.	n.	mm	mm	N	N				
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-8579.2	-19585840.0	0,000		Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-8579.2-353500.0	214400.0	125900000	255000000	

Elemento: 66 - Palo singoloNq = 375.740, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-14067.0	-19585840.0	0,001	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-14067.0-236400.0	435900.0	258600000	185400000	

Elemento: 67 - Palo singoloNq = 375.740, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-19211.0	-19585840.0	0,001	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-19211.0-36719.7	594300.0	353700000	663700000	

Elemento: 68 - Palo singoloNq = 375.740, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-23783.9	-19585840.0	0,001	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-23783.9213400.0	661100.0	394100000	-829000000	

Elemento: 69 - Palo singoloNq = 375.740, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-27584.8	-19585840.0	0,001	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-27584.8472800.0	623100.0	371700000	-237800000	

Elemento: 70 - Palo singoloNq = 375.740, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-30448.3	-19585840.0	0,002	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-30448.3698500.0	484800.0	289400000	-372600000	

Elemento: 71 - Palo singoloNq = 375.740, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
------	------	------	---------	---------	---	-------	-------	-------



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

51 di/of 58

n.	n.	mm	mm	N	N				
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-32914.7	-19585840.0	0,002	Ok	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-32914.7910200.0	6982.7	4487000	-498900000	

Elemento: 72 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-32413.9	-19585840.0	0,002	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-32413.9861100.0	-255300.0	-151900000	-469500000	

Elemento: 73 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-30771.6	-19585840.0	0,002	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-30771.6713700.0	-476600.0	-283800000	-381400000	

Elemento: 74 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-28061.4	-19585840.0	0,001	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-28061.4492800.0	-621300.0	-369800000	-249400000	

Elemento: 75 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-24402.7	-19585840.0	0,001	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-24402.7235200.0	-666800.0	-396700000	-956900000	

Elemento: 76 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-19956.1	-19585840.0	0,001	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-19956.1-16348.7	-607600.0	-361000000	54360000	

Elemento: 77 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
------	------	------	---------	---------	---	-------	-------	-------



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

52 di/of 58

n.	n.	mm	mm	N	N				
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-14916.4	-19585840.0	0,001	Ok	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-14916.4-220600.0	-455400.0	-269800000	176100000	

Elemento: 78 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	-9503.5	-19585840.0	0,000	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	-9503.5-345000.0	-237700.0	-139500000	249900000	

Elemento: 79 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
003	SLU STR	1	0.00	0.00	-5460.2	-19585840.0	0,000	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
003	SLU STR	No	-5460.2-182700.0	-77011.0	-429500000	127400000	

Elemento: 80 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	1492.5	526598.3	0,003	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	1492.5-295900.0	237300.0	144300000	219700000	

Elemento: 81 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	6597.5	526598.3	0,013	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	6597.5-136500.0	413200.0	249200000	124000000	

Elemento: 82 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	11140.6	526598.3	0,021	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	11140.677394.9	505900.0	304400000	-4255000	

Elemento: 83 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
------	------	------	---------	---------	---	-------	-------	-------



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

53 di/of 58

n. n. mm mm N N
001 SLU STR 1 0.00 0.00 14925.2 526598.3 0,028 Ok

Sollecitazioni:

Cmb Tipo Sism. N Tx Ty Mx My

n. n. mm mm N N N mm N mm
001 SLU STR No 14925.2306700.0 501100.0 301100000 -141600000

Elemento: 84 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb. Tipo Palo coord.X coord.Y N N lim Ver.N Stato

n. n. mm mm N N
001 SLU STR 1 0.00 0.00 17787.9 526598.3 0,034 Ok

Sollecitazioni:

Cmb Tipo Sism. N Tx Ty Mx My

n. n. mm mm N N N mm N mm
001 SLU STR No 17787.9509900.0 401800.0 241300000 -263400000

Elemento: 85 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb. Tipo Palo coord.X coord.Y N N lim Ver.N Stato

n. n. mm mm N N
001 SLU STR 1 0.00 0.00 19605.1 526598.3 0,037 Ok

Sollecitazioni:

Cmb Tipo Sism. N Tx Ty Mx My

n. n. mm mm N N N mm N mm
001 SLU STR No 19605.1650600.0 227500.0 136700000 -347700000

Elemento: 86 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb. Tipo Palo coord.X coord.Y N N lim Ver.N Stato

n. n. mm mm N N
001 SLU STR 1 0.00 0.00 20298.1 526598.3 0,039 Ok

Sollecitazioni:

Cmb Tipo Sism. N Tx Ty Mx My

n. n. mm mm N N N mm N mm
001 SLU STR No 20298.1703700.0 11130.6 6869000 -379600000

Elemento: 87 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb. Tipo Palo coord.X coord.Y N N lim Ver.N Stato

n. n. mm mm N N
001 SLU STR 1 0.00 0.00 19835.8 526598.3 0,038 Ok

Sollecitazioni:

Cmb Tipo Sism. N Tx Ty Mx My

n. n. mm mm N N N mm N mm
001 SLU STR No 19835.8659500.0 -207600.0 -124400000 -353400000

Elemento: 88 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb. Tipo Palo coord.X coord.Y N N lim Ver.N Stato

n. n. mm mm N N
001 SLU STR 1 0.00 0.00 18235.7 526598.3 0,035 Ok

Sollecitazioni:

Cmb Tipo Sism. N Tx Ty Mx My

n. n. mm mm N N N mm N mm
001 SLU STR No 18235.7526000.0 -387800.0 -232700000 -273500000

Elemento: 89 - Palo singolo

$N_q = 375.740$, $\sigma_{punta} = 2.112$, $\phi = 33.0$, $N_c = 577.048$, $c_{punta} = 0.150$

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb. Tipo Palo coord.X coord.Y N N lim Ver.N Stato



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

54 di/of 58

n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	15563.7	526598.3	0,030	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	15563.7326700.0	-495800.0	-297900000	-154200000	

Elemento: 90 - Palo singoloNq = 375.740, σ_{punta} = 2.112, ϕ = 33.0, Nc = 577.048, c punta = 0.150

Port. lat. = 851986.0 N, Port. punta = 44237740.0 N, P.P.Palo = 125663.7 N

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.	n.	mm	mm	N	N			
001	SLU STR	1	0.00	0.00	11932.1	526598.3	0,023	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
001	SLU STR	No	11932.197394.5	-510500.0	-307200000	-167800000	

8.4. VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE**Elemento: 32 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	N	mm
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-26413.0	0.07	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-26413.0690300.0	213300.0	127300000	-377100000	

Elemento: 62 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	N	mm
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	4161.1	0.01	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	4161.1-110200.0	-298100.0	-180700000	977200000	

Elemento: 63 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	N	mm
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	277.5	0.00	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	277.5-231600.0	-165000.0	-101400000	170900000	

Elemento: 64 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	N	mm
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-3906.1	0.01	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-3906.1-288600.0	10932.3	3797000	205600000	

Elemento: 65 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	N	mm
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-8204.4	0.02	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.	n.	N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-8204.4-268300.0	199700.0	116800000	194100000	

Elemento: 66 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	N	mm
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-12425.7	0.03	



Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-12425.7-171000.0	368600.0	218000000	136400000	

Elemento: 67 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-16382.7	0.04	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-16382.7-10742.2	487500.0	289500000	41010000	

Elemento: 68 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-19900.3	0.05	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-19900.3187600.0	534500.0	318000000	-77200000	

Elemento: 69 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-22824.1	0.06	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-22824.1392000.0	499900.0	297700000	-199200000	

Elemento: 70 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-25026.7	0.06	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-25026.7569300.0	387100.0	230800000	-304900000	

Elemento: 71 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-26924.0	0.07	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-26924.0735200.0	5367.4	3449000	-403800000	

Elemento: 72 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-26538.8	0.07	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-26538.8696600.0	-203700.0	-121000000	-380800000	

Elemento: 73 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-25275.5	0.07	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-25275.5580900.0	-380800.0	-226400000	-311700000	

Elemento: 74 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-23190.7	0.06	



Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-23190.7407400.0	-498500.0	-296300000	-208100000	

Elemento: 75 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-20376.3	0.05	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-20376.3204300.0	-539000.0	-320100000	-87040000	

Elemento: 76 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-16955.9	0.04	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-16955.94923.0	-497700.0	-295000000	31780000	

Elemento: 77 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-13079.2	0.03	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-13079.2-158900.0	-383600.0	-226600000	129200000	

Elemento: 78 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-8915.4	0.02	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-8915.4-261700.0	-217600.0	-127300000	190200000	

Elemento: 79 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-4646.1	0.01	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-4646.1-288700.0	-29190.9	-14640000	205800000	

Elemento: 80 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	-457.0	0.00	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	-457.0-238400.0	149300.0	91900000	175200000	

Elemento: 81 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	3470.0	0.01	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	3470.0-122500.0	287600.0	174300000	105400000	

Elemento: 82 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	6964.7	0.02	



Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	6964.736110.6	363200.0	219200000	10160000	

Elemento: 83 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	9875.9	0.03	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	9875.9207600.0	364900.0	219800000	-92720000	

Elemento: 84 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	12078.0	0.03	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	12078.0360300.0	294800.0	177500000	-184300000	

Elemento: 85 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	13475.9	0.03	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	13475.9466200.0	167700.0	101000000	-247900000	

Elemento: 86 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	14008.9	0.04	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	14008.9506300.0	8562.2	5284000	-272000000	

Elemento: 87 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	13653.4	0.04	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	13653.4473100.0	-152400.0	-91530000	-252200000	

Elemento: 88 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	12422.5	0.03	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	12422.5372600.0	-284100.0	-170900000	-192000000	

Elemento: 89 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	10367.1	0.03	

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		N	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	10367.1223000.0	-360800.0	-217400000	-102400000	

Elemento: 90 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n. n.	mm	mm	N	mm	
002 (SLE freq)	1 0.00	0.00	7573.6	0.02	



ENEL CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15012.00.058.00

PAGE

58 di/of 58

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
		No	N	N	N mm	N mm	
002	SLE freq	No	7573.651500.0	-366700.0	-221400000	523374	

9. CONCLUSIONI

Alla base di quanto descritto nei capitoli precedenti della presente relazione, le opere di fondazione risultano essere idonee allo scopo per le quali sono state progettate.

Le verifiche descritte nella presente relazione si basano su un modello geotecnico cautelativo, basato su quanto disponibile in letteraturascientifica e di settore.

Nelle successive fasi progettuali dovranno essere dettagliate le caratteristiche geolitologiche, geotecniche e sismostratigrafiche mediante una campagna di indagini appositamente realizzata, il cui scopo precipuo sarà dettagliare i litotipi presenti (le formazioni geologiche presenti sono alquanto variabili) e fornirà i parametri geotecnici di progetto. Solo a valle delle indagini in situ le verifiche geotecniche assumeranno valore definitivo ed affidabile.