

IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO IMPIANTO "SPOT26" DI POTENZA NOMINALE PARI A 10,55 MW, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUAGNANO (BR)

CONNESSIONE ALLA RTN TRAMITE REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CABINA DI CONSEGNA COLLEGATA IN ANTENNA DALLA FUTURA CABINA PRIMARIA AT/MT "CELLINO"

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU 2V71YQ2

Tav.:	Titolo:
02	Relazione Geologica e Geotecnica

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
-	A4	2V71YQ2_RelazioneGeotecnica 01

Progettazione:	Committente:
 Dott. Ing. Fabio CALCARELLA Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com Pec: fabio.calcarella@ingpec.eu	HEPV07 S.r.l. Via Alto Adige, 160 – 38121 Trento tel +39 0461 1732700 - fax +39 0461 1732799 e.mail: info@heliopolis.eu - pec: hepv21srl@pec.it
4IDEA S.r.l. Via G. Brunetti, 50 - 73019 Trepuzzi tel +39 0832 760144 pec 4ideasrl@pec.it info@studioideaassociati.it	
 D. E. A. ING. GIOVANNI LUCA D'AMATO VIA BENEDETTO CROCE, 23 - 73100 LECCE TEL 0832 1940701 - FAX 0832 1940702 Email: gl.damato@associatidea.com PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Marzo 2022	Prima emissione	GLD	FC	HEPV07 S.r.l.

ING. GIOVANNI

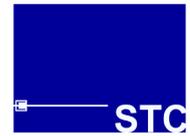
VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE FONDAZIONI

(NTC 2018 CAP. 6 E CIRCOLARE 7/2019 PUNTO C6.2.2.5)

GENERALITA'

OGGETTO	<u>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE "SPOT 26" DI POTENZA PARI A 10,55 MW</u>
COMUNE:	GUAGNANO (LE)
ZONA SISMICA:	ZONA 4
ALTITUDINE:	40M S.L.M.
TIPOLOGIA STRUTTURALE:	STRUTTURA IN ACCIAIO
TIPOLOGIA FONDAZIONI:	FONDAZIONI PROFONDE
NORMATIVA:	D. M. DELLE INFRASTRUTTURE 17/01/2018 CIRCOLARE C. S. LL. PP. N. 7 DEL 12/02/2019
APPROCCIO VERIFICA GEO:	APPROCCIO 2

ING. GIOVANNI
VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07



LUCA D'AMATO
CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



S.T.C. s.r.l.
Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu

INDICE	
0. PREMESSA.....	3
0.1. DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI	7
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	8
2.1. PERICOLOSITÀ SISMICA	8
2.1.1. SITO DI RIFERIMENTO	8
2.1.2. PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	9
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	11
2.2.1. LE CALCARI DI ALTAMURA	14
2.2.2. IDROGEOLOGIA.....	15
2.2.3. INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE	15
2.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI.....	16
3. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE FONDAZIONI.....	18
3.1. CAPACITÀ PORTANTE DEL SINGOLO PALO	19
3.1.1. RESISTENZA ALLA BASE DEL PALO.....	21
3.1.2. RESISTENZA LATERALE DEL PALO.....	21
3.1.2.1 METODO A.....	22
3.1.2.2 METODO B.....	23
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	24

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 – 73100 –
01 – FAX 0832 194 07 02



S.T.C. s.r.l.

Via Vito Mario Stampacchia, 48 – 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

0. PREMESSA

LA PRESENTE RELAZIONE È REDATTA ALLO SCOPO DI SINTETIZZARE GLI ASPETTI GEOTECNICI RELATIVI ALLE STRUTTURE DI FONDAZIONE PREVISTE PER IL PROGETTO DEFINITIVO DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE PER LO SVILUPPO DEL PARCO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE “SPOT 26” PER UNA POTENZA NOMINALE PARI A 10,55 MW, IN AGRO DI GUAGNANO (LE).

LA PARTE INIZIALE DELLA RELAZIONE È DEDICATA AL SINTETICO INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME E, IN MANIERA PIÙ ESTESA, ALLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO SUL QUALE SARANNO REALIZZATI I PANNELLI FOTOVOLTAICI ED ALLA DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI DI FONDAZIONE.

LA PARTE SUCCESSIVA DELLA RELAZIONE È DEDICATA ALLA VERIFICA, ALLO STATO LIMITE ULTIMO, DELLA FONDAZIONE INDIRETTA QUANDO ASSOGGETTATA AD AZIONI SIA VERTICALI CHE ORIZZONTALI. LO STUDIO È STATO SVILUPPATO CONGRUENTEMENTE CON QUANTO PREVISTO DALLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI **[1]**.

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -

01 - FAX 0832 194 07 02



Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella



FIGURA 1: ORTOFOTO DELL'AREA

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu

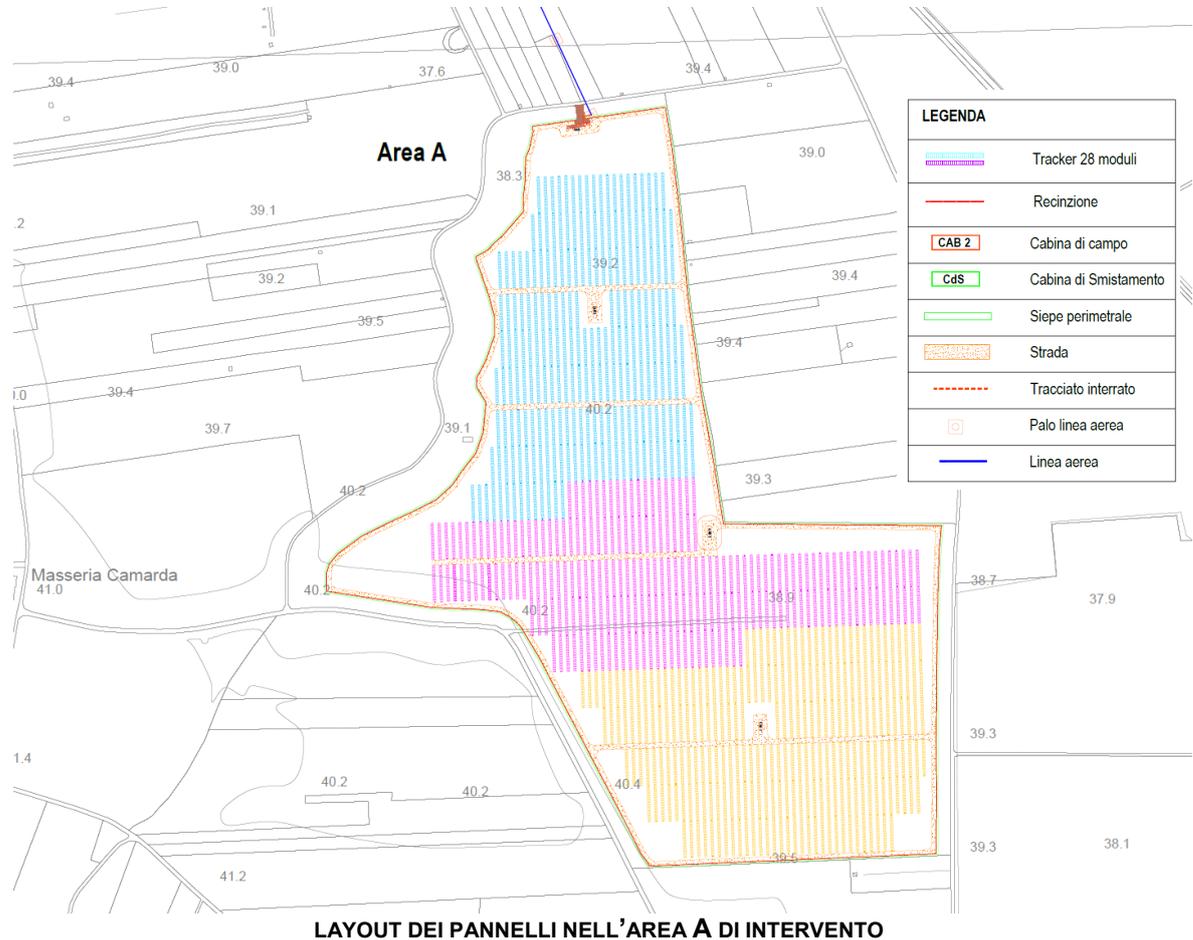


LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella



0.1. DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI

NEL SEGUITO SI FARÀ RIFERIMENTO AL SISTEMA RIPORTATO NELLA SUCCESSIVA FIGURA 3 PER LA DETERMINAZIONE E DESCRIZIONE DELLE AZIONI CHE IMPEGNANO LA STRUTTURA A SOSTEGNO DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI.

LE STRUTTURE A SOSTEGNO DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI RAPPRESENTANO UN "SISTEMA INSEGUITORE" DELLA LUCE SOLARE NELL'ARCO DELLA GIORNATA, CON UNA ROTAZIONE LUNGO UN SOLO ASSE, RAPPRESENTATO DALLA TRAVE LONGITUDINALE CHE SOSTIENE TUTTI I PANNELLI.

LA CONFIGURAZIONE TIPICA DEL SISTEMA INSEGUITORE PREVEDE LA INSTALLAZIONE, SU UNA MEDESIMA LINEA, DI 28 O 14 PANNELLI FOTOVOLTAICI. IL MODULO FOTOVOLTAICO PRESO IN CONSIDERAZIONE IN QUESTA FASE PROGETTUALE HA DIMENSIONI DI 2108 MM X 1048 MM, INSTALLATO CON IL LATO LUNGO PERPENDICOLARE ALL'ASSE DELLA TRAVE DI SOSTEGNO.

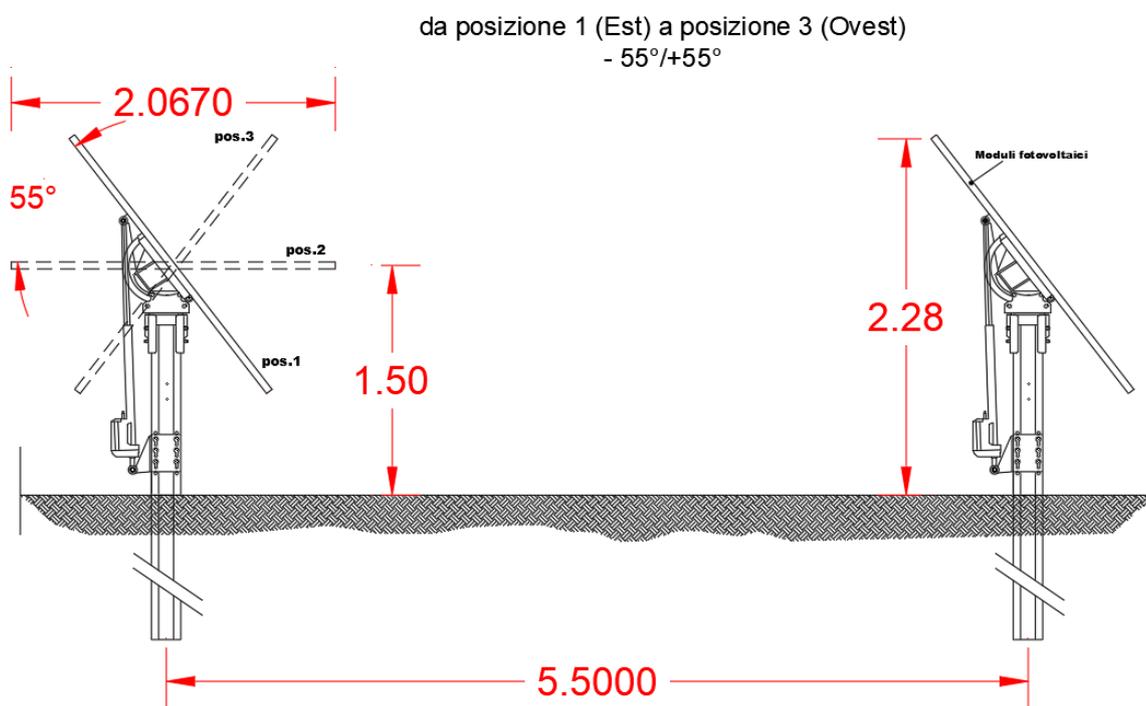


FIGURA 2

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

1.1. PERICOLOSITÀ SISMICA

LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE SECONDO LE NTC 2018 SI DETERMINA ATTRAVERSO UNA GRIGLIA REGOLARE CHE COPRE TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE. NEI NODI DELLA GRIGLIA L'INGV HA CALCOLATO L'ACCELERAZIONE SISMICA MASSIMA ATTESA, IN CONFORMITÀ A QUEST'ULTIMA SONO CALCOLATI I PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.

PARAMETRI DI INGRESSO PER LE FORME SPETTRALI NELLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE AGUAGNANO (LE)

TABELLA 1

LATITUDINE [ED50/WSG84]	LONGITUDINE [ED50/WSG84]
40,422027 / 40.421045	17,92227 / 17.921487
CLASSE DELL'EDIFICIO	IV
VITA NOMINALE STRUTTURA	50 ANNI

1.1.1. SITO DI RIFERIMENTO

POSIZIONE DEL PUNTO (SITO DI INTERESSE) RISPETTO ALLA GRIGLIA REGOLARE CHE COPRE TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE (NODI IN CUI È CALCOLATA L'ACCELERAZIONE SISMICA MASSIMA ATTESA):

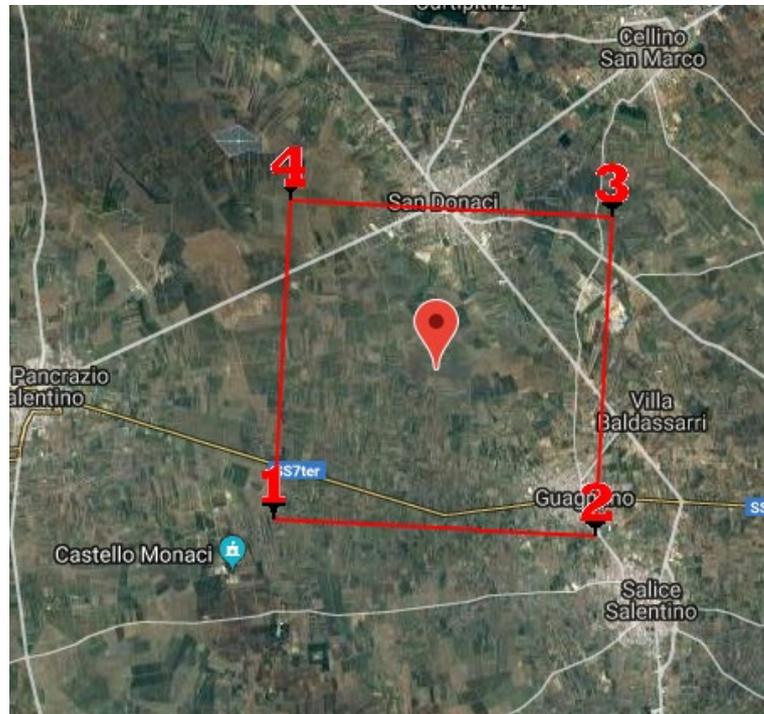


FIGURA 3: QUADRILATERI DI RIFERIMENTO

1.1.2. PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

TABELLA 2: PARAMETRI PER TERRENO TIPO B

“STATO LIMITE”	T_R [ANNI]	A_G [G]	F_0 [-]	T^*_c [S]
OPERATIVITÀ	60	0.022	2.311	0.255
DANNO	101	0.028	2.330	0.331
SALVAGUARDIA VITA	949	0.059	2.582	0.524
PREVENZIONE COLLASSO	1950	0.071	2.702	0.550

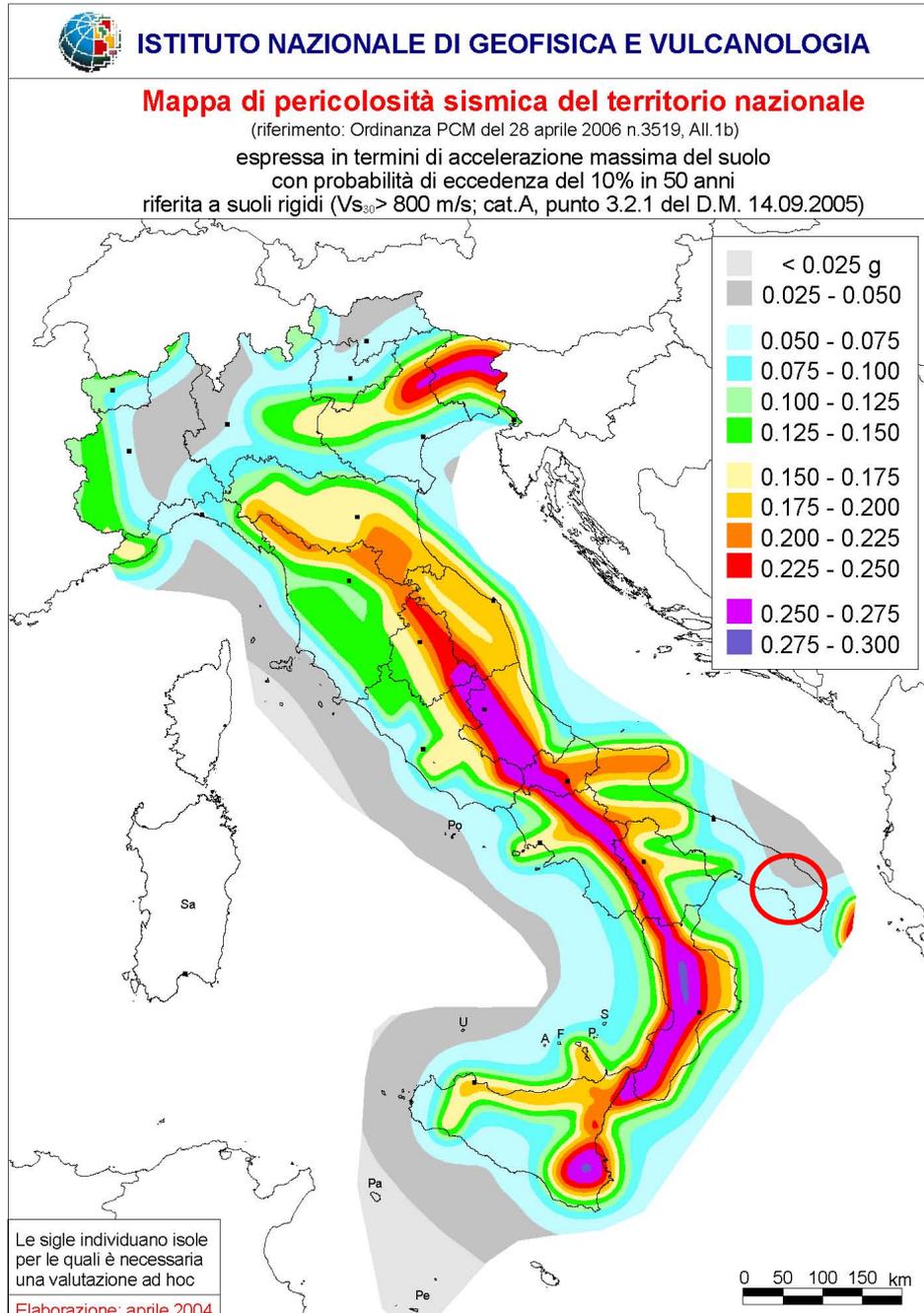


FIGURA 4: MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA – APRILE 2004

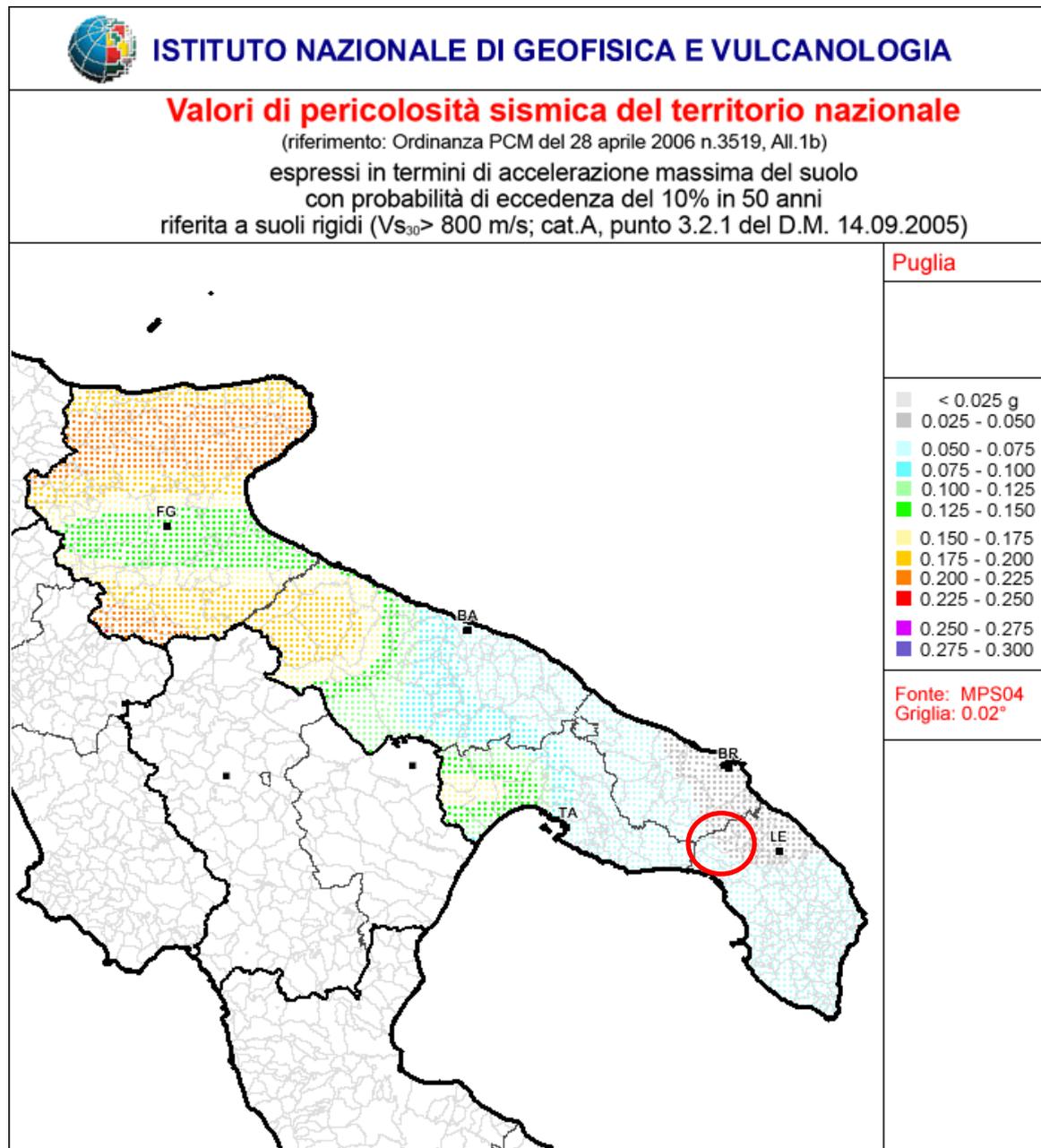


FIGURA 5: MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA IN DETTAGLIO SU AREA D'INTERESSE – APRILE 2004

1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.

IL TERRITORIO SI ESTENDE NELL'AREA NORD - OVEST DEL CAPOLUOGO (LECCE), A NORD OVEST DEL CENTRO ABITATO DI GUAGNANO, POSTA AD UNA QUOTA TOPOGRAFICA DI CIRCA 40M S.L.M..

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

L'AREA INVESTIGATA RICADE SUL MARGINE INTERNO CHE GUARDA A NW DELLA UNITÀ FISIOGRAFICA NOTA IN LETTERATURA GEOLOGICA COME PIANA BRINDISINA O PIANA BRINDISINO - LECCESE.

LA PIANA BRINDISINA È LA PARTE PIÙ SETTENTRIONALE DELLA PENISOLA SALENTINA, CORRISPONDENTE STRUTTURALMENTE AL BACINO DI BRINDISI CHE SUDDIVIDE L'ESTESO AFFIORAMENTO DEL SUBSTRATO CARBONATICO CRETACEO DELLE MURGE DAI MENO RILEVATI ED ESTESI AFFIORAMENTI DEL SALENTO CENTRALE E MERIDIONALE. LA PIANA BRINDISINA È UNA SUPERFICIE TERRAZZATA DEGRADATA DI ETÀ MEDIO-PLEISTOCENICA ATTRAVERSATA DA UNA FITTA RETE IDROGRAFICA ESOREICA ATTIVA, POCO GERARCHIZZATA. LE DIVERSE INCISIONI SI SVILUPPANO IN DIREZIONE GROSSOMODO NORMALE ALLA LINEA DI COSTA ATTUALE.

IN QUESTO SETTORE LA LOCALE SUCCESSIONE STRATIGRAFICA È RAPPRESENTATA DAL BASSO VERSO L'ALTO DALLE SEGUENTI UNITÀ:

- CALCARE DI ALTAMURA (CRETACEO SUPERIORE);
- CALCARENITE DI GRAVINA (PLEISTOCENE INFERIORE);
- DEPOSITI MARINI TERRAZZATI (PLEISTOCENE MEDIO E SUPERIORE);
- DEPOSITI ALLUVIONALI (PLEISTOCENE SUPERIORE).

I LITOTIPI RIFERIBILI AI DEPOSITI MARINI TERRAZZATI AFFIORANO CON CONTINUITÀ IN CORRISPONDENZA DELLA PIANA BRINDISINA. SI TRATTA DI UN COMPLESSO DI PIÙ UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE MESSO IN POSTO SUCCESSIVAMENTE AL CICLO TRASGRESSIVO REGRESSIVO DELLA FOSSA BRADANICA. LA SUCCESSIONE È RAPPRESENTATA IN BASSO DA ARGILLE LIMOSE SABBIOSE DI COLORE GRIGIASTRO (DA NON CONFONDERE CON LE ARGILLE SUBAPPENNINE) SU CUI POGGIANO LIMI SABBIOSI O SABBIE LIMOSE CARBONATICO TERRIGENE CUI SI INTERCALANO LIVELLI CALCARENITICI E VERE E PROPRIE ARENARIE A CEMENTO CALCAREO. LA POTENZA COMPLESSIVA DELLA SUCCESSIONE È PARI A 20 M.

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

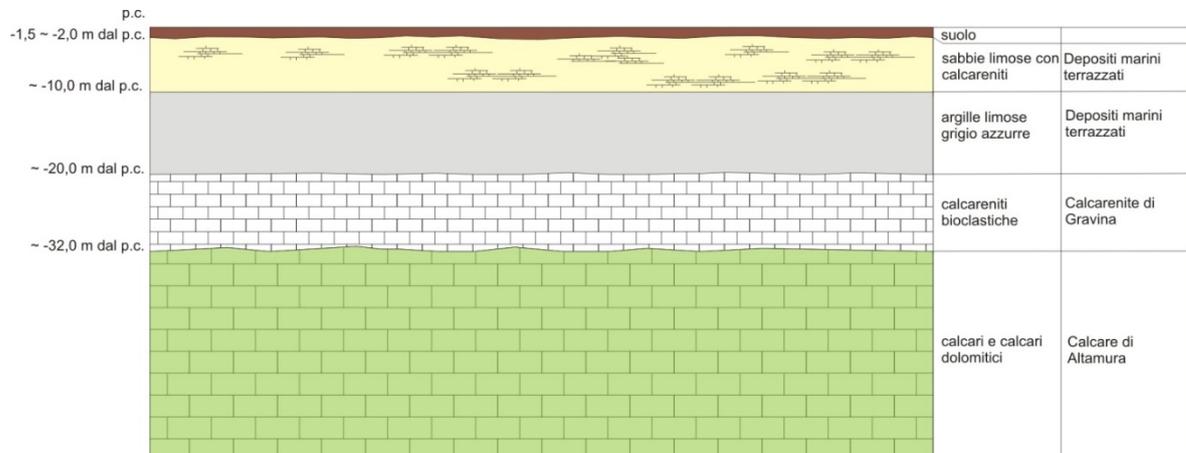
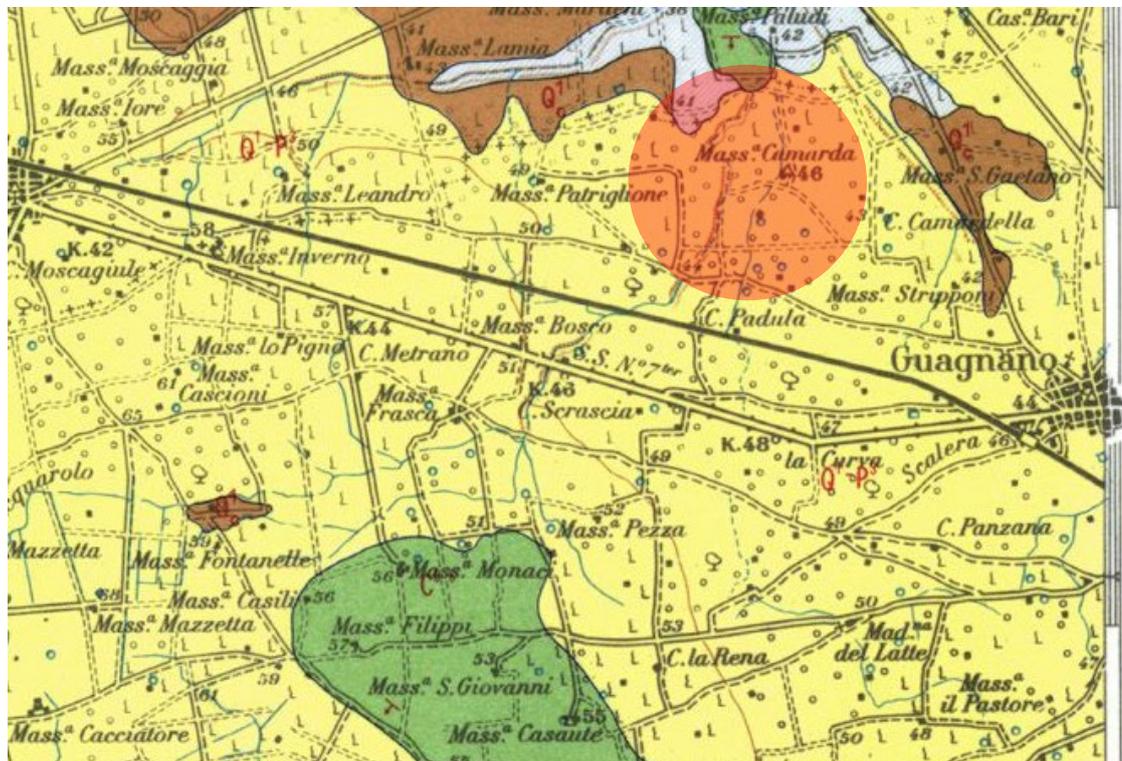


FIGURA 6: STRATIGRAFIA DEL SITO DI INTERESSE



Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrate (Q_1^1); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q_1^2). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEI-STOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

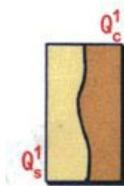


FIGURA 7: STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – BRINDISI FOGLIO 203 – IN ROSSO L'AREA DI INTERESSE

1.2.1. DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

QUESTA FORMAZIONE È PRESENTE IN AFFIORAMENTO IN TUTTE LE AREE INTERESSATE DALL'INTERVENTO.

LA PARTE ESTESAMENTE AFFIORANTE È QUELLA ALTA LIMOSO SABBIOSA LA CUI FRAZIONE GROSSOLANA È RAPPRESENTATA DALLA ASSOCIAZIONE QUARZO E MICA BIANCA. LA FRAZIONE CARBONATICA È COSTITUITA QUASI ESCLUSIVAMENTE DA RESTI E GUSCI INTERI DI OSTREIDI E DI FORAMINIFERI. IL CONTENUTO PALEONTOLOGICO SI CARATTERIZZA PER LA PRESENZA DI UNA

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 – 73100 –
01 – FAX 0832 194 07 02



S.T.C. s.r.l.

Via Vito Mario Stampacchia, 48 – 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

FAUNA SCARSA E POCO DIFFERENZIATA. LA SEDIMENTAZIONE È AVVENUTA PROBABILMENTE IN UN MARE POCO PROFONDO MA COMUNQUE AL DI SOTTO DELLA WAVE BASE. SULLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA I DEPOSITI MARINI TERRAZZATI SONO INDICATI SIA COME FORMAZIONE DI GALLIPOLI CHE COME CALCARENITE DEL SALENTO ED ATTRIBUITI GENERICAMENTE AL QUATERNARIO O AL CALABRIANO. TALI DENOMINAZIONI, NEL QUADRO DELLE RELATIVAMENTE RECENTI NUOVE ACQUISIZIONI SULLA STRATIGRAFIA DELLA PENISOLA SALENTINA, NON HANNO PIÙ RAGIONE DI ESSERE UTILIZZATE QUANTOMENO CON IL LORO SIGNIFICATO ORIGINALE.

I DEPOSITI MARINI TERRAZZATI POSSONO ESSERE RICOPERTI, SOPRATTUTTO IN CORRISPONDENZA DELLE ZONE DEPRESSE DA MODESTI SPESSORI DI DEPOSITI PALUSTRI E ALLUVIONALI.

I TERRENI PIÙ RECENTI PRESENTI NEL SETTORE IN CUI RICADONO I SITI DI PROGETTO SONO RAPPRESENTATI DA ALLUVIONI FINI, LIMOSO SABBIOSE. LE AREE DI AFFIORAMENTO COINCIDONO CON LE DEPRESSIONI ENDOREICHE DOVE SI RACCOLGONO LE ACQUE DI PIOGGIA. LO SPESSORE DI QUESTI TERRENI È CONTENUTO IN POCHI METRI.

1.2.2. IDROGEOLOGIA

DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO, SI È APPURATA LA PRESENZA DI UNA SOLA FALDA ACQUIFERA PROFONDA CONOSCIUTA COME FALDA COSTIERA O CARSICA AD UNA PROFONDITÀ DI CIRCA 35 M.

1.2.3. INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE

IL PROGRAMMA D'INDAGINI GEOGNOSTICHE, PER LA REDAZIONE DEL PRESENTE PROGETTO DEFINITIVO, ELABORATO CON IL GEOLOGO DOTT. GIANLUCA SELLERI, È STATA ESEGUITA IN OTTEMPERANZA AL D.M. 17/01/2018 E AL D.M. LL. PP. DEL 11/03/1988.

TALE ATTIVITÀ, PROGETTATA CON LO SCOPO DI ACCERTARE LA COSTITUZIONE DEL SOTTOSUOLO E DI VALUTARE LE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI LITOTIPI PRESENTI, È STATA CONDOTTA ESEGUENDO LE SEGUENTI INDAGINI:

- N. 1 INDAGINE GEOFISICA DI TIPO INDIRETTO UTILIZZANDO IL METODO MASW.

PER MAGGIORI DETTAGLI SUI RISULTATI SI RIMANDA ALLA RELAZIONE GEOLOGICA REDATTA DAL GEOLOGO DOTT. GIANLUCA SELLERI, DOCUMENTO CHE COSTITUISCE PARTE INTEGRANTE DELLA PRESENTE RELAZIONE GEOTECNICA.

1.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI

LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE È STATA REDATTA SULLA BASE DELL'INTERPRETAZIONE DELLE SPECIFICHE PROVE IN SITO. DAI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E DALLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA SI SONO DESUNTE LE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE PER LE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INTERESSATE DALLA COSTRUZIONE DELL'OPERA.

TABELLA 3: CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI SUBSTRATI RINVENUTI NEL SITO DI INTERESSE

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coef. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ex [MPa]
1	1.14	1.14	340.99	709.83	1600.00	0.35	186.04	806.17	558.12	502.30
2	2.20	1.06	458.27	930.74	1700.00	0.34	357.01	1472.68	996.66	956.79
3	3.26	1.06	673.53	1337.11	1810.00	0.33	821.08	3236.03	2141.25	2184.08
4	3.76	0.50	571.61	1160.95	1730.00	0.34	565.26	2331.68	1578.01	1514.89
5	4.76	1.00	602.67	1196.45	1770.00	0.33	642.89	2533.76	1676.56	1710.10
6	5.81	1.05	662.36	1287.40	1830.00	0.32	802.87	3033.05	1962.56	2119.57
7	7.39	1.58	709.27	1378.58	1830.00	0.32	920.62	3477.89	2250.40	2430.43
8	12.17	4.78	1010.88	1891.18	2020.00	0.30	2064.19	7224.68	4472.42	5366.90
9	19.79	7.62	1268.09	2372.37	2100.00	0.30	3376.89	11819.12	7316.60	8779.92
10	20.83	1.04	868.33	1624.50	1980.00	0.30	1492.93	5225.24	3234.68	3881.61
11	22.81	1.99	809.00	1572.42	1930.00	0.32	1263.16	4771.93	3087.72	3334.74
12	38.49	15.67	688.84	1338.87	1880.00	0.32	892.07	3370.04	2180.62	2355.06
13	∞	∞	569.98	1131.55	1850.00	0.33	601.03	2368.75	1567.38	1598.73

coesione media $c = 100$ kPa

angolo di attrito interno $\phi = 25^\circ - 30^\circ$

GLI STRATI INTERESSATI DALLE FONDAZIONI PROFONDE SONO LO STRATO 01 E LO STRATO 02 (IN ROSSO)

N.B.: CON IL PROGETTO ESECUTIVO SARANNO ESEGUITE INDAGINI GEOGNOSTICHE SU OGNI SITO DI COSTRUZIONE, CON RELATIVO APPROFONDIMENTO DEI CARATTERI GEOTECNICI DEI VARI LITOTIPI RICONTRATI IN QUESTA FASE DI INDAGINE.

AVENDO DETERMINATO CON LE PROVE UNA VELOCITÀ $V_{s,30}$ PARI A:

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



S.T.C. s.r.l.
Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

-
- CIRCA 645 M/SEC => IL TERRENO RIENTRA NELLA CATEGORIA "B" DI [1];

2. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE FONDAZIONI

LE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE HANNO RESTITUITO PARAMETRI DI CARATTERIZZAZIONE ELASTICA DEI SUOLICHE SUGGERISCONO, VISTO:

- L'IMPEGNO STATICO A CUI SARANNO SOGGETTI I TERRENI DI FONDAZIONE;
- IL DISPOSTO NORMATIVO CHE VIETA L'UTILIZZO DI QUALSIASI CONGLOMERATO PER LA REALIZZAZIONE DELLE FONDAZIONI;

DI AFFIDARE LA PORTANZA A STRUTTURE DI FONDAZIONE A:

- "PALI DI FONDAZIONE IN ACCIAIO BATTUTI" DELLA PROFONDITÀ COMPLESSIVA DI 1,60 M E SEZIONE IN ACCIAIO SCATOLARE, PROFILATO A CALDO, DIMENSIONE 220x220x6 MM;
- I TERRENI DI RICOPRIMENTO SONO CONSIDERATI AI FINI DELLA RESISTENZA DELLA FONDAZIONE.

I TERRENI RICONTRATI NELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO SONO CLASSIFICATI COME TERRENO BRUNASTRO (SUOLO, CIRCA 120 CM) SU LIMI SABBIOSI ED ARGILLE CON LENTI CALCARENITICHE.

ESPERIENZE PREGRESSE HANNO DIMOSTRATO CHE, NONOSTANTE LE LENTI CALCARENITICHE, È POSSIBILE REALIZZARE LA FONDAZIONE DELLE STRUTTURE MEDIANTE LA "BATTITURA DIRETTA DEI PALI" NEL TERRENO.

NEI CASI IN CUI TALE ATTIVITÀ RISULTI IMPOSSIBILE (IPOTESI PIUTTOSTO REMOTA MA PLAUSIBILE NEL CASO SPECIFICO) PER LA PRESENZA DI LENTI CALCARENITICHE TENACI E POTENTI, SI PREVEDE:

- SI REALIZZINO DEI PREFORI, DI ADEGUATO DIAMETRO, RIEMPITI POI CON GRANIGLIA DI ROCCIA, A SECCO (OVVERO SENZA L'AUSILIO DI AGGREGANTI O CEMENTI DI ALCUN TIPO), DELLA STESSA NATURA DEL TERRENO DI FONDAZIONE;
- SI PROCEDA CON LA BATTITURA DEL PALO NEL PREFORO COLMO DI GRANIGLIA.

LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA IN FONDAZIONE SONO CONDOTTE NEI RIGUARDI DELLO STATO LIMITE ULTIMO E DELLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO.

LE VERIFICHE NEI RIGUARDI DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) PREVISTE DALLA NORMATIVA SONO:

EQU: PERDITA DI EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA, DEL TERRENO O DELL'INSIEME TERRENO-STRUTTURA, CONSIDERATI COME CORPI RIGIDI;

STR: RAGGIUNGIMENTO DELLA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI, COMPRESI GLI ELEMENTI DI FONDAZIONE;

GEO: RAGGIUNGIMENTO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA STRUTTURA CON SVILUPPO DI MECCANISMI DI COLLASSO DELL'INSIEME TERRENO-STRUTTURA;

ULP: PERDITA DI EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA O DEL TERRENO, DOVUTA ALLA SOTTO-SPINTA DELL'ACQUA (GALLEGGIAMENTO);

HYD: EROSIONE E SIFONAMENTO DEL TERRENO DOVUTA A GRADIENTI IDRAULICI.

VERIFICHE EQU: L'EDIFICIO È SOGGETTO AD AZIONI DI TIPO VERTICALE E ORIZZONTALE. COME SI EVINCE DAL DIAGRAMMA DELLE PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE, QUESTE ULTIME SONO TUTTE DI COMPRESSIONE. PERTANTO ESSENDO LE PRESSIONI DI COMPRESSIONE, SICURAMENTE NON SI HANNO FENOMENI DI PERDITA DI EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA.

VERIFICHE STR: LE VERIFICHE DI RESISTENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DI FONDAZIONE SONO STATE ESEGUITE CONTESTUALMENTE ALLA VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN ELEVAZIONE. LE RELATIVE VERIFICHE SONO RIPORTATE NELLA RELAZIONE DI CALCOLO;

VERIFICHE GEO: LE VERIFICHE DI RESISTENZA DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA STRUTTURA SONO CONDOTTE CONFRONTANDO I VALORI DI RESISTENZA CON QUELLI DI PROGETTO, SECONDO L'**APPROCCIO 2**, COME RIPORTATO NELLE PAGINE SEGUENTI.

VERIFICHE UPL E HYD : POICHÉ NEL TERRENO DI FONDAZIONE RISCOSTRATO IN SITO NON VI È LA PRESENZA DI FALDA AFFIORANTE E/O SUPERFICIALE, NON SI HANNO FENOMENI DI GALLEGGIAMENTO O DI SIFONAMENTO.

2.1. CAPACITÀ PORTANTE DEL SINGOLO PALO

LA VERIFICA È EFFETTUATA CON RIFERIMENTO ALL'APPROCCIO 2 DI **[1]**. IN PRIMA ISTANZA VENGONO DETERMINATE LE "RESISTENZE CALCOLATE", PER POI INDIVIDUARE LE "RESISTENZE

CARATTERISTICHE” E LE “RESISTENZE DI PROGETTO”. INFINE, QUESTE ULTIME SONO POSTE A CONFRONTO CON LE AZIONI DI PROGETTO, COSÌ COME INDIVIDUATE DAL PROGETTISTA STRUTTURALE, PER VERIFICARE LA DISUGUAGLIANZA PRESCRITTA DALLA NORMA.

NEL CASO IN ESAME LA RESISTENZA DI CALCOLO COINCIDE CON IL CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO SOGGETTO A FORZE VERTICALI, Q_L , CHE È ESPRESSO DALLA SOMMA DELLA RESISTENZA MOBILITATA ALLA BASE, Q_{LB} , E DELLA RESISTENZA MOBILITATA LUNGO IL FUSTO, Q_{LS} .

LA DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE CARATTERISTICHE SI EFFETTUA DIVIDENDO I VALORI DEI CONTRIBUTI ALLA PUNTA E LATERALE PER IL FATTORE DI CORRELAZIONE ξ , DEFINITO NELLA TABELLA 6.4.IV DEL CAPITOLO 6 DELLA NORMA. CONSIDERATO IL NUMERO DI VERTICALI INDAGATE (UNA PER PALO) NON POSSIAMO CHE CONSIDERARE I VALORI MASSIMI PREVISTI IN NORMATIVA.

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

LA DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE DI PROGETTO È, INFINE, EFFETTUA CON RIFERIMENTO AI COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_b = 1.35$ (COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA BASE DEL PALO) E $\gamma_s = 1.15$ (COEFFICIENTE DI SICUREZZA LATERALE DEL PALO), COME DA TABELLA 6.4.II DELLA NORMA.

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

2.1.1. RESISTENZA ALLA BASE DEL PALO

IN GENERE IL TERMINE DI CAPACITÀ PORTANTE DI PUNTA Q_p DI PALI IN TERRENO COESIVO CONTRIBUISCE IN MANIERA MODESTA (10%-20%) ALLA CAPACITÀ PORTANTE TOTALE. PER LA STIMA DI Q_p SI ESEGUE UN'ANALISI IN CONDIZIONI NON DRENATE, IN TERMINI DI TENSIONI TOTALI. L'EQUAZIONE DI RIFERIMENTO È FORMALMENTE IDENTICA A QUELLA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENO COESIVO IN CONDIZIONI NON DRENATE:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot (c_u \cdot N_c + \sigma_{v0,p})$$

IN CUI A_p È L'AREA DI BASE DEL PALO, Q_p È LA CAPACITÀ PORTANTE UNITARIA, c_u È LA RESISTENZA AL TAGLIO IN CONDIZIONI NON DRENATE DEL TERRENO ALLA PROFONDITÀ DELLA BASE DEL PALO, $\sigma_{v0,p}$ È LA TENSIONE VERTICALE TOTALE ALLA PUNTA, E N_c È UN FATTORE DI CAPACITÀ PORTANTE, IL CUI VALORE È ASSUNTO PARI A 9. MOLTO SPESSO IL PESO DEL PALO W_p E IL TERMINE $A_p \sigma_{v0,p}$ SONO TRASCURATI, POICHÉ QUASI SI COMPENSANO, E SI PONE:

$$Q_p = 9 c_u A_p$$

IN TERRENI COESIVI SOVRACONSOLIDATI, E QUINDI SPESSO FESSURATI, È OPPORTUNO INTRODURRE UN FATTORE DI RIDUZIONE R_c CHE, SECONDO MEYERHOF, PUÒ ESSERE CALCOLATO NEL MODO SEGUENTE, IN FUNZIONE DEL DIAMETRO D DEL PALO (IN METRI):

$$R_c = \frac{D+1}{2 \cdot D+1} \leq 1$$

2.1.2. RESISTENZA LATERALE DEL PALO

LA CAPACITÀ PORTANTE PER ADERENZA E/O PER ATTRITO LATERALE PER UN PALO DI DIAMETRO D E LUNGHEZZA L È PER DEFINIZIONE:

$$Q_s = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

LE TENSIONI TANGENZIALI LIMITE DI ATTRITO E/O DI ADERENZA LATERALE ALL'INTERFACCIA TRA LA SUPERFICIE DEL PALO E IL TERRENO COESIVO SATURO CIRCOSTANTE, τ_s , SONO MOLTO

DIFFICILI DA VALUTARE ANALITICAMENTE, POICHÉ DIPENDONO DAL GRADO DI DISTURBO E DALL'ALTERAZIONE DELLE PRESSIONI EFFICACI E INTERSTIZIALI CHE LE MODALITÀ DI COSTRUZIONE DEL PALO PRODUCONO NEL TERRENO. SUL PIANO QUALITATIVO IL FENOMENO È ABBASTANZA CHIARO, MA PER UNA VALUTAZIONE QUANTITATIVA È NECESSARIO RICORRERE A SEMPLIFICAZIONI DRASTICHE E AD UNA BUONA DOSE DI EMPIRISMO. I METODI ATTUALMENTE PIÙ UTILIZZATI SONO DUE, IL **METODO α** E IL **METODO β** .

NEL SEGUITO SONO ESPOSTI ENTRAMBI I METODI E LE ANALISI NUMERICHE SONO AFFRONTATE PER ENTRAMBE LE METODOLOGIE MA, PER COERENZA FORMALE E SOSTANZIALE, IL PROGETTO È CALIBRATO SUL **METODO β** , VISTA LA CONTEMPORANEA PRESENZA DI TERRENI COERENTI E INCOERENTI.

2.1.2.1 METODO α

SI ASSUME CHE LE TENSIONI TANGENZIALI LIMITE SIANO UNA QUOTA PARTE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA ORIGINARIA DEL TERRENO INDISTURBATO:

$$T_s = \alpha c_u$$

IN CUI α È UN COEFFICIENTE EMPIRICO DI ADERENZA CHE DIPENDE DAL TIPO DI TERRENO, DALLA RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA DEL TERRENO INDISTURBATO, DAL METODO DI COSTRUZIONE DEL PALO, DAL TEMPO, DALLA PROFONDITÀ, DAL CEDIMENTO DEL PALO.

TABELLA 4: VALORI INDICATIVI AGI DEL COEFFICIENTE DI ADERENZA α PER PALI IN TERRENI COESIVI SATURI

<i>Tipo di palo</i>	<i>Materiale</i>	<i>c_u (kPa)</i>	<i>α</i>	<i>$\alpha c_{u,max}$ (kPa)</i>
Trivellato (con asportazione di terreno)	Calcestruzzo	≤ 25	0,90	100
		25 - 50	0,80	
		50 - 75	0,60	
		> 75	0,40	

TABELLA 5: VALORI INDICATIVI (A.P.I. 1984) DEL COEFFICIENTE DI ADERENZA α PER PALI IN TERRENI COESIVI SATURI

$c_u < 25$	$\alpha = 1$
$25 < c_u < 75$	$\alpha = -0,01 c_u + 1,25$
$75 < c_u$	$\alpha = 0,5$

TABELLA 6: VALORI INDICATIVI (VIGGIANI 1999) DEL COEFFICIENTE DI ADERENZA α PER PALI IN TERRENI COESIVI SATURI

$c_u < 25$	$\alpha = 0,7$
$25 < c_u < 70$	$\alpha = 0,7 - 0,008 (c_u - 25)$
$70 < c_u$	$\alpha = 0,35$

2.1.2.2 METODO β

SI ASSUME CHE LE SOVRAPPRESSIONI INTERSTIZIALI CHE SI GENERANO DURANTE LA MESSA IN OPERA DEL PALO SI SIANO DISSIPATE AL MOMENTO DI APPLICAZIONE DEL CARICO, E CHE PERTANTO LA TENSIONE TANGENZIALE LIMITE POSSA ESSERE VALUTATA, CON RIFERIMENTO ALLE TENSIONI EFFICACI, NEL MODO SEGUENTE:

$$\tau_s = \sigma'_h \cdot \tan \delta = K \cdot \sigma'_{v0} \cdot \tan \delta = \beta \cdot \sigma'_{v0}$$

UNA DELLE CORRELAZIONI DI IMPIEGO PIÙ FREQUENTE È QUELLA PROPOSTA DA MEYERHOF (1976), SUCCESSIVAMENTE CONFERMATA DA SHIOI E FUKUI (1982), IN CUI ESPRIMENDO Q_s IN kN/m^2 SI PUÒ ASSUMERE:

$$Q_s = \beta \sigma_{v0} = N_{\text{SPT}}$$

ANCHE PER I TERRENI INCOERENTI SI UTILIZZA IL METODO β .

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

NEL CORSO DELLA RELAZIONE SI È FATTO RIFERIMENTO A VARIE NORME E PUBBLICAZIONI TECNICHE ELENcate QUI DI SEGUITO. SI PRECISA CHE I NUMERI MANCANTI RIGUARDANO RIFERIMENTI CONTENUTI IN ARCHIVIO, NON UTILIZZATI NELLA PRESENTE RELAZIONE.

- [1] D.M. 17.01.2018 –AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
- [2] CIRCOLARE N. 7/C.S.LL.PP. DEL 12/02/2019
- [3] LEGGE 5 NOVEMBRE 1971 N. 1086 - NORME PER LA DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO ED A STRUTTURA METALLICA.
- [4] CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 14 FEBBRAIO 1974, N.11951 - “APPLICAZIONE DELLE NORME SUL CEMENTO ARMATO”.
- [5] CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 25 GENNAIO 1975, N.13229 - “L’IMPIEGO DI MATERIALI CON ELEVATE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PER CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO.
- [6] • C.N.R. - UNI 10011-97 - “COSTRUZIONI DI ACCIAIO: ISTRUZIONI PER IL CALCOLO, L’ESECUZIONE, IL COLLAUDO E LA MANUTENZIONE”.
- [7] • OPCM 3274 D.D. 20/03/2003 S.M.I. – “PRIMI ELEMENTI IN MATERIA DI CRITERI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE E DI NORMATIVE TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA”, E SUCCESSIVE MODIFICHE E INTEGRAZIONI (OPCM 3431 03/05/05).
- [8] D.M.LL.PP. 20 NOVEMBRE 1987 – “NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE, ESECUZIONE E COLLAUDO DEGLI EDIFICI IN MURATURA E PER IL LORO CONSOLIDAMENTO”.
- [9] CIRC. MIN.LL.PP. N.11951 DEL 14 FEBBRAIO 1992 - CIRCOLARE ILLUSTRATIVA DELLA LEGGE N. 1086.
- [10] D.M. 14 FEBBRAIO 1992 - NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE, PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE.
- [11] CIRC. MIN.LL.PP. N.37406 DEL 24 GIUGNO 1993 – ISTRUZIONI RELATIVE ALLE NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN C.A. NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE DI CUI AL D.M. 14 FEBBRAIO 1992.
- [12] D.M. 9 GENNAIO 1996 – NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE.
- [13] CIRC. MIN. LL.PP. 15.10.1996 n.252 AA.GG./S.T.C. - ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE DELLE «NORME TECNICHE PER IL CALCOLO E L’ESECUZIONE ED IL COLLAUDO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE» DI CUI AL D.M. 09.01.1996.
- [14] D.M. 16 GENNAIO 1996 – NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI GENERALI

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

- PER LA VERIFICA DI SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E SOVRACCARICHI
- [15] CIRC. MIN.LL.PP. N.156AA.GG./S.T.C. DEL 4 LUGLIO 1996 – ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE "NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI GENERALI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E SOVRACCARICHI" DI CUI AL D.M. 16 GENNAIO 1996.
 - [16] D.M. 16.1.1996 - NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE
 - [17] CIRC. MIN. LL.PP. 10.4.1997, N. 65 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE "NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE" DI CUI AL D.M. 16 GENNAIO 1996
 - [18] EUROCODICE 1 - BASI DI CALCOLO ED AZIONI SULLE STRUTTURE
 - [19] EUROCODICE 2 - PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO
 - [20] EUROCODICE 3 - PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI ACCIAIO
 - [21] EUROCODICE 4 - PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO
 - [22] EUROCODICE 5 - PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI LEGNO
 - [23] EUROCODICE 6 - PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI MURATURA
 - [24] EUROCODICE 7 - PROGETTAZIONE GEOTECNICA
 - [25] EUROCODICE 8 -INDICAZIONI PROGETTUALI PER LA RESISTENZA SISMICA DELLE STRUTTURE

LECCE, NOVEMBRE 2019

ING, GIOVANNI LUCA D'AMATO

ING. GIOVANNI

VIA BENEDETTO
LECCE
TEL. 0832 194 07

Email:
gl.damato@associatidea.com
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



LUCA D'AMATO

CROCE, 23 - 73100 -
01 - FAX 0832 194 07 02



Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA:

RELAZIONI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI INDIRETTE PROFONDE ESEGUITE CON IL SOFTWARE MODEST VER. 8.21.