



IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "TRUNCU REALE" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI SASSARI (SS)

OPERA DI PUBBLICA UTILITA'
VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE ai sensi del D.Lgs 3 aprile 2006, n.152 ALL. II

CUSTOMER
Committente

FIMENERGIA

ADDRESS
Indirizzo

VIA L.BUZZI, 6, 15033 CASALE MONFERRATO (AL)
T. +390292875126 (ufficio operativo)

DESIGNERS TEAM
Gruppo di progettazione

SUPERVISION
Coordinamento

FAVERO ENGINEERING

VIA GIOVANNI BATTISTA PIRELLI, 27
20124 MILANO (MI)
T. +390292875126

Ing. FRANCESCO FAVERO

CONSULTANTS
Consulenti

AMBIENTALE: Dott.ssa MARZIA FIORONI

Via C.Battisti, 44 23100 Sondrio (SO) - +39 0342 050347 - mfioroni@alp-en.it

GEOLOGIA, GEOTECNICA E IDRAULICA: Dott. Geol. FAUSTO PANI

Via Castelli, 2 09122 Cagliari (CA) - +39 070 272011 - fausto.pani@gmail.com

AGRONOMIA: Dott. Agr. GIUSEPPE PUGGIONI

Via Don Minzoni, 3 07047 Thiesi (SS) - +39 348 6621842 - puggioni@gmail.com

ARCHEOLOGIA: Dott. Arch. FABRIZIO DELUSSU

Via Depretis, 7 08022 Dorgali (NU) - + 39 3475012131 - archeologofabriziodelussu@gmail.com

ACUSTICA: Ing. CARLO FODDIS, Ing. IVANO DISTINTO

Viale Europa, 54 09045 Quartu San'Elena (CA) - + 39 070 2348760 - cf@fadsystem.net

FAUNA: Dott. Nat. MAURIZIO MEDDA

Via Lunigiana, 17 09122 Cagliari (CA) - +39 393 8236806 - meddamaurizio@libero.it

FLORA: Dott. Agr. FABIO SCHIRRU

+39 347 4998552 - fabio.schirru@pecagrotecnici.it

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	CHECKED	APPROVED
00	Febbraio 2024	PRIMA EMISSIONE	Dott. Geol. F. Pani	Ing. A. Lunardi	Ing. F. Favero
01					
02					
03					
04					

DRAWING - Elaborato

TITLE
Titolo

RELAZIONE GEOTECNICA

DRAWING DETAILS - Dettagli di disegno

GENERAL SCALE
Scala generale

-

DETAIL SCALE
Scala particolari

-

ARCHIVE - Archivio

FILE

DTG_072

PLOT STYLE

FAVERO ENGINEERING.ctb

CODING - Codifica

PROJECT LEVEL
Fase progettuale

DEFINITIVO

CATEGORY
Categoria

DTG

PROGRESSIVE
Progressivo

0

7

2

REVISION
Revisione

00

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	RIFERIMENTI PER LA PROGETTAZIONE	5
2.1	LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2	CONTENUTI DEL LAVORO	7
2.2.1	BASI DATI UTILIZZATE E SISTEMA INFORMATIVO	7
2.2.1.1	FONTI CARTOGRAFICHE TOPOGRAFICHE	7
2.2.1.2	FONTI MORFODIGITALI	7
2.2.1.3	FONTI CARTOGRAFICHE TEMATICHE	7
2.2.1.4	BASI ICONOGRAFICHE.....	7
2.2.1.5	BASI DI DATI GEOGRAFICI UTILIZZATE O CONSULTATE.....	8
2.2.1.6	PIANI DI AMBITO REGIONALE O NAZIONALE	8
2.2.1.7	STUDI GENERALI E DI SETTORE.....	9
2.3	CARATTERI GEOLOGICI DEL SETTORE INTERESSATO DAL PROGETTO.....	10
2.4	STRATIGRAFIA DELL'AREA	11
2.4.1	Il Permo-Trias.....	11
2.4.2	La piattaforma carbonatica mesozoica	11
2.4.3	La successione del Cretaceo inferiore	12
2.4.4	Il Cretaceo superiore	12
2.4.5	Il Cenozoico: La Formazione di Mores (RES).....	13
2.4.6	Subsistema di Portoscuso (PVM2b)	14
2.4.7	Il Quaternario.....	14
2.5	MODELLO GEOLOGICO GENERALE	15
2.6	MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	16
2.7	RELAZIONE GEOTECNICA DI BASE	17
2.8	INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	17
2.9	MODELLO GEOTECNICO	18
2.10	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	19

INDICE DELLE FIGURE

Inquadramento generale dell'area di progetto con l'area in celeste, verde e rosa	4
Il settore di progetto con l'area in celeste, verde e rosa, sulla geologia drappeggiata su Google Earth	10
Rapporti stratigrafici tra le formazioni terziarie	13
Schema dei rapporti stratigrafici generali	15
Schema dei rapporti stratigrafici locali (Sezione passante per Sassari abitato)	15
La geologia dell'area di dettaglio	16
La geotecnica dell'area di dettaglio dei tre sottoimpianti	18

1 INTRODUZIONE

La presente relazione geotecnica si inserisce nell'ambito della Progettazione Definitiva dell'Impianto Fotovoltaico per la produzione di Energia da Fonte Solare in denominato Truncu Reale ed ubicato in comune di Sassari in località Truncu Reale, diviso in 3 sottoimpianti.



Inquadramento generale dell'area di progetto con l'area in celeste, verde e rosa

In particolare si tratta di:

Lotto 1 – Località Cugulagiu

- BASSU 1 – agrivoltaico
- BASSU 2 – agrivoltaico

Lotto 2 – Località Giorre Verdi

- TRUNCU REALE 2 – agrivoltaico
- TRUNCU REALE 3 – fotovoltaico
- TRUNCU REALE 4 – fotovoltaico
- TRUNCU REALE 5 – agrivoltaico

Lotto 3 – Località Su Giau

- TRUNCU REALE 6 – agrivoltaico
- TRUNCU REALE 7 – agrivoltaico

Allo scopo della realizzazione del progetto, le aree di intervento devono essere sottoposte a un'analisi geologica, geotecnica e sismica di base.

Ciò implica una parallela analisi dei pericoli naturali collegati ad acqua, e fenomeni franosi ed una rappresentazione dei risultati sulla cartografia disponibile più aggiornata (DBGT2022).

2 RIFERIMENTI PER LA PROGETTAZIONE

Le opere previste si sviluppano interamente nel territorio della Regione Sardegna e la normativa a cui si è fatto riferimento tiene conto di quanto previsto a livello nazionale.

2.1 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente documento è redatto secondo quanto richiesto dalla normativa vigente ed in particolare, è conforme a quanto richiesto da:

- dal punto H del D.M. 11.3.1988 “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 e delle terre e delle opere di fondazione”;
- dal DM 17-01-2018 NTC2018;
- dagli Eurocodici EC7 ed EC8.

In particolare, il D.M. 17.01.2018 entrato in vigore a partire dal 01-07-2018 stabilisce le Norme Tecniche per le Costruzioni o meglio le norme per la progettazione ed il dimensionamento delle strutture.

Tale documento, come anche precisato dalla successiva Circolare Applicativa del 21.01.2019, con tutti gli ovvi risvolti sulle fasi preliminari della progettazione, è quindi riferito alla fase esecutiva della progettazione.

Per quanto riguarda la sfera attinente la professionalità del geologo vengono richiesti all’interno della progettazione 3 documenti:

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

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

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

La relazione sulla modellazione sismica deve valutare la pericolosità sismica di base del sito, tale documento riveste importanza per la valutazione della “pericolosità” e quindi va inserito non solo nel livello di progettazione definitivo ma già fin dal livello di progettazione preliminare. Dato che tale documento specie per la trattazione degli effetti di sito assume un carattere prettamente

“geologico”, lo stesso può essere redatto in forma indipendente o essere inserito nella relazione geologica.

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

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7/ C.S.LL.PP., 21.01.2019,
Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito
- Decreto Ministeriale 2306.2022. “Criteri Ambientali Minimi”

Criteri ambientali minimi (CAM) per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi. G.U. SERIE GENERALE Anno 163° n° 183 06/08/2022

- Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- Piano di Assetto Idrogeologico (NTA agg. agosto 2023)
- Piano delle Fasce Fluviali
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale
- Piani Territoriali di coordinamento
- Piano Urbanistico di Sassari e relativi Regolamento edilizio e Norme Tecniche di Attuazione
- D.M. 11.03.1988 (pur obsoleto)

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità e dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione

2.2 CONTENUTI DEL LAVORO

Lo studio è finalizzato al conseguimento delle autorizzazioni necessarie alla messa in opera ed è composto da una relazione geologica, tavole grafiche al 1:10.000.

I documenti prodotti sono frutto di materiali con precisione geometrica propria della scala 1:1.000 ed ove non possibile a scala maggiore, al 1:5.000.

Le carte illustrative sono prodotte alla scala 1:10.000, ma i loro contenuti sono propri almeno della scala 1:5.000 per il territorio e 1:2.000 per le aree di dettaglio.

2.2.1 BASI DATI UTILIZZATE E SISTEMA INFORMATIVO

La base di dati utilizzata nel corso del presente lavoro è costituita da materiali di provenienza ufficiale e da materiali originali appositamente prodotti per lo stesso. Le basi informative, utilizzate nel Sistema Informativo della Geostudi, originariamente variamente georiferite, utilizzate in RDN2008 / UTM zone 32N con EPSG:7791, sono state:

2.2.1.1 FONTI CARTOGRAFICHE TOPOGRAFICHE

- Carta 1:50.000 La Marmora 1834-1839 (raster) (informatizzazione Geostudi)
- Carta 1:25.000 IGM 1888-1940
- Carta 1:25.000 USAF - IGM 1888-1943
- Carta 1:10.000, 1:4.000 e 1:2.000 EIRA 1953 (raster) (fonte R.A.S.)
- Carta 1:25.000 IGM 1950-1968
- Carta 1:25.000 IGM 1987-1994
- Carta 1:10.000 e 1:5.000 CASMEZ 1974 e AGENMEZ 1984 (raster) (fonte R.A.S.)
- Carta 1:10.000 CTR 1996 - 2000 (vettoriale) (fonte R.A.S.)
- Carta 1:10.000 CTR 2004 GEODB_MP 10k (vettoriale) (fonte R.A.S.)
- Carta 1:10.000 CTR 2022 DBGT10k (vettoriale) (fonte R.A.S.)

2.2.1.2 FONTI MORFODIGITALI

- DTM a passo 10 m (fonte R.A.S. CNR)
- DTM e DSM a passo 1 m (fonte R.A.S. e CNR)

2.2.1.3 FONTI CARTOGRAFICHE TEMATICHE

- Carta della vegetazione forestale 1:25.000 (fonte R.A.S.)
- Carta dell'uso attuale del suolo 1:25.000 US2506 (fonte R.A.S.)
- Dati climatologici (termo, pluvio e anemo) dal 1921, localmente 2021 (fonte R.A.S. e ISTAT)
- Carta 1:10.000 aree L. R. 31/89, S.I.C./Z.S.C., Z.P.S., OPPF, IBA, (fonte R.A.S. 2023)
- Carta 1:10.000 aree D.Lgs. 42/04 e PPR (fonte R.A.S.)
- Carta 1:25.000 Geologica (fonte R.A.S., rielaborazione Geostudi)
- Carta 1:25.000 Idrogeologica (fonte R.A.S., rielaborazione Geostudi)
- Carta delle Acclività da DTM 10 m (fonte R.A.S. elaborazione Geostudi)
- Carta delle Esposizioni da DTM 10 m (fonte R.A.S. elaborazione Geostudi)
- Carta delle Fasce Altimetriche da DTM 10 m (fonte R.A.S. elaborazione Geostudi)

2.2.1.4 BASI ICONOGRAFICHE

- Immagini satellitari a varie date dal 1974 al 2022 (fonti varie elaborazione Geostudi)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 1953 EIRA (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 1954 IGM (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0.5 m) 1960 CBO (fonte elaborazione Geostudi.)
- Ortofotocarta (ris. 0.5 m) 1962 Cagliari (fonte elaborazione Geostudi.)
- Ortofotocarta (ris. 0.5 m) 1968 IGM (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,5 m) 1977 ERSAT (fonte R.A.S.)

- Ortofotocarta (ris. 0,5 m) 1987/1994 Centri Urbani (fonte ISPRA)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 1998 AIMA (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 2000 Ferretti (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 2003 AGEA (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 2004 Nistri (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,7 m) 2005 IKONOS (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,5 m) 2006 Ferretti (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,5 m) 2012 (fonte BING)
- Ortofotocarta (ris. 0,5 m) 2013 (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,2 m) 2013 Centri Urbani (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,2 m) 2016 (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,2 m) 2019 (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,2 m) 2022 coste (fonte Compucart)
- Aerofoto Voli vari raddrizzate b/n a 50 cm, 1m o 2 m rettificata (1943, 1954, 1960, 1965, 1968, 1973, 1987 e 1992, 1995, 1996 e 1998) (fonti varie elaborazione Geostudi)
- Immagini da Google (dal 2002 al 2023)

2.2.1.5 BASI DI DATI GEOGRAFICI UTILIZZATE O CONSULTATE

- Catasto Grotte (fonte R.A.S.)
- Catasto Grotte (<https://www.catastospeleologicoregionale.sardegna.it/>)
- Censimento delle aree minerarie (fonte R.A.S.)
- Catasto Pozzi (CASMEZ Prog n° 25 (Ricerche Idriche Sotterranee in Sardegna - Ia e IIa Fase -informatizzazione Geostudi più dati originali Geostudi))
- Catasto opere di riforestazione dell'Isp. Rip. , ex .AFDRS e dei Rimboschimenti produttivi (fonte R.A.S.)
- Catasto Generale degli Scarichi nei Corpi Idrici (Fonte CEDOC R.A.S. – Pro.Ge.Mi.Sa.)
- Sistema Informativo Territoriale Aree Industriali (SITAI) (Fonte Osservatorio Industriale R.A.S.)
- Sistema Informativo Risorse Idriche Sotterranee (SIRIS) (fonte R.A.S. – Pro.Ge.Mi.Sa.) (2001)
- Piano di Risanamento delle aree minerarie Dismesse (PDR)
- Piano di Valorizzazione dei Compendi Minerari del Sulcis-Iglesiente-Guspinese
- Modulo regionale del sistema informativo nazionale ambiente (SINA-SIRA)
- Sistema informativo ambientale dell'area ad alto rischio del Sulcis-Iglesiente (SINA Q1-2)
- Sistema informativo compendi immobiliari dell'IGEA (SICI)
- Sistema informativo territoriale per la gestione delle Attività Estrattive (SITAE)
- Sistema Informativo Catastrofi Idrogeologiche (SICI)

2.2.1.6 PIANI DI AMBITO REGIONALE O NAZIONALE

- Nuovo Piano Regolatore Generale degli Acquedotti (fonte R.A.S.)
- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (basi originali Geostudi e fonte R.A.S.) (2005)
- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico aggiornamenti (fonte R.A.S.) **(2024)**
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (fonte R.A.S.) (2013)
- Piano Gestione Rischio Alluvioni (fonte R.A.S.) **(2024)**
- Piano Regionale dell'Attività Estrattiva (fonte R.A.S.) (2007)
- Piano dello Smaltimento Reflui (fonte R.A.S.)
- Piano della Tutela delle Acque (fonte R.A.S.) (2006) (sostituito PGDI)
- Piano delle Risorse Idriche Multisetoriali (fonte R.A.S.)
- Piano (Stralcio Direttore di Bacino Reg.Ie) per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (fonte R.A.S.)
- Piano Paesaggistico Regionale: Ambito Costiero (fonte R.A.S.) (05/09/2006)
- Piano Forestale Regionale Ambientale (fonte R.A.S.) (2006)
- Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria (fonte R.A.S.)
- Piano Regionale Risanamento Acque (PRRA) (fonte R.A.S.) (1998)

- Piano di Bonifica dei Siti Contaminati (fonte R.A.S. - Pro.Ge.Mi.Sa.) (2003)
- Piano di Sviluppo Rurale (fonte R.A.S.) (2004)
- Piano di Gestione di Distretto Idrografico (fonte R.A.S.) (**3° ciclo 2022**)

2.2.1.7 STUDI GENERALI E DI SETTORE

- Studio sull'Irrigabilità dei Suoli della Sardegna (Fonte E.A.F. – R.A.S.) (1987)
- Studio SISS (1979-80) e nuovo SISS (1996) (Fonte R.A.S. – C.R.P. - UNICA)
- Progetto IFRAS (fonte R.A.S.)
- Progetto V.A.P.I. (C.N.R. – UNICA)
- Progetto S.C.A.I. (C.N.R. - UNICA)
- Progetto I.F.F.I. (ISPRA – R.A.S.)
- Progetto A.V.I. (Protezione Civile Nazionale - C.N.R. G.N.D.C.I.)
- Studio sulla sensibilità dei suoli alla desertificazione
- Studio sulla salinizzazione dei suoli costieri
- Indagine sull'effettivo utilizzo delle aree irrigue nelle diverse aree di intervento a Integrazione del piano stralcio di bacino regionale per l'utilizzo delle risorse idriche - CRAS (2006)
- Aspetti economici dell'agricoltura irrigua in Sardegna - Inea (2009)

2.3 CARATTERI GEOLOGICI DEL SETTORE INTERESSATO DAL PROGETTO

L'area di Truncu Reale è caratterizzata fondamentalmente dalla presenza di termini geologici che rimontano al periodo compreso tra il Mesozoico ed il Quaternario.



Il settore di progetto con l'area in celeste, verde e rosa, sulla geologia drappeggiata su Google Earth

Si tratta di formazioni chimiche e chimico-clastiche mesozoiche e quaternarie ospitate in una paleo valle scavata nell'originaria piattaforma carbonatica mesozoica che prosegue in mare con un paleo alveo che segna la morfologia del fondale fino almeno ai 200 m di profondità. Il settore in esame è parte integrante della propaggine meridionale della regione della Nurra.

Questa regione, in prevalenza pianeggiante, costituisce un alto strutturale che verso est delimita un semigraben miocenico (Bacino di Porto Torres) ben evidenziato sia dai dati sismo-stratigrafici off shore (Thomas & Gennessaux 1986) che da rilevamenti di terreno (Funedda et Al. 2000). I depositi miocenici del semi-graben trasgrediscono con rapporti di onlap questo alto strutturale nel quale i terreni più antichi affiorano progressivamente verso ovest. La trasgressione si realizza al disopra di vulcaniti oligo-aquitani e, talvolta, direttamente sopra le coperture carbonatiche mesozoiche, ad ovest delle quali, sulla costa, affiora il basamento metamorfico varisico. Verso sud la regione confina con il Mejlogu: un'area caratterizzata da plateaux ignimbrici miocenici variamente incisi. A ovest la Nurra è delimitata dal Bacino Ligure-Provenzale (Mar di Sardegna) e a nord dal Golfo dell'Asinara. L'attuale assetto strutturale che controlla la distribuzione e la giacitura dei terreni in affioramento, con molta probabilità si è delineato a partire dall'Oligocene-Miocene inferiore, anche se alcuni tratti strutturali che interessano le coperture mesozoiche possono essere riferiti alla tettonica pirenaica.

Il blocco della Nurra ha subito un tilting verso est che si materializza nell'immersione assiale delle strutture del basamento metamorfico (assi di pieghe, lineazioni, scistosità) e della stratificazione delle coperture mesozoiche verso est e, quindi, in un drenaggio centrifugo rispetto alla costa. Per questo motivo, prevalgono alte falesie a reggipoggio nel "Mare di fuori, e litorali più bassi, anche se in prevalenza rocciosi, nei tratti di costa orientali che delimitano le penisole di Stintino e Capo Caccia.

2.4 STRATIGRAFIA DELL'AREA

2.4.1 Il Permo-Trias

I terreni più antichi sono costituiti da ruditi e areniti di ambiente lacustre e alluvionale con intercalazioni di vulcaniti acide. Si tratta dei classici sedimenti che interessano i bacini successivi al collasso dell'Orogene Varisico.

Vi si riconosce una successione basale, potente una decina di metri, caratterizzata dalle tipiche facies grigie autuniane sormontate, in discordanza, da conglomerati rossi, a quarzo prevalente, nella tipica facies saxo-turingiana. A questi seguono arenarie e conglomerati di ambiente fluviale nelle quali sono state individuate petrofacies correlabili con il Buntsandstein meso-europeo (Cassinis et al. 1996).

Lo spessore di queste successioni varia da pochi metri, nella zona di lu Capparoni, fino a diverse centinaia, nella zona di Cala del Vino, sulla costa. L'ottima esposizione dei terreni permo-triassici nell'area costiera tra Cala Viola e Porto Ferro ha consentito la loro suddivisione in tre cicli continentali principali (Cassinis et al. 2003) suddivisi in ulteriori unità stratigrafiche. Il primo ciclo è costituito da terreni siltitici e arenacei con associazioni floristiche autuniane di ambiente lacustre e fluvio lacustre, la seconda da 700 metri di depositi fluviali costituiti da arenarie, siltiti e conglomerati con colorazione tipica dei red beds e ascrivibili al Permiano medio. Infine un orizzonte conglomeratico ad elementi quarzosi (Conglomerato di Porticciolo) fa passaggio ai depositi del Trias in facies Buntsandstein.

2.4.2 La piattaforma carbonatica mesozoica

Sia i depositi clastici che le successive successioni carbonatiche ed evaporitiche del Trias presentano la tipica facies germanica.

L'instaurazione del margine passivo sud-europeo in una vasta regione che comprendeva la Sardegna e la Provenza-Linguadoca, portò alla formazione di un'ampia piattaforma carbonatica con episodi evaporitici la cui stratigrafia è così sintetizzabile:

- Calcari, dolomie e gessi, più o meno argillosi, del Trias medio e superiore. Si tratta di alternanze di calcari e dolomie per uno spessore che a Monte Santa Giusta e ad Alghero è esposto per almeno un'ottantina di metri. Sopra i termini calcareo dolomitici in facies di Muschelkalk poggiano gessi e dolomie , leggermente marnose, con intercalazioni di argilliti verdastre correlabili con la facies di Keuper.

Lo spessore del Keuper è difficilmente valutabile perché coinvolto in una tettonica eiettiva che tende a concentrare i gessi in zone di anticlinali (ad esempio a Cugiareddu) e ad espellerli nelle zone di sinclinale;

- Alla successione triassica fa seguito una potente successione di calcari e dolomie con intercalazioni marnose del Giurassico. E' questa la successione carbonatica più potente della regione.

A Monte Doglia essa è esposta per almeno 500 metri e il suo spessore complessivo è valutabile in almeno 800 metri. Al di là delle suddivisioni formazionali distinguibili nella successione, è importante una descrizione dei suoi caratteri litologici.

Nella parte inferiore della successione giurassica, dal Sinemuriano al Bajociano in continuità col Retico (in facies di Keuper), prevalgono calcari, spesso oolitici, con alternanze, anche fitte, di livelli marnosi mentre nella parte centrale prevalgono alternanze di calcari e dolomie del Bathoniano e Calloviano.

Segue una potente successione di dolomie dell'Oxfordiano-Kimmeridgiano sul quale poggiano calcari micritici, molto puri, del Portlandiano, a loro volta sormontati da marne e calcari marnosi di ambiente lagunare in facies Purbeckiana. Le marne purbeckiane affiorano a Cala d'Inferno presso nell'area del parco in una piccola insenatura sulla falesia occidentale di Capo Caccia.

2.4.3 La successione del Cretaceo inferiore

La penisola di Capo Caccia è il sito che offre la più potente esposizione del Cretaceo inferiore. Nella Nurra questi terreni poggiano sulle marne in facies purbeckiana e sono costituiti da:

- calcari ben stratificati con strati pluri-decimetrici con abbondante componente organogena (ostreidi, dasicladacee, ecc.) riferibile al Barremiano;
- calcari dolomitici (50% di dolomite in alcuni campioni), giallastri per la presenza di limonite; hanno componente allochimica organogena, oolitica e intraclastica cementata da calcite spatica. Questo litotipo dovrebbe far passaggio ai calcari in facies Urgoniana;
- Calcari bioclastici in facies Urgoniana caratterizzati dalla presenza di sporadiche rudiste del genere *Toucasia* (Valanginiano-Aptiano). Affiorano solamente a Capo Caccia e a Nalvonazzos, presso Uri, sotto le vulcaniti terziarie. La loro purezza e l'aspetto massiccio mal stratificato favoriscono il carsismo superficiale. La potenza esposta a Capo Caccia supera i 200 metri.

2.4.4 Il Cretaceo superiore

I primi terreni trasgressivi sulla paleosuperficie meso-cretacica - in gran parte costituita da bauxite - sono in genere sono rappresentati da calcari bioclastici, ad ippuritidi, del Coniaciano-Santoniano. Solo a Punta del Frara sopra la bauxite si rinviene un calcare nerastro di ambiente palustre ricco di carofite attribuite alla specie *Munieria grambasti* subsp. Sarda.

I calcari del Cretaceo superiore sono biomicriti e biospariti con intercalazioni di bioherme a rudiste e almeno nella loro parte basale sono stati attribuiti al Coniaciano. Hanno aspetto massivo o grossolanamente stratificato in banchi di spessore superiore al metro, affiorano soprattutto nella parte meridionale della Nurra.

A Capo Caccia la loro potenza è variabile ma, facilmente, supera i 100 metri. Costituendo il tetto della bauxite, la loro presenza in affioramento indica la possibilità di rinvenire, sotto di essi, giacimenti di tale minerale.

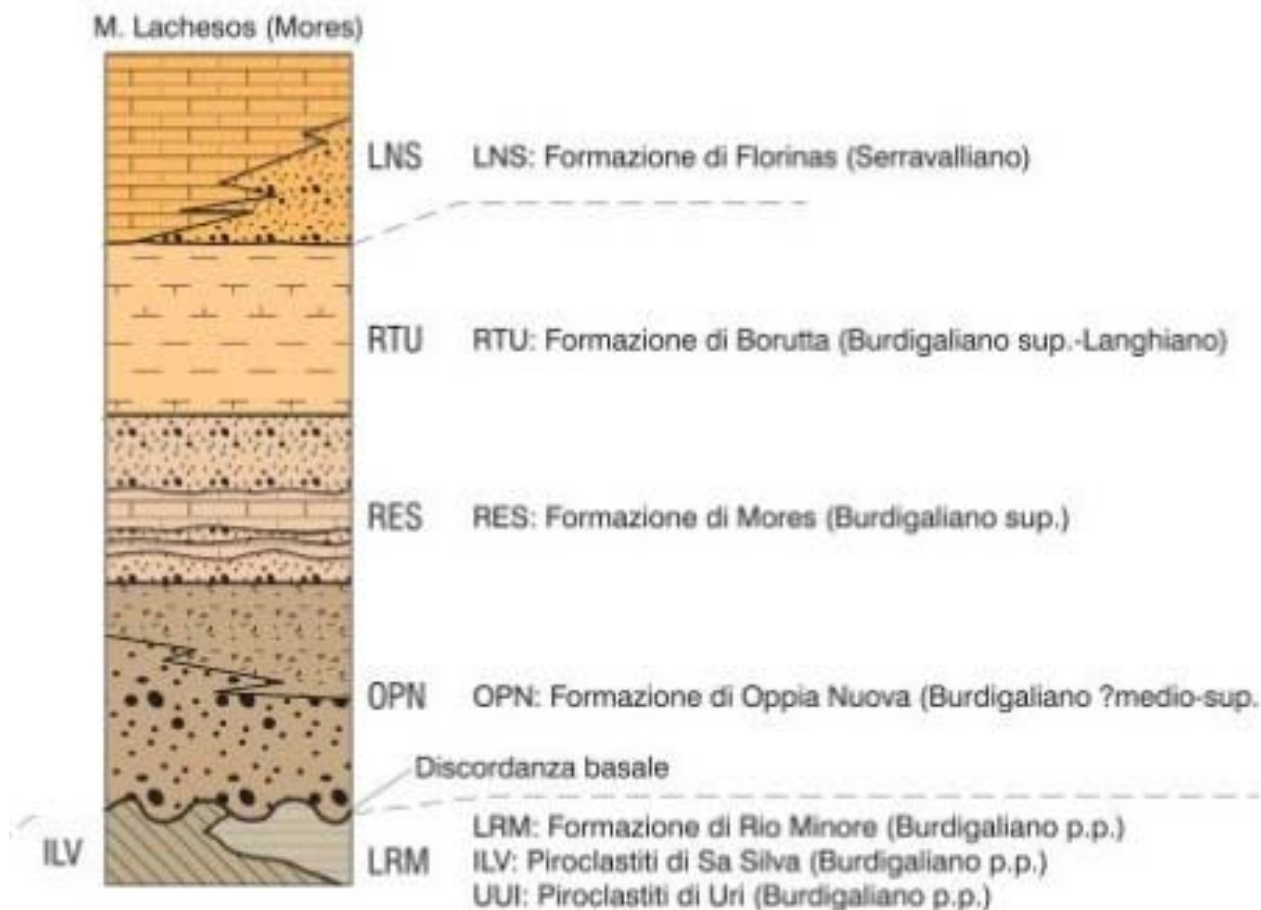
Ai calcari coniaciani localmente fanno seguito marne e calcari marnosi più o meno arenacee da grigie a giallastre spesso glauconiosi, che si trovano solo localmente intercalati nei calcari del Cretaceo superiore.

Affiorano diffusamente intorno a Olmedo, e nell'incisione del riu Su Mattone, a nord-ovest di Mamuntanas, con spessore di una ventina di metri. La loro presenza non si riscontra nell'area del parco, anche se questa unità stratigrafica affiora nell'area vasta intorno allo stagno di Calich dove fa passaggio a calcareniti e breccie ricche di glauconite.

2.4.5 Il Cenozoico: La Formazione di Mores (RES)

È la formazione miocenica che affiora con maggiori estensioni ed una notevole varietà di facies in relazione ai diversi contesti deposizionali che accompagnano l'evoluzione del bacino di sedimentazione (Rift sardo Auct.).

Gli affioramenti più importanti occupano la parte centrale dell'area, attraversandolo in senso meridiano da Ittiri sin'oltre il Riu di Ottava fino a Porto Torres. Altri affioramenti minori si rinvengono nei dintorni di Sennori, Florinas, P.ta Mariotti e nella valle del Riu Mannu.



Rapporti stratigrafici tra le formazioni terziarie

Delle quattro litofacies distinte in carta, quella più diffusa (RESa), che caratterizza in maniera evidente il paesaggio dell'area sassarese, è costituita da biocalcareni e calcari bioclastici a banchi di ostree ed altri bivalvi, ed echinidi (Amphiope, Scutella, Clypeaster) (SP Sassari-Ittiri, SS. 127 bis, località Rocca su Sale), spesso con evidenti clinostratificazioni (Riu Mannu, M. Cuga, Valle dei Ciclamini), più raramente si vedono strutture tipo dune sottomarine come ad esempio a Badde Mulinu presso Ponte Zunchi. La litofacies RESb, prevalentemente costituita da conglomerati, presenta invece un contenuto principalmente silicoclastico con cemento carbonatico da abbondante a scarso; i clasti, in genere ben arrotondati, presentano dimensioni variabili da millimetriche a centimetriche talvolta decimetriche, e sono principalmente costituiti da quarzo e localmente da vulcaniti terziarie e rocce del basamento paleozoico. Affiora principalmente a W di Uri, lungo il Riu Mannu e in località Saccheddu. In genere la litofacies RESb affiora in posizione

sottostante alla litofacies RESa (Riu Mannu, M. Minudo, Sas Monzas), mentre più a S (Sas Giorras, Campagnuzzu) è la litofacies carbonatica (RESa) che precede stratigraficamente quella terrigena (RESb).

Alcune volte i depositi clastici alla base della facies RESa sono rappresentati da deboli spessori, in genere non superiori ad alcuni metri, di depositi conglomeratici quarzosi di trasgressione (tratto superiore del Riu Mannu, Caniga) o rimaneggiati del substrato vulcanico terziario (RESc) contenenti talvolta con centrazioni di ossidi di manganese, oggetto in passato di una modesta attività estrattiva (M. Jorzi, Uri).

Il passaggio alla soprastante formazione di Borutta (RTU) è talvolta ben apprezzabile a scala di versante anche se talvolta presenta caratteri eteropici, come si può ben osservare a Sassari, Sennori e Li Punti.

Nell'area di Florinas (M. Mannu) si assiste al passaggio diretto, di tipo erosivo, con la formazione di Florinas (LNS), la quale però, per i suoi caratteri deposizionali, può anche essere assente. In alcuni casi, sugli alti strutturali ad E di Sassari, le facies carbonatiche della formazione di Mores (RESa) vengono sormontate direttamente da quelle simili della formazione di Monte Santo (NST).

2.4.6 Subsistema di Portoscuso (PVM2b)

È rappresentato da depositi formanti la Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Si tratta prevalentemente di sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. PLEISTOCENE SUP.

Lo spessore dei depositi è di qualche metro e la superficie basale sembra essere anch'essa debolmente inclinata a suggerire la presenza di antichi pediment modellati poco prima dell'aggradazione. Dato che notoriamente i pediment sono tipici di condizioni climatiche aride e costituiscono superfici di equilibrio che garantivano il trasporto dei sedimenti dal versante alla pianura (THOMAS, 1997), è verosimile che essi si siano modellati durante la fase iniziale dell'ultima glaciazione, caratterizzata da una generale aridità in tutto il bacino del Mediterraneo (CREMASCHI & TROMBINO, 1998; ROSE et alii, 1999; D'OREFICE et alii, 2007).

2.4.7 Il Quaternario

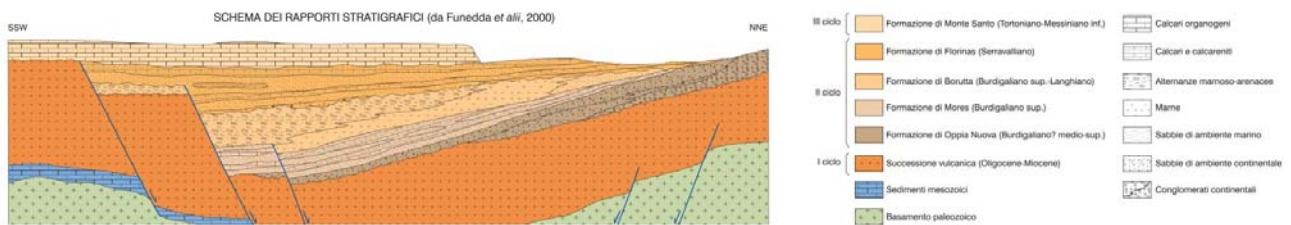
In superficie, completano la descrizione della stratigrafia 3 formazioni:

- e5, Depositi palustri. Limi ed argille limose. Olocene
- g2, Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie, talvolta con molluschi, etc. Olocene
- d, Depositi eolici. Sabbie di duna ben classate. Olocene.

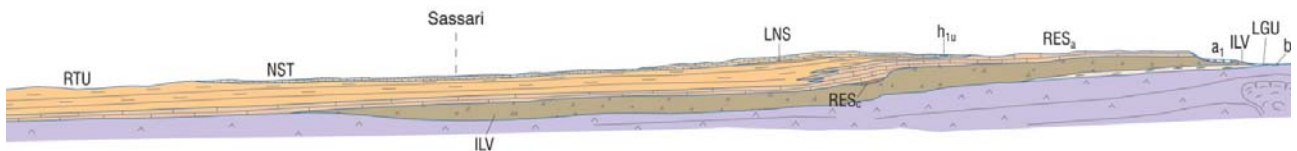
2.5 MODELLO GEOLOGICO GENERALE

L'area è caratterizzata da una vasta superficie di erosione plio-quadernaria impostata sulla morfologia pregressa.

- **b** , Depositi alluvionali. OLOCENE
- **PVM2b** , Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. PLEISTOCENE SUP.
- **PVM2a** , Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
- **RESb** , Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro (Ardara-Mores).
- **RESa** , Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostreidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.).



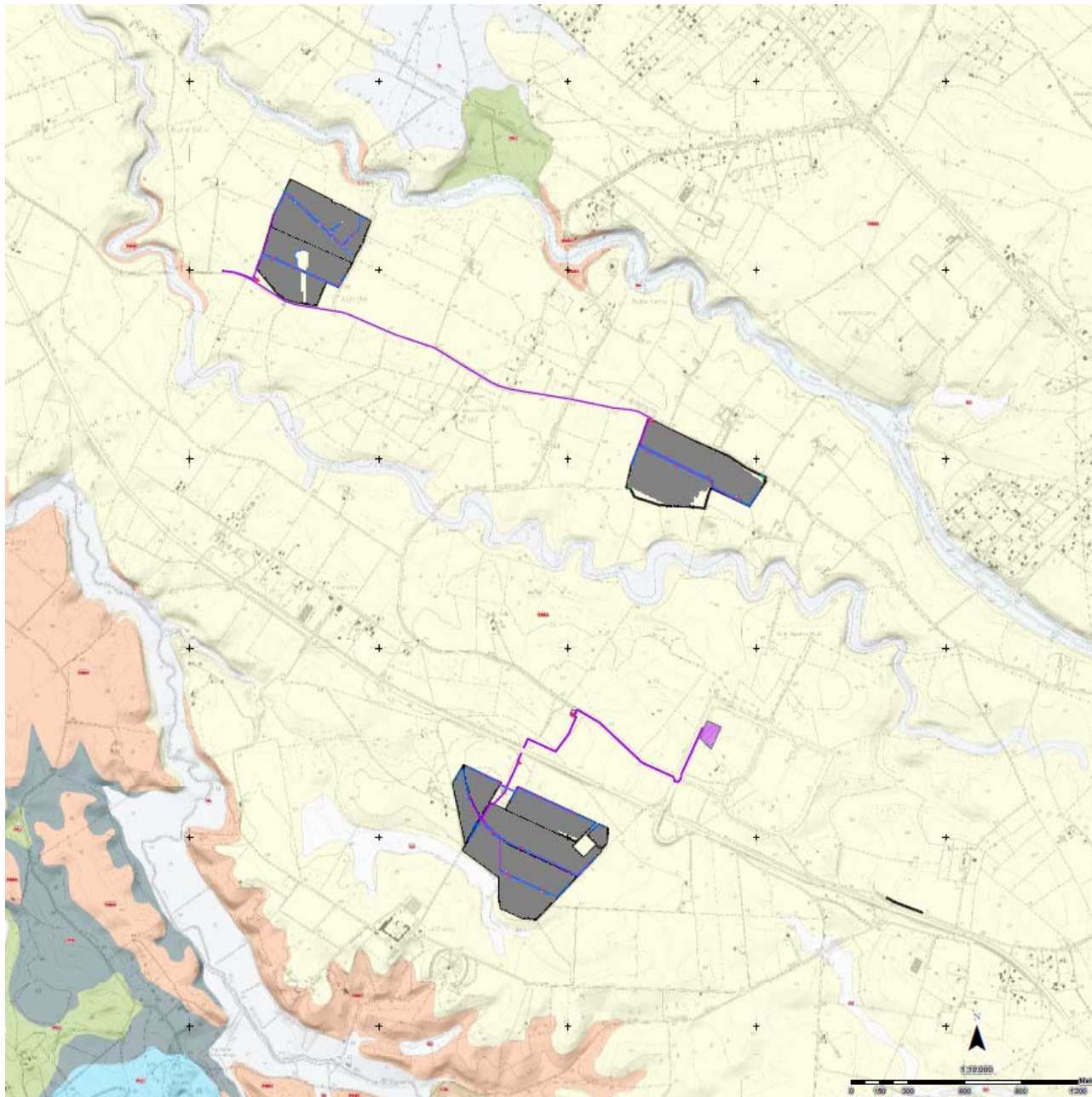
Schema dei rapporti stratigrafici generali



Schema dei rapporti stratigrafici locali (Sezione passante per Sassari abitato)

2.6 MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Il modello geologico dell'area di progetto ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di un substrato roccioso calcarenitico cenozoico sub-affiorante (RESa).



La geologia dell'area di dettaglio

In superficie, i terreni calcarenitici della Formazione di Mores (RESa) sono localmente mascherati da una coltre eluvio-colluviale di modesto spessore, costituita da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti.

Di seguito viene descritto più in dettaglio il modello geologico del tracciato riferito principalmente alle opere d'arte maggiori.

La falda è stata riscontrata ad alcuni m dal piano campagna per circa tutto il settore investigato.

2.7 RELAZIONE GEOTECNICA DI BASE

Le informazioni geologiche disponibili sull'area del tracciato proposto ed anche delle alternative sono congrue con lo stesso e rendono almeno in tale fase, non necessario approfondire una parte del tracciato.

Pur tuttavia, rimane scoperta da informazioni dirette la tratta del percorso, peraltro non interessato da proposte alternative, comunque da investigare.

2.8 INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

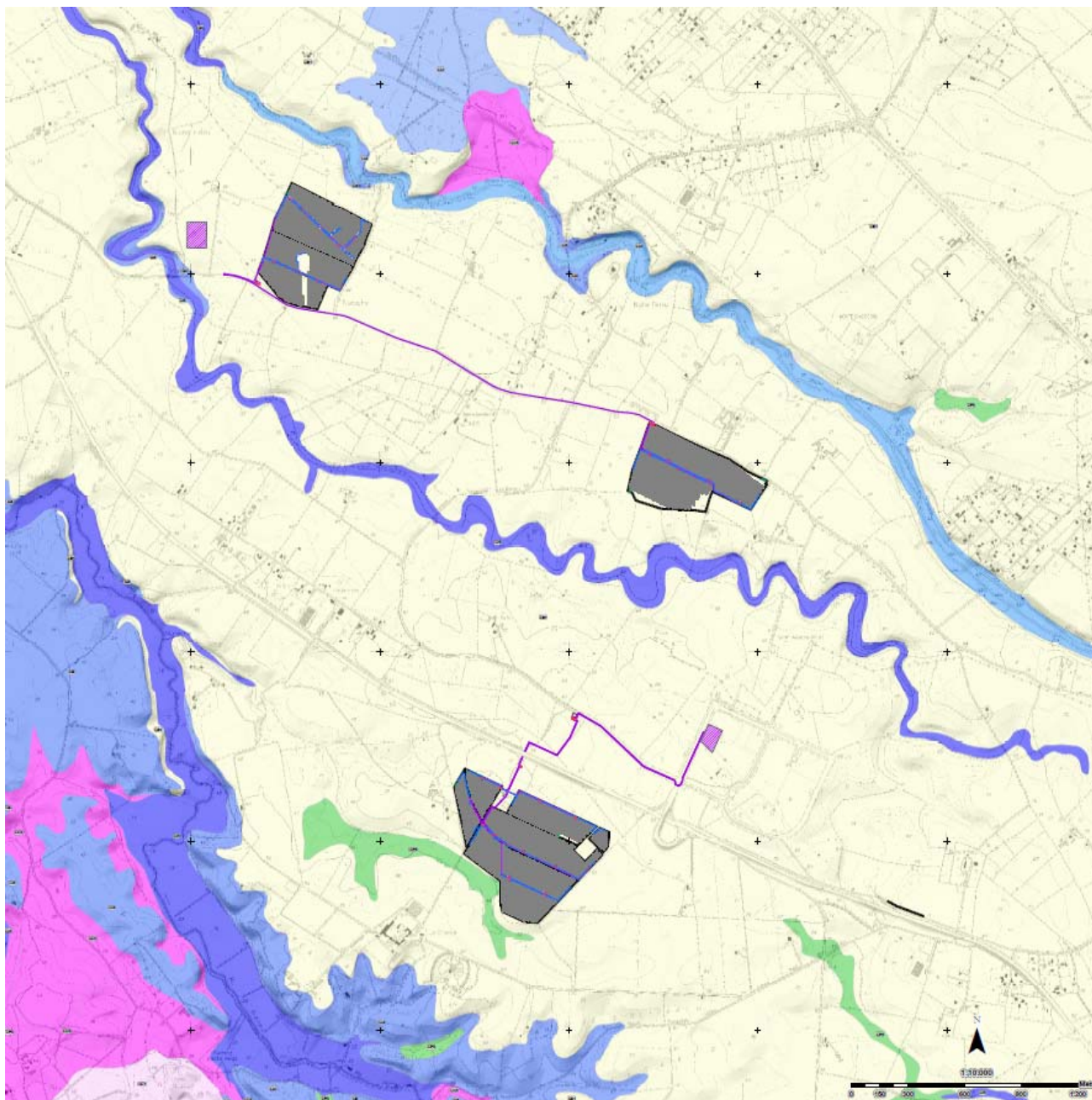
In particolare, i dati geognostici presi in esame sono riferibili alle seguenti campagne d'indagine:

- Prove penetrometriche eseguite appositamente nell'anno 2023.
- Prove sismiche eseguite appositamente 2023.

I relativi rapporti di prova sono allegati.

2.9 MODELLO GEOTECNICO

Il modello geologico dell'area di progetto ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di un substrato roccioso calcarenitico cenozoico sub-affiorante.



La geotecnica dell'area di dettaglio dei tre sottoimpianti

In superficie, i terreni calcarenitici (RESa) sono mascherati da una coltre eluvio-colluviale di modesto spessore, costituita da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti.

Tali formazioni risultano mediamente compatte a tratti sciolte con trovanti litoidi per tutta la profondità possibilmente riscontrabile delle opere di fondazione dell'impianto.

La falda è stata riscontrata ad alcuni m dal piano campagna per circa tutto il settore investigato.

2.10 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base della vasta mole di dati provenienti da indagini geognostiche e dalle prove di laboratorio effettuate nell'area e dalle indagini puntuali operate sul sedime del progetto, è possibile attribuire al substrato, le caratteristiche seguenti:

- **RESa – Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES - CALCARENITI CENOZOICHE**

L'unità è costituita da Calcareniti, Calcari bioclastici fossiliferi, Calcari nodulari a componente variabile con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostreidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.). Formatasi in ambiente litorale è datata BURDIGALIANO SUP.

Termini arenacei : LS1 (parzialmente litoidi con diverso grado): calcareniti RESa

- $\gamma_n = 1,9 \text{ g/cm}^3$
- $n = 0.34$
- $\varphi' = 36^\circ$
- $c' = 0.35 \text{ Kg/cm}^2$
- Modulo di deformazione al taglio medio, G medio 1000 MPa
- Modulo di Deformabilità, E medio attorno a 10000 MPa
- Velocità delle onde $V_{p\text{medio}} = 2200 \text{ m/sec}$
- Velocità delle onde $V_{s\text{medio}} = 1200 \text{ m/sec}$
- Modulo di compressibilità edometrico $E = 9799 \text{ Mpa}$
- Modulo di Young $E = 14200 \text{ Mpa}$

I depositi sedimentari miocenici presenti sono costituiti prevalentemente da calcari di origine chimica e biochimica e calcari detritico-organogeni e da arenarie e sono riconducibili all'unità RESa.

Le facies calcaree, generalmente lapidee, solo localmente debolmente alterate fratturate, si presentano con struttura amigdaloide, e giacitura generalmente normale o debolmente inclinata, in bancate di potenza variabile. La struttura amigdaloide determina una marcata fissilità secondo superfici orizzontali, più o meno regolari nell'ammasso roccioso. Tali litotipi sono caratterizzati da un comportamento rigido e per tale motivo conservano in modo marcato le tracce delle fasi tettoniche successive alla loro messa in posto.

Questi terreni sono generalmente dotati di buone caratteristiche meccaniche e ben sopportano le fondazioni dirette delle opere d'arte. Le scarpe degli scavi, impostate con una pendenza 1/1, possono essere lasciate prive di opere di sostegno o protezione senza che problemi particolari ne inficino la stabilità, salvo che per locali presenze di piani di stratificazione o scorrimento inclinati a franappoggio o fenomeni di fratturazione e carsismo.

Quando sono alternati con termini marnosi, questi litotipi, in particolari situazioni morfologiche, possono mostrare un comportamento differente alle sollecitazioni indotte da opere d'arte e scavi. Pertanto in tali situazioni è necessaria una verifica puntuale della stabilità dei fronti di scavo.

Relativamente ai metodi di scavo tali terreni vanno considerati come roccia da mina. Il materiale di risulta degli scavi presenta caratteri tali da poter essere riutilizzato per la realizzazione di modellazioni o rilevati.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

FTV TRUNCU REALE

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);
- e = infissione media per colpo (δ/N);
- M = peso massa battente (altezza caduta H);
- P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi**Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_0)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_0 (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_γ)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15

- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (Nspt=0) a 0,545 (Nspt=28)

PROVA DPL TRUNCU REALE 2

Strumento utilizzato... Penny 20 10cmq 90°
 Prova eseguita in data 27/02/2023
 Profondità prova 0,40 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	19	0,807	34,63	42,94	1,73	2,15
0,20	26	0,755	44,34	58,76	2,22	2,94
0,30	39	0,653	57,53	88,14	2,88	4,41
0,40	49	0,651	72,06	110,73	3,60	5,54

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPL_BASSU**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertm ann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	14,53	0,20	0,98	1,82	0,50	0,57	1,43	1,29	1,26	1,58	0,73	2,57	1,82
Strato 2	29,83	0,40	2,01	3,73	1,00	1,12	2,97	2,64	2,42	3,07	1,49	5,28	3,73

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	14,53	0,20	Robertson (1983) 29,06
Strato 2	29,83	0,40	Robertson (1983) 59,66

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	14,53	0,20	66,66	--	149,99	145,30
Strato 2	29,83	0,40	136,86	--	306,04	298,30

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	14,53	0,20	146,70	145,30
Strato 2	29,83	0,40	322,65	298,30

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	14,53	0,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 2	29,83	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	14,53	0,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,50
Strato 2	29,83	0,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,64

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	14,53	0,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,93
Strato 2	29,83	0,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,02

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	14,53	0,20	49,89	94,67	66,43	42,16
Strato 2	29,83	0,40	67,88	100	67,72	63,33

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornbur n-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFIC CATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	14,53	0,20	14,53	31,15	24,15	32,07	0	35,31	41,25	30-32	29,76	31,36	42,36	32,05
Strato 2	29,83	0,40	29,83	35,52	28,52	36,35	0	39,63	42	32-35	36,15	35,95	48,63	39,43

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	14,53	0,20	14,53	272,08	116,24	172,15	288,98	147,65
Strato 2	29,83	0,40	29,83	389,85	238,64	352,69	403,73	224,15

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	14,53	0,20	14,53	87,18	57,31	103,16	102,80
Strato 2	29,83	0,40	29,83	178,98	88,74	211,79	171,04

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	14,53	0,20	14,53	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	29,83	0,40	29,83	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	14,53	0,20	14,53	Meyerhof ed altri	1,87
Strato 2	29,83	0,40	29,83	Meyerhof ed altri	2,13

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	14,53	0,20	14,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 2	29,83	0,40	29,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson

Strato 1	14,53	0,20	14,53	(A.G.I.)	0,33
Strato 2	29,83	0,40	29,83	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 1	14,53	0,20	14,53	804,35	641,29
Strato 2	29,83	0,40	29,83	1581,57	995,23

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	14,53	0,20	14,53	Ohta & Goto (1978) Limi	69,694
Strato 2	29,83	0,40	29,83	Ohta & Goto (1978) Limi	97,571

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	14,53	0,20	14,53	Navfac 1971-1982	0,89
Strato 2	29,83	0,40	29,83	Navfac 1971-1982	5,26

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	14,53	0,20	14,53	Robertson 1983	9,18
Strato 2	29,83	0,40	29,83	Robertson 1983	55,08

PROVA DPL_TRUNCU REALE 1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

Penny 20 10cmq 90°
 27/02/2023
 ,50 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	9	0,857	17,42	20,34	0,87	1,02
0,20	35	0,705	55,73	79,10	2,79	3,95
0,30	41	0,653	60,48	92,66	3,02	4,63
0,40	46	0,651	67,65	103,95	3,38	5,20
0,50	58	0,649	85,05	131,07	4,25	6,55

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPL_TRUNCU REALE**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertm ann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	6,88	0,20	0,43	0,86	0,25	0,28	0,67	0,61	0,62	0,95	0,34	1,21	0,86
Strato 2	31,36	0,50	2,12	3,92	0,00	1,17	3,12	2,78	2,53	3,24	1,57	5,54	3,92

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	6,88	0,20	Robertson (1983)
Strato 2	31,36	0,50	Robertson (1983)

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	6,88	0,20	31,57	--	71,96	86,00
Strato 2	31,36	0,50	143,88	--	321,65	313,60

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	6,88	0,20	58,72	68,80
Strato 2	31,36	0,50	340,24	313,60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	6,88	0,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	31,36	0,50	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	6,88	0,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,41
Strato 2	31,36	0,50	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,69

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	6,88	0,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,88
Strato 2	31,36	0,50	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,05

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
--	------	------------------	--------------------	---------------	------------------------------	---------------

Strato 1	6,88	0,20	33,11	65,18	63,09	25,67
Strato 2	31,36	0,50	69,07	100	67,33	64,86

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	6,88	0,20	6,88	28,97	21,97	29,93	0	32,45	0	<30	25,16	29,06	35,83	26,73
Strato 2	31,36	0,50	31,36	35,96	28,96	36,78	0	39,96	42	32-35	36,69	36,41	49,06	40,04

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	6,88	0,20	6,88	---	55,04	---	---	---
Strato 2	31,36	0,50	31,36	399,72	250,88	370,75	415,20	231,80

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	6,88	0,20	6,88	---	41,60	48,85	68,68
Strato 2	31,36	0,50	31,36	188,16	91,88	222,66	177,87

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	6,88	0,20	6,88	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	31,36	0,50	31,36	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	6,88	0,20	6,88	Meyerhof ed altri	1,62
Strato 2	31,36	0,50	31,36	Meyerhof ed altri	2,15

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	6,88	0,20	6,88	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 2	31,36	0,50	31,36	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	6,88	0,20	6,88	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	31,36	0,50	31,36	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 1	6,88	0,20	6,88	398,33	406,14
Strato 2	31,36	0,50	31,36	1657,70	1026,11

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 1	6,88	0,20	6,88	Ohta & Goto (1978) Limi	61,238
Strato 2	31,36	0,50	31,36	Ohta & Goto (1978) Limi	101,391

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	6,88	0,20	6,88	Navfac 1971-1982	1,07
Strato 2	31,36	0,50	31,36	Navfac 1971-1982	4,55

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	6,88	0,20	6,88	Robertson 1983	10,72
Strato 2	31,36	0,50	31,36	Robertson 1983	45,90