

# IMPIANTO AGRI-NATURALISTICO-VOLTAICO (ANaV) CERIGNOLA SAN GIOVANNI IN FONTE

REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA DI FOGGIA  
COMUNE di CERIGNOLA

Progetto per la realizzazione dell'impianto (ANaV)  
per la produzione di energia elettrica da fonte solare della  
potenza complessiva di 99,42 MW, sito nel comune di Cerignola,  
località "San Giovanni in Fonte" e relative opere di connessione  
nei comuni di Stornarella, Orta Nova e Stornara (FG)

## PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

Titolo:

R05

**Relazione Geologica - Relazione  
geologico-tecnica - Studio  
geo-morfologico di dettaglio SSE trasf.  
SSE Consegna**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

Y1CRT40\_RelazioneGeologica\_05-CON

Progettazione:

Committente:



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
DAGRI  
DIPARTIMENTO DI AGRI-  
NATURALISMO E FORESTALITÀ

Università degli Studi di Firenze

Dr. Enrico Palchetti  
Piazzale delle Cascine, 18 - 50121 Firenze  
Centralino +39 055 2755800  
enrico.palchetti@unifi.it - dagri@pec.unifi.it



**TOZZIgreen**

TOZZI GREEN S.p.a.

Via Brigata Ebraica, 50 - 48123 Mezzano (RA)  
Tel 0544 525311 Fax 0544 525319  
info@tozzigreen.com - tozzi.re@legalmail.it  
www.tozzigreen.com

**ALIA**

ALIA SOCIETA' SEMPLICE

Prof. Arch. Giovanni Campeon  
Piazza delle Istituzioni, 22 - 31100 Treviso  
Tel. 0422 235343  
alia@alliavalutazioni.it - aliasocieta@pec.it

Industrial service S.r.l.

Via Allano, 25 - 71042 Bolzano (BZ) - Italia  
Tel. 0885 542 07 74  
info@industrial-service.it



Studio Tecnico Calcarella

Dott. ing. Fabio Calcarella  
Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce  
Mob. 340 9243575  
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

Dott. Geol. Gianluca SELLERI

Via Francesco Lo RE, 6  
73100 - LECCE  
Tel: +39 3929534082  
E-mail: geologogianlucaselleri@gmail.com



**SE.ARCH.**

SE.ARCH - S.r.l.

Dott. Stefano Di Stefano  
Via del Vigneto, 21 - 39100 Bolzano (BZ) - Italia  
serviziarcheologia@pec.it

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2023	Prima emissione	STC	FC	Tozzi Green

## Sommario

1 – PREMESSA .....	1
2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DESCRIZIONE DEI CARATTERI GEOMORFOLOGICI ED IDROGRAFICI.....	5
3 - CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI E STRATIGRAFICI.....	11
4 – CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IMPATTO SULLA CIRCOLAZIONE IDROGEOLOGICA DELLE OPERE DI PROGETTO .....	17
5 – INTERFERENZE CON LA RETE IDROGRAFICA E PERICOLOSITA' IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA.....	20
6 – SISMICITA' .....	23
7 INDAGINE STRUMENTALE .....	27
8 CATEGORIA DI SUOLO .....	33
9 PARAMETRI GEOTECNICI .....	35

## 1 – PREMESSA

Il presente studio geologico riguarda due distinte aree ricadenti in comune di Cerignola (FG) dove saranno realizzate una SSE di consegna ed una SSE di trasformazione a servizio di un impianto Agri-Naturalistico-Voltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare fotovoltaica della potenza complessiva di 99,42 MW ubicato in località "San Giovanni in Fonte" nel comune di Cerignola (FG).

La società proponente è *TOZZI GREEN S.p.A*, con sede in Mezzano (Ravenna), 48123, Via Brigata Ebraica n. 50, pec tozzi.re@legalmail.it, specializzata in soluzioni, servizi e progetti per lo sviluppo d'impianti e per la generazione di energia da fonti rinnovabili.

L'ubicazione dei siti di intervento e la loro consistenza sono individuate su immagine satellitare GoogleHeart nelle Figg. 1.1, 1.2 ed 1.3



*Fig. 1.1 – Inquadramento su immagine satellitare Google Heart dell'area vasta in cui ricadono i siti di intervento*



*Fig. 1.2 – Dettaglio della ubicazione della SSE di trasformazione*



*Fig. 1.2 – Dettaglio della ubicazione della SSE di consegna*

Lo studio geologico di cui si relaziona è stato sviluppato attraverso:

- una accurata ricerca bibliografica,
- la consultazione dei piani vigenti,
- l'esecuzione di un dettagliato rilevamento geologico-stratigrafico e geomorfologico in campo,
- l'esecuzione di una campagna di indagini geofisiche.

Tutto ciò ha consentito di inquadrare sotto l'aspetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico il sito di interesse, di individuarne la vincolistica geologica e di definirne la pericolosità geologica di base.

Sulla base del complesso dei dati e delle informazioni raccolte sono stati quindi definiti per il territorio di interesse:

- l'assetto geologico-stratigrafico, strutturale e geomorfologico;
- l'assetto dei corpi idrici sotterranei e superficiali;
- la dinamica geomorfologia e l'eventuale pericolosità geologica (in particolare idraulica e geomorfologica);
- i caratteri litologici e geologico-tecnici dei terreni che fungeranno da sedime per le diverse strutture ed installazioni previste.

In particolare, i caratteri geotecnici e la Categoria di Suolo ai sensi delle NTC 2018 dei terreni presenti nelle aree di impianto sono stati definiti sulla base della campagna di indagini condotta dallo scrivente nel mese di marzo 2023 e consistita nella esecuzione di n. 2 indagini MASW distribuite su tali aree come riportato nella successiva figura 1.4 e 1.5.

Il quadro normativo di riferimento sulla base del quale sono state articolate e svolte le attività che compongono lo studio geologico ed è stata redatta la presente Relazione Geologica è rappresentato essenzialmente da:

- 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, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- NTC 2018.



*Fig. 1.4 – Ubicazione MASW1 nel perimetro del sito interessato dalla realizzazione della SSE di trasformazione*



*Fig. 1.5 – Ubicazione MASW2 nel perimetro del sito interessato dalla realizzazione della SSE di consegna*

## 2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DESCRIZIONE DEI CARATTERI GEOMORFOLOGICI ED IDROGRAFICI

Le aree di intervento ricadono in comune di Cerignola e sono ricomprese entrambe sul Foglio IGM in scala 1:50000 n. 422 "Cerignola". Rispetto alla CTR in scala 1:10000 la SSE di consegna ricade nell'elemento 422032 mentre la SSE di trasformazione ricade nell'elemento 422141.

Rispetto all'abitato di Cerignola si rileva che l'area della SSE di consegna è ubicata a circa 11 km in direzione Nord mentre la SSE di trasformazione è ubicata a circa 8 km in direzione Est.

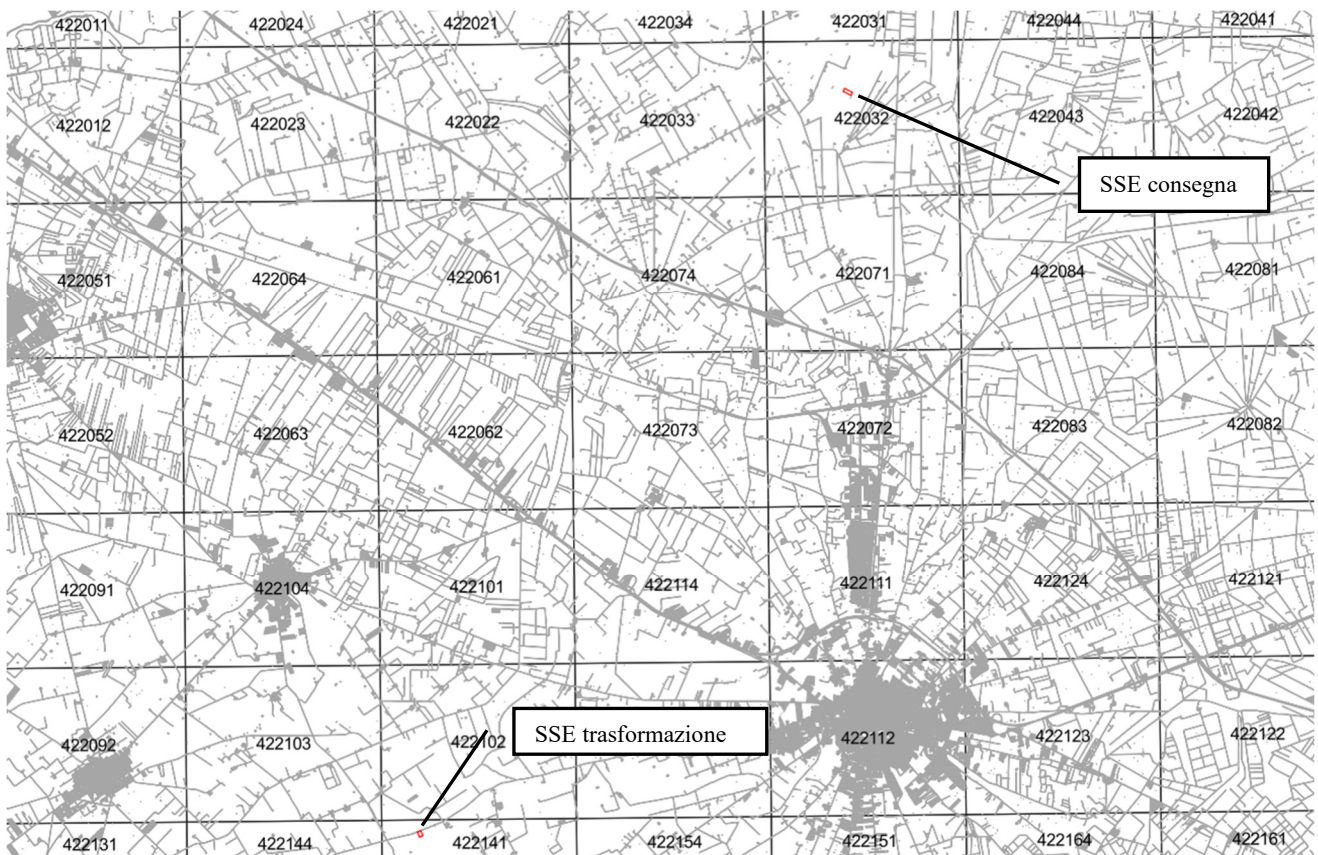


Fig. 2.1 – Inquadramento dei siti su grigliato CTR

Si tratta per entrambi i siti di aree a destinazione agricola attualmente utilizzate a seminativo; quella che sarà occupata dalla SSE di trasformazione è ha quota di 154 - 155 m slm mentre quella che sarà occupata dalla SSE di consegna si trova a 33 – 34 m slm.

L'elemento morfologico più significativo dell'area vasta in cui ricado entrambi i siti è rappresentato da una superficie subpianeggiante, debolmente inclinata verso nord-est, solcata da alcuni corsi d'acqua minori localmente chiamati "marane". Questo ripiano è compreso fra le valli del Fiume Ofanto e del Torrente Carapelle e fa parte di una vasta

superficie che si estende da Ascoli Satriano fino al Golfo di Manfredonia, quasi a raccordare il rilievo appenninico alla piana costiera attuale.

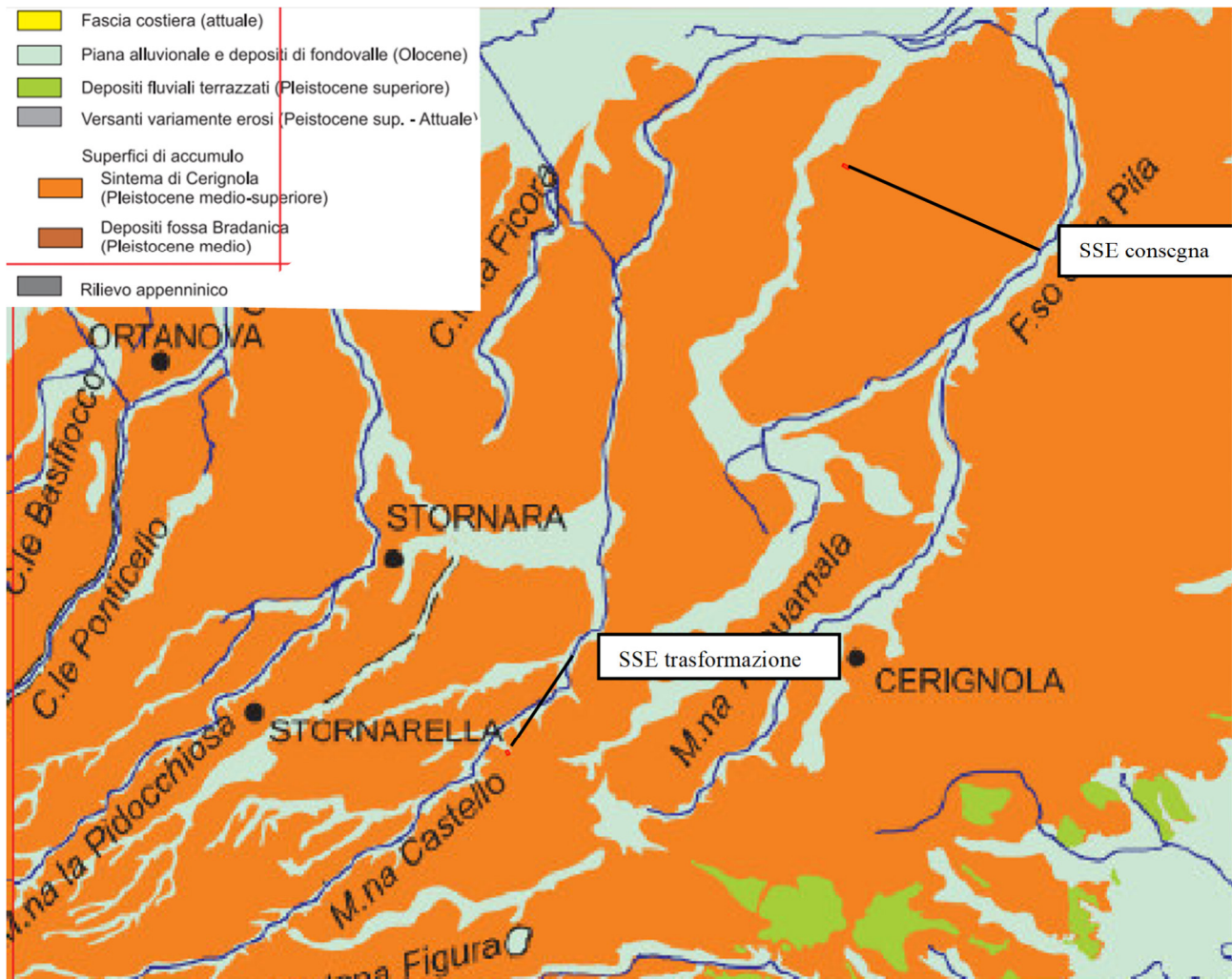


Fig. 2.2 – Schema geomorfologico di area vasta (Stralcio dalle Note Illustrative del Foglio 422 Cerignola)

Da un punto di vista morfologico si tratta di una superficie di accumulo di tipo complesso (superficie di accumulo di Cerignola) in quanto dovuta all'accumulo e progradazione di una piana costiera, concomitante con fasi di sollevamento con entità maggiore verso l'Appennino, rimodellata dagli agenti esogeni. La superficie di accumulo di Cerignola è articolata su due ripiani: quello più alto corrisponde alla chiusura dei depositi della Fossa Bradanica, mentre quello più basso (su cui ricado i siti della SSE di consegna e della SSE di trasformazione) corrisponde alla superficie sommitale del sintema di Cerignola (RGL).

Diversi agenti esogeni hanno scolpito la superficie di accumulo di Cerignola ed essi sono stati guidati, nella loro azione modellatrice, principalmente dalle caratteristiche litologiche del substrato. Così che nella parte orientale della superficie dove insistono i siti di interesse, costituita da litologie sabbiose il paesaggio fisico assume l'aspetto piatto tipico del Tavoliere



di Puglia e i corsi d'acqua scorrono in ampie valli, sempre ad andamento rettilineo, ma dagli argini spesso non ben definiti, soprattutto in sinistra orografica.

La configurazione morfologica dell'area vasta in cui ricadono i siti, oltre ad essere influenzata dalla diversa natura litologica dei terreni affioranti, risente nelle sue grandi linee anche delle molteplici fasi di oscillazione del livello del mare che, a partire dal Pleistocene medio, si sono succedute durante il sollevamento regionale e la generale regressione del mare.

In letteratura specialistica la superficie di accumulo di Cerignola è stata interpretata in vari modi: come una superficie terrazzata di origine marina costituita da più ordini di terrazzi (MALATESTA et alii, 1967; DELANO SMITH, 1975, CIARANFI et alii, 1980), ovvero come la superficie di chiusura del ciclo di riempimento dell'avanfossa bradanica (CIARANFI & RAPISARDI, 1979) o infine come un lembo residuale della piana alluvionale che nel Pleistocene raccordava i primi rilievi appenninici con la linea di costa (PAREA, 1988).

Un altro elemento morfologico caratterizzante l'area vasta in cui ricadono i siti è l'idrografia superficiale. L'area è interessata marginalmente da due corsi d'acqua che si originano nell'Appennino e sfociano nel mare Adriatico: il Fiume Ofanto e il Torrente Carapelle.

In particolare, tuttavia, l'area di interesse è caratterizzata dalla presenza di corsi d'acqua minori denominati "marane", che si originano lungo il bordo occidentale del Tavoliere meridionale subito a sud-est di Ascoli Satriano intorno a quota 500 s.l.m. e solcano la superficie di accumulo di Cerignola.

Si tratta di incisioni povere d'acqua con deflusso ormai effimero: infatti, i solchi erosivi sono percorsi soltanto da acque di precipitazione meteorica e per periodi di norma giornalieri ed hanno portate molto variabili, in stretta correlazione con l'intensità e la durata delle precipitazioni alimentatrici. In molte zone il deflusso è reso precario dalle deboli pendenze e ciò provoca dei ristagni d'acqua che si traducono nella formazione di aree paludose.

In tempi passati tuttavia la superficie di accumulo di Cerignola doveva essere solcata da un reticolo idrografico di tipo dendritico dove il corso d'acqua principale era rappresentato dal Fosso della Pila, con un andamento da NO a SE, la cui foce doveva essere direttamente nella laguna di Salpi (saline di Margherita di Savoia). In esso confluivano la Marana di Acquamala, la Marana del Castello e la Marana Pidocchiosa.

Con riferimento specifico ai caratteri idrografici si rileva che l'area della SSE di trasformazione ricade nel bacino idrografico del Fosso Marana Castello mentre l'area della SSE di consegna ricade nel bacino idrografico del Fosso della Pila, entrambi classificati come corso d'acqua pubblico facenti parte del reticolo del Lago Giardino.

Il percorso del Fosso Catello ha subito nel suo tratto medio varie modifiche. Inizialmente confluiva nella Marana Acquamala, poco ad ovest di Cerignola, ma forse, sempre a seguito della riattivazione della faglia Cerignola-Foggia, ha deviato il percorso per confluire direttamente nel Fosso della Pila.

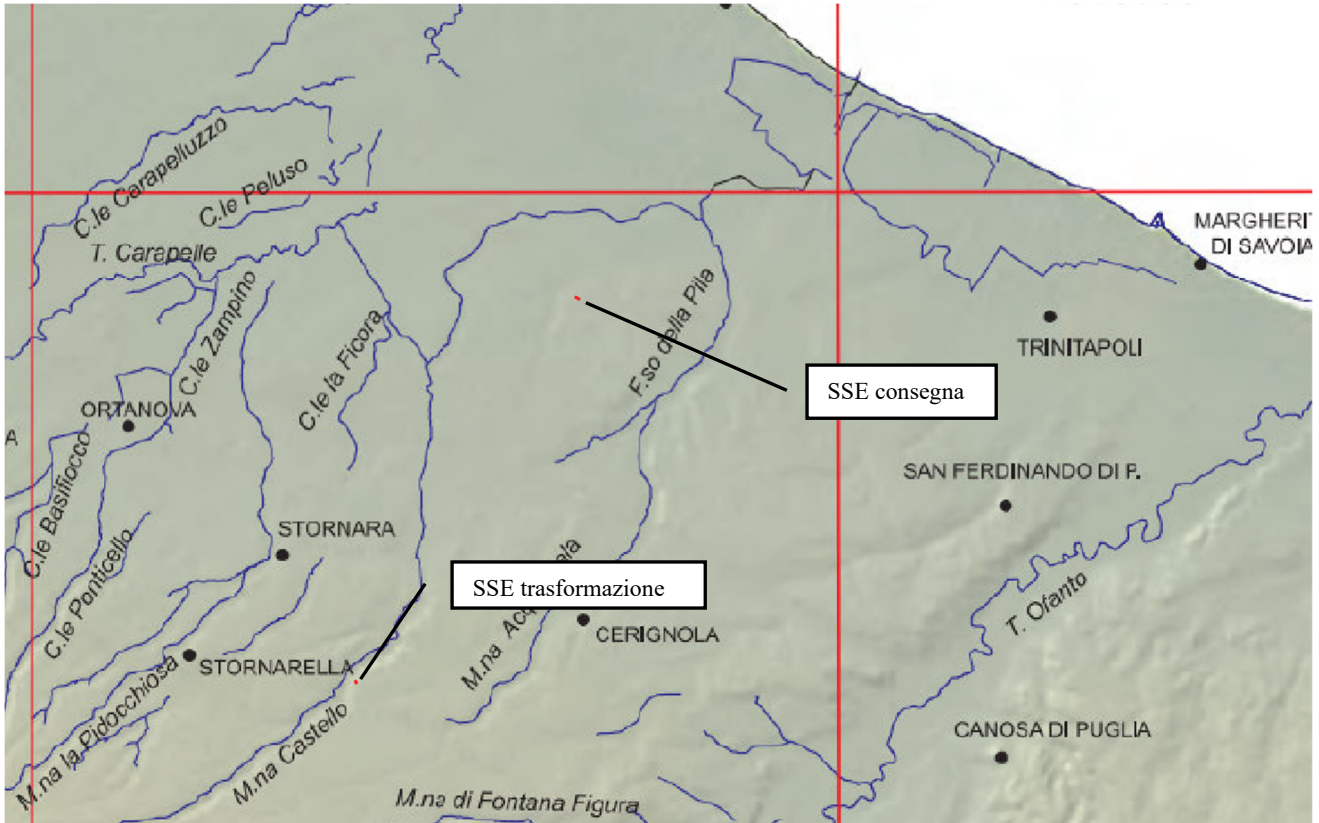


Fig. 2.3 – Schema geomorfologico di area vasta (Stralcio dal Note Illustrative al Foglio Cerignola)

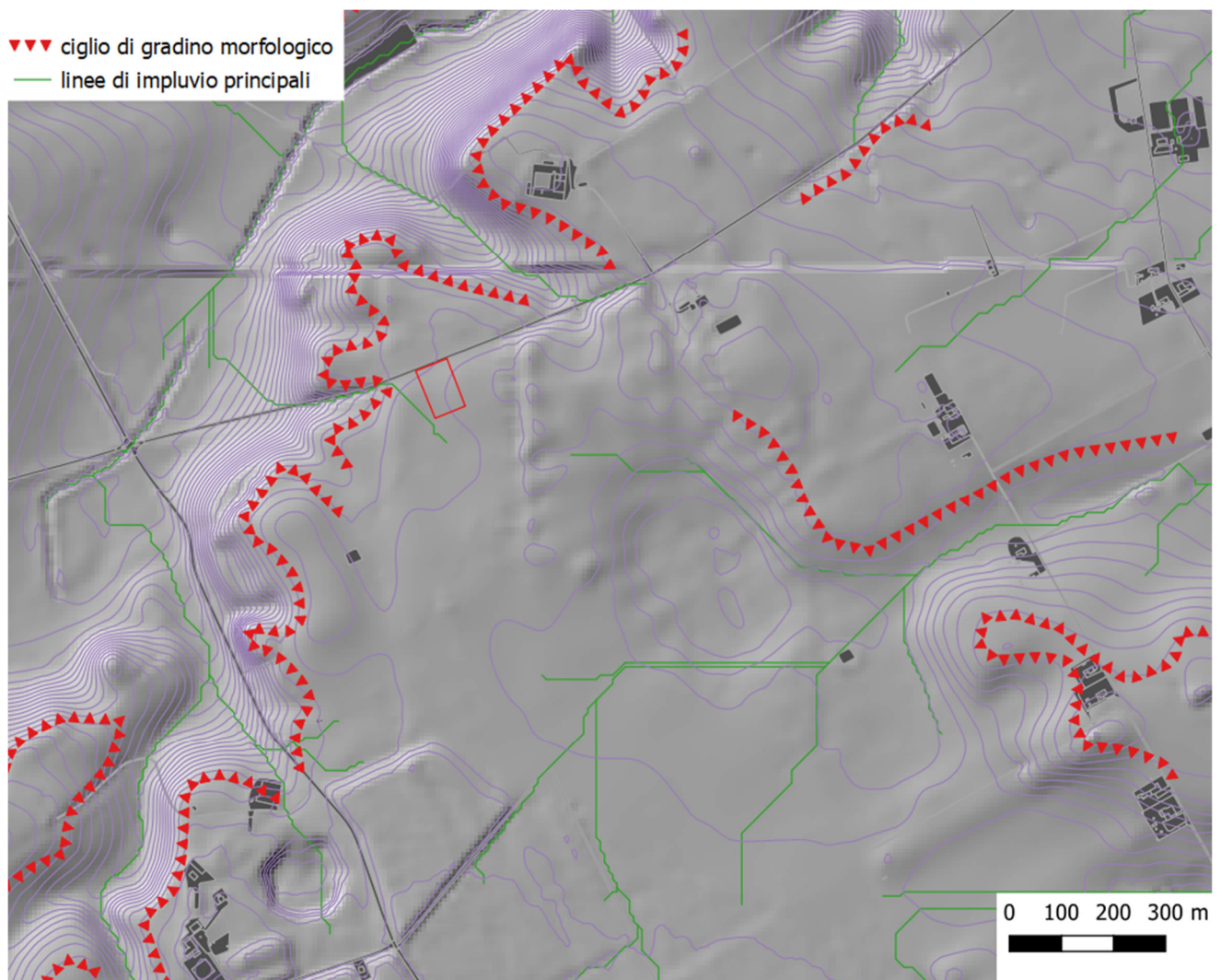
Si riportano di seguito i principali caratteri morfologici del sito che sarà occupato dalla SSE di trasformazione derivanti dal rilevamento condotto in campo ed estratti dal DTM Puglia con l'ausilio di specifici algoritmi che operano su dati raster.

Dalla carta geomorfologica si evince che il sito di progetto si trova sul fianco di una valle fluviale a fondo piatto alluvionale delimitata a Est da una evidente scarpata di erosione fluviale alta fino a 20 m e relativamente ripida mentre in sinistra idrografica è presente un versante meno acclive e di minore evidenza morfologica.

La valle fluviale incide una superficie pianeggiante (superficie di Cerignola) su cui propriamente ricade il sito di progetto che si presenta leggermente degradante verso NE.

Questa superficie pianeggiante è attraversata da modesti impluvi che confluiscono nelle valli fluviali maggiori.

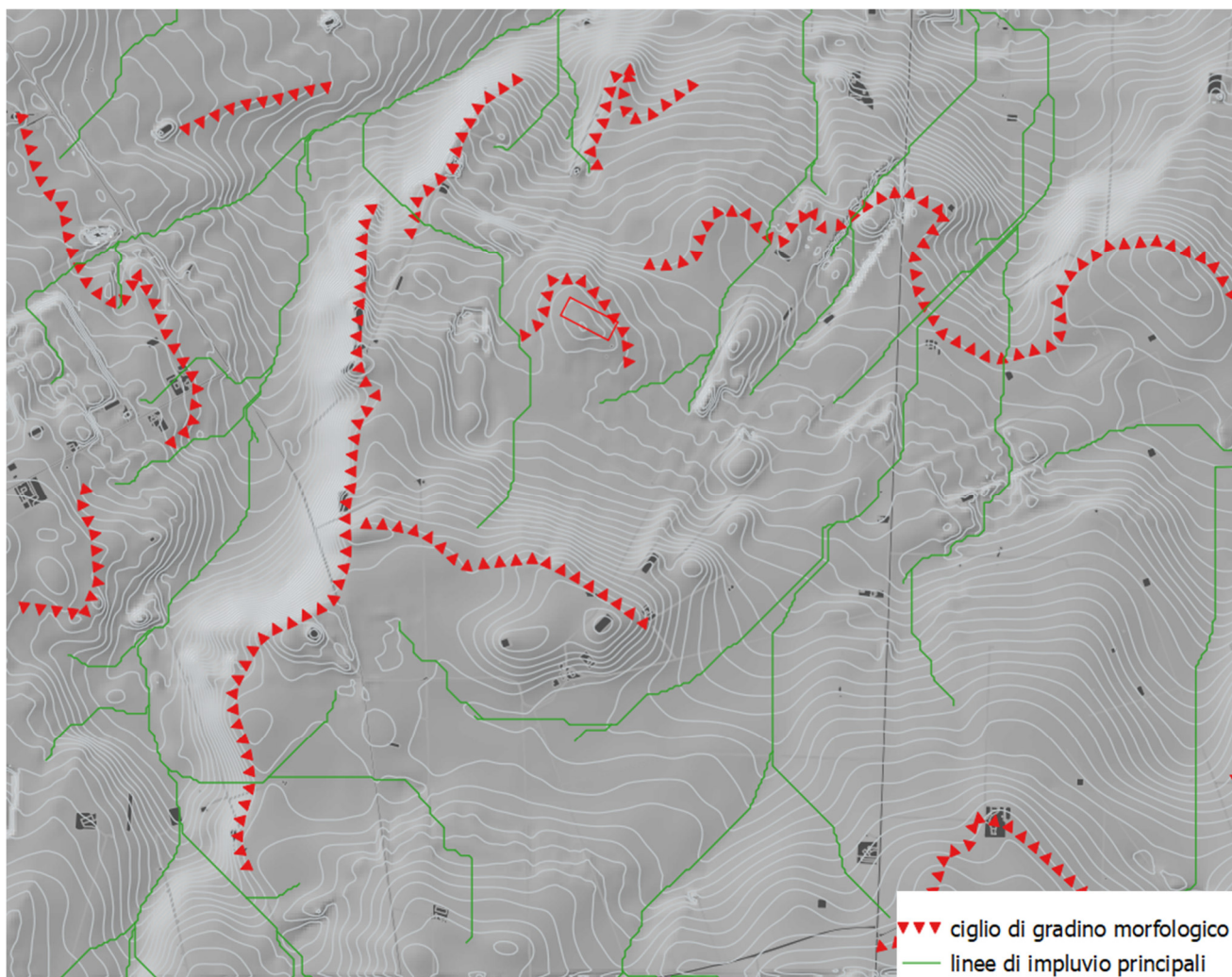
Si rileva in ultimo che l'area di intervento non è attraversata da impluvi ed è esterna al contesto morfologico di versante di valle fluviale



*Fig. 2.4 – Carta geomorfologica dell'area della SSE di trasformazione*

Anche per la SSE di consegna si riportano di seguito i principali caratteri morfologici one derivanti dal rilevamento condotto in campo ed estratti dal DTM Puglia con l'ausilio di specifici algoritmi che operano su dati raster.

Dalla carta geomorfologica si evince che il sito di progetto si trova Il contesto geomorfologico contraddistinto da una serie di scarpate orientate NE-SW che potrebbero essere interpretate come lembi di una antica linea di costa. Il sito di interesse ricade sul margine di questo complesso sistema di scarpate. Anche in questo caso le elaborazioni condotte sul DTM Puglia attraverso il software SAGA Gis mettono in evidenza che il sito di interesse non è attraversato da linee di impluvio.



*Fig. 2.5 – Carta geomorfologica dell'area della SSE di consegna*

### **3 - CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI E STRATIGRAFICI**

Sotto il profilo strutturale e tettonico si rileva che i siti di interesse nel Tavoliere di Puglia corrisponde alla parte settentrionale dell'Avanfossa adriatica meridionale, nota in letteratura anche come Fossa Bradanica, un bacino di sedimentazione di età plio-pleistocenica situato tra il margine esterno della Catena sud-appenninica e l'Avampaese apulo-garganico.

La Fossa Bradanica si estende per circa 200 km in direzione NO-SE dal Fiume Fortore fino al Golfo di Taranto con un'ampiezza che varia da 15-20 km a nord dell'Ofanto fino a 50-60 km in prossimità della costa ionica (a nord, all'altezza del Fiume Fortore, il bacino bradanico si raccorda all'Avanfossa padano-adriatica, mentre verso sud prosegue nel Golfo di Taranto). Il Bacino bradanico si inizia a delineare nel Pliocene inferiore e deve la sua formazione alla subduzione verso ovest della litosfera adriatica (MALINVERNO & RYAN, 1986; ROYDEN et alii, 1987; PATACCA & SCANDONE, 1989, DOGLIONI, 1991), un processo già attivo a partire dal Miocene inferiore.

Durante il processo di flessura l'avampaese apulo subisce un'intensa fratturazione con la formazione di una struttura ad horst e graben. Come conseguenza di ciò si ha l'ingressione marina e un progressivo approfondimento del bacino. Tale approfondimento è guidato dalla retroflessione della litosfera adriatica e dal carico litostatico della catena appenninica il cui fronte progressivamente si sposta verso est sovrapponendosi agli stessi depositi di avanfossa.

A partire dal Pleistocene medio, l'arretramento della litosfera rallenta a causa della resistenza a subdurre della spessa litosfera continentale adriatica (DOGLIONI, 1991). Inizia una fase di sollevamento regionale e di regressione marina testimoniata dalla presenza di un trend regressivo nei sedimenti bradanici. Con il colmamento del bacino si ha l'emersione dell'intera area che da quel momento in poi non subisce movimenti significativi.

Il sottosuolo delle aree di interesse è dunque costituito da una successione di terreni prevalentemente argillosi riferibili al complesso geologico della Fossa Bradanica, di età compresa tra il Pliocene medio e il Pleistocene e dello spessore complessivo di circa 1600 m, sovrapposta alle unità dell'avampaese apulo. Questa successione è rappresentata principalmente dalla formazione delle "Argille subappennine", costituite da silt argillosi e marne argillose, a stratificazione poco evidente e con intercalazioni di sottili strati di sabbia medio fine. Questi terreni si sono accumulati in un ambiente deposizionale che si è evoluto dalla scarpata superiore (parte bassa della successione) alla piattaforma (parte sommitale). Si tratta di terreni in generale poco permeabili.

Sulle Argille Subappennine poggiano, attraverso una superficie erosiva, depositi sabbioso-conglomeratici in facies marina e continentale ascrivibili al Pleistocene medio e che costituiscono la gran parte dei terreni affioranti nell'area di interesse. Tali depositi, che costituiscono due unità litostratigrafiche eteropiche (Conglomerati di Ortona ODN e Sabbie di Torre Quarto STQ), nel Foglio della Carta Geologica d'Italia 422 "Cerignola" sono stati raggruppati nel sistema di Cerignola (Fig. 3.1 e 3.2).

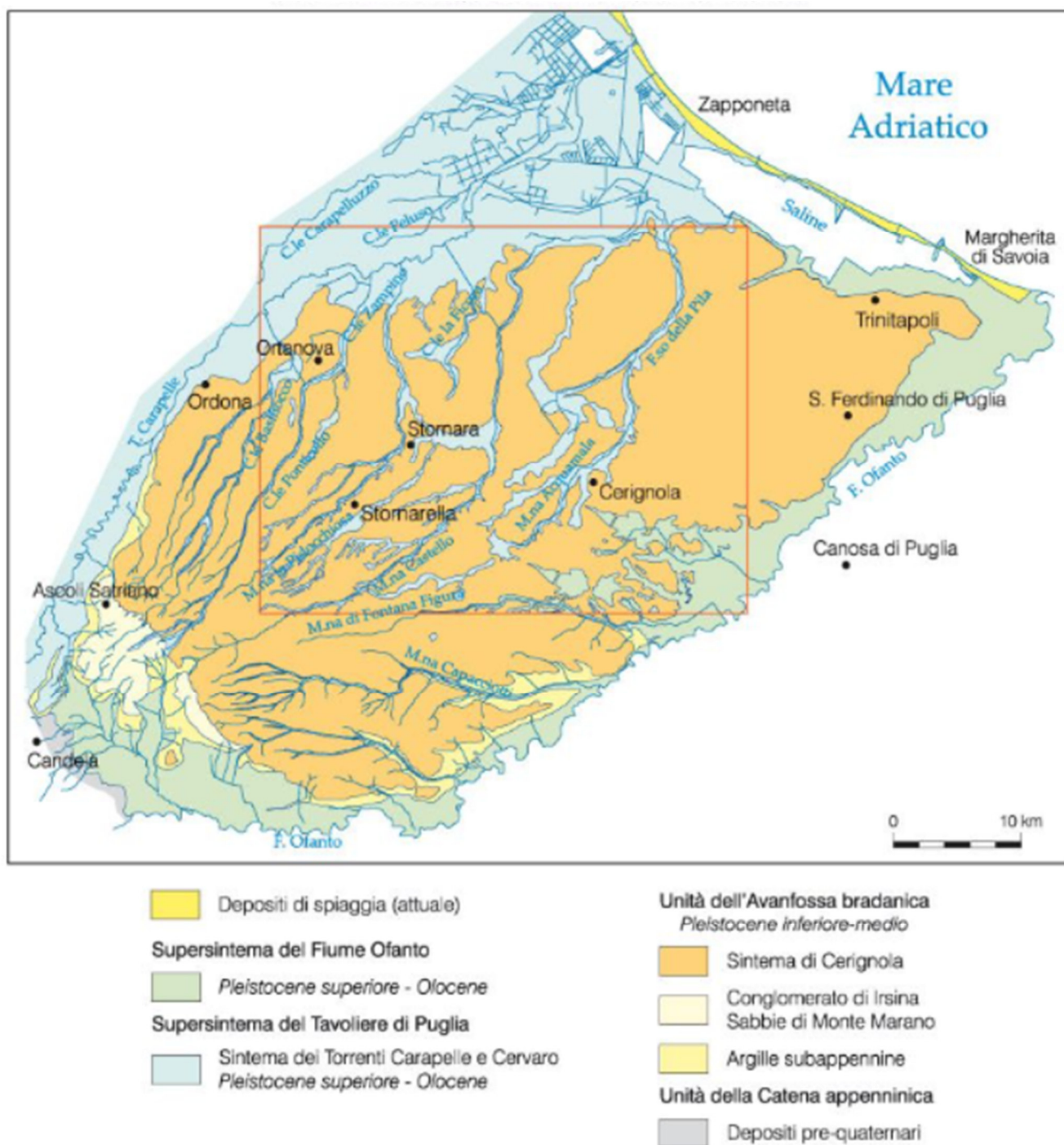
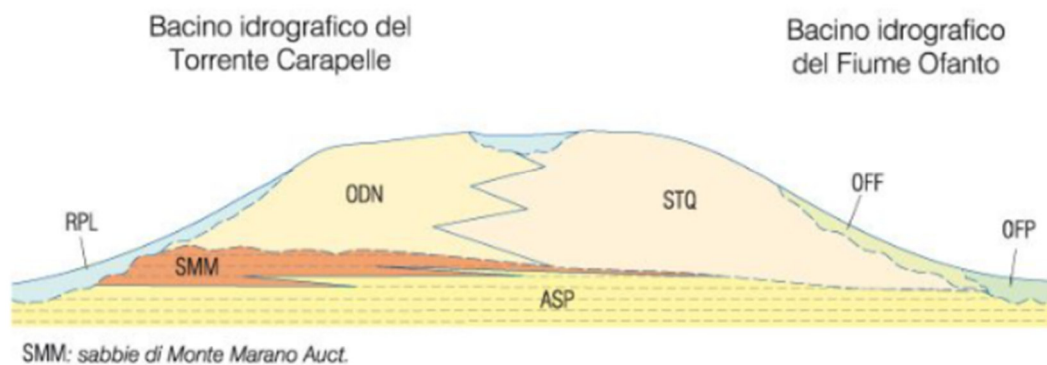


Fig. 3.1 – Schema geologico di area vasta



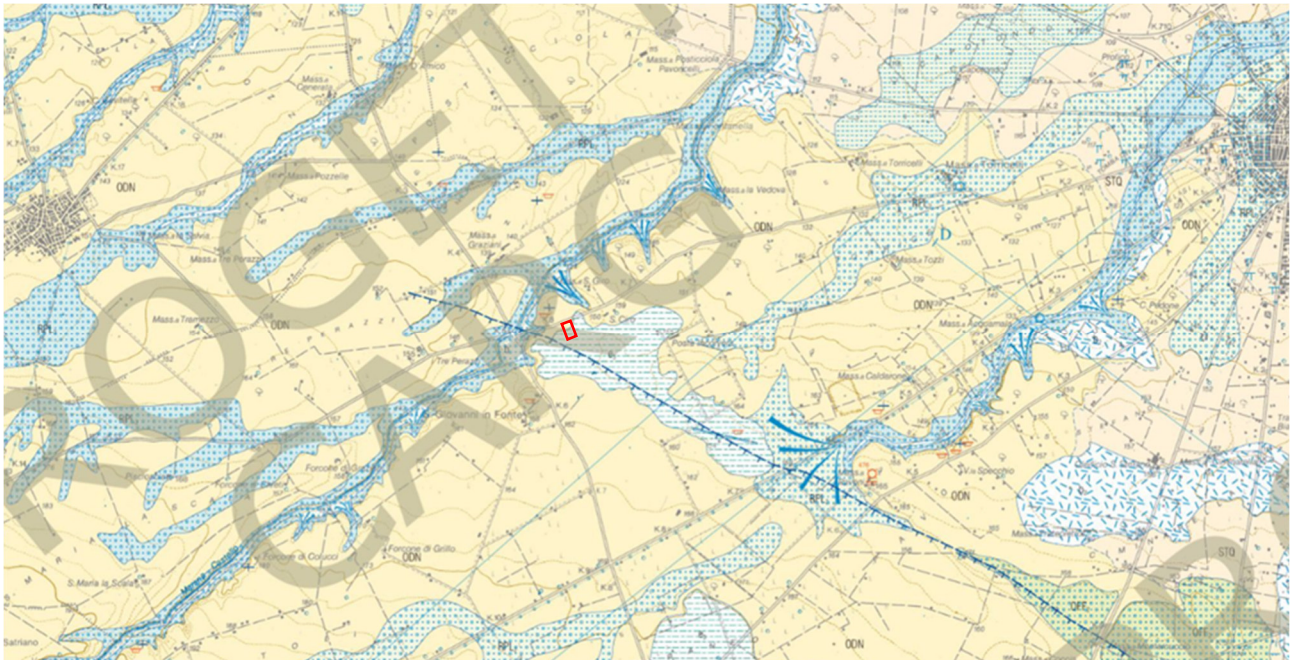
*Fig. 3.2 – Schema dei rapporti stratigrafici*

A tetto del sistema di Cerignola (RGL) sono state riconosciute due superfici a limiti inconformi di tipo erosivo e di importanza regionale: la prima, separa i depositi del sistema di Cerignola (RGL) dai depositi alluvionali del Fiume Ofanto raggruppati nel supersistema del Fiume Ofanto (OF). La seconda superficie inconforme costituisce la base del supersistema del Tavoliere di Puglia (TP) che raggruppa i depositi alluvionali ricadenti nel bacino idrografico del Torrente Carapelle (Fig. 3.1).

Con specifico riferimento ai siti di progetto si rileva che la SSE di trasformazione ricade nell'area di affioramento del Conglomerato di Ortona (Fig. 3.3). Questa unità è rappresentata da conglomerati massivi, composti in prevalenza da clasti eterometrici e poligenici di media grandezza provenienti dalle successioni sedimentarie affioranti nei rilievi appenninici, immersi in una matrice sabbiosa ma anche clastosostenuti, dotati di un buon grado di cementazione. I ciottoli prevalentemente arenacei e calcarei e subordinatamente marnosi, silicei e cristallini, con dimensioni massime fino a 15-20 cm, sono da subarrotondati ad arrotondati, più raramente appiattiti. A luoghi sono presenti delle embriciature che documentano paleocorrenti provenienti mediamente dai quadranti sud-orientali. La frazione sabbiosa, oltre ai frammenti litici, è rappresentata da una componente detritica quarzoso-feldspatica e da minerali femici del Vulture. In tutto il deposito sono diffuse le lenti sabbiose costituite da sabbie giallastre grossolane a stratificazione piano-parallela o incrociata. La parte alta del deposito, prossima al piano campagna, presenta una diffusa alterazione che localmente evolve in un orizzonte di spessore metrico costituito da limo rossiccio e da ciottoli fortemente alterati.

In corrispondenza del sito di progetto i conglomerati sono parzialmente ricoperti da pochi metri di depositi argilloso-sabbiosi di colore bruno con abbondante frazione organica nei livelli pelitici attuali e subattuali. La base è rappresentata da una superficie di erosione mentre il

tetto è rappresentato dalla superficie topografica. Questi depositi in genere colmano zone morfologicamente depresse e di estensione limitata.



*Fig. 3.3 – Carta geologica del sito della SSE di trasformazione (stralcio del F. 422 Cerignola)*

La SSE di consegna ricade nell'area di affioramento delle Sabbie di Torre Quarto (Fig. 3.4). Questa unità, eteropica con il Conglomerato di Ortona è rappresentata da sabbie di colore giallastro, in genere poco cementate, in strati di spessore variabile da pochi centimetri fino a 50 centimetri, con intercalazioni arenitiche, marnose e argilloso-siltose; raramente sono presenti orizzonti costituiti da ciottoli di piccole dimensioni in abbondante matrice sabbiosa. Gli spessori, desumibili dai dati di perforazione, sono di norma compresi fra 25 e 30 metri.

Le sabbie sono laminate con intervalli a laminazione piano parallela ed intervalli con set di lamine a stratificazione incrociata con ripples asimmetrici da correnti trattive. Nelle sabbie sono diffusi i fenomeni di bioturbazione.

Nella parte alta della successione, localmente si rinvencono sabbie rossastre grossolane con laminazione incrociata concava a festoni la cui stratificazione spesso è marcata da sottili livelli di paleosuolo.

La base di questa unità litostratigrafica è una superficie di erosione sulle sabbie di Monte Marano Auct. e le argille subappennine (ASP), mentre localmente il tetto coincide a luoghi con la base dei depositi fluviali del Fiume Ofanto e con la base delle coperture continentali oloceniche.





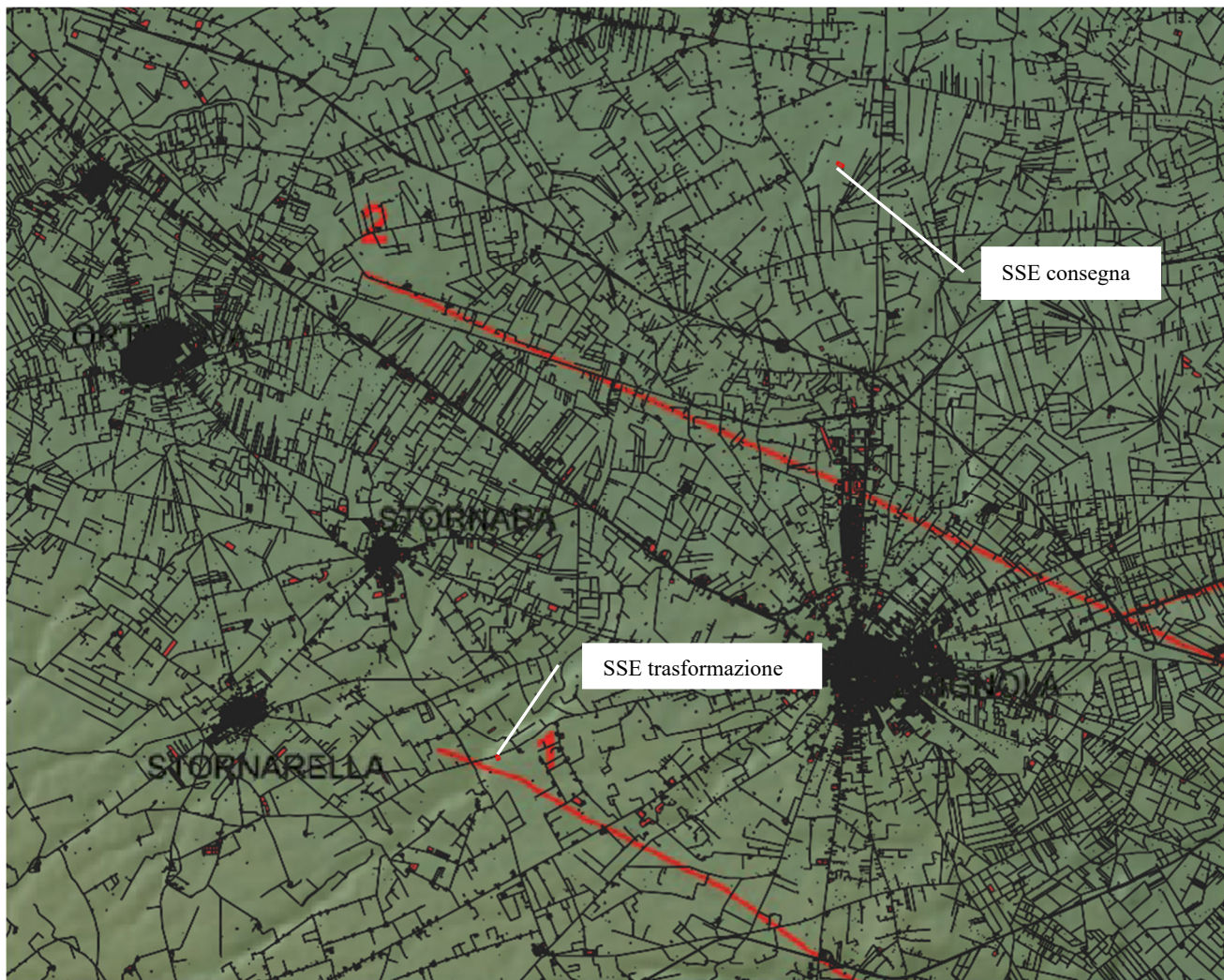
*Fig. 3.4 – Carta geologica del sito della SSE di consegna (stralcio del F. 422 Cerignola)*

Sotto l'aspetto tettonico si rileva che i siti di progetto ricade in un settore di Avanfossa poco deformato compreso fra l'Appennino Dauno e l'Avampaese Apulo-Garganico. Questo settore di Avanfossa presenta uno stile strutturale caratterizzato da scarsa deformazione tettonica, strati e contatti stratigrafici sub-orizzontali ovvero disposti secondo l'originaria clinostratificazione.

Le principali strutture tettoniche che caratterizzano l'area non sono affioranti e sono state individuate sulla base di indicazioni morfologiche e dati di pozzo.

Le uniche evidenze di deformazione superficiale sono state riconosciute intorno all'abitato di Cerignola; quella indicata come faglia 1 in fig. 3.5, denominata faglia Foggia – Cerignola E individuata a SW di questo centro abitato passa a soli 200 m di distanza dal sito della SSE di trasformazione ed è posta trasversalmente al reticolo idrografico ed interrompe la continuità di un corso d'acqua (Marana Acquamala).

Una seconda struttura tettonica è stata rilevata ad est dell'abitato di Cerignola, nei pressi della tenuta Torre Quarto (faglia 2 in fig. 3.5, denominata Torre Quarto). In superficie la struttura è caratterizzata da una modesta depressione morfologica talora riempita da depositi alluvionali e colluviali.



*Fig. 3.5 - Evidenze superficiali di strutture tettoniche in prossimità dei siti di intervento*

#### 4 – CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IMPATTO SULLA CIRCOLAZIONE IDROGEOLOGICA DELLE OPERE DI PROGETTO

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono condizionate dalla natura litologica delle formazioni presenti, dal loro grado di permeabilità ed infine dalle pendenze del rilievo.

Nell'area in cui ricade il sito, sulla base di dati bibliografici (Maggiore et al., 1996), è possibile distinguere dall'alto verso il basso, escludendo l'acquifero carsico fessurato, due unità acquifere (Fig. 4.1):

- l'acquifero poroso superficiale
- l'acquifero poroso profondo

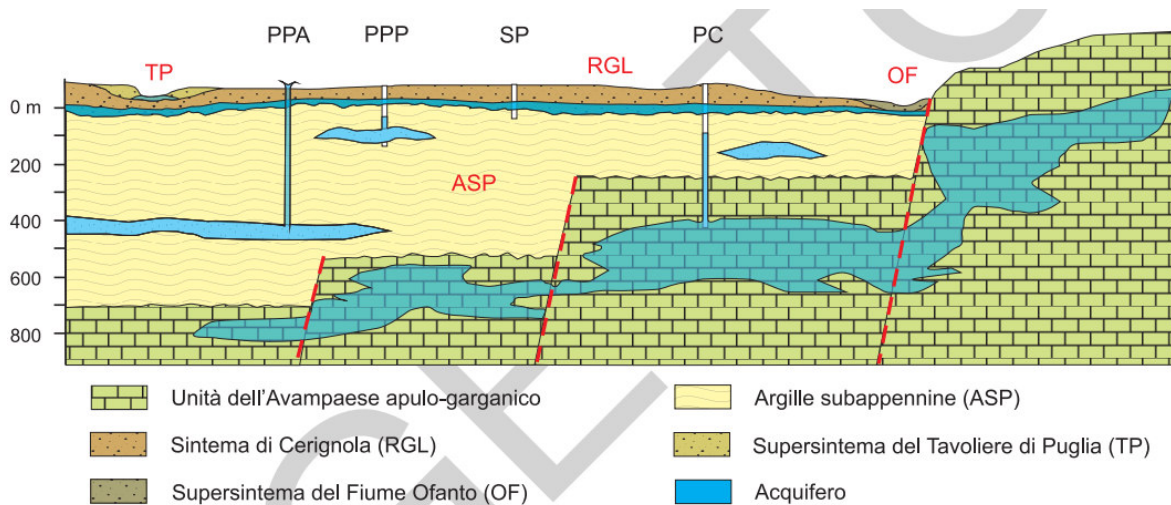


Fig. 4.1 - Schema idrogeologico del settore meridionale del Tavoliere

##### Acquifero poroso profondo

E' costituito dai diversi livelli sabbiosi intercalati nella formazione plio-pleistocenica delle "Argille subappennine". I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità variabili tra i 150 m e i 3000 m dal piano campagna, il cui spessore non supera le poche decine di metri. Nelle lenti più profonde, si rinvengono acque connate, associate a idrocarburi, che si caratterizzano per i valori piuttosto elevati della temperatura (22-26°C) e per la ricorrente presenza di H<sub>2</sub>S. La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità. La produttività dei livelli idrici, pur essendo variabile da luogo a luogo, risulta sempre molto bassa con portate di pochi litri al secondo.

##### Acquifero poroso superficiale

L'acquifero poroso superficiale si rinviene nei depositi quaternari che ricoprono con notevole continuità laterale le formazioni argillose pleistoceniche.

Le stratigrafie dei numerosi pozzi per acqua evidenziano l'esistenza di una successione di terreni sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, permeabili ed acquiferi, intercalati da livelli limo-argillosi, a luoghi sabbiosi, a minore permeabilità.

I diversi livelli in cui l'acqua fluisce costituiscono orizzonti idraulicamente interconnessi, dando luogo ad un unico sistema acquifero. In linea generale, i sedimenti a granulometria grossolana che prevalgono nelle aree più interne svolgono il ruolo di acquifero, mentre, procedendo verso la costa, si fanno più frequenti ed aumentano di spessore le intercalazioni limoso-sabbiose meno permeabili che svolgono il ruolo di acquitardo. Ne risulta, quindi, che l'acqua circola in condizioni freatiche nelle aree più interne ed in pressione man mano che ci si avvicina alla linea di costa (COTECCHIA, 1956; MAGGIORE et alii, 2004). Anche la potenzialità reale della falda, essendo strettamente legata a fattori di ordine morfologico e stratigrafico, varia sensibilmente da zona a zona. Le acque, infatti, tendono ad accumularsi preferenzialmente dove il tetto delle argille forma dei veri e propri impluvi o laddove lo spessore dei terreni permeabili è maggiore e dove la loro natura è prevalentemente ghiaiosa (CALDARA & PENNETTA, 1993a). Circa le modalità di alimentazione della falda superficiale, un contributo importante proviene dalle precipitazioni. Oltre che dalle acque di infiltrazione, diversi Autori ritengono che al ravvenamento della falda superficiale contribuiscano anche i corsi d'acqua che attraversano aree il cui substrato è permeabile (ZORZI & REINA, 1956; COLACICCO, 1953; COTECCHIA, 1956; MAGGIORE et alii, 1996).

Con riferimento al livello idrico contenuto in questo acquifero si riporta a seguire la carta delle isofreatiche tratta dal PTA 1° Ciclo.

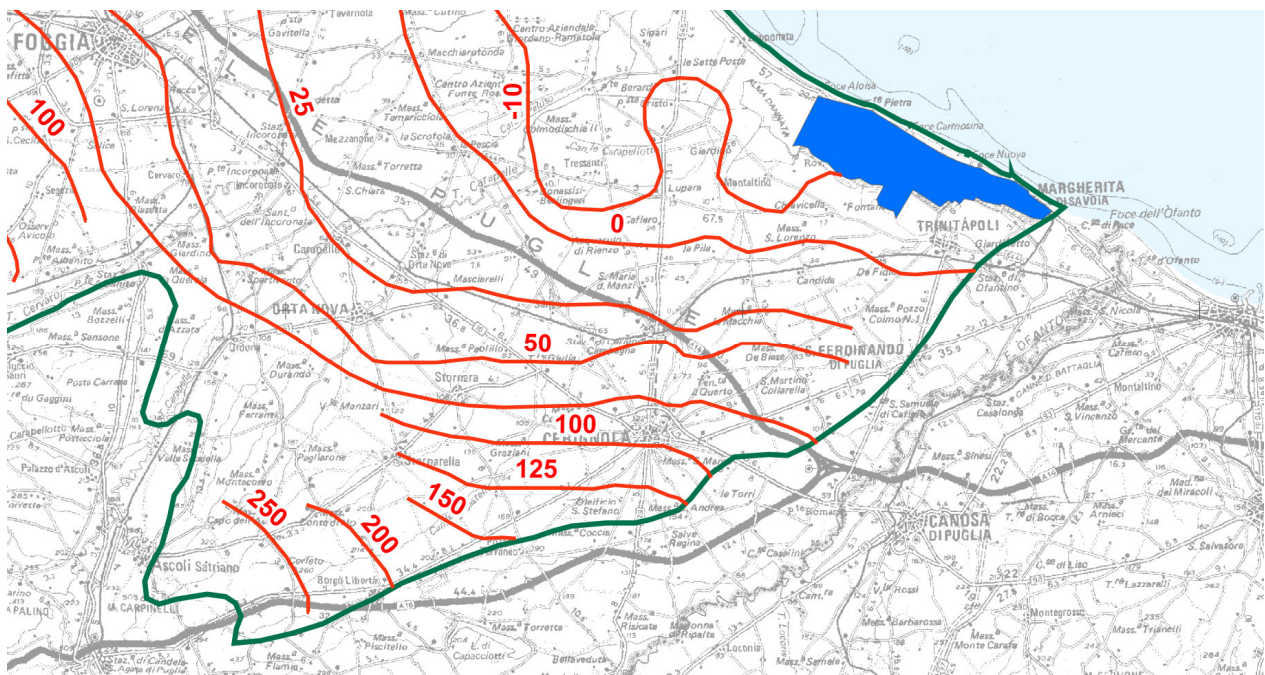


Fig. 4.2 – Carta delle isofreatiche della falda superficiale

In conclusione, è possibile affermare sotto il profilo idrogeologico che gli interventi previsti, per la loro natura e consistenza, non hanno alcun impatto sui corpi idrici sotterranei.

## **5 – INTERFERENZE CON LA RETE IDROGRAFICA E PERICOLOSITA' IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA**

I piani di riferimento sono il PGRA (Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 152/2006, Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 49/2010, D.Lgs. 219/2010) ed il PAI (L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n.493 del 4/12/93; L.n. 226 del 13/07/99; L.n. 365 del 11/12/00). Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni"). Il PGRA viene predisposto a livello di distretto idrografico e aggiornato ogni 6 anni.

Il Piano di Gestione Rischio di Alluvioni del Distretto idrografico Appennino Meridionale PGRA DAM è stato adottato, ai sensi dell'art. 66 del d.lgs. 152/2006, con Delibera n° 1 del Comitato Istituzionale Integrato del 17 dicembre 2015, è stato approvato dal Comitato Istituzionale Integrato in data 3 marzo 2016. Con l'emanazione del DPCM 1° dicembre 2022 - pubblicazione in Gazzetta Ufficiale Serie generale n. 32 del 8 febbraio 2023 si è concluso il ciclo di Gestione ed è stato approvato ai sensi degli artt. 65 e 66 del D.Lgs. 152/2006 il primo aggiornamento del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (2021-2027) – Il Ciclo di gestione - di cui all'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e all'art. 7 del D.Lgs. 49/2010, predisposto al fine degli adempimenti previsti dal comma 3 dell'art. 14, della Direttiva medesima.

Il PAI, con la finalità della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, individua il reticolo idrografico regionale nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali e le aree a pericolosità geomorfologica. In tutte queste aree è consentito lo svolgimento di attività che non comportano alterazioni morfologiche o funzionali né un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone.

Con specifico riferimento agli aspetti idraulici tali attività sono definite all'articolo 6 delle NTA del PAI che comunque prescrivono, in funzione della valutazione del rischio associato alla realizzazione di piani e progetti, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area di intervento. Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia allegata al PAI e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, tali prescrizioni si applicano alla porzione di terreno

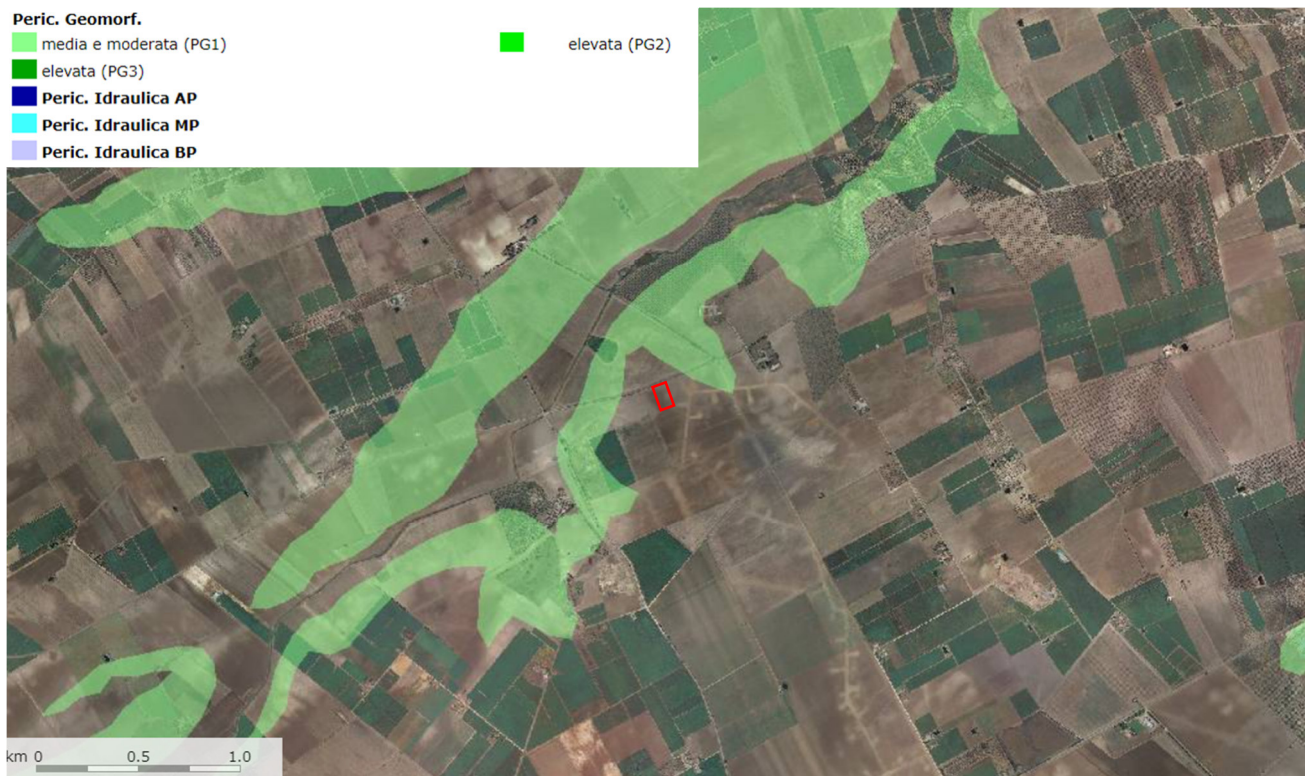
a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m cui si aggiunge una striscia di ulteriori 75 m di ampiezza qualora la "fascia di pertinenza fluviale" (di cui all'articolo 10 delle NTA) non è arealmente individuata nelle cartografie del PAI.

Analogamente il PAI riconosce e cartografa aree ad alta probabilità di inondazione, a media probabilità di inondazione ed a bassa probabilità di inondazione, individuando gli interventi consentiti nel loro perimetro (Artt. 7, 8 e 9 delle NTA). Per tutti gli interventi consentiti è comunque richiesta, in funzione della valutazione del rischio ad associato alla loro realizzazione, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.

Il PAI cartografa anche le aree a pericolosità geomorfologica media e moderata - PG1, elevata - PG2 e molto elevata - PG3, individuando gli interventi consentiti nel loro perimetro (Artt. 12, 13, 14 e 15 delle NTA). Per tutti gli interventi consentiti è comunque richiesta, in funzione della valutazione del rischio ad associato alla loro realizzazione, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata.

Con riferimento al caso di studio, dalla sovrapposizione del perimetro dei lotti di interesse, PAI e Carta Idrogeomorfologica emerge che non esistono interazioni tra questi elementi (Fig. 5.1 e Fig. 5.2).

L'area di interesse risulta esterna a queste perimetrazioni e quindi libera da qualsiasi vincolo (Titolo II e III delle NTA del PAI); pertanto si può ritenere che la pericolosità geologica che la caratterizza sia bassa e tale da non comportare l'adozione di particolari misure di cautela e salvaguardia in relazione alla realizzazione delle opere di progetto.



*Fig. 5.1 – Stralcio del PAI relativamente all'area della SSE di trasformazione*



*Fig. 5.2 – Stralcio del PAI relativamente all'area della SSE di consegna*



## 6 – SISMICITA'

L'area vasta in cui ricadono i siti di interesse è caratterizzata da un'attività sismica di energia da bassa a moderata. Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (GRUPPO DI LAVORO CPTI, 2004) riporta cinque eventi di intensità epicentrale maggiore o uguale al VI grado MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg) con localizzazione epicentrale all'interno di quest'area. Questi eventi sono distribuiti in maniera disomogenea su un arco di tempo di circa tre secoli con tre eventi verificatisi in circa 40 anni attorno al 1700 (nel 1691, con intensità epicentrale VI, nel 1720 con intensità VI-VII e nel 1731 con intensità IX) ed altri due eventi verificatisi nella prima metà del '900 (1925, intensità VI e 1931, intensità VI-VII). Di questi eventi il più notevole è senza dubbio quello del 20 marzo 1731, che produsse considerevoli danni (cfr. BOSCHI et alii, 2000) ed è l'unico per il quale sono riportate vittime a Cerignola, sia pure in numero limitato (7 persone secondo quanto riferito da BARATTA, 1901). Gli effetti nell'area di Cerignola furono, comunque, considerevolmente inferiori a quelli riportati per l'area di Foggia, dove lo scuotimento sismico può aver raggiunto anche il X grado (MONACHESI & STUCCHI, 1997).

Sulla base del complesso dei dati macrosismici, l'epicentro di questo terremoto è stato localizzato una decina di chilometri ad ovest di Cerignola (coordinate epicentrali 41.27 N, 15.75 E secondo il catalogo CPTI, 2004)

Sulla base di osservazioni su linee di sismica a riflessione PATACCA & SCANDONE (2001b) hanno proposto l'associazione di questo evento a due tratti di una faglia normale, da loro denominata Foggia-Cerignola, diretta in senso NO-SE e immergente verso SO, riconosciuta nel substrato carbonatico del Tavoliere e che, almeno in alcuni tratti, deforma anche strati sedimentari soprastanti relativamente recenti. I dati di sismicità strumentale avvalorano l'idea che, nell'area attorno a Cerignola, è presente una sismicità con energia e frequenza di ricorrenza decisamente inferiore rispetto alle regioni contigue della catena appenninica, del Tavoliere settentrionale e del promontorio garganico.

Limitandosi a considerare i dati successivi al 1980, anno a partire dal quale è disponibile una buona completezza e continuità della rilevazione sismica, il catalogo CSI 1.1 (CASTELLO et alii, 2006), che riporta i dati degli eventi sismici dal 1981 al 2002 localizzati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), include nell'area solo una ventina di eventi, di cui solo 5 hanno avuto magnitudo maggiore di 2.0 e nessuno ha raggiunto la magnitudo 3.0. Benché non vi siano dati di meccanismi focali relativi ad eventi ricadenti esattamente in quest'area, uno studio recente sulle caratteristiche della sismicità di tutta la Puglia settentrionale (DEL GAUDIO et alii, 2007) ha raccolto evidenze che suggeriscono la

presenza, nel Tavoliere centro-meridionale, di un campo di stress con caratteristiche di transizione da quello presente nell'avampese garganico a quello appenninico: dal primo, caratterizzato dall'associazione di una compressione in direzione NO-SE e di una distensione NE-SO, che determina la prevalenza di meccanismi trascorrenti all'incirca in direzione N-S o E-O, si passerebbe gradualmente verso un campo di stress con caratteristiche "appenniniche", in cui diventa dominante la distensione NE-SO con generazione di meccanismi focali distensivi lungo faglie orientate in direzione NO-SE.

Occorre infine sottolineare che, dal punto di vista della pericolosità sismica, l'area vasta in cui ricadono i siti di interesse appare influenzata in maniera significativa, oltre e forse ancor più che dagli effetti della sismicità autoctona, che appare raggiungere caratteristiche di pericolosità solo episodicamente, dal risentimento dell'attività di strutture sismogenetiche relativamente vicine localizzate sia verso nord (Tavoliere settentrionale e Gargano) che verso ovest e sud-ovest (Appennino meridionale). Effetti di scuotimento intorno al VII grado MCS, con la conseguenza di significativi danneggiamenti, sono stati riportati a Cerignola in occasione del terremoto della Capitanata settentrionale del 1627 (intensità epicentrale X grado), del terremoto del Vulture del 1851 (X grado), del terremoto irpino del 1930 (X grado), del terremoto garganico del 1948 (VII-VIII grado) e, sia pure in misura più limitata (con effetti del VI-VII grado), persino in occasione del terremoto lucano della Val d'Agri del 1857 (XI grado; BOSCHI et alii, 2000).

In relazione alla relativa vicinanza di importanti strutture sismogenetiche attivate frequentemente, soprattutto nella catena appenninica, le stime di pericolosità effettuate hanno fornito valori di accelerazioni di picco del suolo (PGA), con probabilità del 10% di essere superate in 50 anni, comprese tra 0.1 e 0.2 g, con valori tendenzialmente crescenti, attraverso l'area in questione, da NNE verso SSO

La consultazione del database DISS, relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che l'area vasta in cui ricade il sito di progetto risulta interessata dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche (Fig. 6.1). La più vicina tra queste è la fascia di sorgenti composite ITCSOO4 Castelluccio dei Sauri-Trani (profondità stimata 11.0-22.5 Km, magnitudo massima 6.3, Slip rate 0.1-0.5 min/anno), che include la sorgente individuale ITCS004 - Castelluccio dei Sauri-Trani che interessa direttamente l'area della SSE di trasformazione.

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), si rileva che il sito ricade tra la Zona 925 Ofanto, in cui sono attesi terremoti piuttosto profondi ( $P = 12-20$  km) e di elevata magnitudo ( $M_{max} = 6.83$ ), riconducibili a

meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti e la Zona 924, orientata circa E-W nella quale è collocata tutta la sismicità dell'area garganica e che include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva e con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002 (Fig. 6.2).

In ultimo si rileva che il database del progetto ITHACA (Italy HAZard from CAPable faults) riporta la presenza di alcuni elementi tettonici attivi a distanza di alcuni km dai siti di interesse che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche (Fig. 6.3).

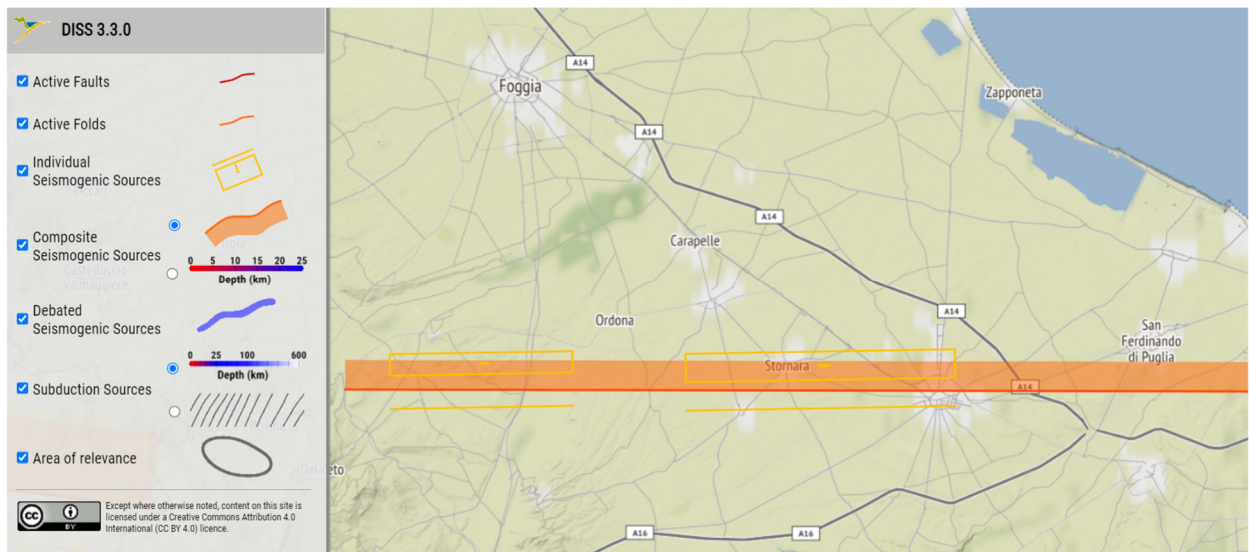


Fig. 6.1 – Localizzazioni delle potenziali sorgenti di terremoti con  $M > 5,5$  prossime al sito di interesse (Database of Individual Seismogenic Sources)

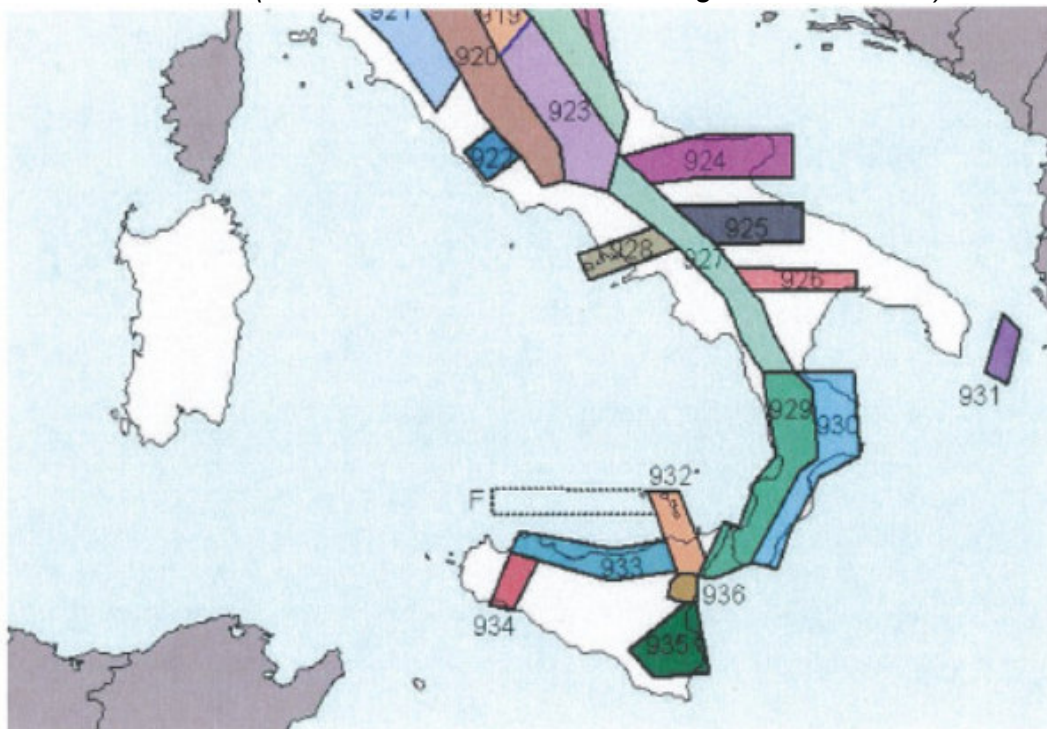
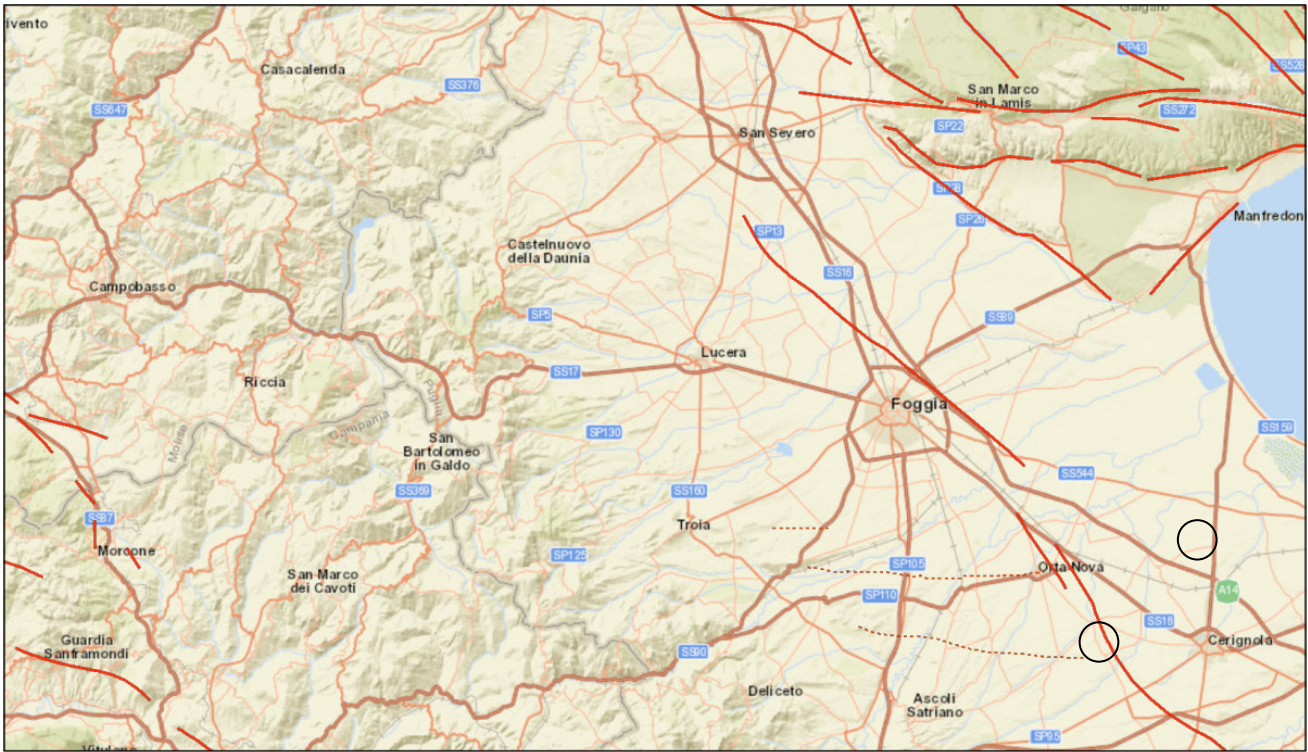
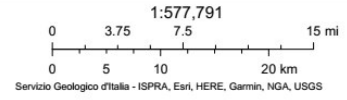


Fig. 6.2 – Stralcio della zonazione sismogenica ZS9



March 23, 2023

Kinematics    — Normal Fault    - - Reverse Fault  
 - - - Unknown    - - - Oblique Fault    - - - Strike Slip



*Fig. 6.3 – Stralcio cartografico con le faglie capaci*

## 7 INDAGINE STRUMENTALE

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine geofisica non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ . Il metodo sfrutta il fenomeno della dispersione delle onde di superficie (Reyleigh e Love); queste vengono registrate durante la loro propagazione lungo lo stendimento di geofoni e sono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La teoria del metodo parte dalla considerazione che nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere sfruttata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali ed in particolare per la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ). Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare una proprietà critica per molti studi geotecnici: la rigidità superficiale. L'intero processo di indagine comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali, la costruzione di una curva di dispersione (sul grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza), l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ . Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore mentre l'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente.

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e attraverso il quale è possibile procedere al calcolo di  $V_s$  eq o  $V_s30$  nel rispetto della normativa nazionale di riferimento.

Le indagini sismiche MASW sono state realizzate con un sismografo multicanale digitale modulare DOREMI della SARA ELECTRONICS INSTRUMENTS a 24 bit con 102 canali attivi avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- No. of Bits 24 (144dB dynamic range)
- A/D Converter Type: SAR SIGMA DELTA
- Converter Input Span: 5 V

- S/N Ratio @ 500 SPS 140 dB
- S/N Ratio @ 5000 SPS 130 dB
- S/N Ratio @ 20000 SPS 105 dB
- Input Type: Unipolar Differential
- Input Impedance: 20 k $\Omega$
- Common Mode Rejection: > 80 dB
- Low Pass Filter: DC-400 Hz
- Filtri (IIR o 0 Phase): Low pass, High pass, notch and customizable
- Low pass, High pass, notch and customizable
- Max Sampling Lag Between Ch.: <30 ppm
- Max Error Between Trigger Ch.: < 0.2 us
- Ch. Memory: 128000 bytes
- Maximum Samples: 40000
- Sampling Rates: 200 Hz to 20000 Hz
- Maximum Connectable Channels: 255
- Power Consumption:  $\approx$  0.3 W per Ch.
- Instrument Chain Max Length: 1000 m
- Memory Status (OK / Vdc)
- Baud Rate: 115200/230400, N, 8,1

Ogni canale di tale strumentazione è di per sé un piccolo sismografo ed è collegato in una microrete facile da trasportare; i vari canali, insieme, costituiscono un sistema completamente modulare che può funzionare permettendo di utilizzare anche solo i canali effettivamente necessari.

Con questa strumentazione la digitalizzazione del segnale è vicinissima al geofono, pertanto, in questo modo è abbattuta la quasi totalità dei disturbi, specialmente quelli elettromagnetici. La trasmissione in digitale inoltre elimina il problema della perdita di dati e il crosstalk non si verifica lungo il cavo.

In campo sono stati utilizzati 17 canali e geofoni verticali da 4.5Hz ad alto guadagno ed è stata quindi registrata la componente ZVF Rayleigh. L'energizzazione è stata realizzata con una mazza da 10 kg ed una piastra in duralluminio; per aumentare il rapporto segnale rumore per ogni punto di energizzazione sono state effettuate da 5 a 10. La fase di acquisizione dei dati è stata gestita con il software GEOEXPLORER fornito da SARA ELECTRONICS

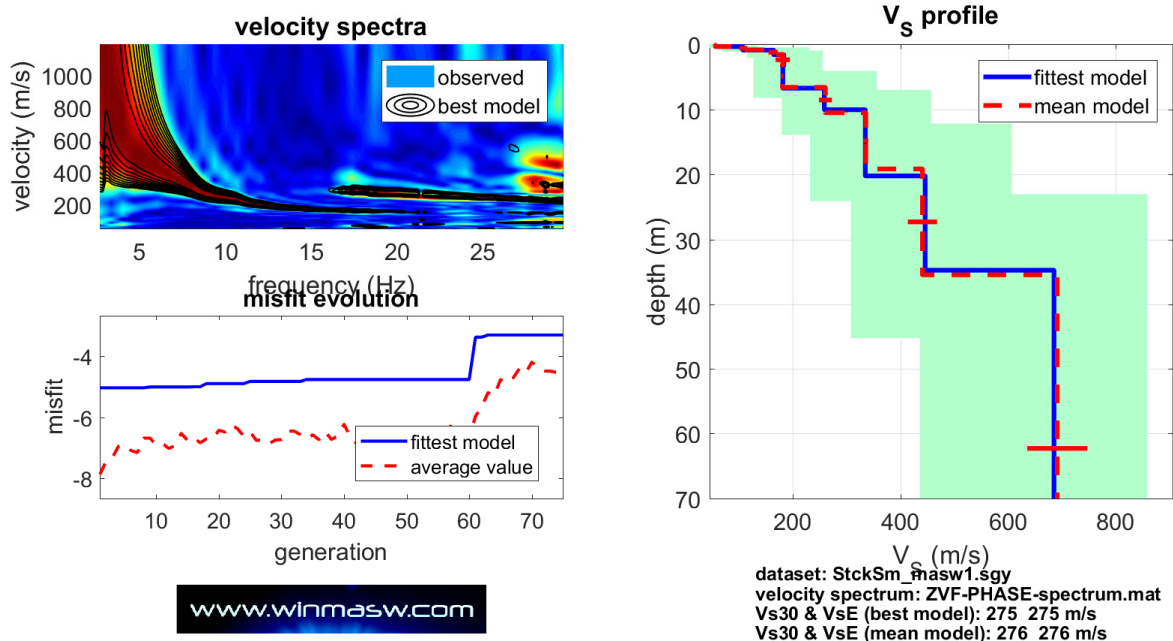
INSTRUMENTS mentre la qualità del dato è stata verificata con il software HS QUALITY CHECK (HS-QC) commercializzato da Eliosoft

Le indagini MASW sono state elaborate con il software WINMASW Academy. Questo software consente l'analisi congiunta di dati sismici al fine di ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), quindi anche il parametro Vs30 e la Vs equivalente richiesti dalla normativa di riferimento (Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC)

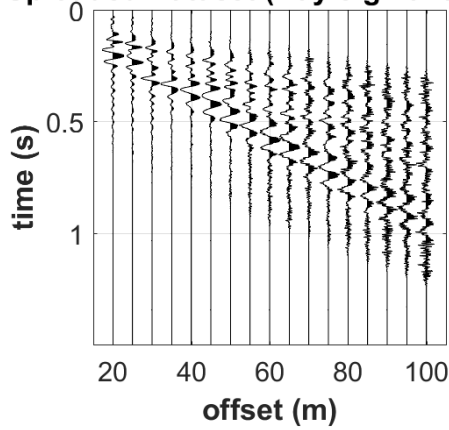
A valle di questa premessa si passa ora all'analisi dei dati rilevati osservando che gli spettri v – f relativi alla componente ZVF Rayleigh una volta ripuliti dalle onde di volume mostrano in generale un segnale ben definito sulla base del quale si potrebbe anche procedere al piccaggio delle curve modali sperimentali con lo scopo di eseguire la classica elaborazione per inversione. Tuttavia, per ovviare alla perniciosità insita in questa tecnica (che prevede appunto l'estrazione, attraverso il picking, delle presunte curve di dispersione sperimentali e la successiva inversione delle stesse), si è proceduto alla modellazione diretta con la tecnica FVS che prevede la sovrapposizione tra lo spettro di velocità relativo al dato osservato ed una serie di spettri sintetici relativi a plausibili modelli di sottosuolo (ovviando alla incertezza della attribuzione di un segnale ad uno specifico modo di vibrazione).

Si riportano di seguito i grafici relativi alle elaborazioni svolte ed i modelli di sottosuolo ottenuti.

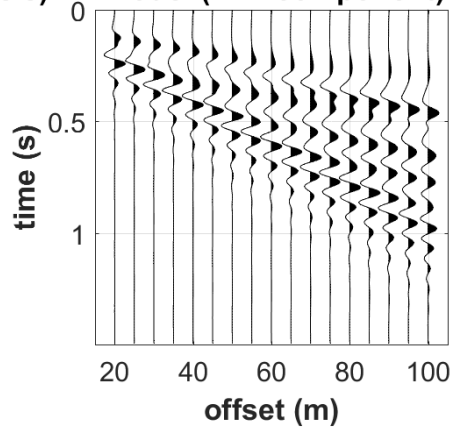
## MASW1



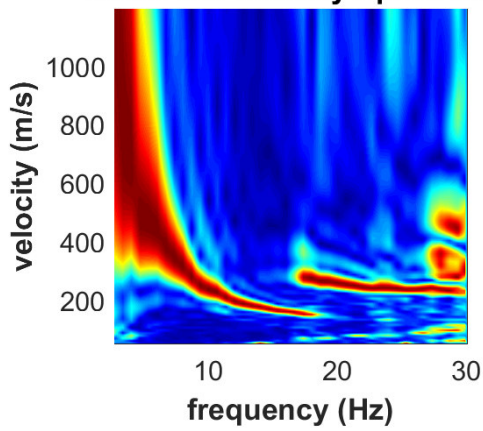
Uploaded Dataset (Rayleigh analysis)



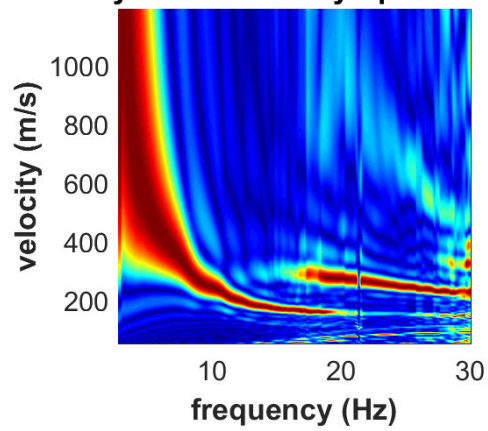
Model (ZVF component)



Observed Velocity Spectrum

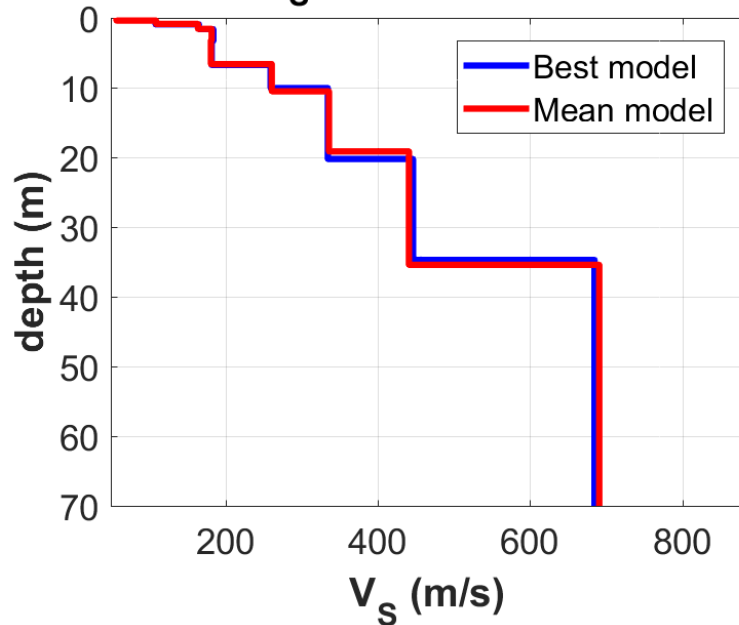


Synthetic Velocity Spectrum

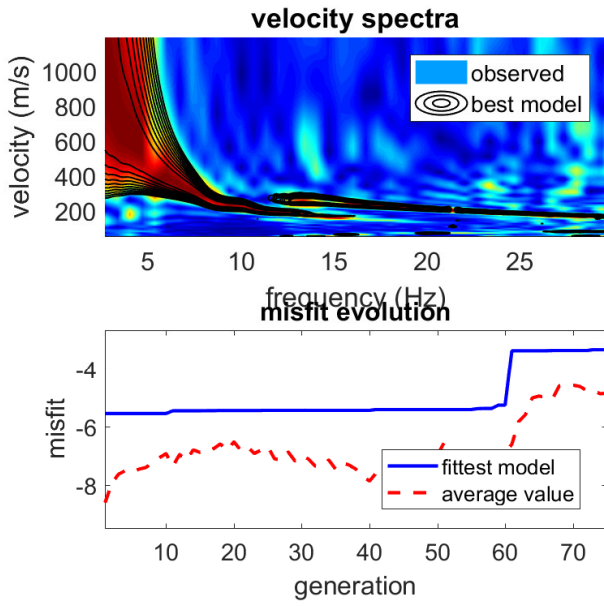


best model			
layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	57	0.3792	0.3792
2	108	0.5381	0.9173
3	165	0.7011	1.6184
4	184	1.6668	3.2853
5	182	3.4734	6.7587
6	259	3.3103	10.0690
7	335	10.1640	20.2330
8	446	14.4764	34.7094
9	685	51.3243	86.0337
10	2688	0	0

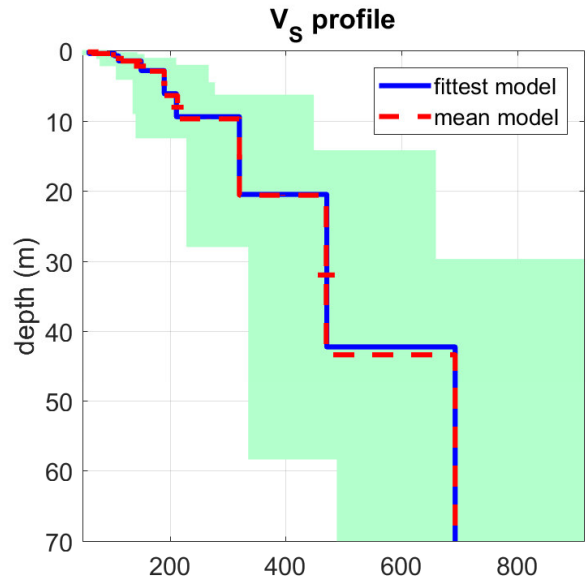
V<sub>S</sub> vertical profile





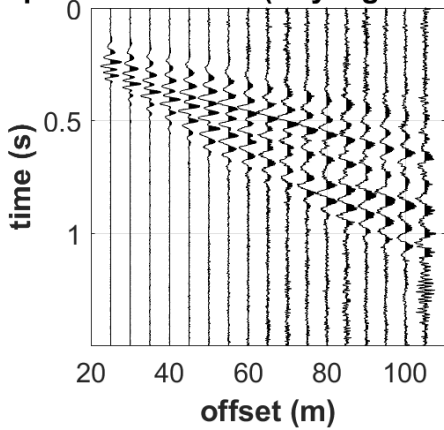


www.winmasw.com

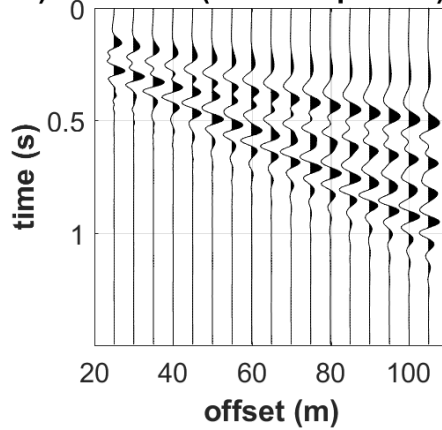


dataset: StckSm\_masw5bis.sgy  
 velocity spectrum: ZVF-PHASE-spectrum.mat  
 Vs30 & VsE (best model): 264 264 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 263 263 m/s

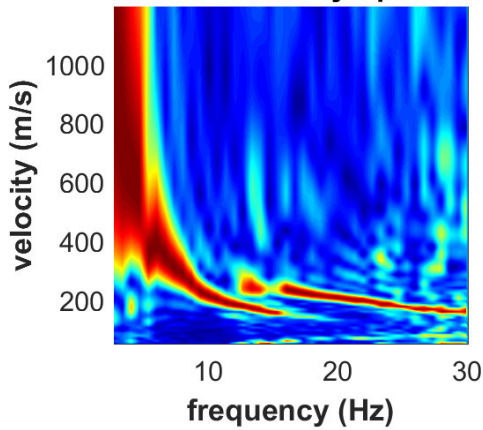
Uploaded Dataset (Rayleigh analysis)



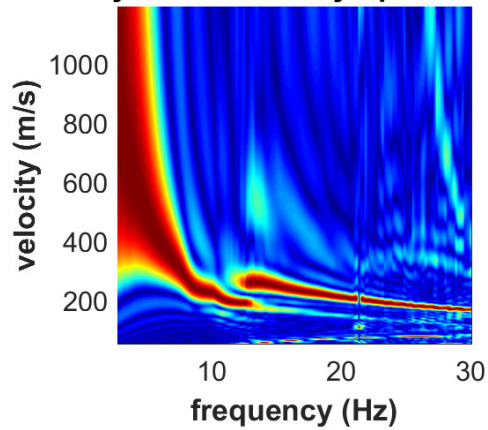
Model (ZVF component)



Observed Velocity Spectrum

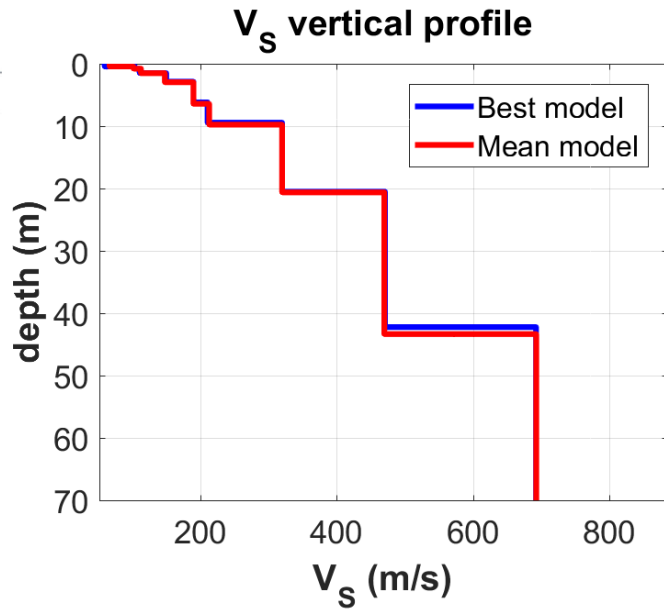


Synthetic Velocity Spectrum



**best model**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	60	0.4400	0.4400
2	104	0.3376	0.7776
3	111	0.7152	1.4929
4	150	1.3800	2.8729
5	190	3.2984	6.1712
6	211	3.2778	9.4490
7	320	11.0600	20.5090
8	471	21.7100	42.2190
9	693	74.3422	



## 8 CATEGORIA DI SUOLO

Il DM 17 gennaio 2018 prescrive che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M., si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al paragrafo 6.2.2 del D.M..

I valori di Vs sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

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

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30,00 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H = 30,00 metri

nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

Sulla base dei modelli di sottosuolo desunti dall'indagine geofisica di riferimento (MASW) è possibile sostanzialmente posizionare il tetto del bedrock ben oltre i 30 m dal p.c. per cui, considerando un piano di fondazione a circa -1 m dal p.c. si calcola  $V_s 30$  che è risultata pari:

MASW1	275 m/s
MASW2	264 m/s

Si ottiene pertanto per tutti e due i siti una attribuzione alla Categoria 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.*

## 9 PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla base del modello di sottosuolo che emerge dal dato geofisico si possono individuare sia per il sito della SSE di trasformazione che per il sito della SSE di consegna 2 unità geotecniche:

- Terreno vegetale
- Sabbie limose

Il terreno vegetale ha uno spessore medio di 0,5 m (al massimo 1 m) ed è rappresentato da materiali sciolti con Vs estremamente bassa e quindi con scarse proprietà geotecniche. Tale materiale ovviamente non può fungere da terreno di fondazione.

Solo al di sotto di 1 m di profondità si rinvencono materiali sciolti più addensati e debolmente coesivi caratterizzati da valori di Vs pari mediamente a 150 – 200 m/s. Utilizzando le principali formule note in letteratura si ricava per questo livello geotecnico una coesione non drenata media (Ho et alii, 2008 e Levesques et alii, 2007) di circa 100 kPa, un angolo di attrito (Mayne, 2014) < di 30° ed un peso di volume (Mayne 2001) di circa 17 kN/mc; il coefficiente di Poisson può essere posto pari a 0,38