



REGIONE PUGLIA

Provincia di BT (Barletta-Andria-Trani)

TRINITAPOLI



OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO
NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA
GRANDE

COMMITTENTE

Q-ENERGY RENEWABLES 2 S.r.l.

Via Vittor Pisani, 8/a - 20124 Milano (MI)
PEC: q-energyrenewables2tri@legalmail.it
P.IVA: 12490070963

PROGETTAZIONE

Codice Commessa PHEEDRA: 23_08_EO_TRT



PHEEDRA

PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90
74121 - Taranto
Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285
e-mail: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it

Direttore Tecnico: **Dott. Ing. Angelo Micolucci**

Dott. Geol. Antonio Mattia Fusco



REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
01	GIUGNO 2023	PRIMA EMISSIONE	AF	AM	VS

OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
E STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	TRT	CIV	REL	023	01	TRT-CIV-REL-023_01	

INDICE

PREMESSA.....	3
RIFERIMENTI NORMATIVI	4
UBICAZIONE DEL SITO.....	4
GEOLOGIA DELL'AREA	6
CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI.....	10
ANALISI IDROLOGICA.....	15
INQUADRAMENTO PAI	21
SISMICITÀ DELL'AREA IN ESAME	22
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	28
CONCLUSIONI.....	29

PREMESSA

Lo studio di seguito illustrato è stato svolto su incarico da me ricevuto dalla Società Q-Energy Renewables 2 S.r.l. e costituisce la relazione geologica, geotecnica, sismica e idrogeologica a corredo dei lavori per il **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**

Il lavoro è stato realizzato in tre fasi distinte e successive:

- prima fase di analisi in cui è stata svolta un'ampia ricerca bibliografica sul territorio in esame;
- seconda fase di campagna in cui è stato effettuato un sopralluogo e rilievi in sito con lo scopo di accertare le caratteristiche del suolo e sottosuolo;
- terza fase di diagnosi e sintesi, durante la quale i dati ottenuti in fase di analisi e di rilievo sono stati elaborati al fine di evidenziare i parametri caratteristici più significativi dal punto di vista geologico idrogeologico e geotecnico.

Al fine di acquisire le seguenti informazioni:

- definizione della stratigrafia dei terreni;
- determinazione dello spessore delle diverse litologie incontrate;
- determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche delle diverse litologie interessate;

Interventi in progetto:

Il progetto prevede l'installazione di 7 aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 7,2 MW, per una capacità complessiva di 50,4 MW.

Le aree d'impianto sono servite dalla viabilità esistente costituita da strade statali, provinciali, comunali e da strade interpoderali e sterrate.

Sono state definite le caratteristiche litostratigrafiche locali, così come previsto dalla normativa vigente.

Il seguente lavoro prende in considerazione i fattori geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area in oggetto al fine di valutare:

- il locale assetto dei terreni;
- le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti;
- le condizioni di stabilità delle aree interessate;
- il modello geologico del terreno interessato dall'intervento.

RIFERIMENTI NORMATIVI

La relazione è stata redatta in conformità con le seguenti normative:

- D.M. 11.3.88 “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.....;”
- Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018;
- Circolare n. 7 del 21.01.2019.

UBICAZIONE DEL SITO

La Futura Stazione Elettrica RTN 150/380 kV è invece localizzabile alle seguenti coordinate: 574768 E, 4579888 N, identificabile a livello catastale al Foglio 91 - Particella 196 e Foglio 93 – Particella 333 del Comune di Cerignola (FG).

Aerogeneratori ricadono su un'area posta a sud – ovest del centro urbano del Comune di Trinitapoli, a nord - ovest dal Comune di San Ferdinando di Puglia e a nord – est dal Comune di Cerignola ad una distanza rispettiva di circa 3,5 km, 5,6 km e 7,8 km in linea d'aria.

Il parco eolico è circoscritto dalle seguenti strade provinciali, regionali e statali:

- SP 62 – Strada Provinciale 62
- SP 65 – Strada Provinciale 65
- SS 544 – Strada Statale 544
- SP 77 – Strada Provinciale 77

SS 16 – Strada Statale 16 - Adriatica

- Strade comunali

L'accesso alle torri è garantito in particolare dalle Strade Provinciali SP 65, SP 62, SC esterna Tratturello e strade comunali. La viabilità da realizzare non prevede opere di impermeabilizzazione. Sono inoltre previste piazzole in prossimità degli aerogeneratori.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE

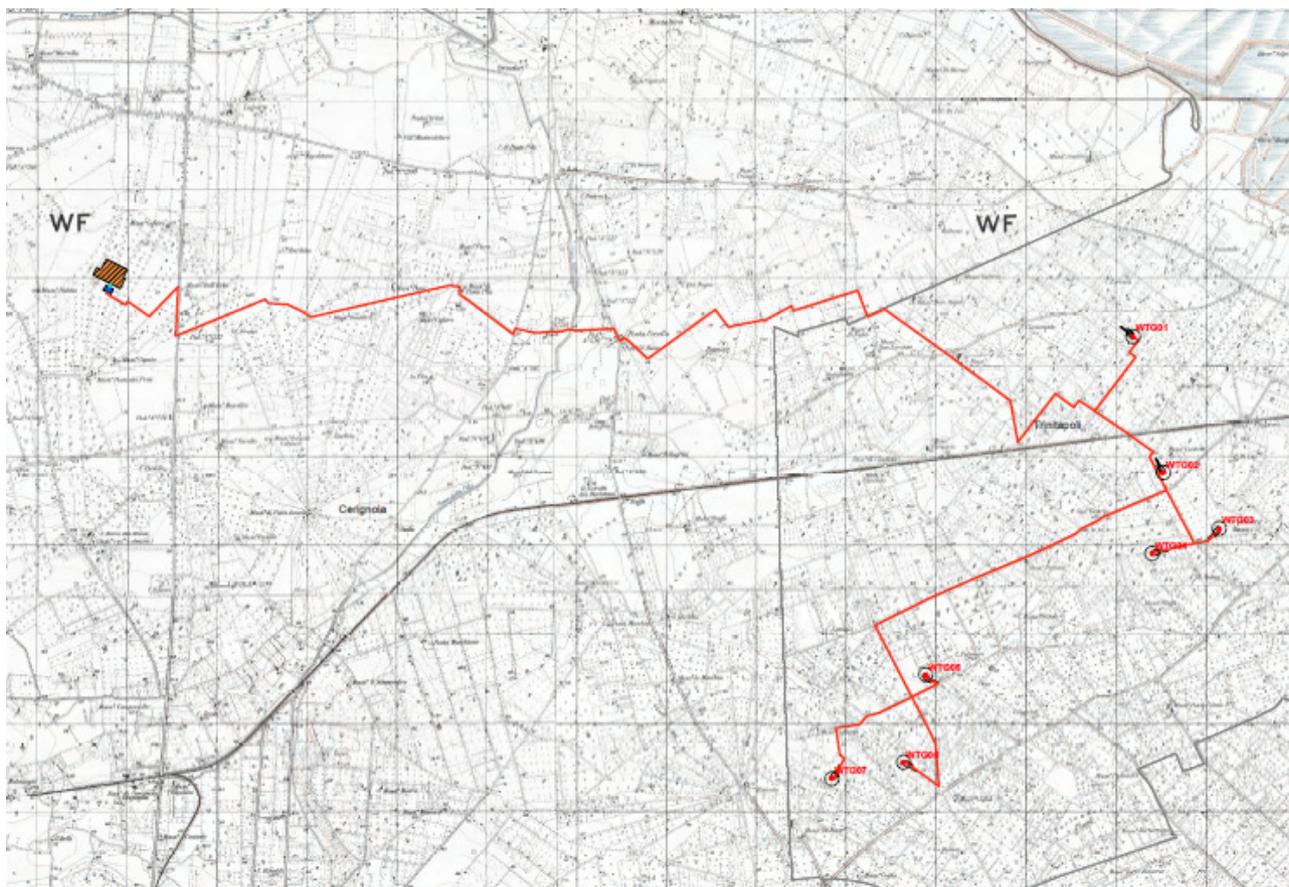
Distanza parco dai centri abitati

- 3500 m dal comune di Trinitapoli (BT)
- 5600 m dal comune di San Ferdinando di Puglia (BT)
- 7800 m dal comune di Cerignola (FG)

Nell'area sono rilevabili i seguenti siti storico culturali:

- MASSERIA GROTTI (distante circa 830 m da WTG 01);
- MASSERIA LEONETTI (distante circa 220 m da WTG 02);
- LE QUATTRO MASSERIE (distante circa 550 m da WTG 03);
- MASSERIA STAFFA (distante circa 630 m da WTG 04);
- MASSERIA CEGLIA (distante circa 770 m da WTG 06);
- MASSERIA CAFAGNA (distante circa 530 m da WTG 07);
- MASSERIA DE BIASE (distante circa 600 m da WTG 07);
-

STRALCIO I.G.M. IN SCALA 1:25.000



GEOLOGIA DELL'AREA

L'area interessata dal progetto per la realizzazione dell'impianto EOLICO oltre che dalla sottostazione e dal cavodotto di connessione, ricade nell'ambito dell'avampaese apulo, individuatosi durante l'orogenesi appenninica è interessato dal ciclo trasgressivo Pleistocenico e costituito da una potente successione di rocce carbonatiche di piattaforma. Le spinte connesse alle diverse fasi tettoniche hanno interessato solo marginalmente l'avampaese, generando essenzialmente strutture disgiuntive quali fratture, faglie dirette e subordinatamente, blande pieghe ad ampio raggio.

Come si desume dalle relative note illustrative, per quanto riguarda il paesaggio, esso è individuato a NE dell'altopiano calcareo delle Murge Alte. La superficie topografica delle Murge si configura in forme debolmente ondulate e incise, intervallate da distese pianeggianti o ampiamente depresse. L'aspetto dominante è quello di un'area petrosa in gran parte incolta; in definitiva, è il tipico paesaggio carsico.

All'altopiano carsico si contrappone a SO l'esteso ed ampio bacino del medio Bradano (fossa bradanica p.p. ovvero fossa premurgiana) in cui il paesaggio è quello caratteristico delle colline argillose meridionali. È dominato infatti ora da rilievi poco pronunciati che si susseguono in strette e lunghe dorsali con pendici dolcemente ondulate e modellate a formare gobbe e moticoli cupoliformi, ora da rilievi fortemente delineati in isolate alture a pendici anche notevolmente acclivi. Il passaggio dalle Murge Alte alla fossa bradanica è segnato dal ciglione di una scarpata, abbastanza netto e spesso assai ripido, intaccato trasversalmente da numerosi solchi d'incisione torrentizi, alcuni ancora parzialmente attivi.

Le formazioni incluse nel detto foglio possono essere raggruppate come segue:

DEPOSITI MARINI

- Calcarea di Bari (Turoniano sup. -Maastrichtiano)
- Calcarenite di Gravina (Pliocen sup.- Pleistocene inf.)
- Argille Subappennine (Pleistocene inf.)
- Depositi Marini Terrazzati (pleistocene med.-sup.)

DEPOSITI CONTINENTALI

- Depositi alluvionali ed eluvio-colluviali (Olocene)

Calccare di Bari

Trattasi di calcari dolomitici e dolomie grigio chiare o bianco- nocciola, la cui età è ascrivibile al Cretaceo. È costituito da una potente successione di strati di calcari in prevalenza detritici, generalmente a grana fine spesso dolomitizzati. I calcari caratterizzano i livelli alti della sequenza, mentre le dolomie e calcari dolomitici ricorrono frequentemente nella parte inferiore e in quella media.

Questi depositi rappresentano il termine stratigraficamente più antico nell'area di studio e costituiscono il substrato sul quale poggiano in trasgressione, i depositi plio-pleistocenici.

Calcareniti di Gravina

Depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale.

La formazione è direttamente trasgressiva sui calcari cretaci e l'età è riferibile al plio-pleistocene. Sono localmente rappresentate da calcareniti e calciruditi passanti a materiali sabbiosi con inclusi ciottoli che si rinvengono in spessori molto esigui.

Argille Subappennine

Argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di colore grigio-azzurro, subordinatamente giallastre con sparsi, sempre nella parte alta, ciottoli di natura calcarea o calcarenitica. Questi depositi di età infrapleistocenica poggiano in continuità di sedimentazione sulle Calcareniti di Gravina e localmente giacciono, lungo superfici trasgressive, direttamente sui depositi mesozoici del calcare di Altamura.

Questi depositi non affiorano ma occupano vaste aree nel sottosuolo.

Dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi eseguiti nell'area confermano la presenza al di sotto dei Depositi Marini Terrazzati.

Le Argille subappennine rappresentano il substrato impermeabile che sostiene l'acquifero superficiale.

Queste circostanze comportano, a seguito di eteropie laterali e verticali, un assetto stratigrafico leggermente diverso a seconda delle zone considerate.

Depositi Marini Terrazzati

In trasgressione sui terreni sopra descritti riposa una serie di depositi marini, a luoghi terrazzati, in gran prevalenza sabbiosi. Tali depositi, difficili a rilevarsi quando poggiano su termini litologicamente simili della Fossa bradanica, sono costituiti da sabbie, sabbie calcarifere e da

calcareniti con frequente stratificazione incrociata. Si tratta di depositi tipicamente litorali. I depositi stessi sono posti a quote via via decrescenti verso il mare e, a luoghi, come ad esempio lungo l'allineamento Canosa-foce Ofanto, formano una serie di ripiani, limitati in basso da scarpate.

I Depositi Marini Terrazzati affiorano estesamente nell'area studiata.

Quest'unità rappresenta l'acquifero superficiale, generalmente sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

Depositi Alluvionali e eluvio-colluviali

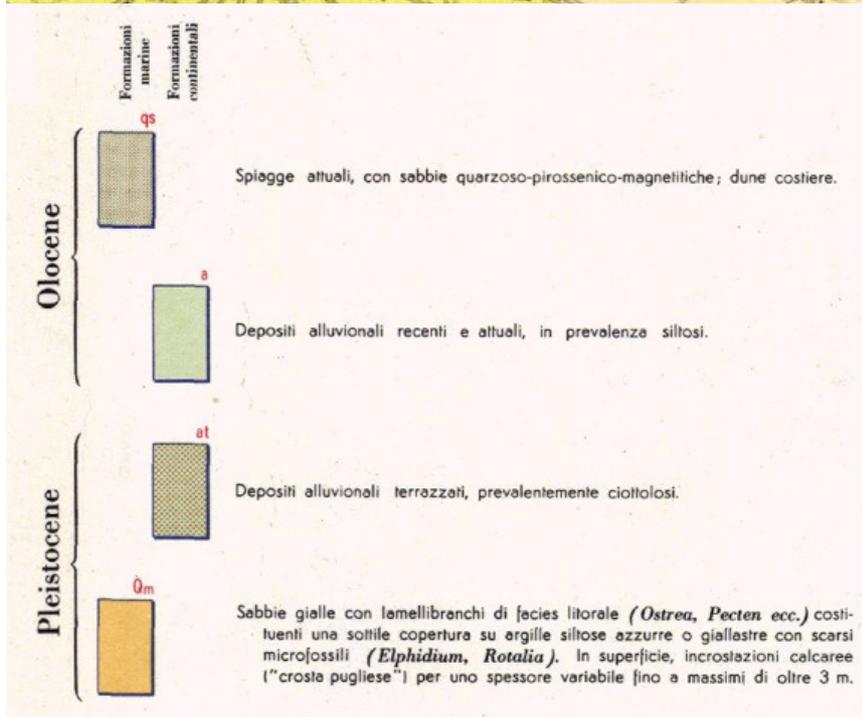
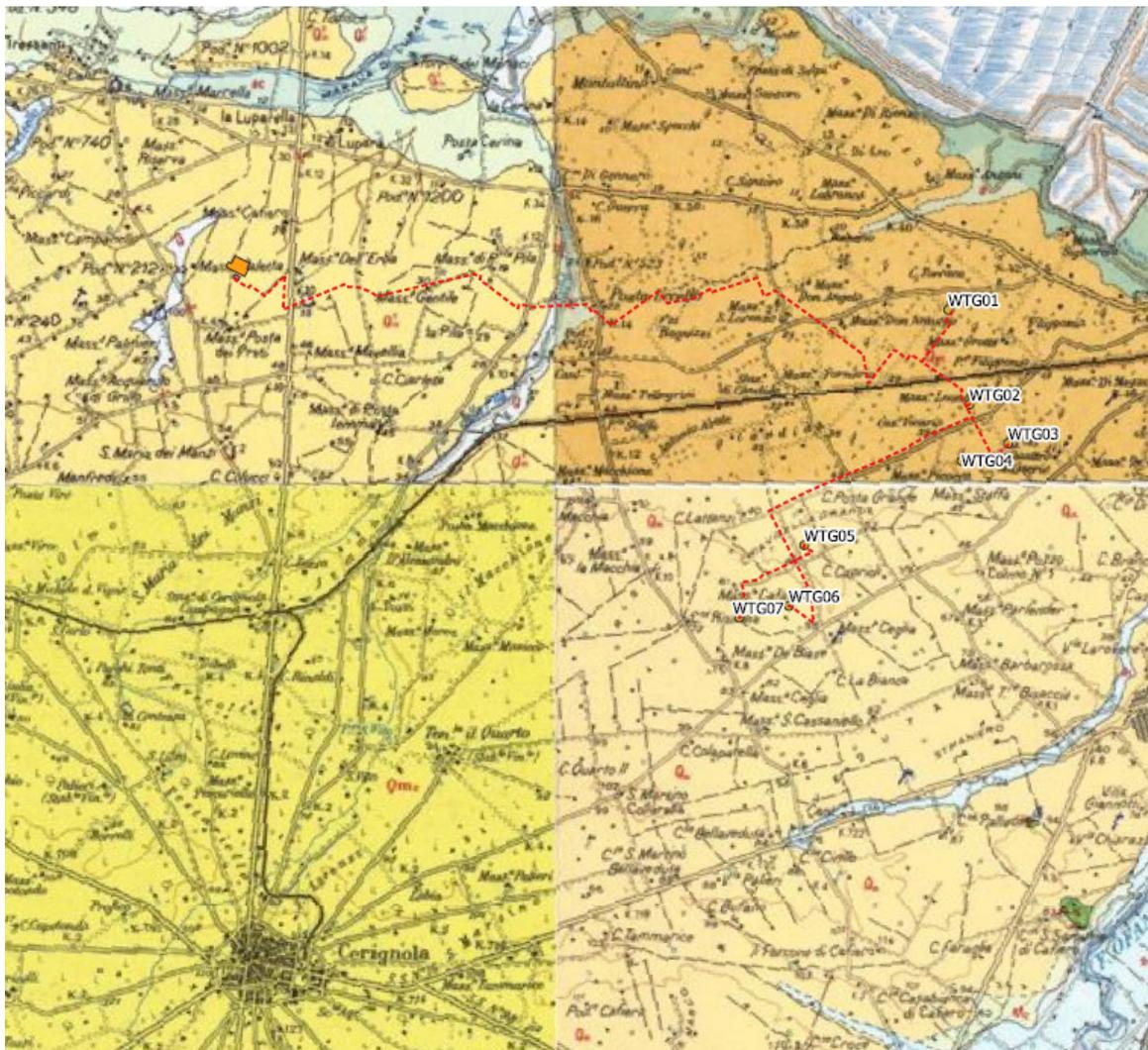
Questi depositi rappresentano la sedimentazione recente nell'area di studio. Rappresentano le alluvioni terrazzate, sabbiose, argillose e ciottolose del fiume Ofanto e dei suoi affluenti.

Affiorano principalmente lungo i solchi erosivi.

I depositi continentali cartografati, poggiano sui depositi marini terrazzati ed il loro spessore massimo è di pochi metri.

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**

STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA



CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Assetto geomorfologico

Le forme del terreno nell'area di studio risentono in modo evidente delle condizioni litologiche e di quelle strutturali e offrono buone indicazioni sull'evoluzione morfologica regionale durante in Quaternario.

Nell'area si possono distinguere due zone:

- Il rilievo delle Murge
- La piana del fiume Ofanto.

Il rilievo delle Murge occupa la maggior parte dell'area del Foglio "Trinitapoli" ed è costituito quasi interamente dai calcari del Cretaceo, solo a luoghi coperti da lembi di sedimenti marini o continentali quaternari. Il motivo morfologico più importante è dato da una serie di ripiani, allungati quasi parallelamente alla costa, posti a quote via via più basse verso l'Adriatico e verso la valle dell'Ofanto. Questi hanno superfici debolmente ondulate e inclinate verso NE e si raccordano tramite scarpate con andamento a luoghi molto sinuoso.

I ripiani corrispondono ad altrettanti terrazzi marini, formati durante il Plio-pleistocene, mentre le Murge andavano sollevandosi.

Dati i caratteri litologici, nell'area murgiana mancano corsi d'acqua perenni; tuttavia, i solchi d'erosione sono numerosi e costituiscono un reticolo assai denso.

La piana della bassa valle del fiume Ofanto comprende la parte nord-occidentale del Foglio "Trinitapoli". Fanno parte di quest'area le spianate occupate dai sedimenti marini recenti, la fascia costiera e le pianure alluvionali del fiume Ofanto. La zona dove affiorano le sabbie è debolmente inclinata verso nord, con lievi ondulazioni.

I depositi alluvionali del fiume formano vaste pianure lungo il corso del fiume stesso e nella fascia costiera.

Dal punto di vista morfologico, si è potuto osservare che i depositi superficiali appaiono sufficientemente addensati e stabili, senza evidenziare fenomeni di distacco o scoscendimenti. Inoltre, non sono stati rilevati elementi che possano indicare movimenti sia di tipo tettonico che gravitativi.

I processi morfodinamici possono coinvolgere fenomenologie erosive o di dilavamento delle coltri, nelle aree ove i gradienti topografici contribuiscono al deflusso ed al ruscellamento delle acque superficiali verso quote minori.

Nell'area d'interesse, non sono evidenti solchi erosivi o manifestazioni morfologiche che possano testimoniare la presenza di vie preferenziali di scorrimento delle acque superficiali.

I terreni sabbiosi ed i litotipi calcarenitici risultano permeabili per porosità (permeabilità di tipo primario) e tendono a favorire l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque superficiali, limitando a pochi minuti il ristagno in superficie delle stesse (in aree libere e non rese artificialmente impermeabili) a seguito di eventi meteorici di normale intensità.

L'area è solcata dal fiume Ofanto e da una rete di tributari con deflusso esclusivamente stagionale. Nel complesso tutta l'idrografia rivela una fase di maturità assai avanzata. La valle del fiume si presenta ampia, sebbene risenta sensibilmente della differenza di litologia tra il corso più alto e il corso basso che attraversa in Tavoliere.

Assetto idrogeologico

Falde Sotterranee

La circolazione idrica sotterranea, nel territorio in esame, si esplica attraverso due livelli. La falda idrica superiore o "superficiale", circolante nei depositi alluvionali del fiume Ofanto è sostenuta dal letto dei depositi argillosi appartenenti alla formazione geologica delle argille Subappennine mentre l'acquifero di base, o "falda idrica profonda" è ospitata nell'ambito della formazione calcareo-dolomitica del Cretaceo.

Acquifero alluvionale della bassa valle dell'Ofanto

L'assetto idrogeologico dell'area è fortemente semplificato dal fatto che le Argille varicolori, le argille marnose scagliose e le Argille Azzurre o argille subappennine avendo composizione granulometrica di gran lunga spostata nel campo delle argille, risultano praticamente impermeabili. Le stesse unità argillose costituiscono il basamento eroso dal fiume e sul quale si sono depositati i sedimenti alluvionali del corso d'acqua, rinvenendosi con spessore massimo di 12-15 m circa dal p.c..

I depositi alluvionali terrazzati del fiume Ofanto e i detriti dei conoidi, affioranti sulla piana alluvionale in corrispondenza dei solchi, sono caratterizzati da lenti di ciottoli, granuli e sabbia con intercalati lenti e livelli di argille limose e/o limi sabbiosi. Gli elementi lapidei, eterometrici e di forma variabile da arrotondata a spigolosa, sono generalmente immersi in matrice sabbiosa, ma si possono trovare lenti ghiaiose clasto-sostenute. Conseguentemente, le alluvioni risultano permeabili per porosità, anche se evidentemente anisotrope (permeabilità notevole in direzione

orizzontale, modesta su quella verticale) e disomogenea, variando sensibilmente con la granulometria e la matrice delle lenti alluvionali.

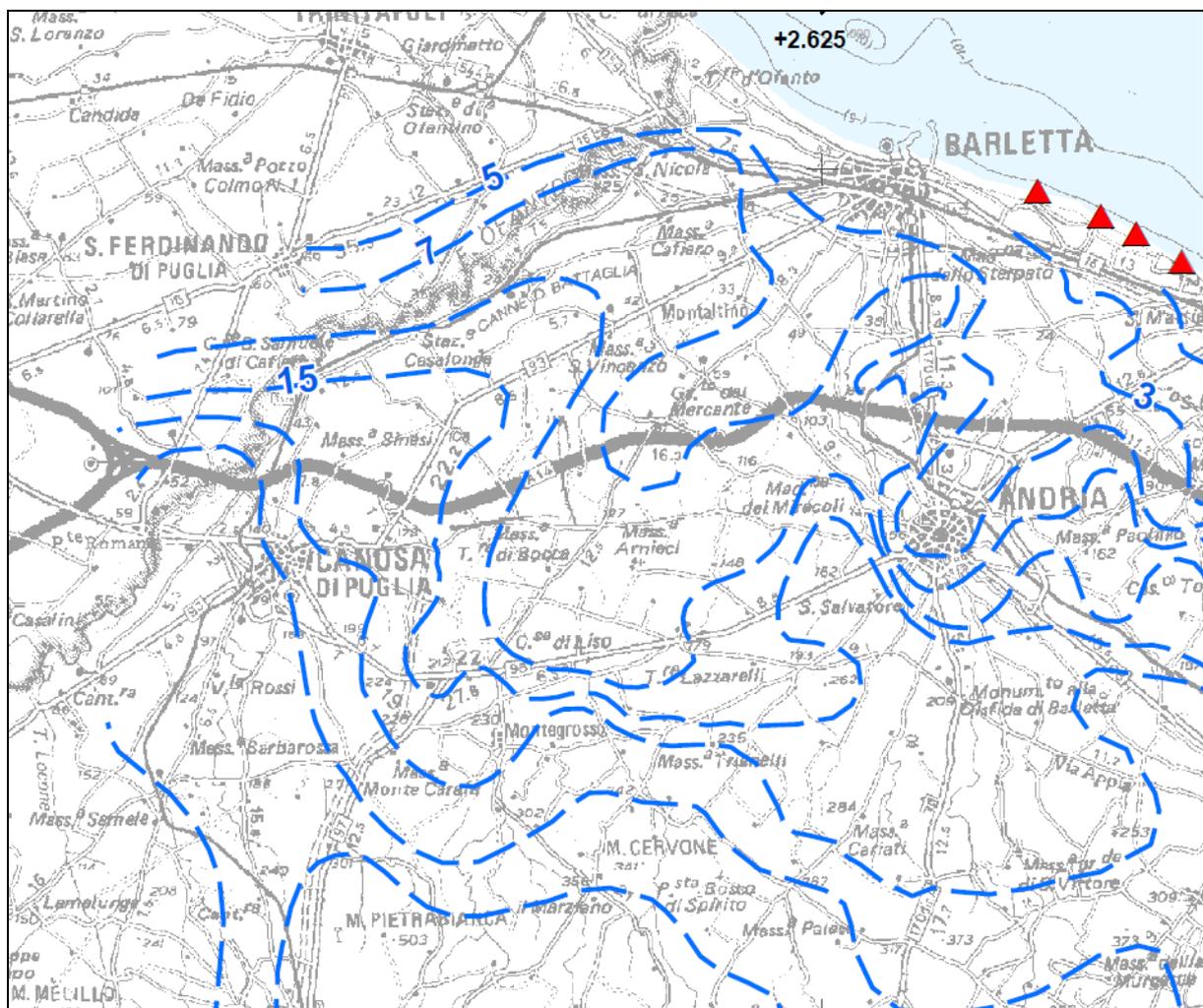
La falda idrica è rinvenibile a profondità variabili da -5m a -10metri dal p.c.. Solo localmente si possono registrare risalite di 1-2 metri del livello idrico dopo perforazione, evidenziando una circolazione dell'acquifero, localmente in pressione.

Le quote dei livelli di falda dei piezometri individuano, in linea di massima, una superficie piezometrica della subalvea avente le linee di flusso pressoché parallele al fiume con gradienti molto bassi.

Falda Idrica Profonda

La formazione carbonatica ospita la falda idrica profonda. È l'acquifero più importante caratterizzato da un carico idraulico elevato rispetto ai valori che si riscontrano di norma lungo le coste salentine. Tale fenomeno, ampiamente studiato, si verifica a causa della presenza di insediamenti argillosi impermeabili, sovrapposti all'acquifero carbonatico, che mantengono la falda in pressione ad una profondità maggiore del livello del mare. Localmente, proprio i livelli impermeabili anzidetti possono sostenere dei livelli idrici superficiali che comunque presentano scarsa rilevanza ai fini dell'approvvigionamento idrico. Tali livelli possono essere alimentati dalle acque della falda profonda sottostante, laddove i sedimenti argillosi impermeabili presentano una maggiore percentuale di limo e permettono, quindi, una maggiore risalita delle acque di falda profonda.

STRALCIO CARTA ISOPIEZIOMETRICA DELL'ACQUIFERO CARSIICO



Legenda

 isopiezica (m s.l.m.)

EMERGENZE CENSITE DA S.I.M. DI BARI

 Portata < 10 l/s

 Portata > 10 l/s

EMERGENZE CENSITE DA INFRAROSSO TERMICO

 Gruppo di efflussi a mare probabilmente coincidenti con sorgenti

 Concentrazione di più efflussi di limitato contrasto termico

 Singolo efflusso a mare probabilmente coincidente con una sorgente

 Singolo efflusso a mare di limitate dimensioni e modesta anomalia termica

 Singolo efflusso a mare di rilevanti dimensioni ed elevata anomalia termica

Caratteri di permeabilità

Le rocce affioranti nell'area in esame sono in prevalenza permeabili per porosità, per fessurazione o per entrambe.

La permeabilità del primo tipo è tipica delle sabbie post-calabriere.

Il grado di permeabilità risulta variabile localmente, in relazione ai fattori più disparati quali: assortimento granulometrico, incisività di fenomenologie paracarsiche, struttura e diagenesi del deposito.

In particolare, le facies calcarenitiche sono da ritenersi dotate di permeabilità scarsa in corrispondenza di granulometria fine e significativo contenuto argilloso, ovvero media ove prevalgono clasti grossolani, bancate riccamente fossilifere e strutture porose e concrezionate.

I calcari sono invece dotati di permeabilità secondaria per fratturazione e fessurazione.

In base ai criteri litologici descritti ed alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati in base al tipo di permeabilità:

- terreni permeabili per fessurazione, fratturazione e per carsismo (elevata).
- terreni permeabili per porosità (da media a scarsa);

Terreni permeabili per porosità

A questa categoria sono correlabili le calcareniti del Salento e quelle post-calabriere che per i caratteri granulometrici e tessiturali, rivelano una permeabilità per porosità generalmente scarsa. Solo in corrispondenza dei livelli a macrofossili o fratturati, la permeabilità aumenta

sensibilmente per le vie preferenziali di deflusso dovute ai vuoti intergranulari o alle fratture. Qualora invece al contatto tra le calcareniti ed i sottostanti calcari, vi è presenza di paleosuolo, allora nonostante la permeabilità delle rocce al tetto ed al letto del paleosuolo s'instaura una falda superficiale detta freatica. I terreni dell'area di intervento presentano un grado di permeabilità medio con valori variabili tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/s.

Terreni permeabili per fessurazione e per carsismo

Sono rappresentati dai calcari del Cretaceo. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso una elevata permeabilità (1×10^{-0} - 1×10^{-4} cm/s) che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (calcarea e calcareo-dolomitica).

ANALISI IDROLOGICA

Con riferimento alle precipitazioni che si verificano nell'area, gli afflussi meteorici si attestano sul valore medio di circa 600 mm/anno, nonostante si segnali una tendenza di riduzione degli apporti in generale per la regione Puglia.

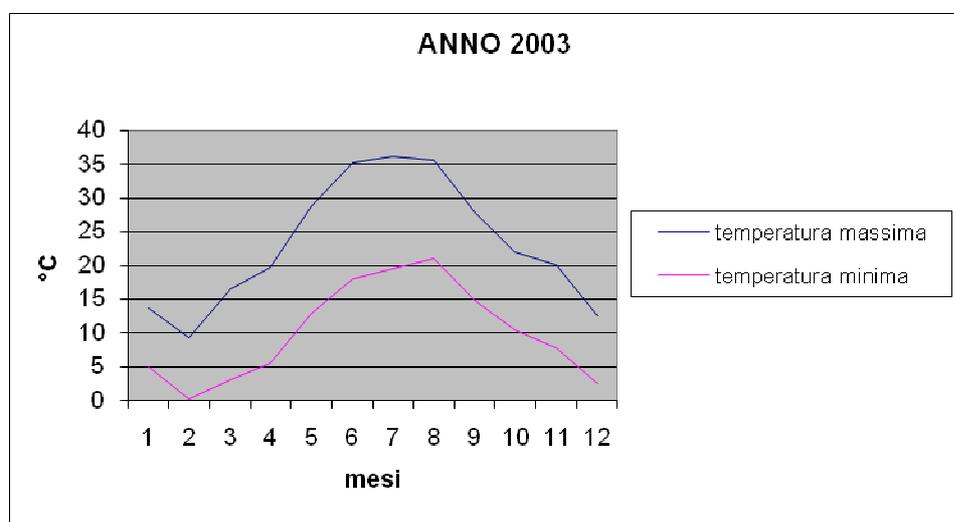
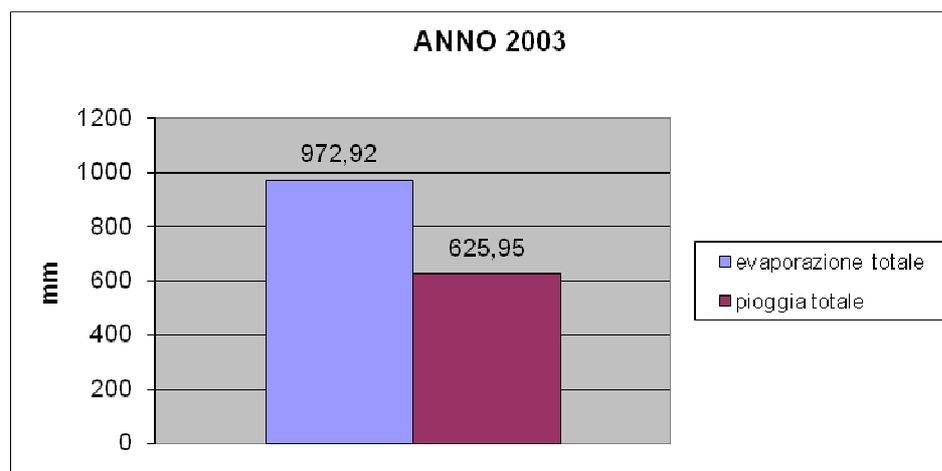
Le piogge sono prevalentemente concentrate a cavallo tra l'autunno e l'inverno mentre si riducono al sopraggiungere della stagione estiva, tanto che può verificarsi la scomparsa dei fenomeni precipitativi.

Anno 2003

	evaporaz. tot (mm)	pioggia tot (mm)	T.max (°C)	T.min (°C)	umid.max (%)	umid.min (%)	rad.med (cal/cmq/g)	v.med (km/g)	v.dir.med
Gennaio	32,63	116,20	13,69	5,06	87,74	52,84	119,58	208,29	WSW
Febbraio	23,69	46,10	9,24	0,29	90,29	57,81	152,19	197,70	S
Marzo	52,38	13,40	16,52	3,16	98,93	39,78	321,27	153,90	SW
Aprile	67,97	36,80	19,73	5,55	98,70	41,91	403,96	153,89	SSW
Maggio	121,34	11,80	28,87	12,92	97,96	29,83	512,92	145,03	SW
Giugno	155,06	25,00	35,32	18,06	91,24	25,91	566,59	141,97	SSW
Luglio	208,62	20,40	36,14	19,63	83,17	39,74	568,55	176,95	SSE
Agosto	140,18	79,10	35,63	21,09	84,61	58,64	474,34	162,37	WSW
Settembre	79,73	42,80	27,88	14,79	91,28	48,64	352,81	133,04	WSW
Ottobre	50,83	56,00	22,05	10,41	89,56	49,68	189,15	176,11	S
Novembre	26,21	6,60	20,16	7,81	91,73	51,63	149,33	117,47	SSW
Dicembre	14,28	171,75	12,57	2,49	93,51	60,53	81,17	162,84	S

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**

Fonte: Consorzio di bonifica di Capitanata – stazione n° 4 agro di Candela (AZ. AGR. DI STEFANO)

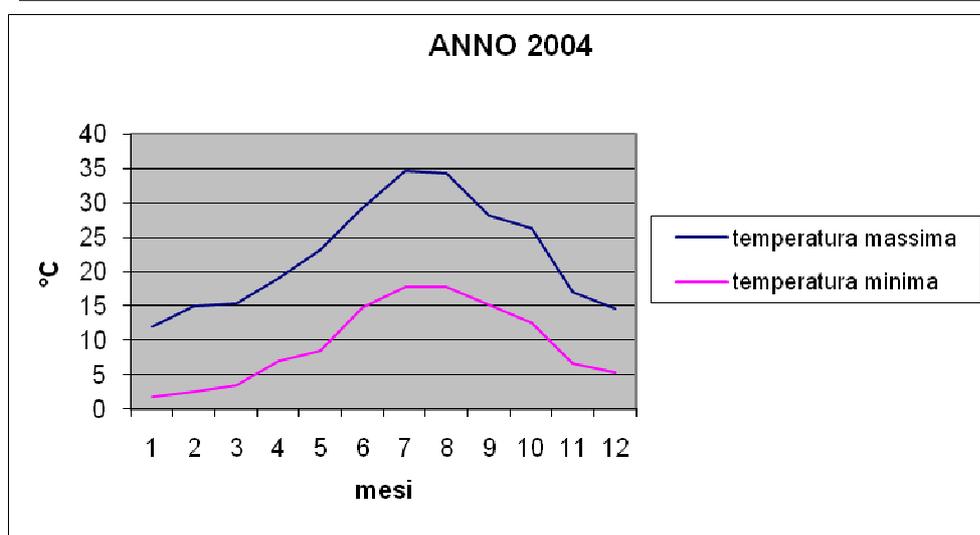
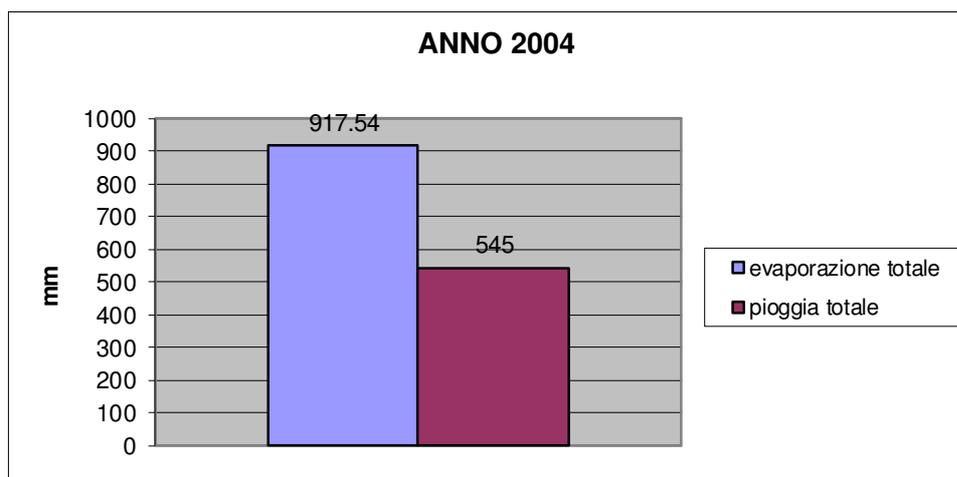


Anno 2004

	evaporaz. tot (mm)	pioggia tot (mm)	T.max (°C)	T.min (°C)	umid.max (%)	umid.min (%)	rad.med (cal/cm ² /g)	v.med (km/g)	v.dir.med
Gennaio	28,88	33,00	11,95	1,89	85,04	51,42	135,56	187,04	SW
Febbraio	41,74	10,00	15,04	2,51	83,91	43,65	202,31	211,60	SW
Marzo	45,33	10,20	15,43	3,58	87,74	50,27	261,91	123,99	SW
Aprile	58,46	78,20	19,07	6,98	93,02	51,54	329,38	158,86	SSW
Maggio	105,36	44,40	23,16	8,42	90,79	38,30	507,94	180,26	SW
Giugno	127,05	60,60	29,19	14,90	84,37	37,51	489,26	158,06	SW
Luglio	181,10	24,20	34,64	17,82	75,61	24,18	558,22	210,59	SSW
Agosto	150,87	29,00	34,22	17,76	88,54	34,83	497,60	213,48	WSW
Settembre	85,31	49,20	28,22	15,18	95,36	48,33	352,77	187,35	S
Ottobre	58,13	29,00	26,31	12,64	93,15	44,87	256,56	150,58	SSE
Novembre	21,64	95,60	16,96	6,69	94,30	60,78	112,29	174,52	SSW
Dicembre	13,67	81,60	14,64	5,38	96,45	64,66	78,20	148,92	S

Fonte: Consorzio di bonifica di Capitanata – stazione n° 4 agro di Candela (AZ. AGR. DI STEFANO)

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**

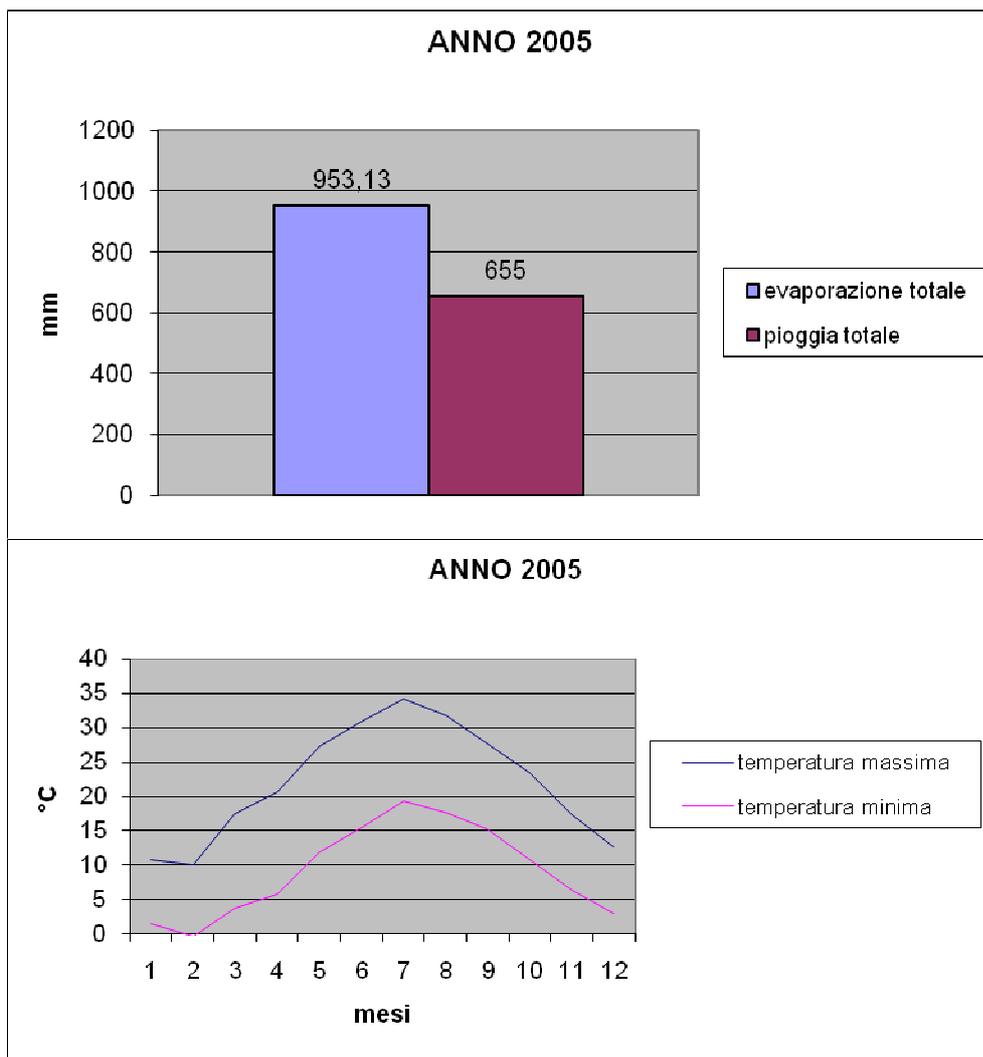


Anno 2005

	evaporaz. tot (mm)	pioggia tot (mm)	T.max (°C)	T.min (°C)	umid.ma x (%)	umid.min (%)	rad.med (cal/cm ² /g)	v.med (km/g)	v.dir.me d
Gennaio	19,33	41,20	10,85	1,46	93,15	59,46	104,98	188,28	SW
Febbraio	22,56	66,00	9,99	-0,33	94,47	59,10	145,29	221,81	SW
Marzo	56,57	47,00	17,58	3,69	93,35	46,57	302,50	205,99	SW
Aprile	68,80	22,40	20,68	5,90	99,70	42,95	420,65	215,51	SSW
Maggio	131,87	31,40	27,38	11,92	92,74	28,09	529,16	200,43	SW
Giugno	145,45	74,00	30,82	15,45	93,16	27,86	555,22	185,75	SW
Luglio	190,18	29,00	34,20	19,34	78,83	28,30	579,32	246,42	SW
Agosto	139,80	53,60	31,72	17,72	80,16	31,30	437,55	214,37	SW
Settembre	85,92	45,00	27,72	15,31	91,26	42,60	330,43	187,11	SW
Ottobre	41,37	54,60	23,41	10,76	96,99	50,12	224,33	111,30	SSW
Novembre	23,34	80,00	17,28	6,40	95,17	53,53	121,36	154,61	SSW
Dicembre	27,94	110,80	12,63	3,09	92,48	54,57	121,65	248,00	SW

Fonte: Consorzio di bonifica di Capitanata – stazione n° 4 agro di Candela (AZ. AGR. DI STEFANO)

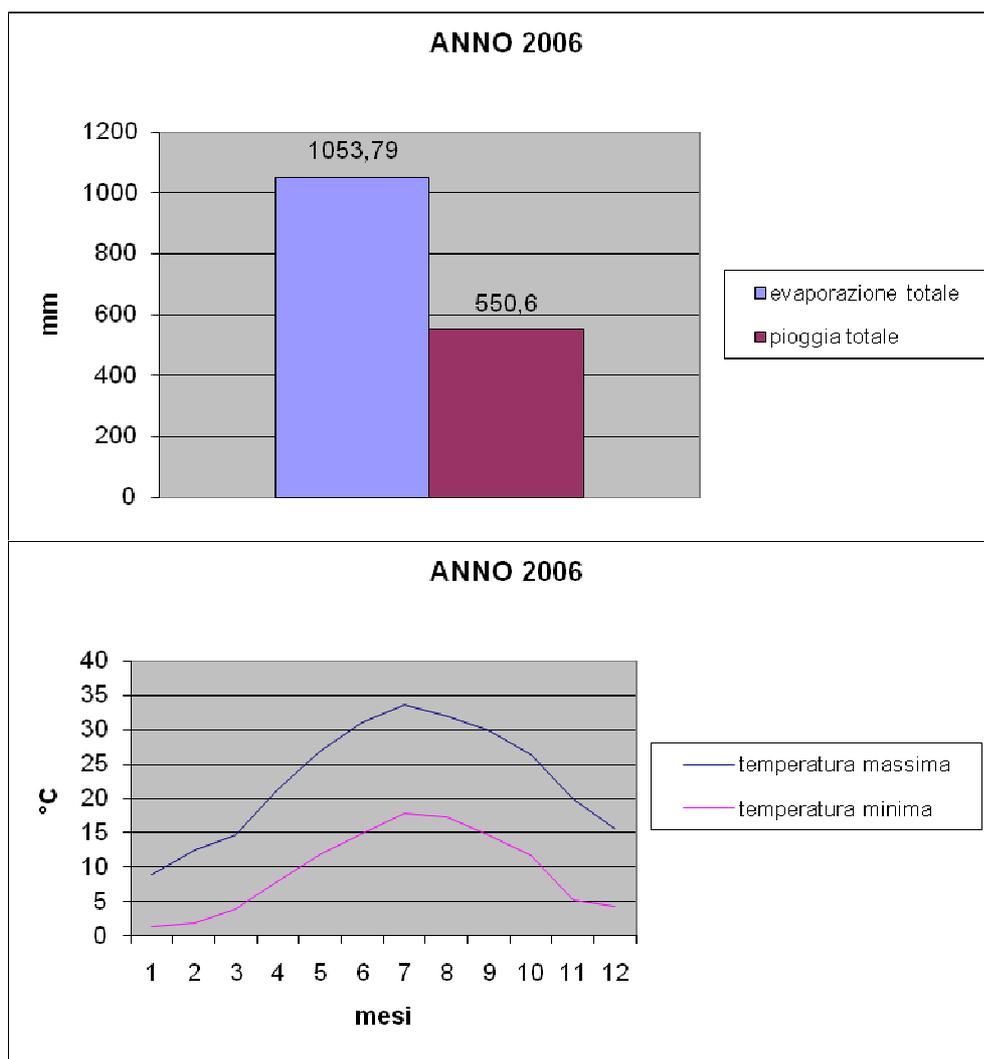
**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**



Anno 2006

	evaporaz. tot (mm)	pioggia tot (mm)	T.max (°C)	T.min (°C)	umid.ma x (%)	umid.mi n (%)	rad.med (cal/cm ² /g)	v.med (km/g)	v.dir.me d
Gennaio	17,82	38,20	9,88	1,27	95,10	60,11	98,97	189,23	SSW
Febbraio	39,81	81,40	12,58	1,96	89,06	44,68	201,20	283,41	SW
Marzo	56,94	127,40	14,81	3,88	90,16	49,85	249,53	288,18	SW
Aprile	81,93	43,60	21,47	8,07	90,33	38,71	373,09	183,24	SSW
Maggio	138,37	2,40	27,05	11,86	85,15	31,40	530,83	202,36	SW
Giugno	148,17	44,00	31,07	14,95	77,71	28,13	503,47	183,86	SW
Luglio	170,34	11,20	33,56	17,78	77,72	26,81	569,75	182,88	S
Agosto	161,79	24,00	31,93	17,37	76,88	27,61	492,76	243,62	S
Settembre	105,46	77,20	29,99	14,79	82,63	32,95	407,71	170,29	SW
Ottobre	73,18	13,80	26,46	11,79	85,09	33,53	271,64	158,62	SW
Novembre	40,64	13,00	19,94	5,34	84,55	37,76	186,19	160,34	SW
Dicembre	19,34	74,40	15,62	4,30	94,17	53,41	128,76	125,25	SW

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**



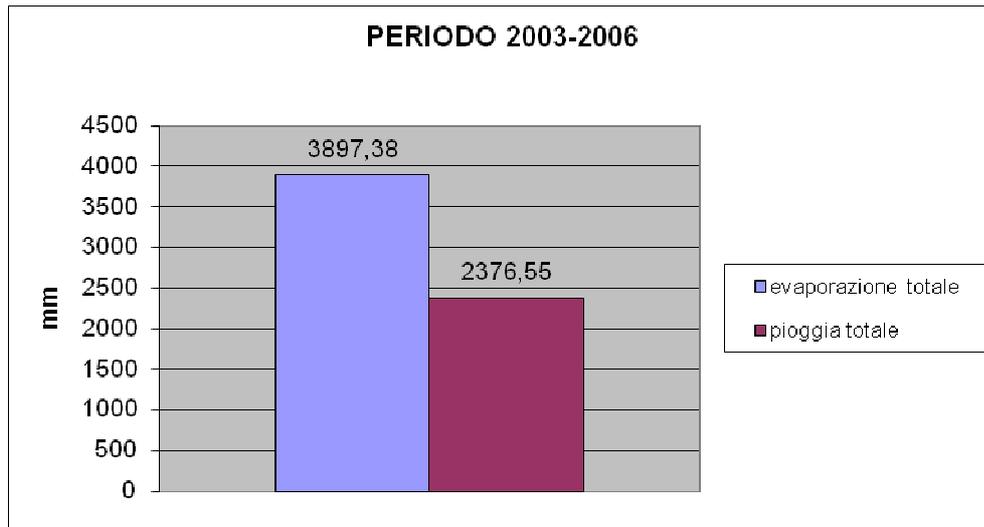
Riepilogo dati

ANNO	evaporaz. tot (mm)	pioggia tot (mm)	T.max (°C)	T.min (°C)	umid.max (%)	umid.min (%)	rad.med (cal/cm ² /g)	v.med (km/g)
2003	972,92	625,95	23,15	10,11	91,56	46,41	324,32	160,80
2004	917,54	545,00	22,40	9,48	89,02	45,86	315,17	175,44
2005	953,13	655,00	22,02	9,23	91,79	43,70	322,70	198,30
2006	1053,79	550,60	22,37	9,45	85,71	38,75	334,49	197,61

Fonte: Consorzio di bonifica di Capitanata – stazione n° 4 agro di Candela (AZ. AGR. DI STEFANO)

Dall'elaborazione dei dati e dal successivo grafico risulta evidente nel periodo considerato la differenza tra acqua precipitata e acqua evaporata che ha portato ad un progressivo impoverimento delle risorse idriche a servizio del territorio.

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**



Per i dati climatici si è fatto riferimento ai dati delle statistiche meteorologiche ISTAT e ai dati del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare; la stazione presa in considerazione è quella di Candela.

INQUADRAMENTO PAI

Dalla cartografia PAI si evince che le aree interessate dal **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE** oltre alle aree interessate dalle opere di connessione e dalla sottostazione di trasformazione, sono *escluse da qualsiasi tipo di pericolosità, sia IDRAULICA che GEOMORFOLOGICA*.

CARTA PERICOLOSITÀ IDRAULICA E CARTA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA



LEGENDA

PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Pericolosità Geomorfologica

- media e moderata (PG1)
- elevata (PG2)
- elevata (PG3)

Pericolosità Idraulica

- bassa (BP)
- media (MP)
- alta (AP)

SISMICITÀ DELL'AREA IN ESAME

Con l'ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, modificata dall'OPCM n° 3431 del 03/05/2005 sono approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", nonché le connesse "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", "Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti" e le "Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni".

Le nuove norme definiscono, dunque, i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche, ai sensi dell'art. 93, 1g) del D.L. 112/1998, ai fini della formazione e dell'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone da parte delle Regioni, ai sensi dell'art. 94, 2a) del medesimo decreto.

Categorie di suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati 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.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Dall'indagine MASW eseguita è stato ricavato l'andamento delle Vs e da qui calcolato il valore della Vs,eq risultato di 281 m/s.

La categoria di suolo, caratteristica del sito oggetto dell'intervento, è la seguente:

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.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV - Categorie topografiche

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

L'area oggetto di studio rientra nella categoria T1 "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Calcolo dell'azione sismica

Zone sismiche

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di Trinitapoli ricade in zona sismica 2

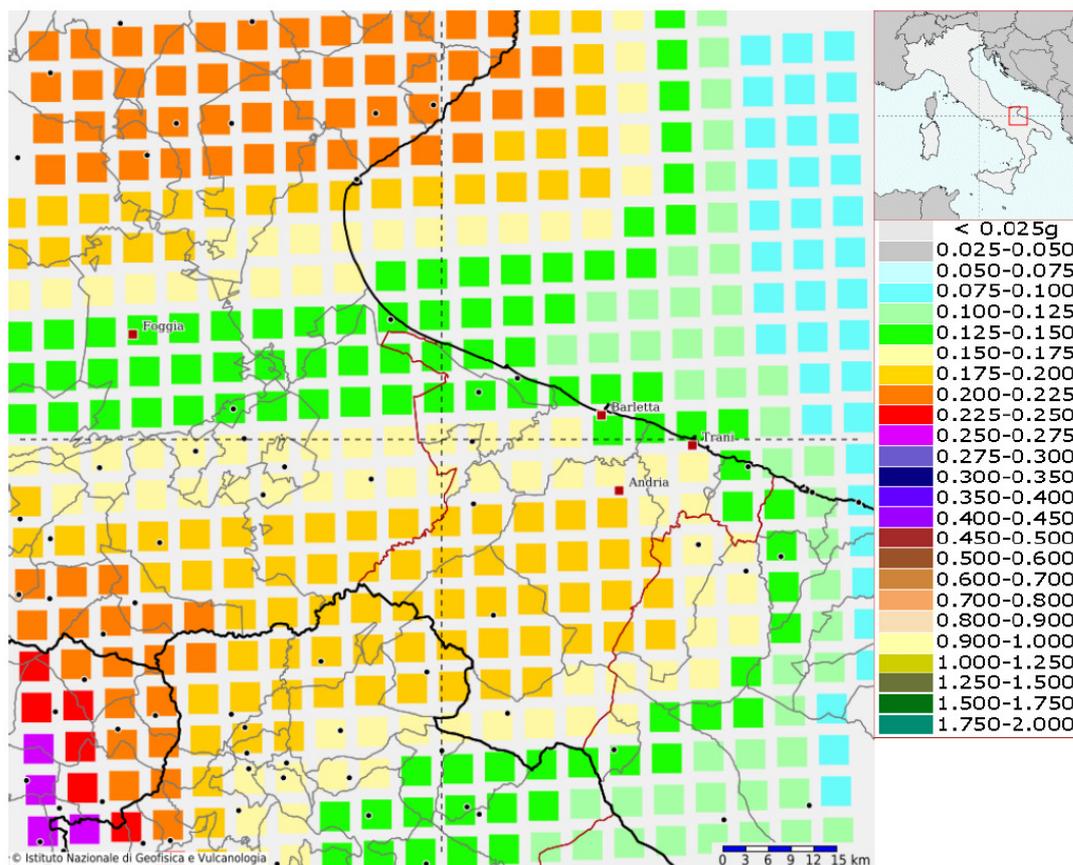
L'O.P.C.M. 3519 del 28 Aprile 2006 ha definito i "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.1 08 del 11/05/2006)"

La mappa riportata di seguito individua la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s (ovvero categoria A).

Nella seguente tabella è individuata ciascuna zona secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0.15g
4	0,05g

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)
Informazioni sul nodo con ID: 31007 - Latitudine: 41.307 - Longitudine: 16.020



La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **31007** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Descrizione dell'azione sismica

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastico di cui al punto successivo. Qualora siano eseguite determinazioni più accurate del moto sismico atteso, è consentito utilizzare spettri specifici per il sito purché le ordinate di tali spettri non risultino in nessun punto del campo di periodi di interesse inferiori all'80% delle ordinate dello spettro elastico standard applicabile in relazione alla categoria di suolo.

Per applicazioni particolari, il moto del suolo può essere descritto mediante accelerogrammi.

Il moto orizzontale è considerato composto da due componenti ortogonali indipendenti, caratterizzate dallo stesso spettro di risposta.

In mancanza di documentata informazione specifica, la componente verticale del moto sismico si considera rappresentata da uno spettro di risposta elastico diverso da quello delle componenti orizzontali.

Azione sismica valutata secondo il D.M. 17 Gennaio 2018

Con D.M. 17 Gennaio 2018 il è stato approvato il testo aggiornato delle Norme tecniche per le costruzioni. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

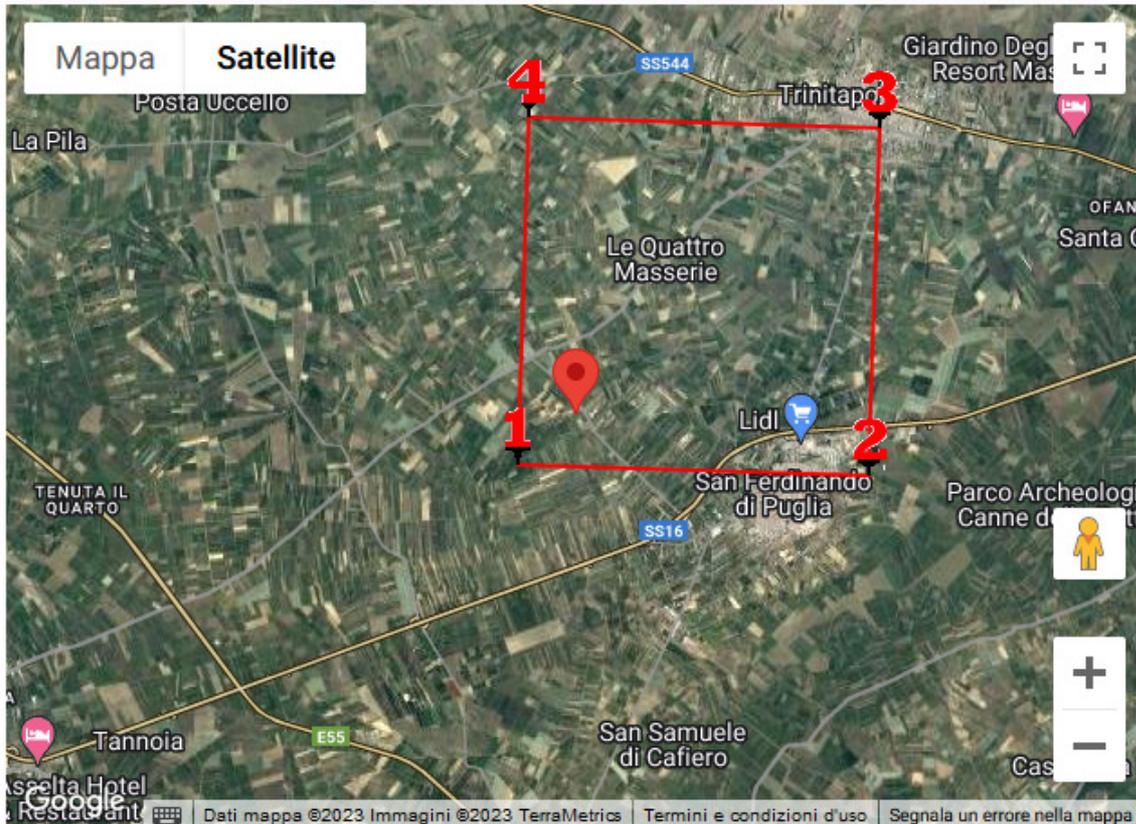
F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_o e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**

Parametri sismici (determinati con GeoStru PS)



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	Tc ⁺ [s]
Operatività (SLO)	30	0.041	2.546	0.276
Danno (SLD)	50	0.052	2.556	0.302
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.148	2.539	0.412
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.202	2.495	0.423
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,47	1,40
CC Coeff. funz categoria	1,61	1,56	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.016	0.052	0.079
kv	0.006	0.008	0.026	0.040
Amax [m/s²]	0.598	0.770	2.132	2.775
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La raccolta dei dati dei principali parametri geotecnici, si è basata sull'analisi proveniente da indagine bibliografica e dal rilevamento geologico effettuato dallo scrivente nei terreni interessati dalla realizzazione delle 7 torri eoliche oltre alle opere di connessione e dai cavidotti.

Come si può notare dalla carta geologica allegata, gli aereogeneratori n. 1-2-3-4-5-6-7- saranno collocati sui terreni appartenenti ai depositi marini terrazzai (sabbie limose calcarifere e calcareniti). Gli aerogeneratori si troveranno sui depositi sabbiosi recenti del fiume Ofanto caratterizzate da sedimenti sabbioso-argillosi subordinatamente ciottolosi.

Dal rilevamento geologico di dettaglio, dai dati bibliografici e dall'analisi di indagini geognostiche eseguite in aree limitrofe (aventi le stesse caratteristiche geologico-stratigrafiche), sono stati riconosciuti affioramenti di materiale di origine alluvionale e residuale e di materiale sabbioso terrazzato.

Tale contesto geomorfologico favorisce l'accumularsi di tali terreni ricoprendo quasi per intero il sito.

I parametri geotecnici delle **Sabbie limose** dedotte da indagini pregresse ha restituito i risultati i seguenti:

V _p (m/s)	700-1000
Angolo di attrito (°)	28
Modulo edometrico (Mpa)	1490
Classificazione AGI	Addensato
Coesione (kg/cmq)	0.0
Peso di volume (gr/cmc)	1.80
Modulo di Poisson	0.45

CONCLUSIONI

Lo studio di seguito illustrato è stato svolto su incarico da me ricevuto dalla Società Q-Energy Renewables 2 S.r.l. e costituisce la relazione geologica, geotecnica, sismica e idrogeologica a corredo dei lavori per il **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI TRINITAPOLI IN LOCALITA' CHIAVICELLA GRANDE**

L'impianto sarà collegato mediante un cavidotto in media tensione interrato.

Il lavoro compiuto consente di affermare che allo stato attuale non si evidenziano fattori riconducibili a fenomeni di natura geostatica che implicino modifiche degli equilibri esistenti in quanto non sono stati rilevati elementi che possano indicare movimenti di tipo tettonico-gravitativo. Dal punto di vista morfologico, il sito sorge su una fascia pianeggiante caratterizzata da depositi superficiale sufficientemente stabili e addensati.

Inoltre, il contesto morfodinamico dell'area rende l'idrografia superficiale poco sviluppata o del tutto assente. Per ciò che concerne l'aspetto idrogeologico, non si evidenziano problematiche legate a fenomeni di affioramento di falda.

Per quanto riguarda l'aspetto sismico, si ricorda che l'area è inserita nella zona **2** e **3** della nuova classificazione sismica (*Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003*).

Come recepito dalla normativa il modello geologico di riferimento sarà validato e supportato da indagini specifiche sia di tipo indiretto che diretto.

Lo studio geologico si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dal nuovo Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018 al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico.

È stato rilevato come, il piano campagna su cui insisteranno le strutture di sostegno dell'impianto, è rappresentato per la totalità del sito da terreno vegetale per uno spessore di 1.0 metro, segue un substrato da ricondurre a sabbie-limose e depositi alluvionali caratterizzati dalla presenza di sabbie argillose a tratti ciottolose.

Successione litostratigrafica tipo:

- da 0.0 m a 1.00 m Terreno vegetale
- da 1.00 m a 5.00 m Sabbie-limose

I parametri geotecnici delle Sabbie con livelli litoidi dedotti dalla prova penetrometrica sono risultati i seguenti:

V _p (m/s)	700-1000
Angolo di attrito (°)	28
Modulo edometrico (Mpa)	1490
Classificazione AGI	Addensato
Coesione (kg/cmq)	0.0
Peso di volume (gr/cmc)	1.80
Modulo di Poisson	0.45

Le indagini non hanno rilevato alcuna falda superficiale.

Dal punto di vista della risposta sismica locale del sito la V_{S30} è stata calcolata con la seguente espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_i \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Nel caso in esame la V_{S,eq} calcolata è pari a 281 m/sec che fa rientrare il suolo di fondazione nella *categoria sismica C*.

In considerazione dell'assetto morfostrutturale del sito di indagine, delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle condizioni idrauliche, la realizzazione dell'intervento è possibile.

Maruggio, Maggio 2023

Il Geologo
Dott. Antonio Mattia Fusco

