

REGIONE PUGLIA**PROVINCIA DI BARI****COMUNE DI ALTAMURA**

Denominazione impianto:

LA MARINELLA

Ubicazione:

Comune di Altamura (BA)
Località "La Marinella"

Foglio: 256 / 238 / 242 / 243 / 246

Particelle: varie

PROGETTO DEFINITIVO

di un Parco Eolico composto da n. 5 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,6 MW, di potenza complessiva pari a 33 MW da ubicarsi in agro del comune di Altamura (BA) località "La Marinella", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicarsi in agro del comune di Matera (MT).

PROPONENTE


LA MARINELLA S.r.l.
 VIA ANDREA GIORGIO n.20
 ALTAMURA (BA) - 70022
 P.IVA 08533880723
 PEC: parcomarinella@pec.it
Codice Autorizzazione Unica Y1RLLJ0

ELABORATO

Relazione Geologica

Tav. n°

3RG

Scala

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Aprile 2022	Istanza VIA art.23 D.Lgs 152/06 – Istanza Autorizzazione Unica art.12 D.Lgs 387/03			

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. SAVERIO GRAMEGNA
 Via Caduti di Nassiriya n.179
 70022 Altamura (BA)
 Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443
 PEC: saverio.gramegna@ingpec.eu
 Cell: 3286812690



Spazio riservato agli Enti

IL TECNICO

Geol. Pietro PEPE Via Mauro Porzia 7
 70022 Altamura (BA)
 Ordine dei Geologi della Regione Puglia n. 402
 PEC: pietropepe@epap.sicurezza postale.it



SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO DELL'AREA.....	4
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
3.1	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA LOCALE.....	7
3.2	MORFOLOGIA E TETTONICA	8
3.3	IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA	9
3.3.1	<i>Terre permeabili per porosità interstiziale.....</i>	<i>11</i>
3.3.2	<i>Terre scarsamente permeabili o impermeabili</i>	<i>11</i>
4	ANALISI DEI VINCOLI PAESAGGISTICI	12
4.1	VINCOLI DEL PPTR	12
4.2	PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	12
5	CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE.....	14
5.1	INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO	19
5.2	STRATEGIA DI PROGETTAZIONE.....	30
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	32
6.1	DEPOSITI CONGLOMERATICI	32
6.2	DEPOSITI SABBIOSI	32
6.3	DEPOSITI SABBIOSO-CALCARENITICI.....	32
6.4	DEPOSITI ALLUVIONALI	32
6.5	ARGILLE	33
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33

RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR);
- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – “Carta del Rischio”;
- Azzaroli A, Radina B., Ricchetti G e Valduga A. (1968) – “Note illustrative della Carta Geologica D’Italia, scala 1:100.000, Foglio 189 Altamura”;
- Ciaranfi N et al (1983) - “Carta Neotettonica dell’Italia Meridionale”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – “Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture”, Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/ “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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006);
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 “Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi”
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b “Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”;
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: “Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4 ...Omissis...”.
- “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);
- NTC – Circolare n. 7/2019 – Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”.

1 PREMESSA

A supporto dei lavori per la realizzazione del **“Progetto definitivo di un Parco Eolico composto da n. 5 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,6 MW, di potenza complessiva pari a 33 MW da ubicarsi in agro del comune di Altamura (BA) località “La Marinella”, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicarsi in agro del comune di Matera (MT).”** la società GRM Group Srl ha commissionato allo scrivente, Dott. Geol. Pietro Pepe la redazione della seguente *Relazione Geologica*.

Alla luce delle opere da realizzarsi sono stati affrontati gli aspetti geologico-stratigrafici e geotecnici del sito in esame ed è stato condotto uno studio finalizzato a:

- verificare la vincolistica paesaggistica gravante sul territorio relativamente alle perimetrazioni del PPTR della Regione Puglia riguardo le aree SIC (Siti di Interesse Comunitario), ZPS (Zone di Protezione Speciale), nonché le prescrizioni di base fissate dal Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale sede della Basilicata;
- verificare la presenza di situazioni stratigrafiche anomale che possano infirmare la sicurezza delle opere in fase di realizzazione;
- evidenziare i livelli interessati dalle fondazioni;
- dare informazioni utili al fine di determinare la capacità portante ammissibile del terreno di fondazione;
- rilevare l’eventuale presenza della falda idrica e analizzare eventuali fenomeni d’interferenza con la struttura in elevazione;

In questa fase preliminare, non verranno eseguite indagini geognostiche. Tuttavia in fase esecutiva, al fine del deposito al Genio Civile sarà necessaria una campagna di indagini geognostiche, al fine di caratterizzare il terreno di fondazione dal punto di vista sismico e geotecnico.

Le indagini sono generalmente utili a conoscere le caratteristiche del sottosuolo e individuare eventuali criticità presenti in corrispondenza delle aree interessate dalle opere in progetto.

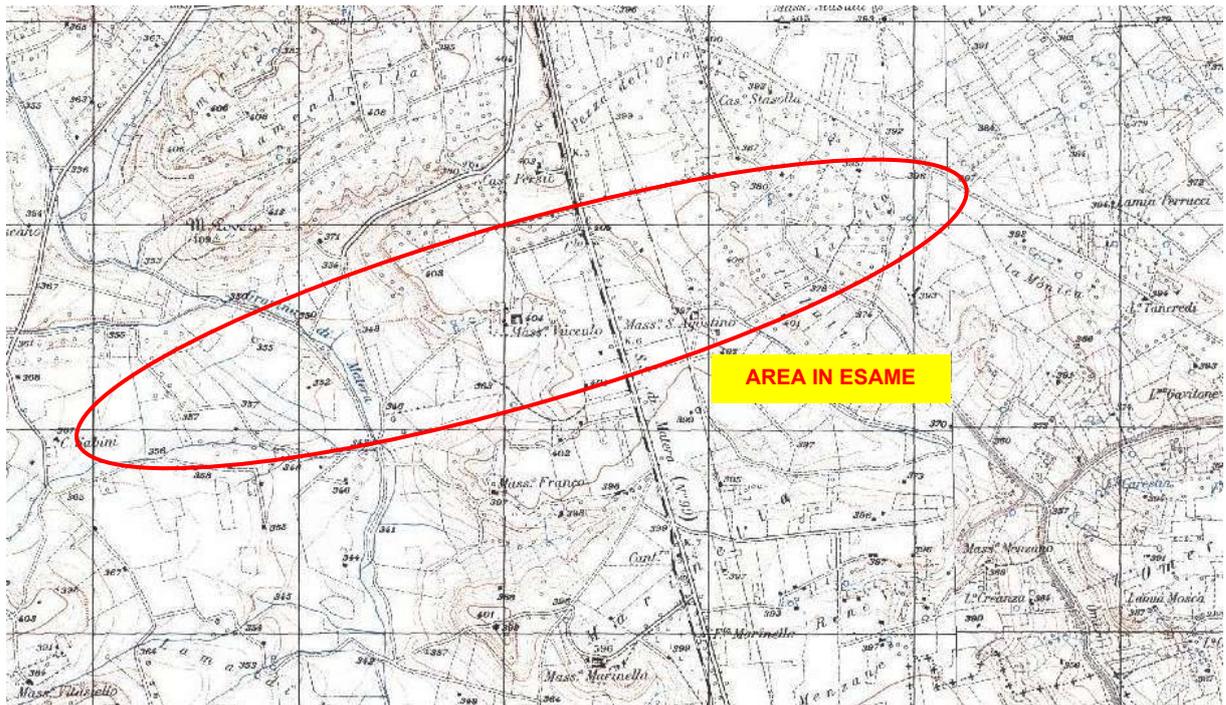
In questa fase, al fine di redigere la presente Relazione Geologica, lo scrivente ha potuto eseguire sopralluoghi sul sito in esame allo scopo di tracciarne i caratteri geologici di superficie, inquadrare l’area in oggetto nel contesto geologico regionale ed ottenere così un quadro generale della situazione. È, inoltre, stata consultata la biblio-cartografia esistente oltre che i dati ottenuti da altri lavori professionali eseguiti in aree adiacenti e geologicamente analoghe.

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA

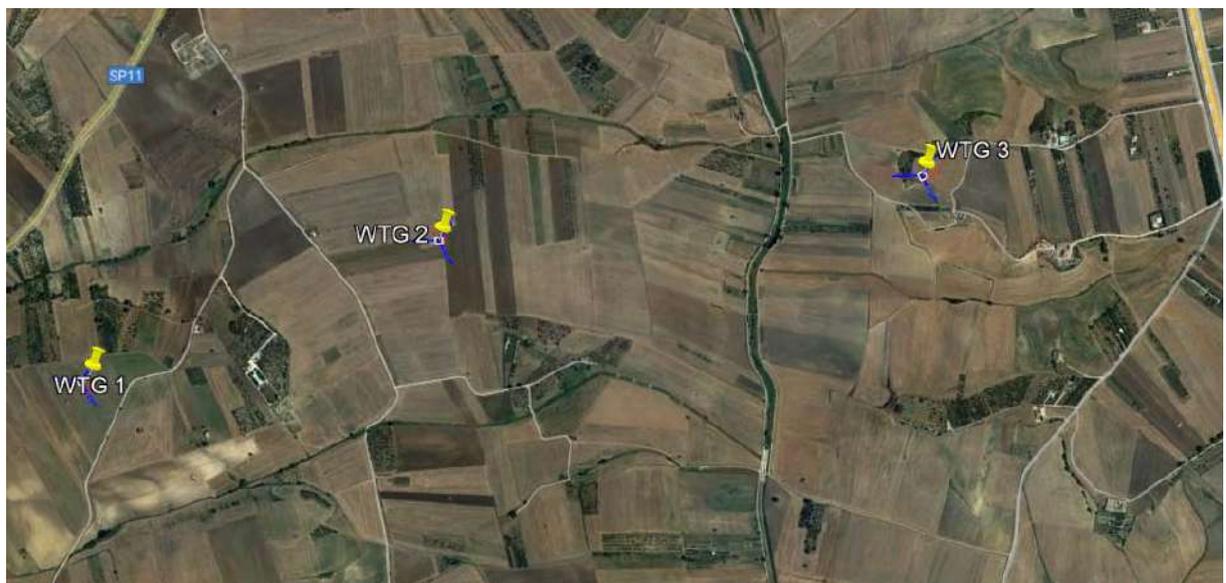
2.1 Inquadramento geografico

Il progetto prevede la realizzazione di 5 pale eoliche da ubicare a sud del centro urbano del Comune di Altamura in Zona Marinella, in un'area compresa tra SP11 e SP28. Tale area è a vocazione prettamente agricola (fig. 1).

Fig.1 - Stralcio Foglio IGM della Carta di Italia 1:25000 con ubicazione dell'area in esame



In particolare le pale WTG 1÷3 sono posizionate tra SP11 e SS99 mentre WTG 4 e 5 tra SS99 e SP28.





3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame ricade nel F° 189 della Carta Geologica D'Italia e si colloca a Sud del centro abitato di Altamura a quote comprese tra 368 e 405mt s.l.m, sui terreni appartenenti alla successione di Avanfossa Bradanica.

La storia geologica dell'area è legata agli eventi geologici che hanno interessato da un lato il versante murgiano e dall'altro il versante bradanico, proprio per la sua collocazione in un'area di transizione tra la Fossa Bradanica e le Murge, rispettivamente il settore di avanfossa e di avampaese nell'ambito del sistema orogenico appenninico meridionale.

La Fossa Bradanica rappresenta il bacino di sedimentazione plio-pleistocenico compreso fra la catena appenninica meridionale ad ovest e le murge ad est.

Nel Pliocene medio l'ampiezza del bacino di avanfossa si riduce notevolmente con deposizione nel bacino subsidente di coltri alloctone provenienti dal margine della catena.

Dal Pliocene superiore al Pleistocene inferiore l'area di avanfossa, come vasti settori dell'avampaese apulo, subiscono progressivi e marcati abbassamenti per subsidenza.

Nel Pleistocene continua la migrazione longitudinale dell'avanfossa verso SE. Dal Pleistocene medio sia l'area di avanfossa che quella di avampaese furono soggette a più fasi di sollevamento regionale differenziato, più marcato sul lato appenninico.

Nel complesso di sedimenti a stragrande predominanza silicoclastica, che caratterizza l'intero ciclo bradanico, abbiamo alla base della successione orientale della Fossa bradanica la formazione della Calcarene di Gravina trasgressiva sul versante murgiano con evidente discordanza angolare sui calcari cretacei (Calcere di Altamura).

Le Argille subappennine rappresentano il primo deposito silicoclastico sul bordo murgiano della Fossa Bradanica la cui sedimentazione più ad occidente dell'area in esame comincia nel Pliocene e prosegue fino al Pleistocene con lo spostamento del depocentro dell'avanfossa verso SE.

I sedimenti che costituiscono la parte alta del ciclo sedimentario bradanico presentano caratteri litostratigrafici molto variabili da zona a zona: infatti costituiscono delle unità sabbiose e conglomeratiche silicoclastiche e/o miste che si alternano con geometrie progradazionali o aggradazionali. Poggiano stratigraficamente sulle Argille subappennine, più frequentemente con passaggio graduale anche se rapido, meno frequentemente con contatto erosivo.

La sedimentazione, a partire dal Pliocene superiore fino al Pleistocene inferiore, è cominciata prima nel settore settentrionale in condizioni di mare relativamente poco profondo con sedimentazione emipelagica (Argille subappennine).

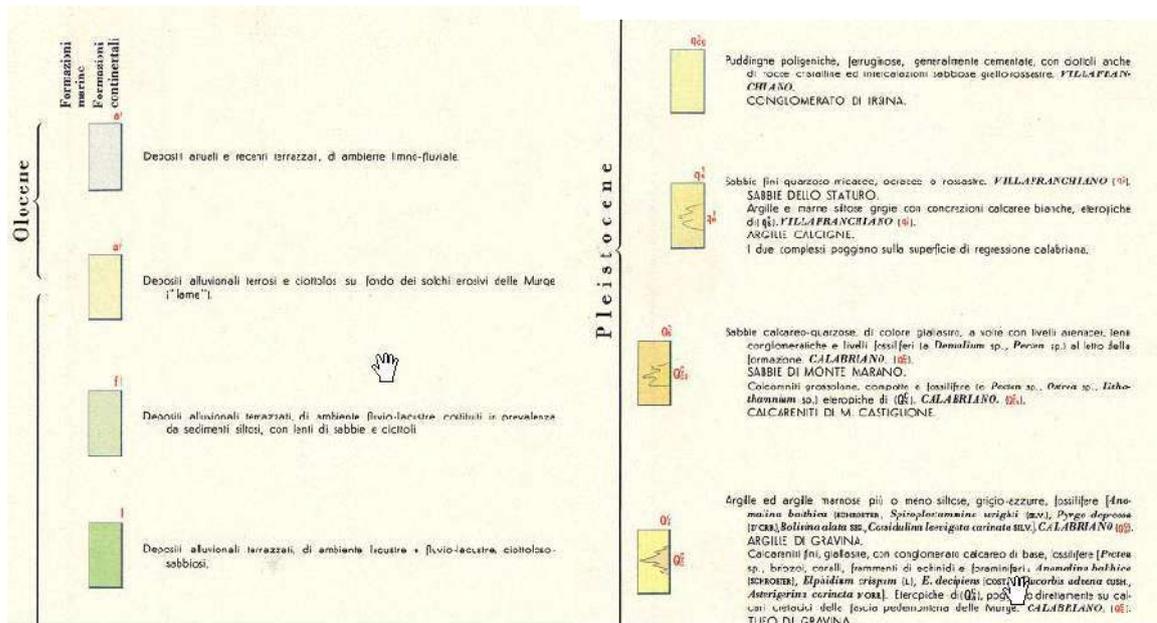
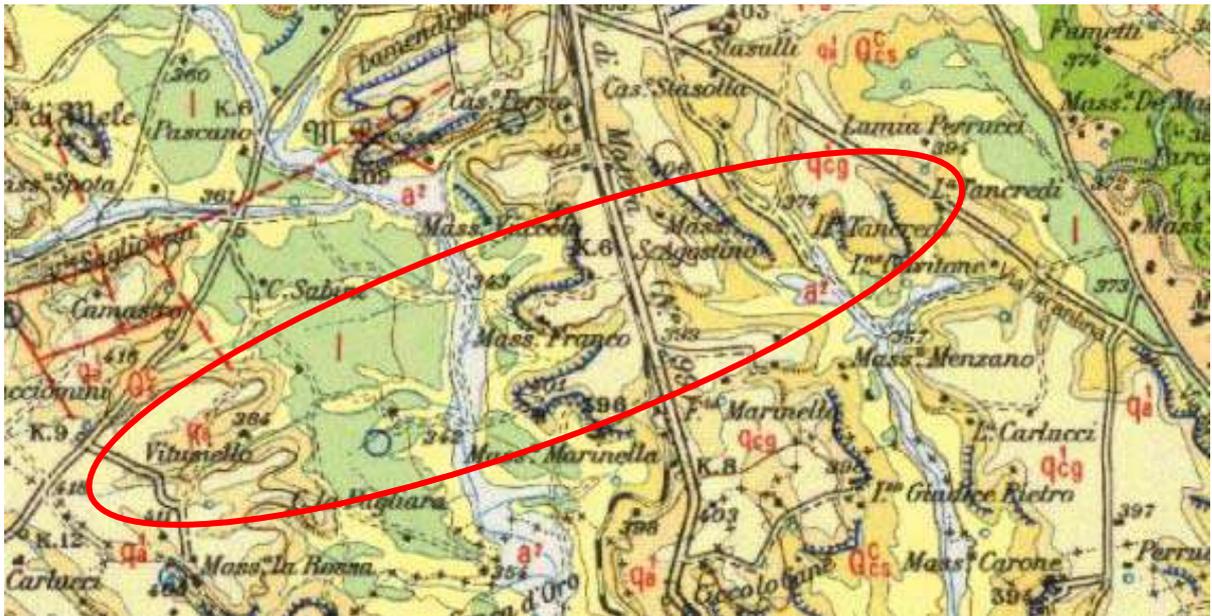
La fase successiva viene a collocarsi nell'Emiliano con un settore settentrionale ormai superficializzato, si ha una sedimentazione di mare basso e si depositano sedimenti costieri progradanti verso NE.

Nella terza fase, collocabile nel Siciliano, la sedimentazione marina si ha solo nei settori centromeridionali poiché la parte settentrionale è sede di sedimentazione continentale alluvionale.

Il quadro geologico che caratterizza il territorio di intervento non presenta particolari difficoltà di interpretazione essendo principalmente rappresentato, dal basso verso l'alto, dalle seguenti unità litostratigrafiche:

- *a1_ Depositi alluvionali terrazzati*, di ambiente fluvio-lacustre, costituiti in prevalenza da sedimenti siltosi, con lenti di sabbie e ciottoli;
- *qc1g_Conglomerato di Irsina*, conglomerato di chiusura del ciclo sedimentario plio-pleistocenico, con ciottoli di natura cristallina e intercalazioni di lenti sabbiose ed argillose;
- *qs1_Sabbie dello Staturo*, sabbie fini quarzoso-micacee di colore ocreo talvolta rossastro;
- *Qsc_Sabbie di Monte Marano*, sabbie calcareo-quarzose di colore giallastro, a luoghi con livelli di calcari farinosi, lenti conglomeratiche e livelli fossiliferi;
- *Qccs_Calcareniti di Monte Castiglione*, calcareniti grossolane, compatte e fossilifere;
- *Qac_Argille di Gravina*, argille ed argille marnose, più o meno siltose, grigio-azzurre con livelli fossiliferi;
- *Qcc_Tufo di Gravina*, calcareniti fini giallastre, eteropiche e a volte sottostanti alla porzione terminale delle "Argille di Gravina", poggiano direttamente sui calcari cretacei della fascia pedemontana delle Murge;
- *C¹⁰⁻⁴_Calcere di Altamura*, calcari ceroidi e detritici a rudiste.

STRALCIO DEL F. 189 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (ALTAMURA) CON UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME



3.1 Successione stratigrafica locale

I cinque siti dove verranno realizzate le opere sono dislocati su un'area lunga più di 5km, per cui vista l'eterogeneità dei terreni presenti nella zona, ogni sito ha un suo contesto stratigrafico locale.

Pala WTG1

Il sito si trova su un'altura ad una quota di circa 405m, caratterizzata dalla formazione dei Conglomerati di Irsina che nell'area ha uno spessore di circa 5m ma che può raggiungere spessori superiori ai 10m nelle aree limitrofe. Al di sotto dei conglomerati affiorano le Argille calcigne di spessore variabile.

Pala WTG2

L'area è ubicata in una zona più depressa rispetto alla prima pala ad una quota di circa 365m su terreni costituiti da depositi alluvionali terrazzati, ciottoloso sabbiosi. Sono presenti diversi reticoli fluviali e il deposito può essere sede di falde superficiali stagionali, poiché alla base affiorano le argille di Gravina.

Pala WTG3

Il sito si trova sul margine di una ripa di erosione del torrente Gravina di Matera, su terreni appartenenti alla formazione delle calcareniti di M.te Castiglione che spesso si trovano in eteropia con le sabbie di M.te Marano. Lo spessore è di pochi metri e poggia sulle argille di Gravina. Anche in questo caso potrebbe esserci la presenza di falde effimere.

Pala WTG4

Si trova su un'area a quota di circa 395m delimitata ad ovest, sud ed est da incisioni fluviali. La parte sommitale è caratterizzata da depositi conglomeratici di spessore di qualche metro. Alla base di questa litologia la successione prosegue con le calcareniti di M. Castiglione e le Argille di Gravina.

Pala WTG5

Anche in questo caso il sito si trova su un'altura incisa da reticoli fluviali, in cui affiorano i conglomerati di spessore esiguo. La successione prosegue con un sottile strato di Sabbie dello Staturo, con le calcareniti di M.te Castiglione e con le argille di Gravina.

3.2 Morfologia e tettonica

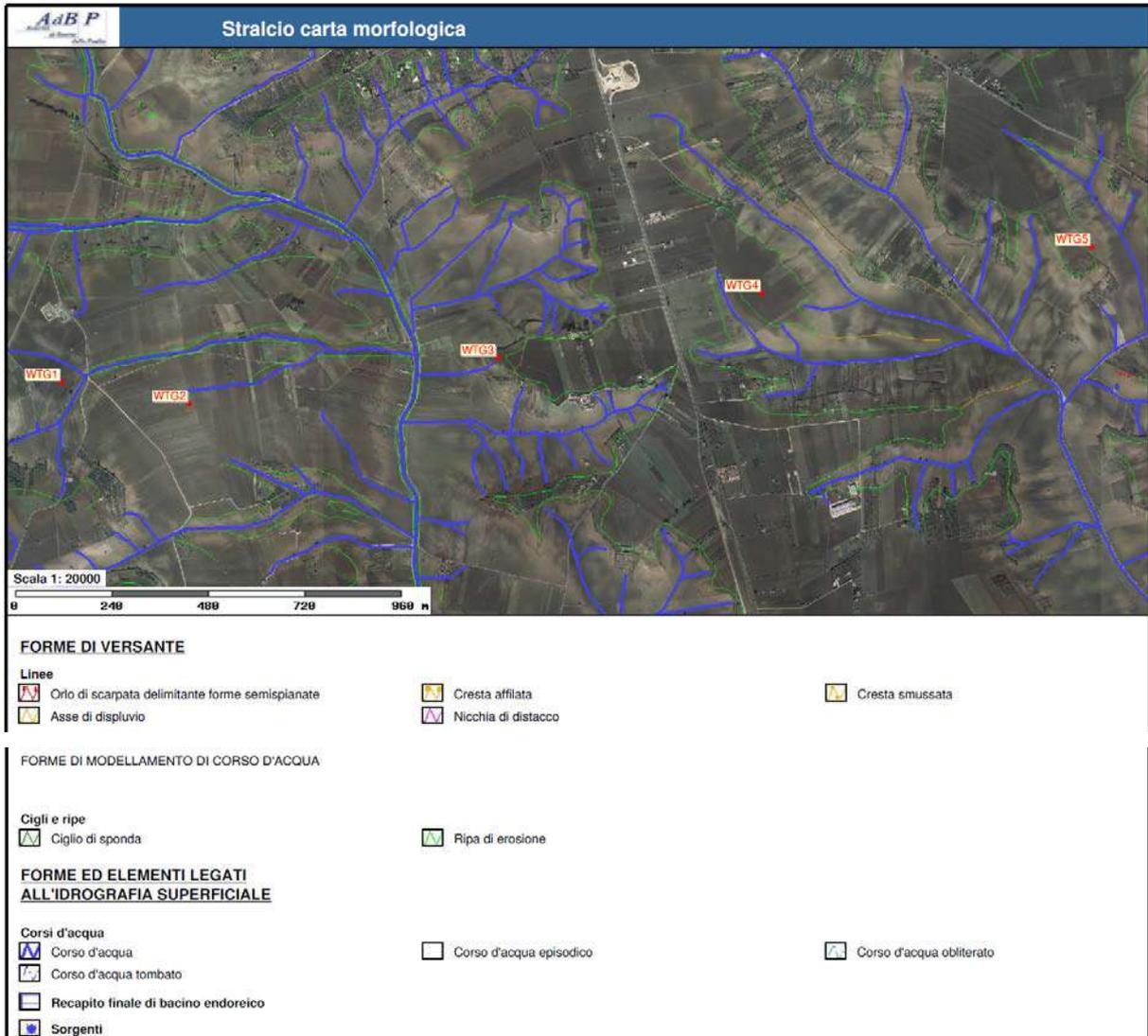
La morfologia della zona è direttamente connessa alla particolare struttura geologica dei materiali affioranti, nonché alle loro caratteristiche fisico-meccaniche. Considerata la facilità con cui questi materiali diventano preda degli agenti erosivi, risulta evidente come gran parte delle forme del rilievo dell'area bradanica sia in continua evoluzione. L'acqua piovana provoca effetti diversi sui materiali a seconda delle loro caratteristiche. Si nota come ad ampie zone tabulari fanno seguito aree acclivi: infatti l'azione erosiva delle acque di ruscellamento è più efficace sulle sabbie poco cementate e meno su quelle cementate e sulle lenti conglomeratiche.

L'elevata erodibilità delle Argille Subappennine ha favorito la formazione delle forme dolci e di versanti poco acclivi oltreché di valli ampie e svasate.

Lungo il bordo delle colline limitrofe sono ben evidenti segni di leggeri smottamenti di sabbie e conglomerati rossastri continentali sommitali che si sovrappongono e mascherano le sottostanti Sabbie.

Da quanto si può notare dalla carta geomorfologica dell'Autorità distrettuale di bacino dell'Appennino meridionale – sezione Puglia, gli elementi morfologici principali sono quelli relativi al reticolo idrografico e alle forme di modellamento dei corsi d'acqua

Lo stile tettonico della zona è estremamente semplice ed è caratterizzato da deformazioni di scarsa entità. I calcari affioranti nelle aree limitrofe a N-NE sono rappresentati da una generale immersione monoclinale in direzione della Fossa Bradanica, che è una fossa tettonica autonoma impiantatasi già nell'Eocene.



3.3 Idrologia ed idrogeologia

L'elemento idrografico più rappresentativo dell'area è costituito dal torrente Gravina di Matera che si sviluppa da NO verso sud e da tutti i suoi affluenti di vario ordine che vanno a costituire un fitto reticolo idrografico. Gran parte di questi corsi d'acqua sono per lo più asciutti per gran parte dell'anno, si attivano veicolando l'acqua in occasione di piogge particolarmente intense, alimentando così il canale principale.

Nei pressi delle zone interessata dal progetto, esistono degli impluvi che restano asciutti per gran parte dell'anno essendoci scarsa piovosità. Il reticolo idrografico superficiale e i solchi erosivi risultano in generale poco evidenti. A causa della mancanza di una definita idrografia superficiale, della particolare conformazione morfologica (alto morfologico) e delle

caratteristiche geologiche (presenza di terreni mediamente permeabili), l'area non risulta soggetta a fenomeni di accumulo e ristagno dell'acqua.

L'idrogeologia superficiale e profonda nelle zone di intervento, lì dove affiorano i terreni appartenenti al Ciclo della Fossa Bradanica, è subordinata alla presenza di depositi, variabili a seconda delle zone, da sabbioso-ciottolosi ad argilloso-siltosi.

Dai depositi sommitali di natura prettamente sabbioso-conglomeratica (Depositati continentali sommitali e Sabbie di Monte Marano) si passa a quote più basse a depositi di natura argillosa (Argille di Gravina).

Tale situazione stratigrafica permette l'accumulo, negli strati sabbiosi superiori, di lenti acquifere superficiali.

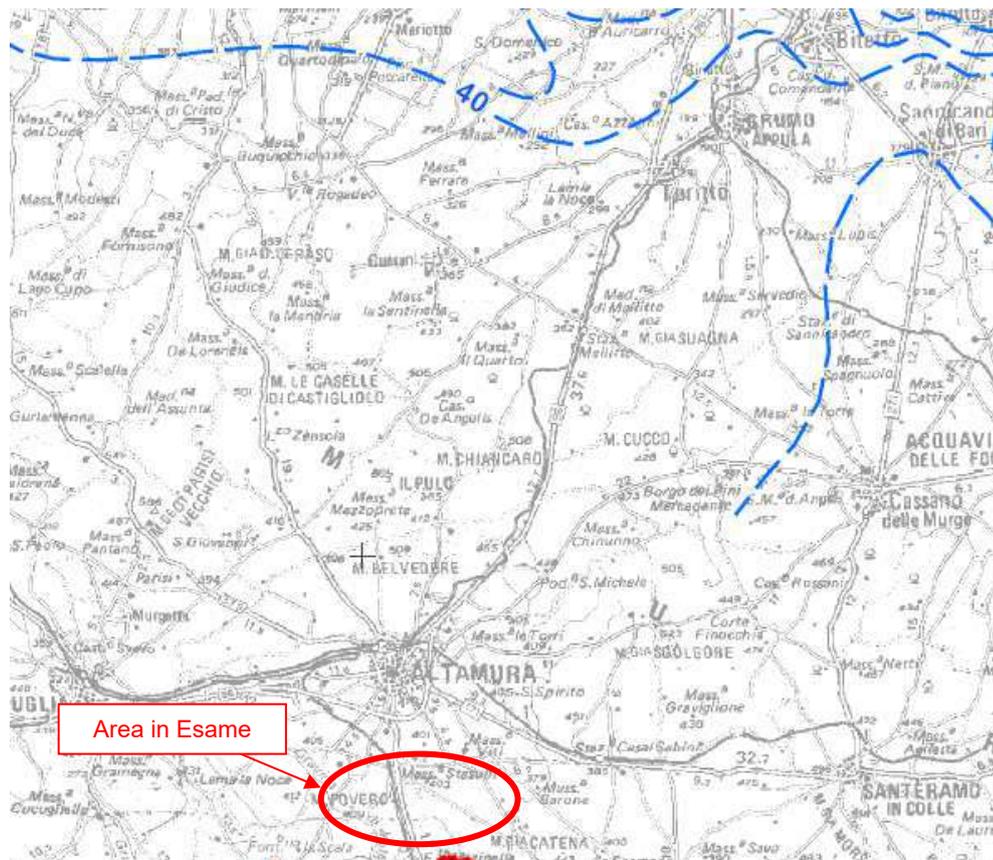
La formazione delle Argille rappresenta, localmente, la formazione impermeabile inferiore e la stessa permette l'accumulo superficiale delle acque meteoriche.

Lo spessore della falda è funzione degli eventi meteorici e può ridursi molto in periodi di scarsa piovosità, mentre in periodi caratterizzati da elevata piovosità il suo spessore potrà aumentare.

Si segnala che a larga scala in tutta la regione è presente una falda carsica profonda che non ha alcuna interferenza con le opere in progetto. Infatti, i calcari che costituiscono gran parte delle Murge sono a seconda dei luoghi, più o meno permeabili per fessurazione e quindi le acque di precipitazione dopo la fase di ruscellamento superficiale si incanalano attraverso le fratture per andare ad alimentare la falda carsica profonda. Inoltre, poiché la permeabilità delle rocce del Calcare di Altamura è alquanto irregolare, in profondità si può trovare una circolazione idrica più o meno attiva da zona a zona. Pertanto, viste le quote a cui è posta la zona in esame, si può affermare che la falda è ubicata, a profondità superiori ai 350m dal piano campagna (Fig. 6).

Si precisa che la stessa potrebbe essere in pressione e quindi trovarsi a profondità maggiori.

Fig.6 – Stralcio. Carta della distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento



Sulla base delle caratteristiche di permeabilità, le rocce localmente affioranti si distinguono in:

- terre permeabili per porosità interstiziale;
- terre scarsamente permeabili o impermeabili.

3.3.1 Terre permeabili per porosità interstiziale

Rientrano all'interno di tale categoria conglomerati di Irsina, le calcareniti di Monte Castiglione, sabbie di Monte Marone e Sabbie dello staturo.

Per queste formazioni si può assumere una permeabilità **K** compresa tra **1*10⁻³ cm/sec** e **1*10⁻⁵ cm/sec**.

3.3.2 Terre scarsamente permeabili o impermeabili

In questa categoria rientrano le argille calcigne e le argille di Gravina.

Il valore della permeabilità è compreso tra: **K= 1*10⁻⁵ – 1*10⁻⁷ cm/sec**.

4 ANALISI DEI VINCOLI PAESAGGISTICI

4.1 Vincoli del PPTR

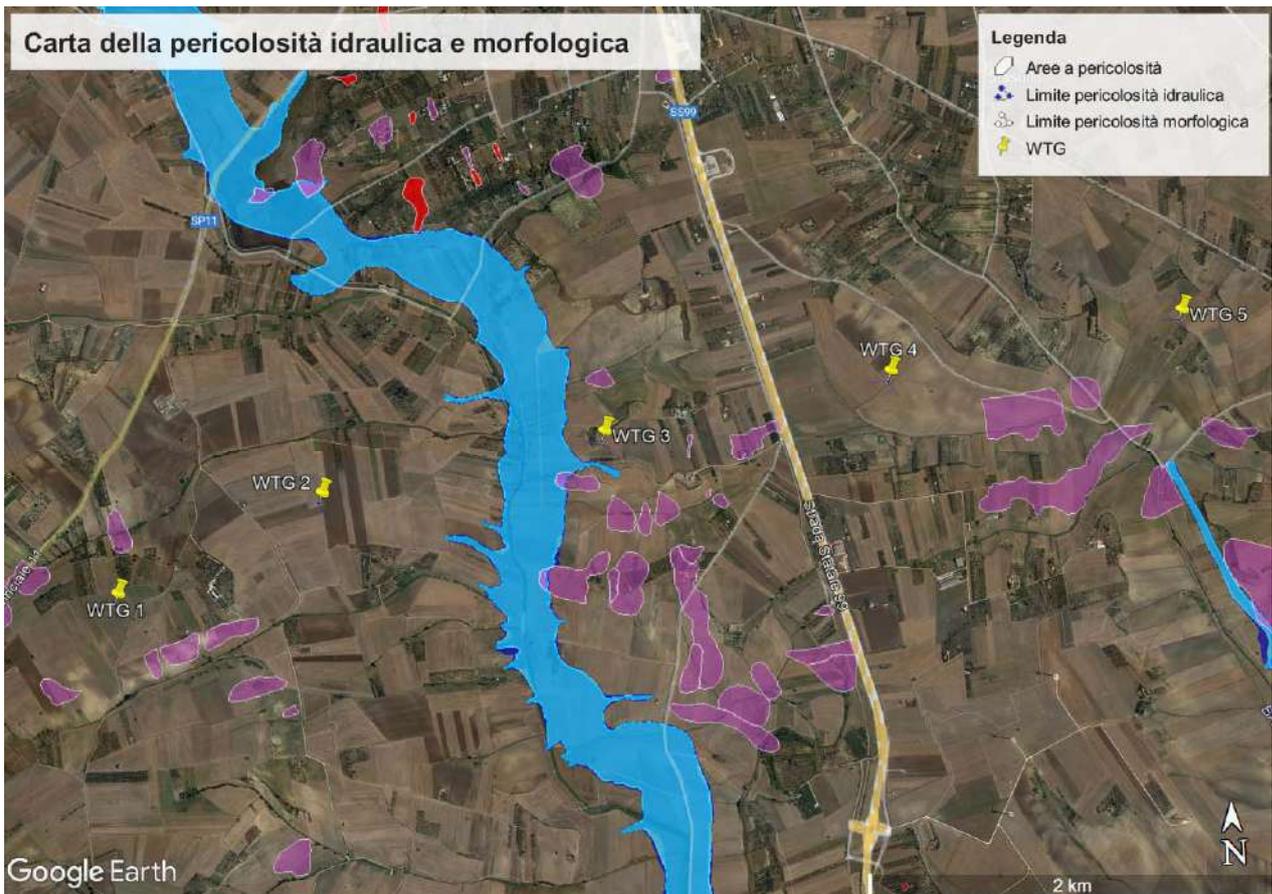
La consultazione del database cartografico del PPTR (Piano Paesaggistico Territoriale Regionale) della Regione Puglia ha evidenziato che le aree di intervento non sono comprese in alcuna perimetrazione di beni paesaggistici o ulteriori contesti (*fig.7*).

Fig.7 Stralcio cartografia PPTR



4.2 Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico

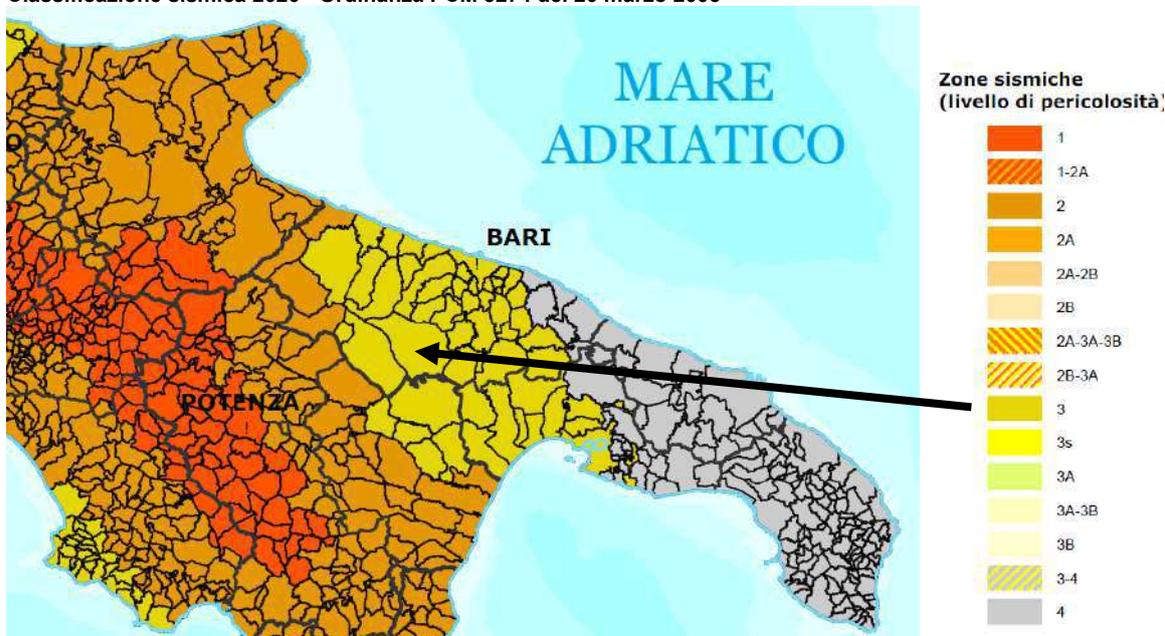
Ai fini della verifica delle condizioni di assetto idraulico e geomorfologico dell'area d'intervento, si è proceduto alla verifica della pericolosità idrogeologica dell'area attraverso la consultazione della "Carta del Rischio" del Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico dell'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, relativa alle aree a rischio idrogeologico. In base ai criteri di perimetrazione e di valutazione adottati nel Piano è stato verificato che nel territorio in esame non sono presenti aree con pericolosità idraulica o morfologica (*Fig. 8*).



5 CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE

Il comune di Altamura (BA) con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 ricade in zona sismica 3 (livello di pericolosità medio).

Classificazione sismica 2020 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



Alla luce della recente normativa in materia di costruzione NTC 2018, pur non avendo effettuato, in questa fase, indagini specifiche in sito, sulla base di dati bibliografici e delle conoscenze dello scrivente, data la natura geologica del sottosuolo a componente prevalentemente terrosa, è stata stimata come categoria di suolo di fondazione “B” così definita:

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

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

In questo caso il valore del fattore S che tiene conto delle condizioni stratigrafiche e geotecniche del sito è pari a: $S = 1.0$.

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito generalmente da un deposito terroso del tipo ciottoloso-sabbioso, localmente limoso;
- nell'area in esame non presenti faglie o altre strutture tettoniche;

Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del Gennaio 2018 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni maggiore di 0.05 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad **$a_g=0.15g$** .

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (17/01/2018) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale.

In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale.

Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito.

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.100 - 0.125 g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_s > 800\text{m/sec}$).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004

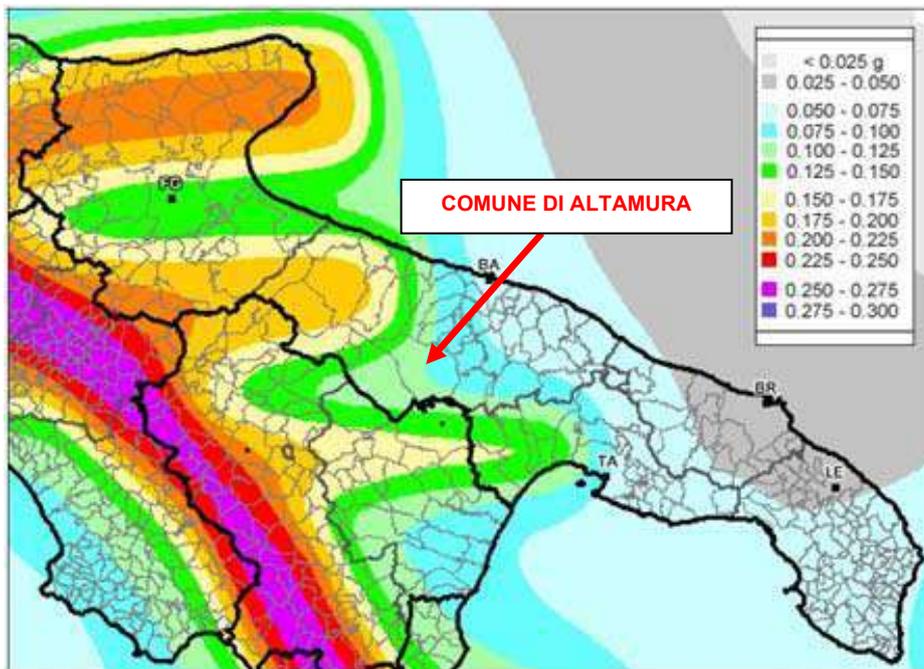
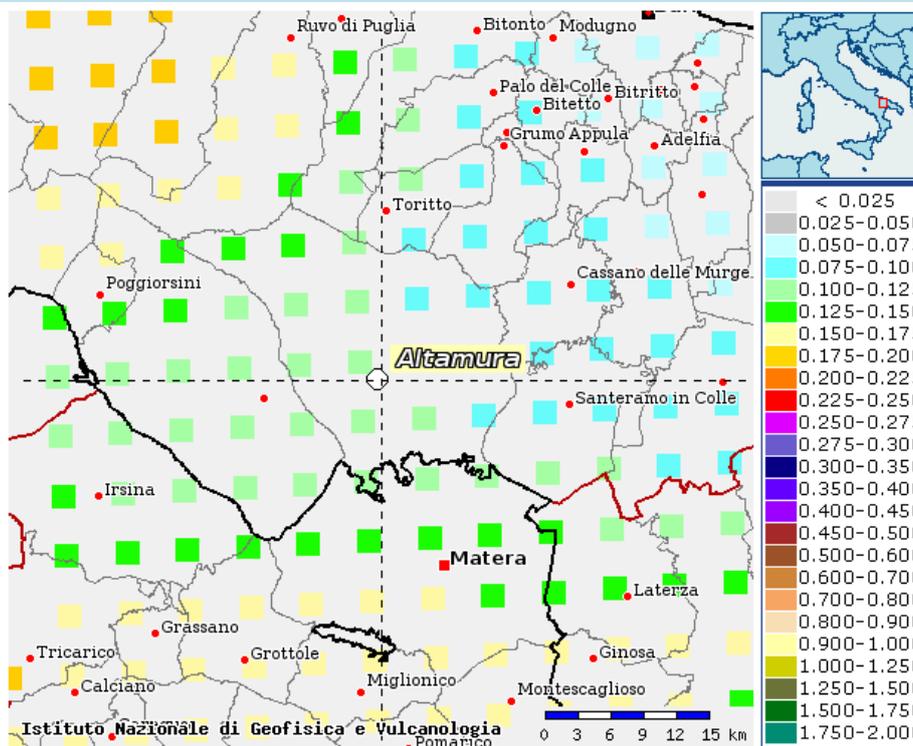
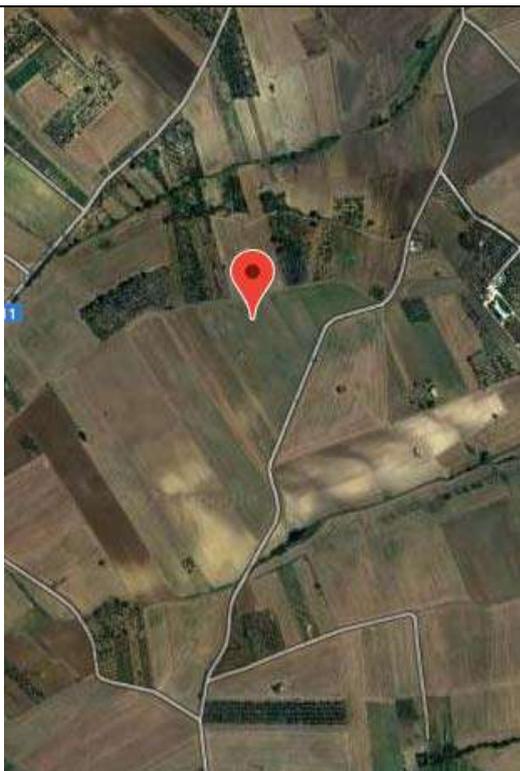


Fig.a - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)



Alla luce della recente normativa “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica delle aree in esame:

WTG1



Latitudine (WGS84) Longitudine (WGS84)

Latitudine (ED50) Longitudine (ED50)

Altitudine (mt)

Classe dell'edificio

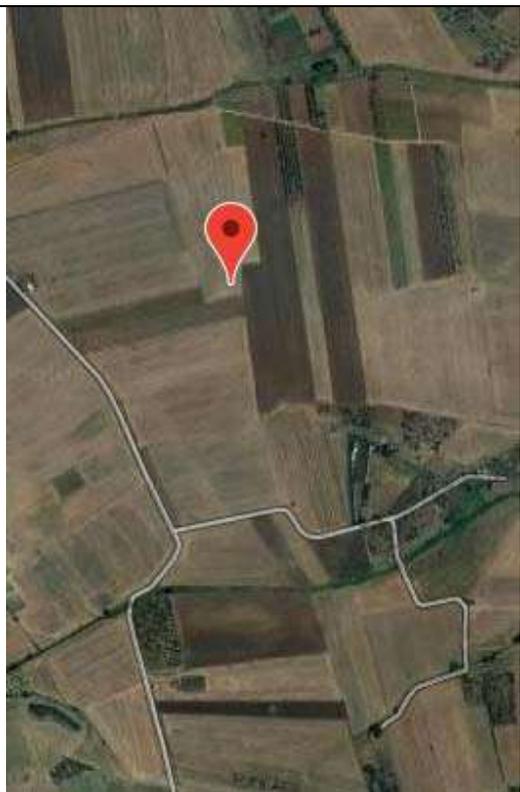
Vita Nominale Struttura

Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.036	2.492	0.270
Danno	50	0.045	2.495	0.309
Salvaguardia Vita	475	0.108	2.580	0.414
Prevenzione Collasso	975	0.134	2.643	0.434

WTG2



Latitudine (WGS84) Longitudine (WGS84)

Latitudine (ED50) Longitudine (ED50)

Altitudine (mt)

Classe dell'edificio

Vita Nominale Struttura

Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.036	2.493	0.270
Danno	50	0.045	2.495	0.309
Salvaguardia Vita	475	0.107	2.584	0.416
Prevenzione Collasso	975	0.133	2.648	0.436

WTG3



Latitudine (WGS84) Longitudine (WGS84)

Latitudine (ED50) Longitudine (ED50)

Altitudine (mt)

Classe dell'edificio

Vita Nominale Struttura

Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.036	2.491	0.270
Danno	50	0.045	2.496	0.308
Salvaguardia Vita	475	0.107	2.585	0.416
Prevenzione Collasso	975	0.132	2.651	0.436

WTG4



Latitudine (WGS84) Longitudine (WGS84)

Latitudine (ED50) Longitudine (ED50)

Altitudine (mt)

Classe dell'edificio

Vita Nominale Struttura

Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Parametri di pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.035	2.490	0.270
Danno	50	0.044	2.496	0.307
Salvaguardia Vita	475	0.106	2.585	0.417
Prevenzione Collasso	975	0.131	2.654	0.437

WTG5



Latitudine (WGS84)	40.77661345	Longitudine (WGS84)	16.58449381
Latitudine (ED50)	40.778302	Longitudine (ED50)	16.5854
Altitudine (mt)			391
Classe dell'edificio	II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti		
Vita Nominale Struttura			50
Periodo di Riferimento per l'azione sismica			50

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [ann]	a_g/g [-]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività	30	0.035	2.484	0.269
Danno	50	0.043	2.500	0.302
Salvaguardia Vita	475	0.103	2.594	0.416
Prevenzione Collasso	975	0.127	2.670	0.437

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 17.01.2018 (NTC 18), all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- "ag" accelerazione orizzontale massima al terreno;
- "Fo" valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- "Tc*" periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

5.1 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC18 (Norme Tecniche delle Costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di

progetto-verifica. Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa. La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici. Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/T_r$ (T_r è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) sono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione di periodo di ritorno T_r .

WTG1

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ➔

Variabilità dei parametri ➔

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ➔

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

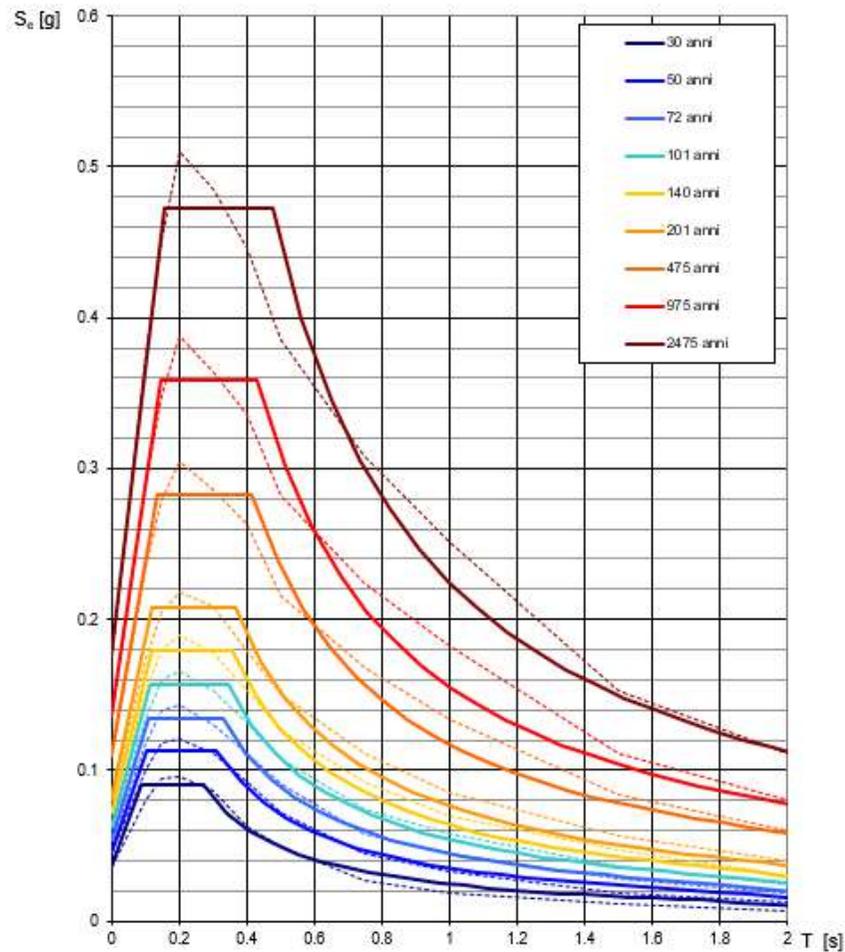
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

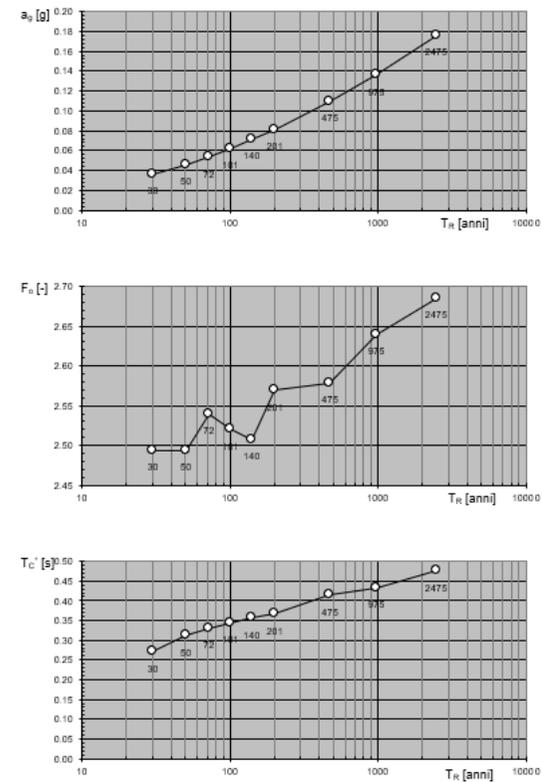
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0.036	2.494	0.271
50	0.046	2.494	0.311
72	0.053	2.539	0.331
101	0.062	2.520	0.344
140	0.072	2.507	0.355
201	0.081	2.570	0.367
475	0.110	2.579	0.415
975	0.136	2.639	0.433
2475	0.176	2.685	0.476

WTG2

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

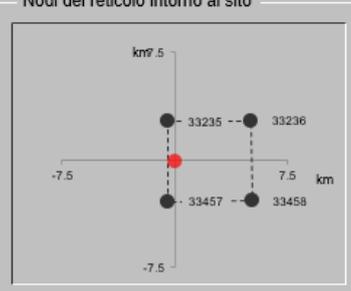


Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

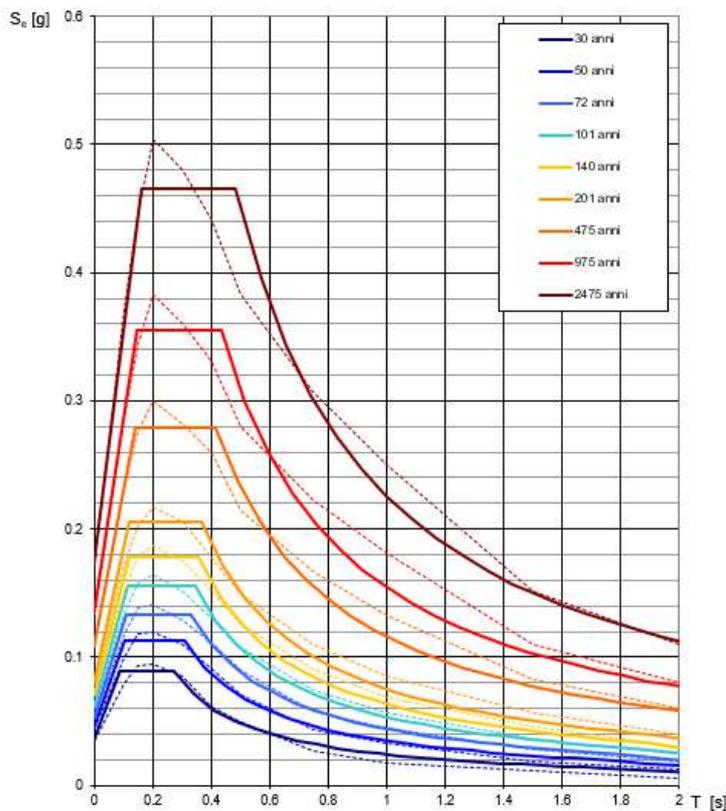
Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

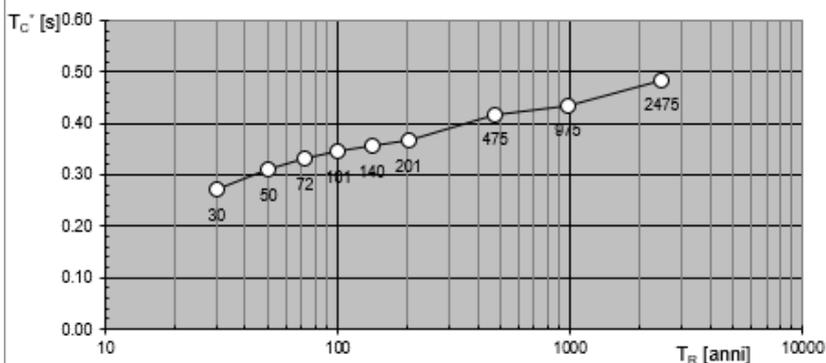
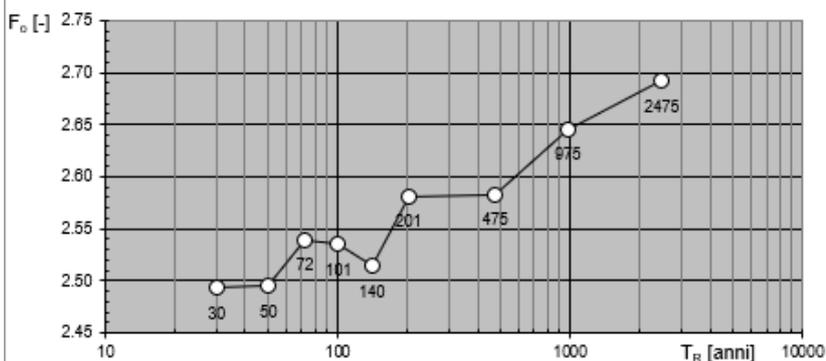
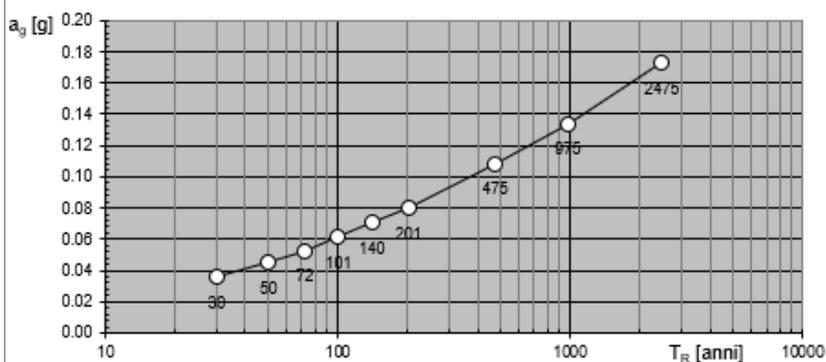
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.036	2.493	0.271
50	0.045	2.495	0.310
72	0.053	2.539	0.331
101	0.061	2.535	0.344
140	0.071	2.515	0.356
201	0.080	2.581	0.366
475	0.108	2.583	0.416
975	0.134	2.646	0.435
2475	0.173	2.692	0.484

WTG3

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

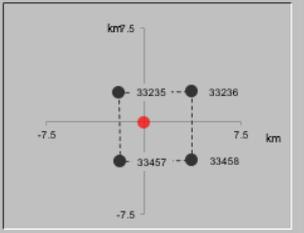
Grafici spettri di risposta ➔

Variabilità dei parametri ➔

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ➔

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

● Sito esterno al reticolo

● Interpolazione su 3 nodi

● Interpolazione corretta



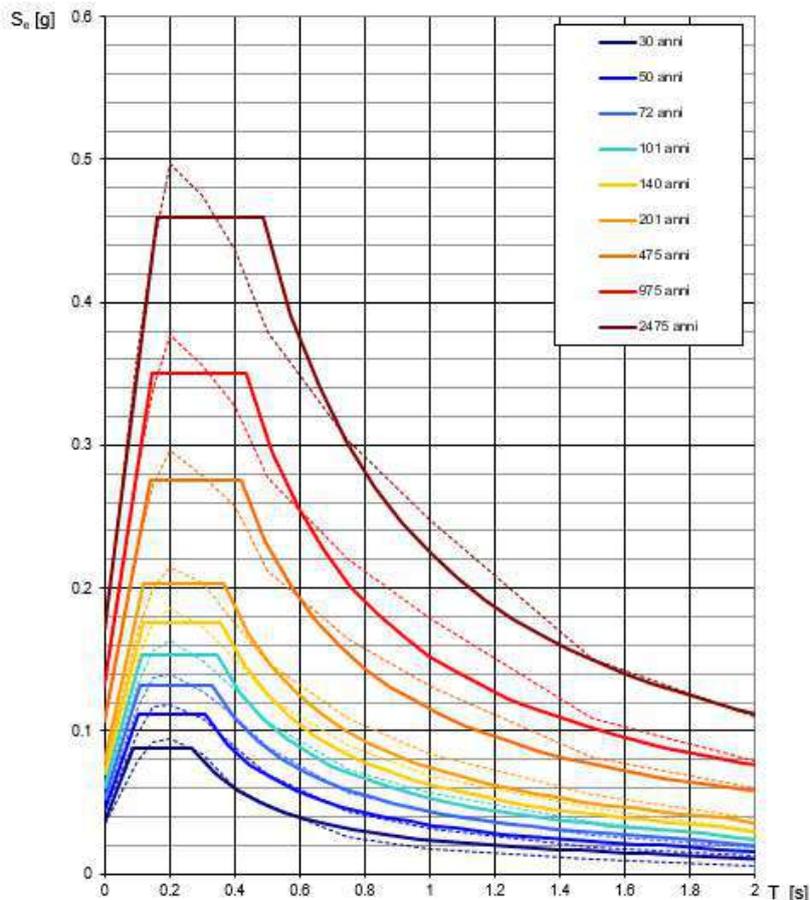
Interpolazione

superficie rigata ▼

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

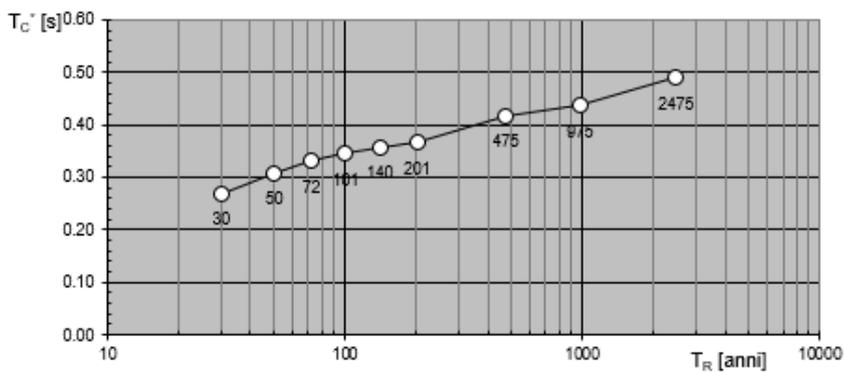
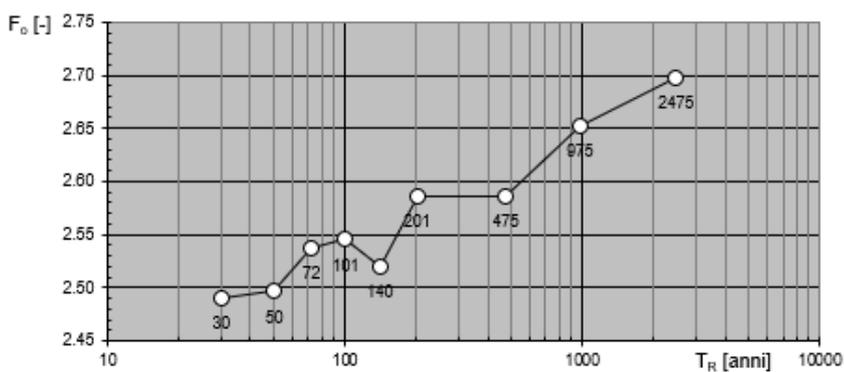
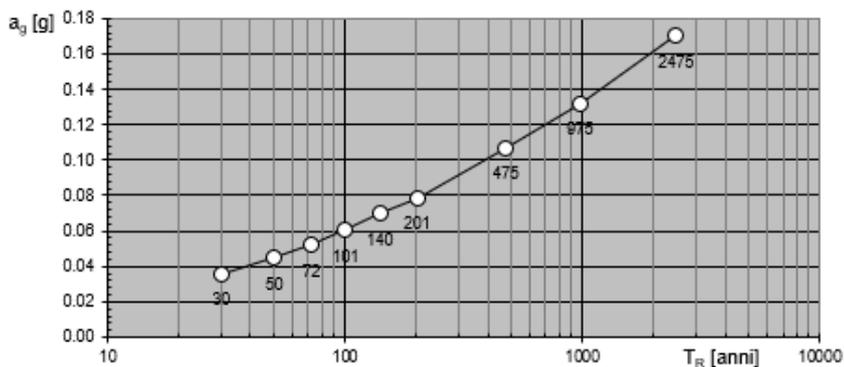
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
 Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.036	2.490	0.270
50	0.045	2.496	0.308
72	0.052	2.537	0.331
101	0.060	2.545	0.344
140	0.070	2.520	0.357
201	0.079	2.586	0.366
475	0.107	2.587	0.417
975	0.132	2.653	0.436
2475	0.170	2.698	0.489

WTG4

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

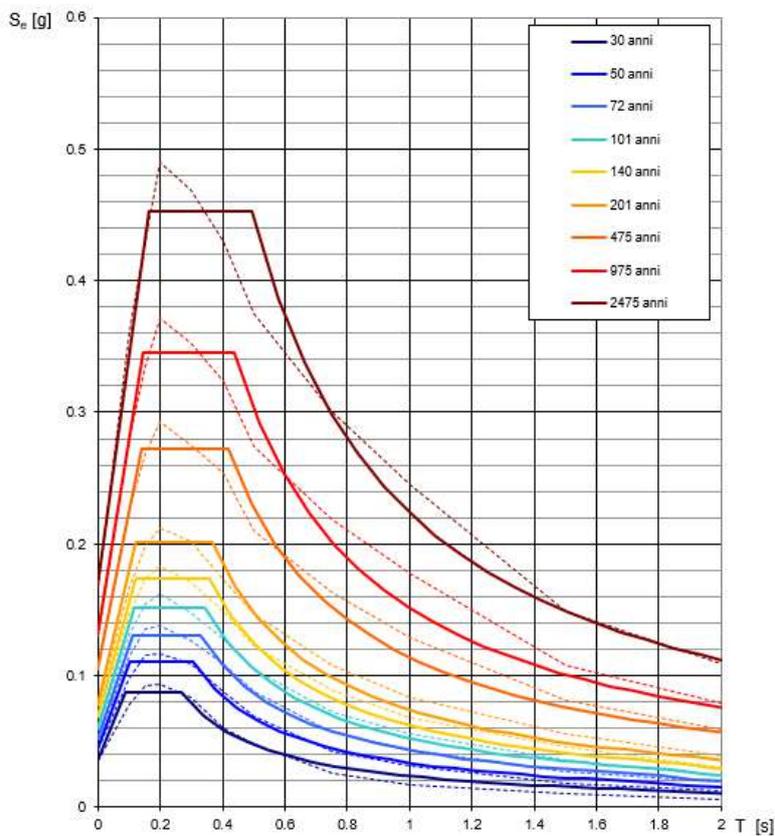
- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

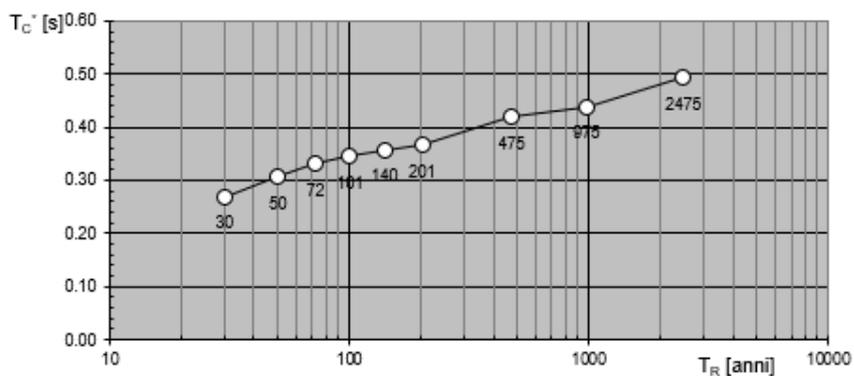
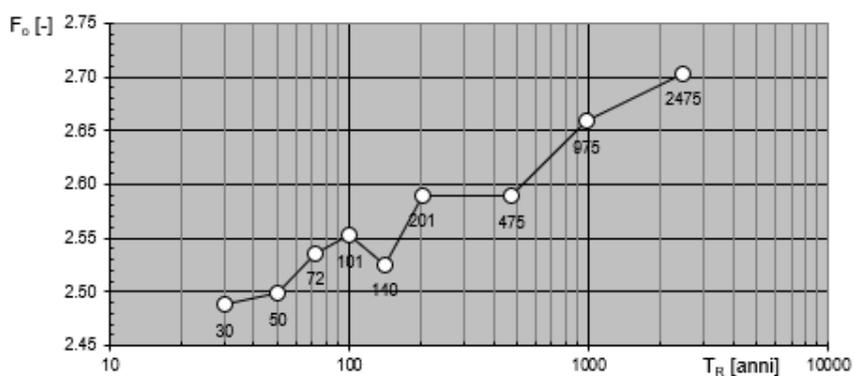
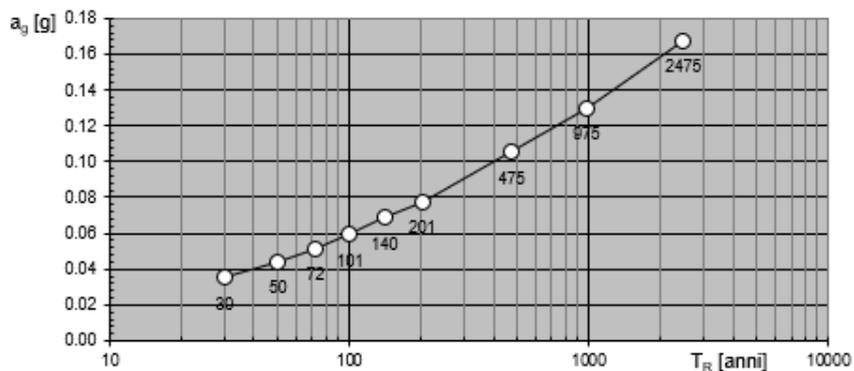
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.035	2.488	0.269
50	0.044	2.498	0.305
72	0.052	2.536	0.331
101	0.060	2.553	0.345
140	0.069	2.526	0.357
201	0.078	2.590	0.367
475	0.105	2.589	0.418
975	0.130	2.658	0.437
2475	0.168	2.703	0.493

WTG5

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

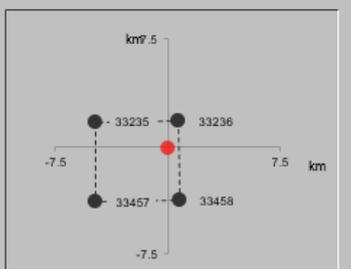
- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:



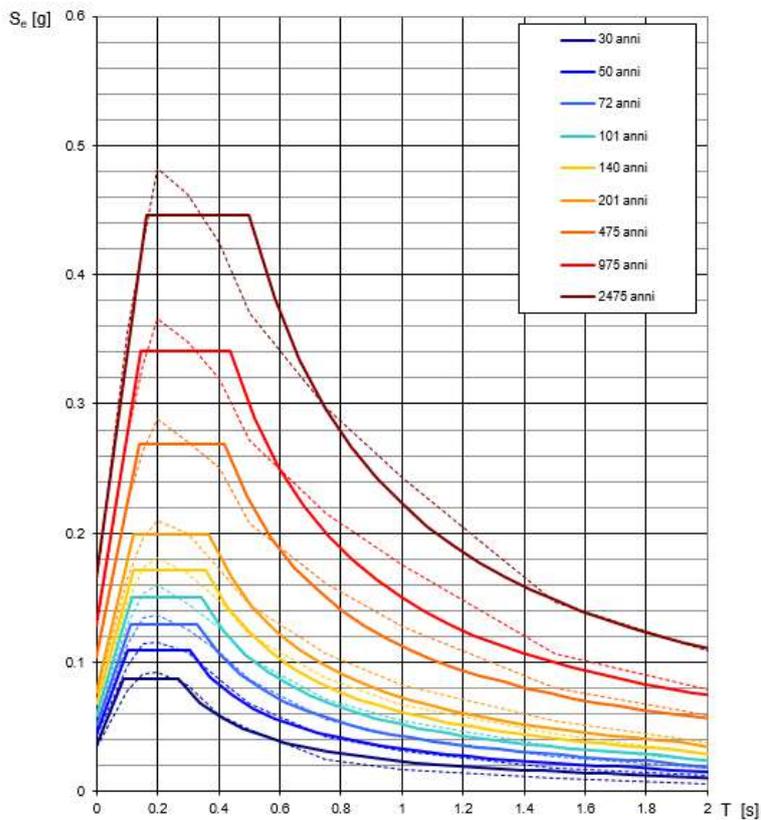
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



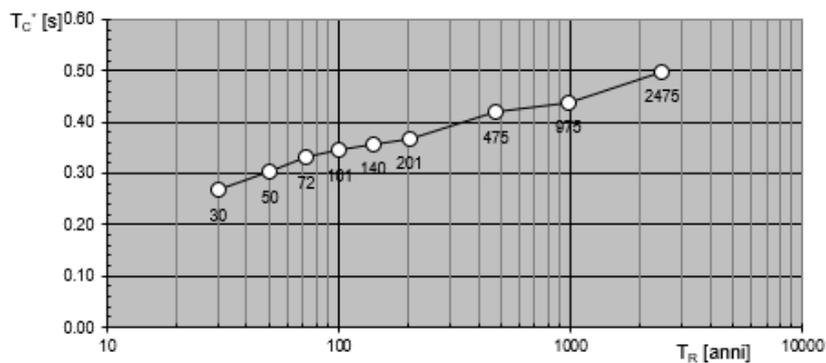
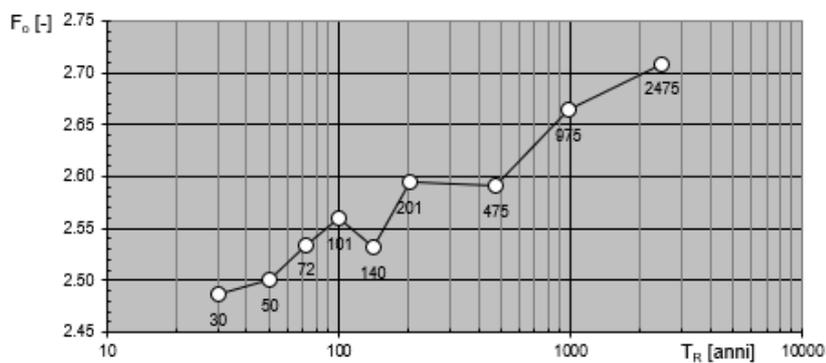
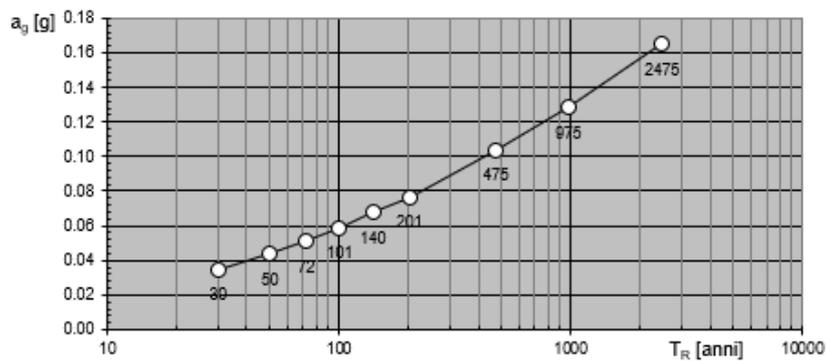
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

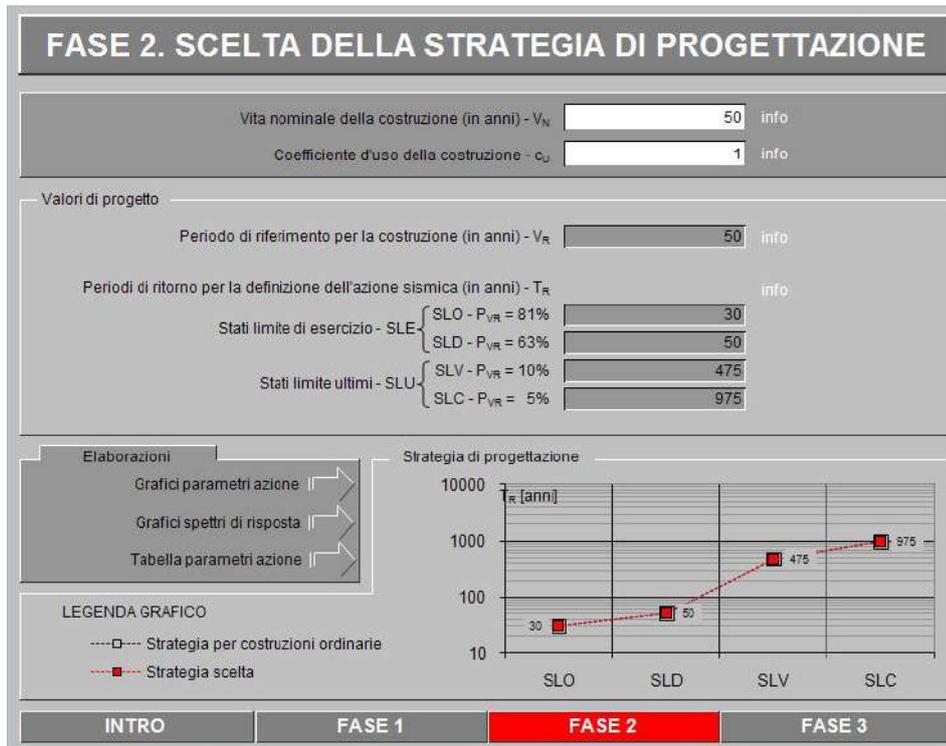
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

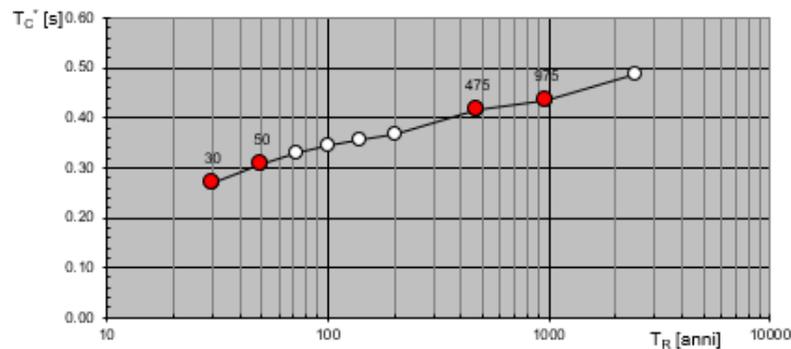
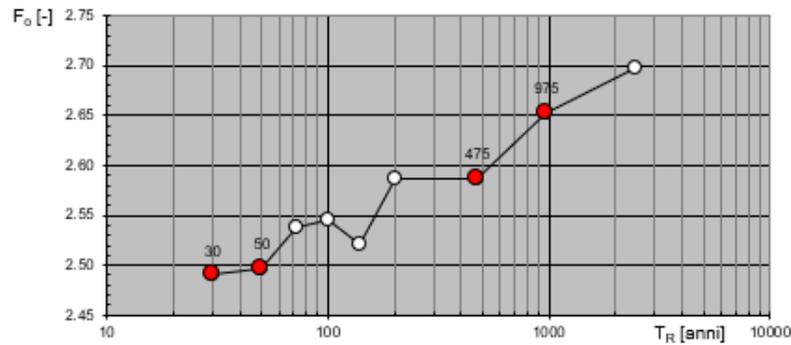
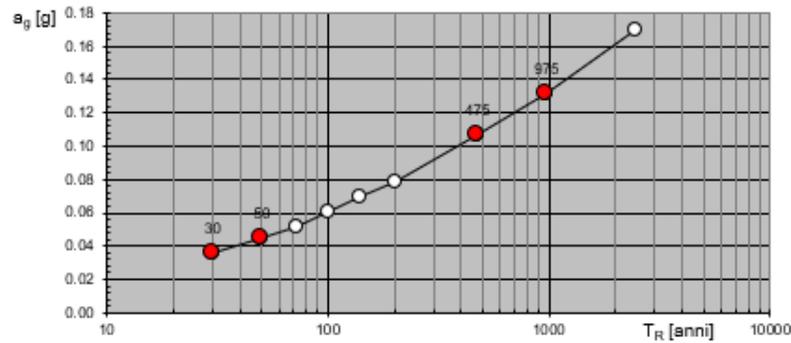
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.035	2.486	0.268
50	0.044	2.500	0.303
72	0.051	2.534	0.331
101	0.059	2.559	0.345
140	0.068	2.531	0.358
201	0.077	2.594	0.367
475	0.104	2.591	0.419
975	0.128	2.664	0.439
2475	0.165	2.708	0.498

5.2 Strategia di progettazione

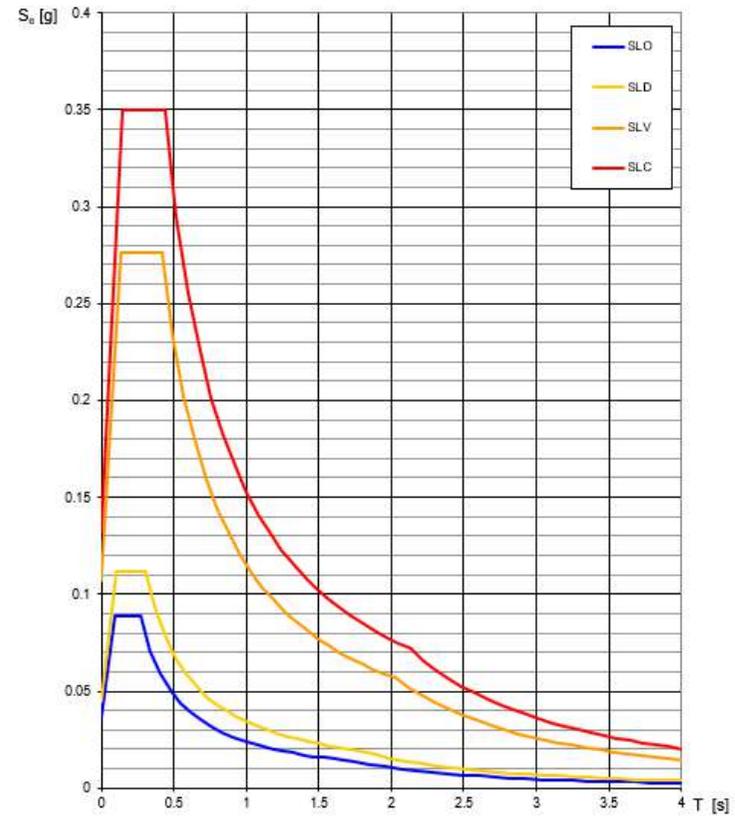


Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso II a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u = 1$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC18. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.036	2.491	0.270
SLD	50	0.045	2.497	0.308
SLV	475	0.107	2.587	0.417
SLC	975	0.132	2.653	0.436

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Considerando che i siti oggetto delle opere a farsi sono caratterizzati generalmente dalla presenza di depositi terrosi, per lo più sabbioso-ciottolosi talvolta limosi o calcarenitici, si riportano i parametri geotecnici principali di tali depositi. I valori riportati sono stati desunti da dati della letteratura geologica e da analisi di laboratorio eseguite dal sottoscritto su campioni di roccia similari.

6.1 Depositi Conglomeratici

- porosità variabile dal 32% al 43%;
- Indice dei pori variabile da 0.49 a 0.60;
- C: 0.10 Kg/cm²
- peso di volume naturale (γ) = 1.75 g/cm³
- angolo di attrito interno (ϕ) = 22°

6.2 Depositi Sabbiosi

- porosità variabile dal 40% al 45%;
- $\gamma_v = 1.50-1.70 \text{ kg/cm}^2$
- $\gamma_{\text{sat}} = 1.45 \text{ kg/cm}^2$
- $\gamma_d = 2.10 \text{ kg/cm}^2$
- $\phi = 28^\circ-33^\circ$
- $c = 0.1 \text{ kg/cm}^2$
- $K_v = 3 \text{ kg/cm}^3$

6.3 Depositi sabbioso-calcarenitici

- peso di volume naturale $\gamma = 2.2 \text{ g/cm}^3$
- angolo di attrito interno $\phi = 20-22^\circ$
- coesione drenata $c = 0.1 \text{ Kg/cm}^2$
- coefficiente di Poisson cautelativo $u = 0.35$

6.4 Depositi alluvionali

PARAMETRI GEOTECNICI	DEPOSITI ALLUVIONALI								
	Range di valori	Valore							
Peso di volume (γ)		2.2	g/cm ³	2200	kg/m ³	2.2	t/m ²	21.57463	KN/m ³
Angolo di attrito		25	(ϕ)						
Angolo di attrito efficace		16.65	(ϕ')						
Attrito per slittamento									
Coesione		10	Kpa	0.10197	kg/cm ²	1.0197	t/m ²	0.01	N/mm ²
Modulo edometrico		60							N/mm ²
Modulo di Young (E)			Mpa	0	kg/cm ²			0	N/mm ²
Coefficiente di Poisson (δ)		0.35							
Costante di sottofondo (direzione X)		5	kg/cm ³					49033250	N/m ³
Costante di sottofondo (direzione Y)		5	kg/cm ³					49033250	N/m ³
Costante di sottofondo (direzione Z)		3	kg/cm ³					29419950	N/m ³

Nel caso in cui i sedimenti affioranti siano di spessore esiguo e le fondazioni possano interessare terreni argillosi si ne riportano i parametri caratteristici:

6.5 Argille

- Wn 19 – 31%
- WL 25 – 28%
- Wp 52 – 72 %
- γ_v 1.99 kg/cm²
- γ_d 1.0 kg/cm²
- γ_{sat} 2.01 kg/cm²
- c 0.25 kg/cm²
- φ 21.0°-25.0°
- Kv 3-5kg/cm³

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Considerata la stratigrafia dei siti oggetto delle opere e le motivazioni dell'intervento si riportano di seguito alcune considerazioni utili al fine di poter fare le giuste valutazioni sui carichi da trasmettere sul suolo di fondazione:

- il terreno di fondazione è caratterizzato dalla presenza di un deposito terroso di origine sabbioso-ciottolosa talvolta limosa o sabbioso-calcarenitica;
- il terreno di fondazione è da ritenersi permeabile per porosità e laddove la successione stratigrafica preveda la presenza di terreni argillosi alla base dei terreni affioranti, potrebbe essere sede di falde superficiali;
- dal rilevamento di dettaglio non sono state rilevate evidenze di instabilità (piccoli smottamenti o crolli).

In accordo con la progettazione, in questa fase preliminare sono state omesse indagini geognostiche. In fase esecutiva, al fine di fornire una più specifica caratterizzazione sismica e geotecnica dei terreni di fondazione di ciascuna turbina, si suggerisce di eseguire indagini geognostiche sia di tipo diretto che indiretto.