



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA
DI BRINDISI



COMUNE
DI CELLINO SAN MARCO

Realizzazione di impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Potenza nominale cc: 34,095 MWp - Potenza in immissione ca: 30,00 MVA

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA e GEOTECNICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica	documento	codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
PD		R	2.22			R_2.22_GEO.pdf	11/2022	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	11/2022	1° Emissione	DIMOLA	AMBRON	AMBRON

PROGETTAZIONE:

MATE System Unipersonale srl

Via Papa Pio XII, n.8 70020 Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 5746758
mail: info@matesystemsrl.it pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della Ambra Solare 22 S.r.l. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:
AMBRA SOLARE 22 S.R.L.
Via TEVERE n.°41
00198 ROMA

Sommario

PREMESSA.....	3
Riferimenti Normativi e Bibliografici.....	4
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERI GEOLOGICI.....	6
1.1. Inquadramento dell'area di intervento	6
1.2. Inquadramento geologico dell'area	9
2. LITOLOGIA DI DETTAGLIO	11
3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI	14
4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	15
4.1. Caratteri idrogeologici dell'area di intervento	15
4.2. Interazioni con la falda superficiale	18
4.3. Interferenze con le aree di pericolosità e rischio del PAI.....	19
4.4. Studio delle interferenze con il reticolo idrografico.....	21
5. CARATTERI GEOLOGICO TECNICI INDICATIVI	23
5.1. Prove penetrometriche.....	23
5.2. Stima parametri geotecnici per la prova penetrometrica PP1	24
5.3. Stima parametri geotecnici per la prova penetrometrica PP2	28
5.4. Stima parametri geotecnici per la prova penetrometrica PP3	31
6. AZIONI SISMICHE	35
7. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	46
8. SISMICITÀ DELLA ZONA E DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA.....	47
8.1. Inquadramento Sismico.....	47
8.2. Verifica dell'azione sismica	53
8.3. Analisi sismica del sito di progetto	56
8.3.1. Prospezioni sismiche a rifrazione in onde P	56
8.3.2. Prospezione sismica in onde S e stima del V_{Seq}	60
9. CONCLUSIONI.....	62

Allegati:

Ubicazione dell'intervento su IGM 25000

Ubicazione dell'intervento su Carta Tecnica Regionale

Ubicazione dell'intervento su ortofoto

Carta Geologica a piccola scala

Carta Geologica a grande scala zona pannelli

Carta Geologica a grande scala zona sottostazione

Ubicazione sezioni geotematiche e stratigrafie - zona pannelli

Ubicazione sezioni geotematiche e stratigrafie - zona sottostazione

Stratigrafie 1, 2, 3

Sezioni Geotematiche AB e BC

Carta idrogeomorfologica a piccola scala

Carta idrogeomorfologica a grande scala zona pannelli

Carta idrogeomorfologica a grande scala zona sottostazione

Carta isopiezometrica dell'acquifero carsico

Ubicazione dell'intervento su figure paesaggistiche del PPTR Puglia

Ubicazione dell'intervento su Ulteriori Contesti Paesaggistici del PPTR Puglia

Ubicazione delle indagini - zona pannelli

Ubicazione delle indagini - zona sottostazione

Prove penetrometriche dinamiche continue

Relazione MASW

Esecuzione di indagine geofisica per progetto di costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica

Aree di pericolosità idraulica e geomorfologica zona pannelli secondo il P.A.I.

Aree di pericolosità idraulica e geomorfologica zona sottostazione secondo il P.A.I.

Aree di rischio idraulico e geomorfologico zona pannelli secondo il P.A.I.

Aree di rischio idraulico e geomorfologico zona sottostazione secondo il P.A.I.

PREMESSA

Scopo della seguente relazione è quello di illustrare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geologico-tecnici e sismici dell'area di studio, localizzata a nord-ovest dell'abitato di Cellino San Marco, per la realizzazione di un progetto riguardante la creazione di un parco fotovoltaico e delle relative opere di collegamento con la stazione di arrivo.

La presente relazione, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 11 Marzo 1988 n. 47 e al DM 17 Gennaio 2018, riferisce sugli elementi geologici osservati in sito tramite un rilevamento di dettaglio che ha fornito indicazioni sulle proprietà geologico-tecniche del terreno su cui avverrà la costruzione; per una migliore conoscenza dell'area in studio è stata effettuata un'attenta ricerca del materiale bibliografico esistente.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- descrizione dei caratteri geologici generali del territorio circostante l'area oggetto d'intervento;
- individuazione dei rapporti stratigrafici esistenti tra le formazioni geologiche presenti ed affioranti nell'area d'intervento;
- studio delle caratteristiche geomorfologiche, con particolare riguardo alle condizioni di stabilità;
- descrizione dei caratteri idrogeologici del territorio;
- descrizione delle caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo dell'area d'intervento;
- descrizione delle caratteristiche sismiche del territorio;
- individuazione delle pericolosità geologiche nel territorio.

Lo scopo finale dello studio è stato quello di ottenere infine un modello geologico relativo alle aree d'intervento per poter effettuare una verifica geotecnica.

I caratteri geologici dell'area di studio sono stati descritti facendo riferimento ai fogli n°203 "Brindisi" e 204 "Lecce" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

I caratteri idro-geomorfologici facendo riferimento al foglio n°495 "Mesagne" della Carta idro-geomorfologica della Regione Puglia in scala 1:50.000.

Si precisa che, secondo la normativa in vigore, i comuni di Cellino San Marco, Brindisi e Mesagne, all'interno dei quali si sviluppa l'area di intervento, rientrano nella perimetrazione sismica identificata come zona 4.

Riferimenti Normativi e Bibliografici

- *Autorità Interregionale di Bacino della Puglia – Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI);*
- *Foglio e Note illustrative della Carta Geologica D'Italia, scala 1:100000;*
- *Ciaranfi N et al (1983) - "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;*
- *AA.VV (1999) – "Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture", Società Geologica Italiana.*
- *Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)" - Art. 89 (L) - Parere sugli strumenti urbanistici (Legge 3 febbraio 1974, n. 64, art. 13);*
- *Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*
- *"Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 14 gennaio 2008 (Suppl Ord. G. U. del 20 febbraio 2018, n. 42).*
- *"Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.*
- *Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche" (G.U. n.105 del 08/05/2003).*
- *Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006).*
- *Gruppo di Lavoro MPS (2004) – "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.*
- *Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 "Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista all'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi".*
- *Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale".*
- *Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: "Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4 ...Omissis...";*
- *Delibera D.G.R. n. 1214 del 31.05.2011 della Giunta Regionale - Regione Puglia: "O.P.C.M. n. 3274/03 – D.P.C.M. n. 3685/03 – D.G.R. n. 153/04 – Allegato 2 – D.M. 14.01.2008, Punto 2.4.2 (Classi III-IV)"*
–
Individuazione degli "Edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile"

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERI GEOLOGICI

1.1. Inquadramento dell'area di intervento

Le aree oggetto di intervento si trovano circa 2 km a nord-ovest e a circa 1,5 km ad est del centro abitato di Cellino San Marco, fatta eccezione per la sottostazione, posta poche centinaia di metri a sud-ovest dello stesso centro abitato. La zona sostanzialmente è sub-pianeggiante ed è posta a quote comprese tra 52 e 61 m s.l.m.. (fig. da 1 a 4).

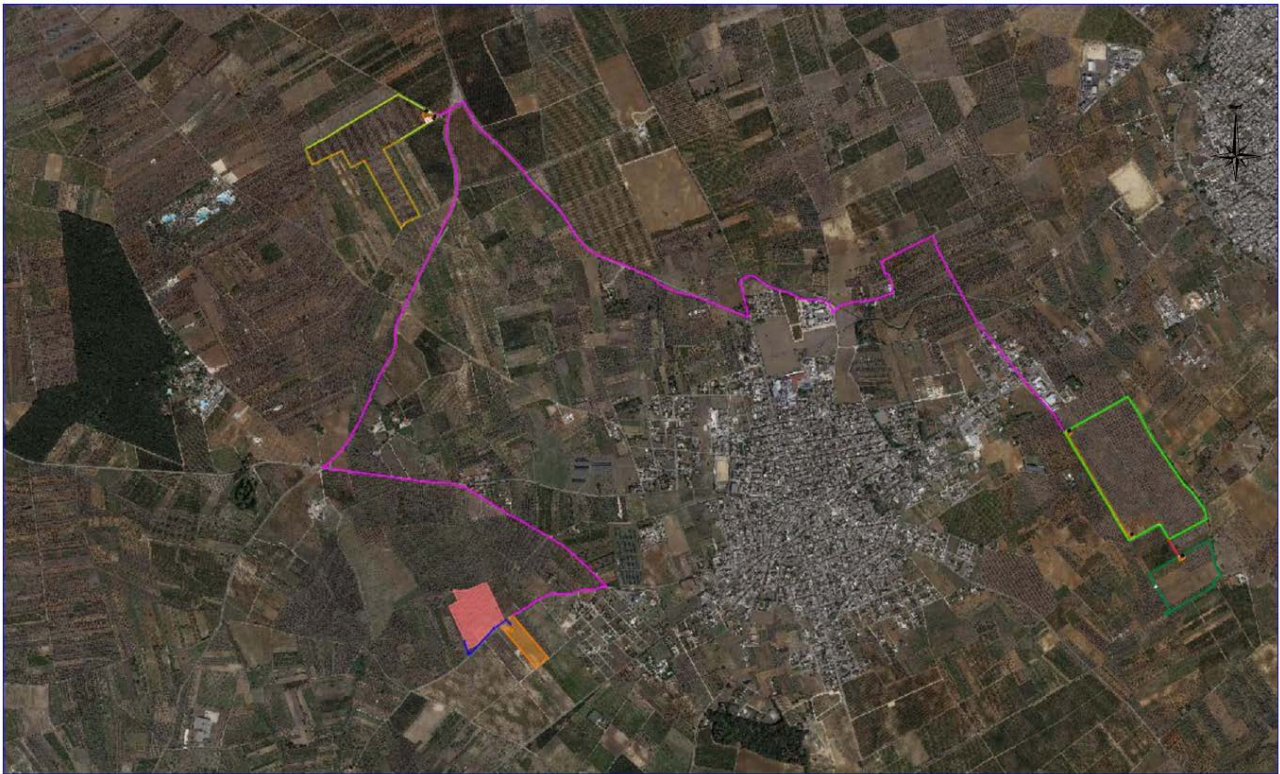


Figura 1 - Area di intervento su ortofoto

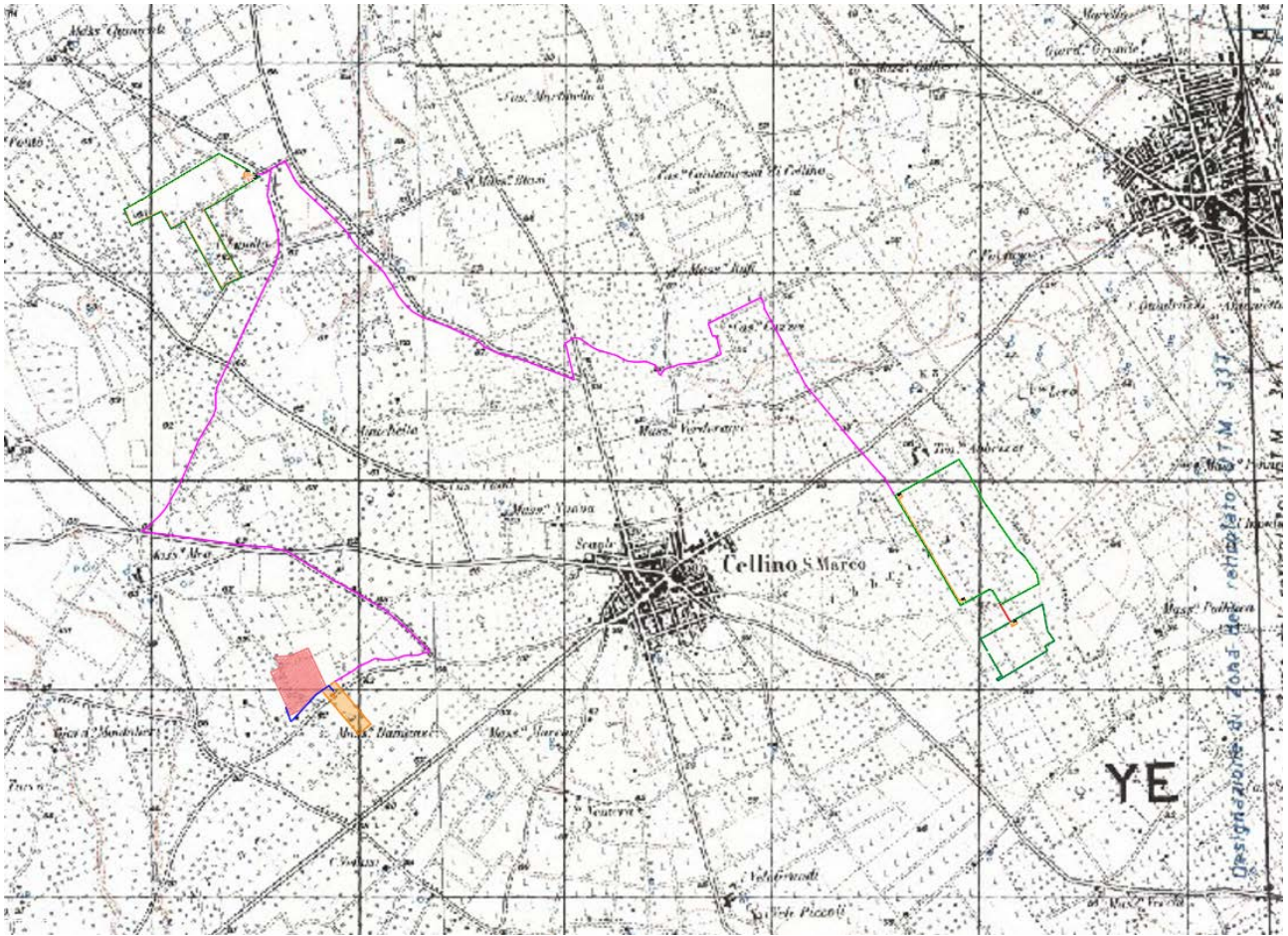


Figura 2 - Dettaglio dell'area di intervento su stralcio IGM in scala 1:25000

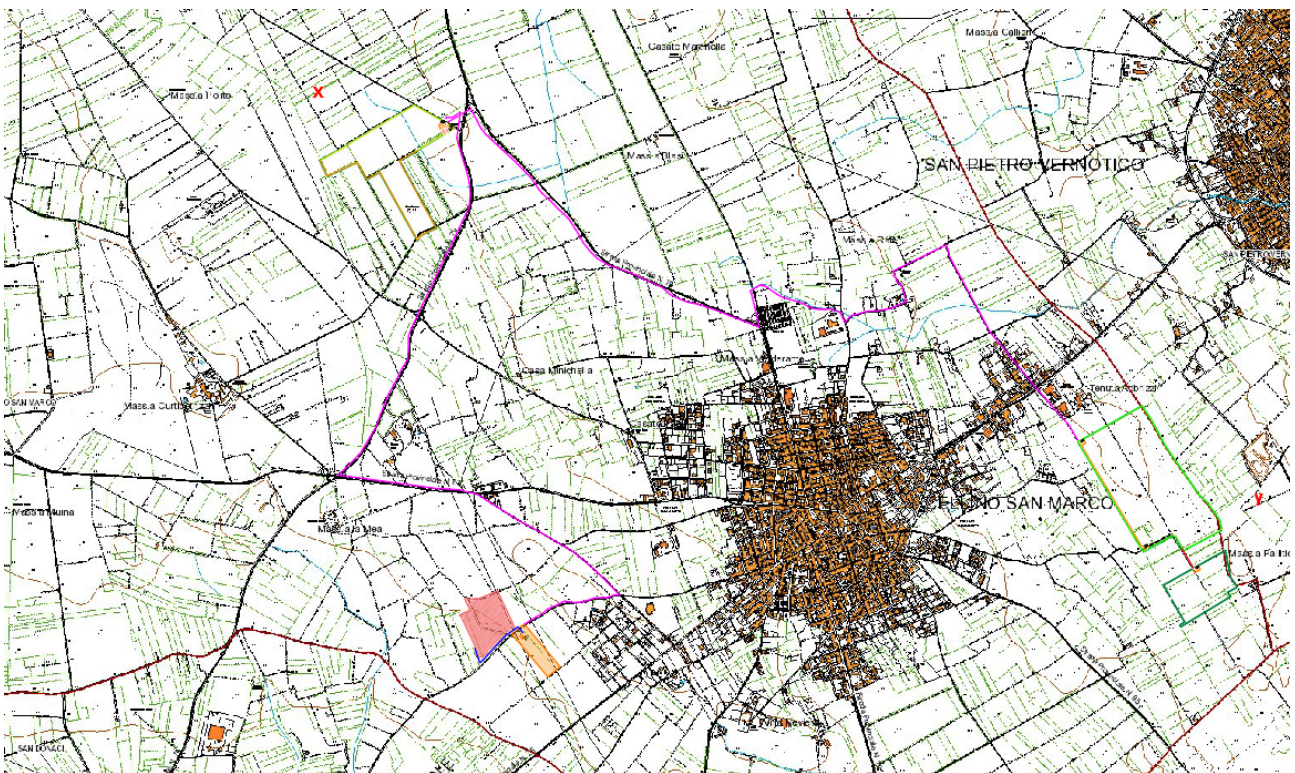


Figura 3 - Dettaglio dell'area di intervento su base CTR

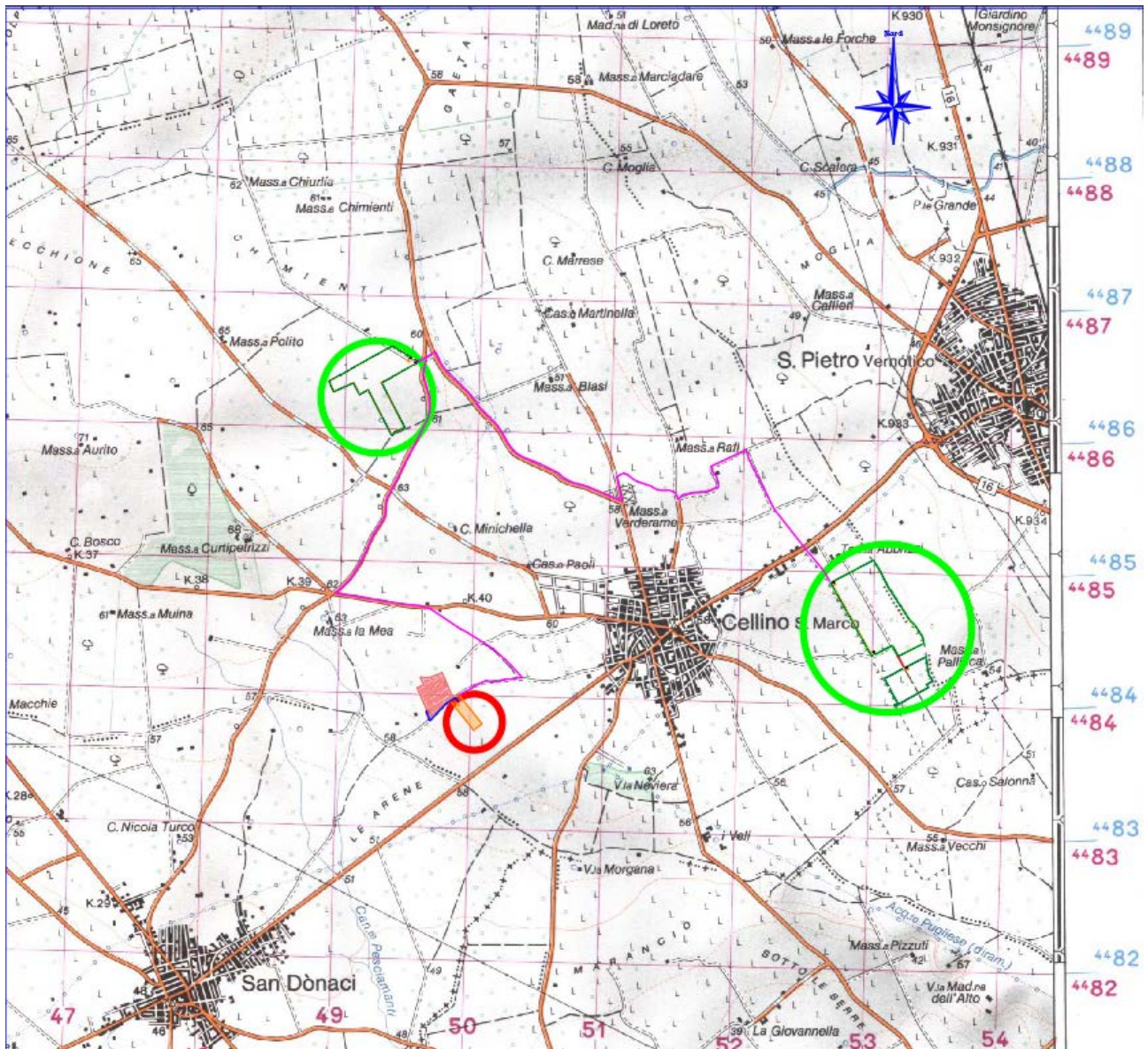


Figura 4 - Dettaglio dell'area di intervento su stralcio IGM in scala 1:50000

1.2. Inquadramento geologico dell'area

L'area di interesse si trova nella parte sud della depressione o Piana di Brindisi, una zona depressa compresa tra l'Altopiano delle Murge e le Serre Salentine. Queste ultime fanno parte del dominio geologico dell'Avampaese Apulo, formato da una potente successione di calcari, calcari dolomitici e in minor parte dolomie, facenti parte delle unità della Piattaforma Apula. Esse si sono formate attraverso la litificazione di sedimenti formati in un bacino sedimentario di piattaforma carbonatica: in questo ambiente epi-oceanico per tutto il Cretaceo si è protratta la sedimentazione consentendo, col lento abbassamento del fondo del bacino, l'accumulo della serie carbonatica. Nel passaggio dal Secondario al Terziario si sono verificate due fasi tettoniche distensive seguite poi, nel Terziario alto (Pliocene), nell'ambito della formazione della Catena appenninica meridionale, da più fasi tettoniche principalmente compressive. Queste fasi tettoniche hanno influito sull'assetto della piattaforma carbonatica apula con la suddivisione in blocchi e la formazione di una serie di blande pieghe anticlinali e sinclinali. Ciò ha portato alla conseguente formazione di aree sollevate (promontorio del Gargano, Altopiano delle Murge e Serre Salentine) e aree ribassate come la Piana di Brindisi all'interno della quale si trova l'area di intervento (e il Graben dell'Ofanto). Queste aree ribassate, con il tempo, sono state riempite da sedimenti provenienti dalla catena appenninica e da depositi marini di vario genere.

Il quadro litostratigrafico che caratterizza il territorio a nord-ovest dell'abitato di Cellino San Marco risulta definito dalla successione di rocce e depositi tipici della Piana di Brindisi con una successione di calcareniti (*Calcareniti del Salento*) e sabbie argillose e argille grigio-azzurre (*Formazione di Gallipoli*). Spostandoci di pochi km a sud-ovest si incontrano le rocce calcaree della Piattaforma Apula. Esse sul foglio n° 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 vengono denominate come *Dolomie di Galatina*, ma in base a studi più recenti, come quelli effettuati per la realizzazione dei fogli n° 536 "Ugento" e 537 "Capo S. Maria di Leuca" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – CARG, sappiamo che esse sono state accorpate alla formazione dei *Calcari di Altamura* (fig. 10).

La formazione del *Calcare di Altamura* (ex *Dolomie di Galatina*) è costituita da calcari dolomitici e dolomie di colore grigio-nocciola a fratturazione irregolare e da calcari grigio-chiari. Questa formazione si è sedimentata in un ambiente di mare sottile, con movimenti ascensionali episodici che hanno portato a periodi di erosione subaerea. La stratificazione è abbastanza evidente e presenta spessori compresi tra i 5 ed i 40 cm. La presenza di macro e microfossili è abbastanza scarsa, ma sono stati riconosciuti esemplari di Rudiste, Foraminiferi ed una tipologia di alga incrostante. Questa associazione fossile ha permesso di attribuire questa formazione ad un periodo compreso tra Cenomaniano superiore e Turoniano (Cretaceo Superiore). Lo spessore del Calcare di Altamura in quest'area non è definibile con certezza a causa della difficoltà nella correlazione dei vari affioramenti.

I livelli di *Calcareniti del Salento* affioranti nell'area sono formati da sabbie calcaree di colore azzurrognolo e talvolta giallastro, generalmente poco cementate con intercalati livelli di sabbie argillose grigio-azzurre. Esse poggiano in trasgressione sulle formazioni più antiche, come i Calcari

di Altamura. I ritrovamenti paleontologici hanno permesso di attribuire questo orizzonte al Calabriano (Pleistocene inferiore). Lo spessore in generale sembrerebbe non superare mai i 30-35 m.

La **Formazione di Gallipoli** è formata da sabbie argillose, costituite principalmente da frammenti di quarzo con granulometria medio-fine, disposte in strati di qualche centimetro di spessore, a luoghi debolmente cementate, che passano verso il basso a marne argillose di colore grigio-azzurro, plastiche, poco cementate e con all'interno alcuni frammenti di quarzo. A luoghi, questa formazione subisce drastiche variazioni, e le sabbie quarzoso-argillose vengono sostituite da calcareniti ed arenarie ben cementate. La microfauna, contenuta soprattutto all'interno delle marne, permette di assegnare questa formazione al Calabriano (Pleistocene inferiore). La Formazione di Gallipoli poggia con contatto erosivo sui Calcari di Altamura, e con un contatto non particolarmente chiaro sulle Calcareniti del Salento. Si pensa che nell'area di interesse il contatto possa essere una regolare successione stratigrafica, quindi con un passaggio senza contatto erosivo o discordante dalle Calcareniti del Salento alla Formazione di Gallipoli. Lo spessore massimo della formazione si attesta sui 100 m.

Oltre queste formazioni principali, nelle zone a sud dell'area di intervento sono presenti anche depositi recenti di tipo eluviale e di terra rossa abbastanza potenti, con spessori che superano i 3 metri. In generale i depositi eluviali sono presenti ovunque nell'area ma con spessori esigui, mentre i depositi di terra rossa sono diffusi principalmente nelle aree occupate dai calcari cretacei, infatti questi depositi residuali si formano a causa dei fenomeni carsici che avvengono all'interno dei calcari.

Dal punto di vista tettonico, la zona della Penisola Salentina non presenta particolari strutture, di fatti nei dintorni dell'area di intervento non sono state riscontrate né faglie né pieghe di alcun tipo. Le giaciture degli strati, sia nei depositi pleistocenici, che nei calcari mesozoici, risultano sub-orizzontali senza una vera e propria direzione (né verso) di immersione.

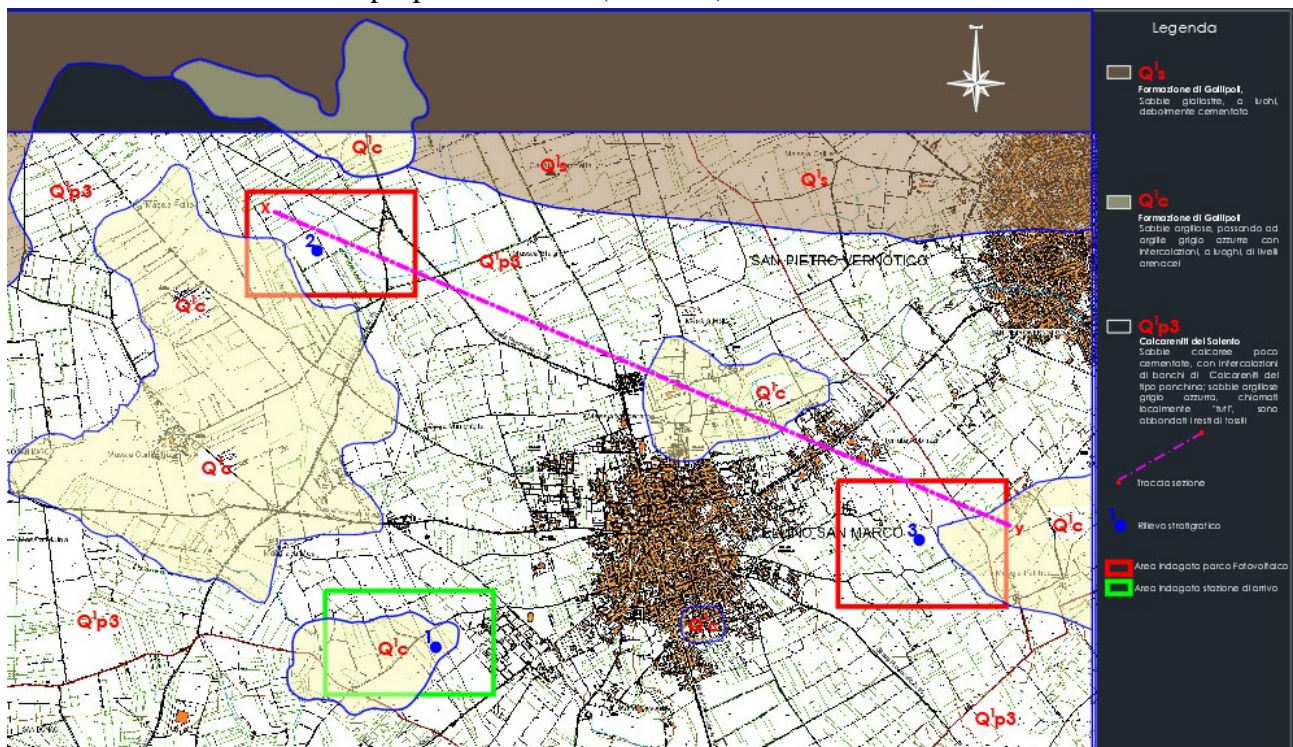


Figura 5 - Carta Geologica dei dintorni dell'area di intervento

2. LITOLOGIA DI DETTAGLIO

In particolare l'area di studio è caratterizzata, in affioramento ed al di sotto del piano campagna, prevalentemente da tre tipologie di depositi, qui di seguito descritti:

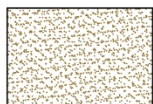
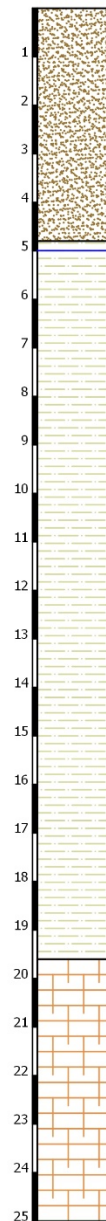
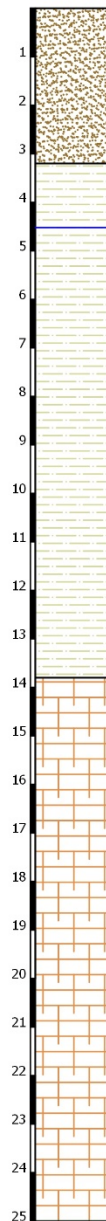
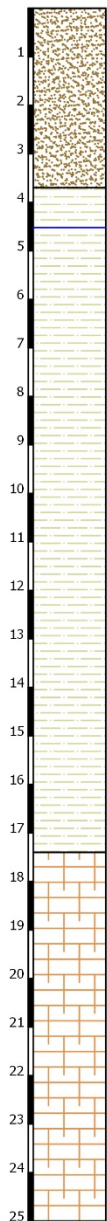
- Deposito prevalentemente sabbioso e sabbioso-argilloso con componente quarzosa, corrispondente alla copertura vegetale/eluviale recente unita alla parte superficiale della Formazione di Gallipoli;
- Deposito prevalentemente marnoso, con all'interno limi argillosi e argille sabbiose, corrispondente alla parte inferiore della Formazione di Gallipoli, a granulometria più fine;
- Deposito a prevalente componente calcarenitica e arenitica (Calcareniti del Salento), di colore azzurrognolo e talvolta giallastro, generalmente poco cementato con intercalati livelli di sabbie argillose grigio-azzurre.

Nelle figure 6 è possibile osservare l'interpretazione stratigrafica del sottosuolo nell'area in studio.

Stratigrafia 1

Stratigrafia 2

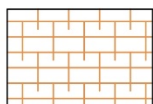
Stratigrafia 3



Deposito prevalentemente sabbioso e sabbioso-argilloso con componente quarzosa, corrispondente alla copertura vegetale/chuviale recente unita alla parte superficiale della Formazione di Gallipoli.



Deposito prevalentemente marnoso, con all'interno limi argillosi e argille sabbiose, corrispondente alla parte a granulometria più fine della Formazione di Gallipoli.



Deposito a prevalente componente calcarenitica e arenitica (Calcareniti del Salento), di colore azzurrognolo e talvolta giallastro, generalmente poco cementato con intercalati livelli di sabbie argillose grigio-azzurre

—
Livello della falda superficiale

Figura 6 - Stratigrafie interpretative del sottosuolo dell'area di intervento

Come è possibile notare confrontando la carta geologica e le stratigrafie interpretative, i dati ottenuti differiscono nelle aree corrispondenti alla **Stratigrafia 1** e **Stratigrafia 3**. Sulla carta geologica l'unità affiorante (al di sotto della copertura eluviale presente ovunque) è quella delle Calcareni del Salento, mentre attraverso le analisi in sito e le indagini dirette ed indirette, si è arrivati alla conclusione che l'unità affiorante è quella della Formazione di Gallipoli.

Ciò è facilmente spiegabile attraverso un'analisi di letteratura, infatti all'interno delle "*Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000, fogli 203 - 204 - 213*" è sottolineato il fatto che, soprattutto nei dintorni dell'area di nostro interesse, i contatti tra la Formazione di Gallipoli e le Calcareni del Salento non sono ben visibili. Ciò ha probabilmente portato ad una divisione delle formazioni errata in alcune aree, come ad esempio quelle investigate all'interno di questo lavoro.

3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il territorio dell'area di intervento presenta poche manifestazioni morfologiche rilevanti, configurandosi circa sub-pianeggiante e leggermente digradante verso nord-est, con quote che variano tra 62 e 54 m s.l.m. (fig. 7).

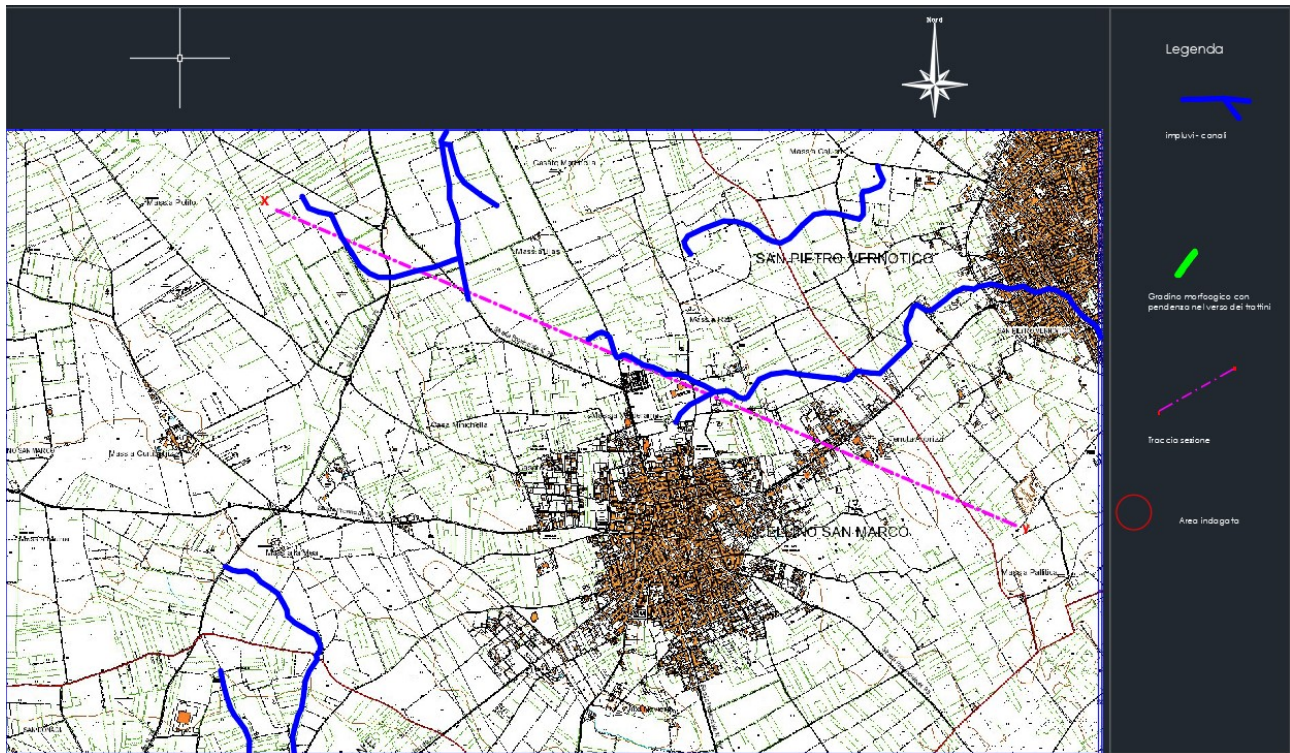


Figura 7 - Carta Idrogeomorfologica dei dintorni dell'area di intervento

L'area di intervento si trova all'interno del distretto geomorfologico della piana brindisina, essa è una pianura di forma tendente al triangolare, compresa tra altopiano delle Murge ad ovest, murge tarantine a sud-ovest e Serre Salentine a sud-est. L'aspetto morfologico generale si presenta costituito da terrazzi molto ampi, con lievi ondulazioni, debolmente digradanti verso mare e separati da scarpate molto modeste.

Nei dintorni dell'area di intervento sono presenti alcuni salti di pendenza in corrispondenza di alcuni orli di scarpata appartenenti a terrazzi morfologici, non sempre ben distinguibili, riferibili ad antiche linee di costa (paleolinee di costa). Nei dintorni dell'area di intervento si distinguono almeno 2 ordini di terrazzi morfologici differenti, tutti a sud e sud-ovest dell'area di nostro interesse.

Nella zona sono presenti varie ripe di erosione fluviale. Esse sono ricollegabili agli alvei fluviali attuali, episodici e non, presenti all'interno dell'area. Il reticolo idrografico, di fatti, è molto sviluppato, e seppur non presenti alvei perennemente pieni di acqua, essi si riempiono in caso di eventi piovosi di medio-alta intensità. Oltre al reticolo idrografico ben sviluppato sono presenti diverse conche e piccoli bacini idrici che risultano spesso i recapiti finali degli eventi meteorici.

4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

4.1. Caratteri idrogeologici dell'area di intervento

Dal punto di vista idrogeologico l'area di intervento è ubicata in un territorio di confine posto tra gli acquiferi carsici delle Murge e del Salento. Al di sotto della copertura pleistocenica presente nella zona, vi è un complesso idrogeologico di notevole estensione e capacità costituito da una potente successione di rocce calcareo-dolomitiche di età cretacea permeabili per fessurazione e carsismo in misura molto variabile.

Di questi due fenomeni che condizionano la permeabilità di un ammasso roccioso, la fessurazione è il fattore predisponente all'azione del carsismo poiché apre la strada favorendone l'insorgere e il successivo sviluppo del fenomeno. La rete fessurativa dell'ammasso roccioso d'altro canto è connessa con l'evoluzione tettonica locale, seguendone le direttrici regionali principali.

La circolazione idrica sotterranea dell'acquifero avviene attraverso le discontinuità stratigrafico-tettoniche (giunti di strato, fratture e faglie) dell'ammasso roccioso e attraverso i condotti di natura carsica. La presenza di terra rossa, il tipico prodotto residuale del carsismo, intasando le fratture ed i giunti di stratificazione, tende a ridurre notevolmente la permeabilità dell'ammasso roccioso e quindi a rallentare o addirittura arrestare lo sviluppo dei sistemi carsici drenanti sia superficiali che sotterranei. La presenza di questo prodotto residuale sotto forma di lenti, banchi e sacche tra la successione calcareo-dolomitica, può far variare significativamente il grado di permeabilità sia verticale sia orizzontale in seno all'ammasso roccioso.

La permeabilità degli acquiferi carsici delle Murge e del Salento presentano generalmente valori medio-bassi (k variabile da 10^{-2} a 10^{-5} cm/s) in virtù della variabilità del livello di fratturazione, mentre il livello statico della superficie piezometrica sale verso l'interno molto lentamente, con un gradiente basso dell'ordine di $1^{\circ}/100$.

Le osservazioni condotte su tale area, pongono in evidenza che le aste fluviali presenti nell'area di intervento, e che hanno deflusso verso nord, scorrono al di sopra dei depositi pleistocenici diventando affluenti dei vari canali presenti nella Piana di Brindisi, tra cui il canale Fiume Grande, che sfociano nel Mar Adriatico. Le aste fluviali presenti invece a sud e sud-ovest dell'area di intervento, che hanno deflusso verso sud, arrivano fino alle formazioni calcaree, dove sfociano all'interno di piccole conche poste in aree leggermente depresse, dove l'acqua si infiltra all'interno delle formazioni cretacee andando ad alimentare la falda profonda.

I terreni affioranti nella zona possono essere divisi, dal punto di vista idrogeologico, in 3 unità, di seguito ordinate per coefficiente di permeabilità decrescente:

- 1) La prima è costituita da più formazioni, cioè i depositi eluviali sciolti, i depositi sabbioso-arenacei e calcarenitici della Formazione di Gallipoli e i depositi calcarenitici delle Calcareniti del Salento; queste sono permeabili per porosità con valori di permeabilità compresi tra:

$$K = 1 \times 10^{-2} \text{ m/s e } K = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s;}$$

- 2) la seconda, costituita da calcari, permeabili per fessurazione e carsismo, hanno valori di permeabilità (a grande scala) compresi tra:

$$K = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s e } K = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s.}$$

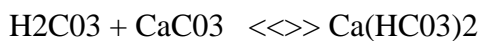
(Il valore del coefficiente di permeabilità varia a seconda del grado di fratturazione e carsismo dell'ammasso roccioso).

- 3) la terza, costituita dalle sabbie marnose e dalle marne della Formazione di Gallipoli, con valori del coefficiente di permeabilità compresi tra:

$$K = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s e } K = 1 \times 10^{-8} \text{ m/s.}$$

I calcari cretacei appartenenti alla seconda unità (Calcari di Altamura), se compatti e non fratturati, si comportano in tutto e per tutto come rocce impermeabili. Queste rocce, se sottoposte a stress tettonici, rispondono alla sollecitazione come un corpo rigido, fratturandosi.

Le fratture permettono la penetrazione in profondità dell'acqua meteorica, leggermente acidula per la dissoluzione in essa di anidride carbonica; l'acido carbonico aggredisce i calcari portando in soluzione bicarbonato di calcio, secondo la reazione:



Questo processo permette l'allargarsi delle fratture fino alla formazione di ampi sistemi carsici nei quali potrà aver sede una circolazione idrica sotterranea che dipenderà essenzialmente dallo stato di fessurazione dei calcari (Si ricorda che il valore del coefficiente di permeabilità varia a seconda del grado di fratturazione e carsismo dell'ammasso roccioso). Le rocce calcareo-dolomitiche di età cretacea delle Murge e del Salento, permeabili per fessurazione e carsismo, ospitano una estesa falda idrica sotterranea, caratterizzata da notevoli potenzialità e spessore. La falda trae alimentazione dalle precipitazioni atmosferiche che ricadono in tutto il territorio delle Murge e delle Serre Salentine. La distribuzione dei carichi piezometrici all'interno della falda (fig. 11) mostra che, nel settore considerato, il deflusso delle acque sotterranee avviene principalmente in direzione est e nord-est.

I carichi piezometrici presenti nell'area delle Murge sono di molto superiori rispetto a quelli riscontrabili nel Salento, di fatti si passa dai 100 m s.l.m. delle aree interne delle Murge, a valori che difficilmente superano i 5 m s.l.m. nelle zone centrali del Salento.

Le caratteristiche dell'acquifero sono legate alle condizioni strutturali e litologiche delle rocce che lo costituiscono. Il frequente alternarsi, sia in senso orizzontale che verticale, di livelli rocciosi più o meno fratturati e carsificati, diversamente permeabili, determina una forte disomogeneità delle caratteristiche idrauliche. Nelle aree interne delle Murge, la falda si rinviene a notevole profondità dal p.c., confinata da strati rocciosi poco fratturati, decine o centinaia di metri al di sotto del livello del mare. Nelle aree costiere, la falda si rinviene a profondità assai minori, spesso a pelo libero. Al di sotto della quota di rinvenimento dell'acqua, la presenza di interstrati rocciosi poco fratturati, impermeabili, determina spesso il frazionamento della falda su più livelli sovrapposti. La permeabilità d'insieme delle rocce carbonatiche delle Murge e del Salento non è generalmente molto elevata; a causa della scarsa trasmissività dell'acquifero, le depressioni dinamiche del livello piezometrico, nei pozzi per acqua, sono di solito elevate anche in corrispondenza di portate nel complesso modeste. La base degli acquiferi delle Murge e del Salento è indefinita in quanto rappresentata da livelli delle

stesse rocce calcareo-dolomitiche che con la profondità presentano un grado di fratturazione, porosità d'insieme e permeabilità via via decrescente.

Nelle zone costiere, al di sotto dello strato di acqua dolce, si rinviene l'acqua marina di intrusione continentale. Lo spessore del corpo di acqua dolce aumenta procedendo dalla costa verso l'interno. I valori di salinità dell'acqua, in corrispondenza del tetto della falda, crescono da circa 0.5 g/l nelle aree interne, fino a 4-5 g/l nelle aree più vicine alla linea di costa.

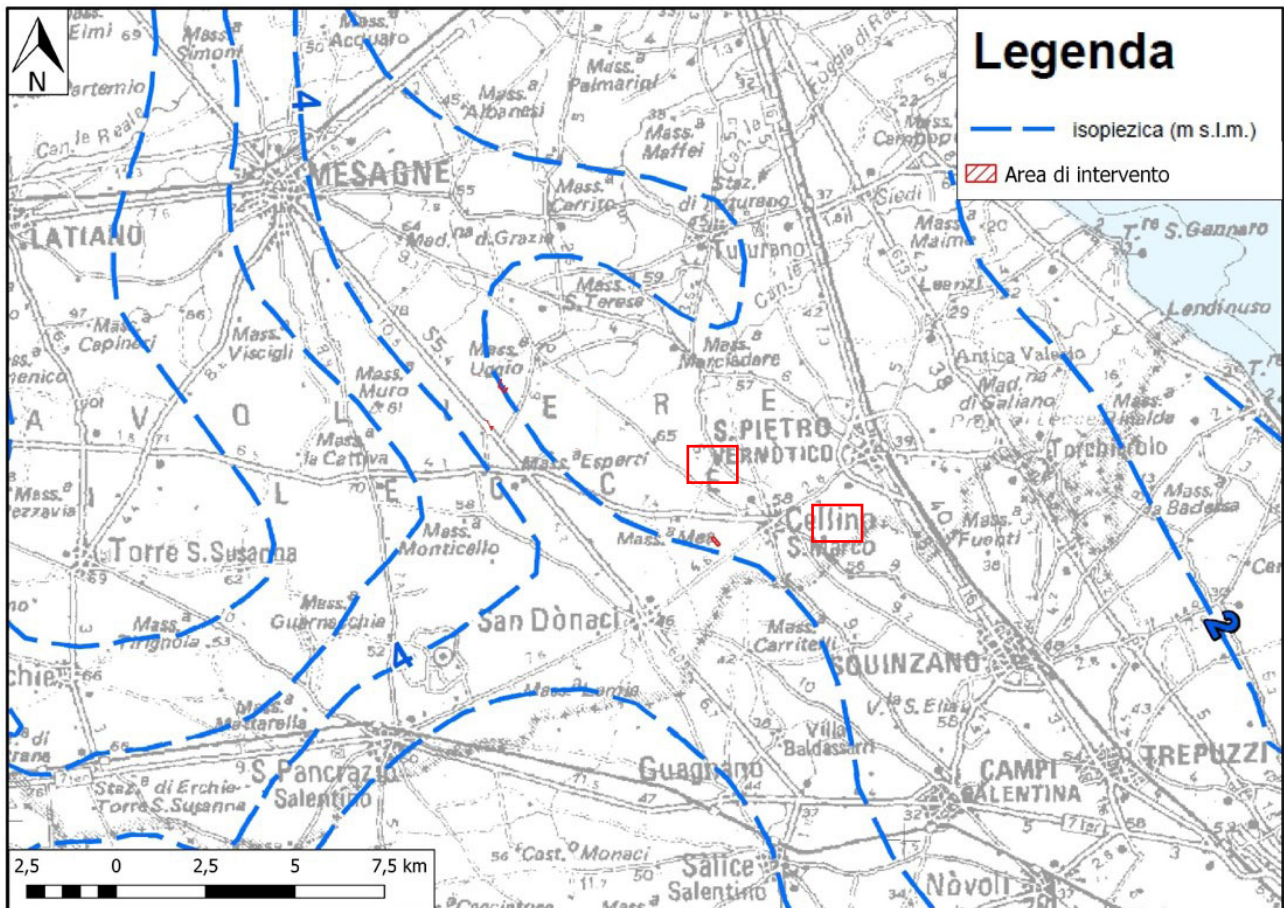


Figura 8 - Area di intervento su carta delle distribuzioni medie dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici delle Murge e del Salento

Sulla base dei dati presenti sulla carta isopiezometrica, per quanto riguarda la distribuzione dei carichi piezometrici dell'acquifero carsico, risulta che nell'ambito dell'area di intervento, la superficie piezometrica statica della falda carsica profonda si attesta ad una profondità compresa tra i 57 m e i 69 m dal p.c., con un carico piezometrico di circa 3 m s.l.m. (fig. 8).

I deflussi sotterranei hanno una direzione preferenziale verso est, con recapito finale nel Mar Adriatico, dove trovano il loro equilibrio idrostatico.

4.2. Interazioni con la falda superficiale

Attraverso l'analisi di tre pozzi presenti nei dintorni dell'area di intervento (fig. 9) è stato possibile constatare la presenza di una falda superficiale oltre alla falda carsica profonda.

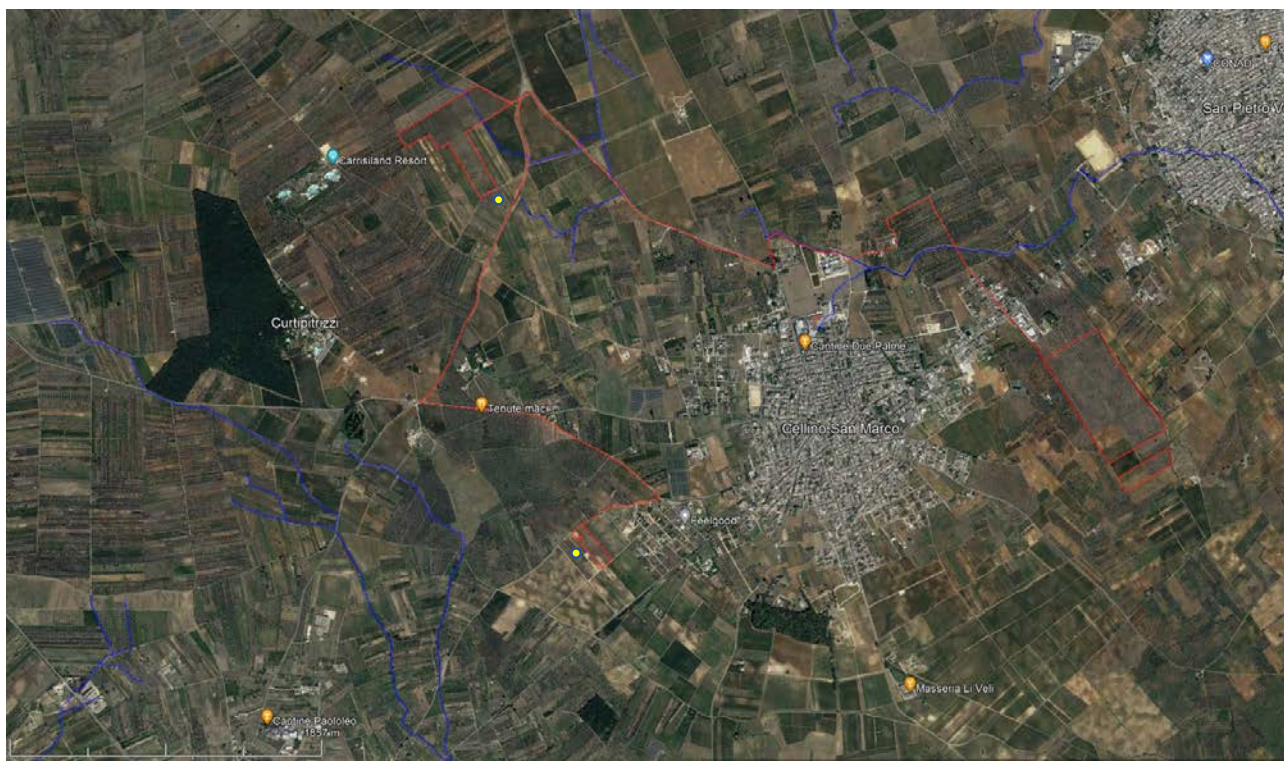


Figura 9 - Profondità della falda superficiale misurata attraverso dei pozzi

La falda superficiale si attesta dunque ad una profondità compresa tra i 4.5 ed i 5 m dal piano campagna. Vista la profondità abbastanza ridotta di questa falda, bisognerà tener conto della sua presenza in fase di progettazione e realizzazione dei lavori di costruzione.

4.3. Interferenze con le aree di pericolosità e rischio del PAI

Il Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia il 30 novembre 2005 ha deliberato il provvedimento di approvazione del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) per la difesa dal rischio idrogeologico, pubblicato sul B.U.R.P. n. 15 del 02 febbraio 2006.

Il P.A.I. rappresenta un primo stralcio di settore funzionale del Piano di Bacino di cui alla ex Legge n.183 del 1989, Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo, successivamente abrogata e sostituita dal D.Lgs. n. 152 del 2006, Norme in materia ambientale.

La ex Legge n.183 del 1989, definiva il Bacino idrografico" quale unità di riferimento minimo per la pianificazione territoriale a tutela del rischio idrogeologico; l'attuale D.Lgs. n. 152 del 2006 suddivide l'intero territorio nazionale in distretti idrografici, comprendenti uno o più bacini", ed estende a questi l'unità minima di riferimento per la produzione degli strumenti di pianificazione.

Il P.A.I., finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologia, individua e norma per l'intero ambito di bacino le aree a pericolosità idraulica e le aree a pericolosità geomorfologia.

Le aree individuate dal P.A.I. sono suddivise, in funzione ai differenti gradi di pericolosità idraulica in:

- aree ad alta probabilità di inondazione - A.P.;
- aree a media probabilità di inondazione - M. P.;
- aree a bassa probabilità di inondazione - B.P..

Le aree individuate dal P.A.I. sono suddivise, in funzione dei differenti gradi di pericolosità geomorfologica in:

- aree a pericolosità geomorfologia molto elevata - P.G.3;
- aree a pericolosità geomorfologia elevata - P. G. 2;
- aree a pericolosità geomorfologia media e moderata - P.G.1.

Nell'immagine seguente (fig. 10) sono riportate le aree perimetrare come a pericolosità geomorfologica ed idraulica secondo il P.A.I. Puglia.

L'area di intervento interseca per pochi metri quadri un'area ad alta pericolosità idraulica nella parte sud del gruppo di celle presente a nord-ovest.



Figura 10 - Aree di pericolosità geomorfologica ed idraulica secondo il PAI Puglia, nei dintorni dell'area di intervento

Le aree dove l'eventuale fenomeno di pericolo presenta anche la possibilità di danneggiare cose o persone vengono a loro volta perimetrare come aree a rischio (fig. 11), che però non intersecano in nessuna parte l'area di intervento.

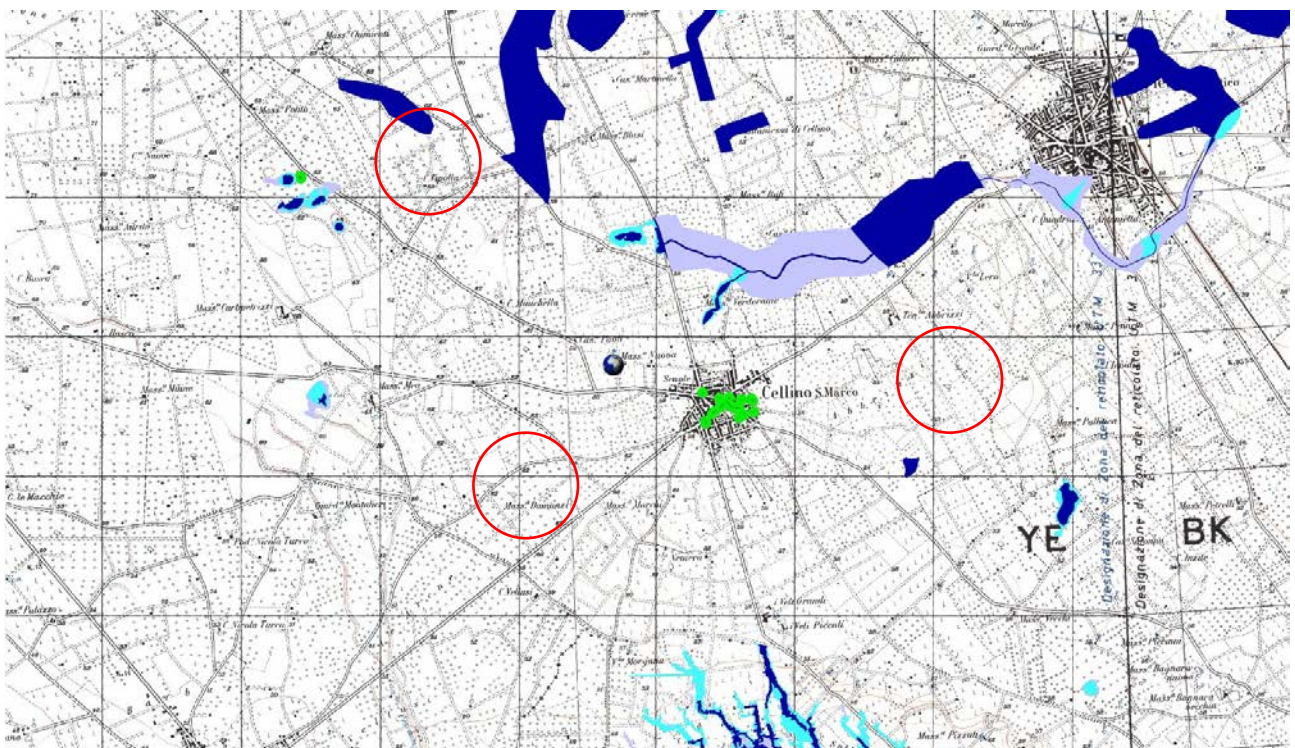


Figura 21 - Aree di rischio geomorfologico ed idraulico secondo il PAI Puglia, nei dintorni dell'area di intervento

4.4. Studio delle interferenze con il reticolo idrografico

Per quanto riguarda l'interazione tra reticolo idrografico e area di intervento, è stato realizzato uno studio da "F4 ingegneria srl" che ha permesso di individuare quali potessero essere le aree a più alta pericolosità idraulica oltre a quelle individuate sulla base del PAI (fig. 12). Per uno sguardo approfondito su metodi e tecniche utilizzate per lo studio in questione si rimanda all'Allegato "Consulenza Tecnica – Relazione idrologica e idraulica".

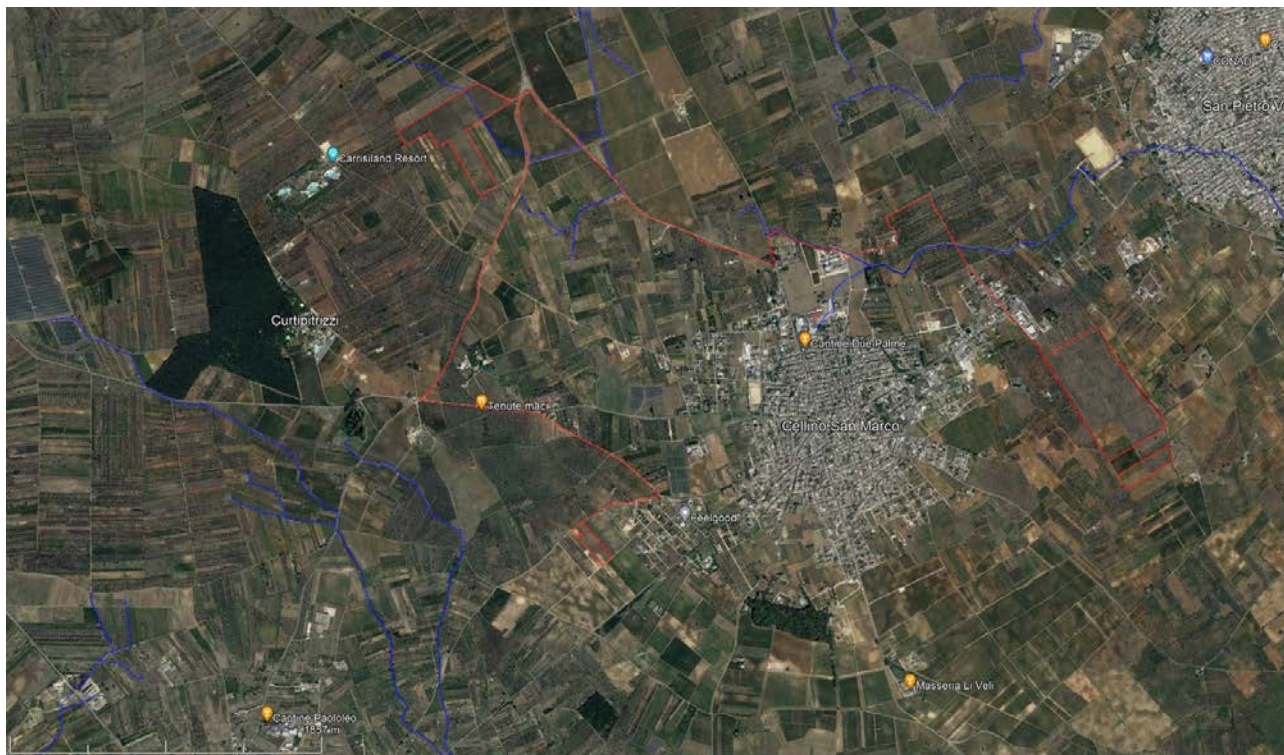


Figura 12 - Delimitazione aree a pericolosità idraulica

Essendo l'area in parte sottoposta ad una alta pericolosità idraulica, si è proceduto a realizzare un progetto di sistemazione idraulica dell'aria di intervento, in modo da ridurre al minimo possibile le aree sottoposte a potenziale allagamento (fig. 13).

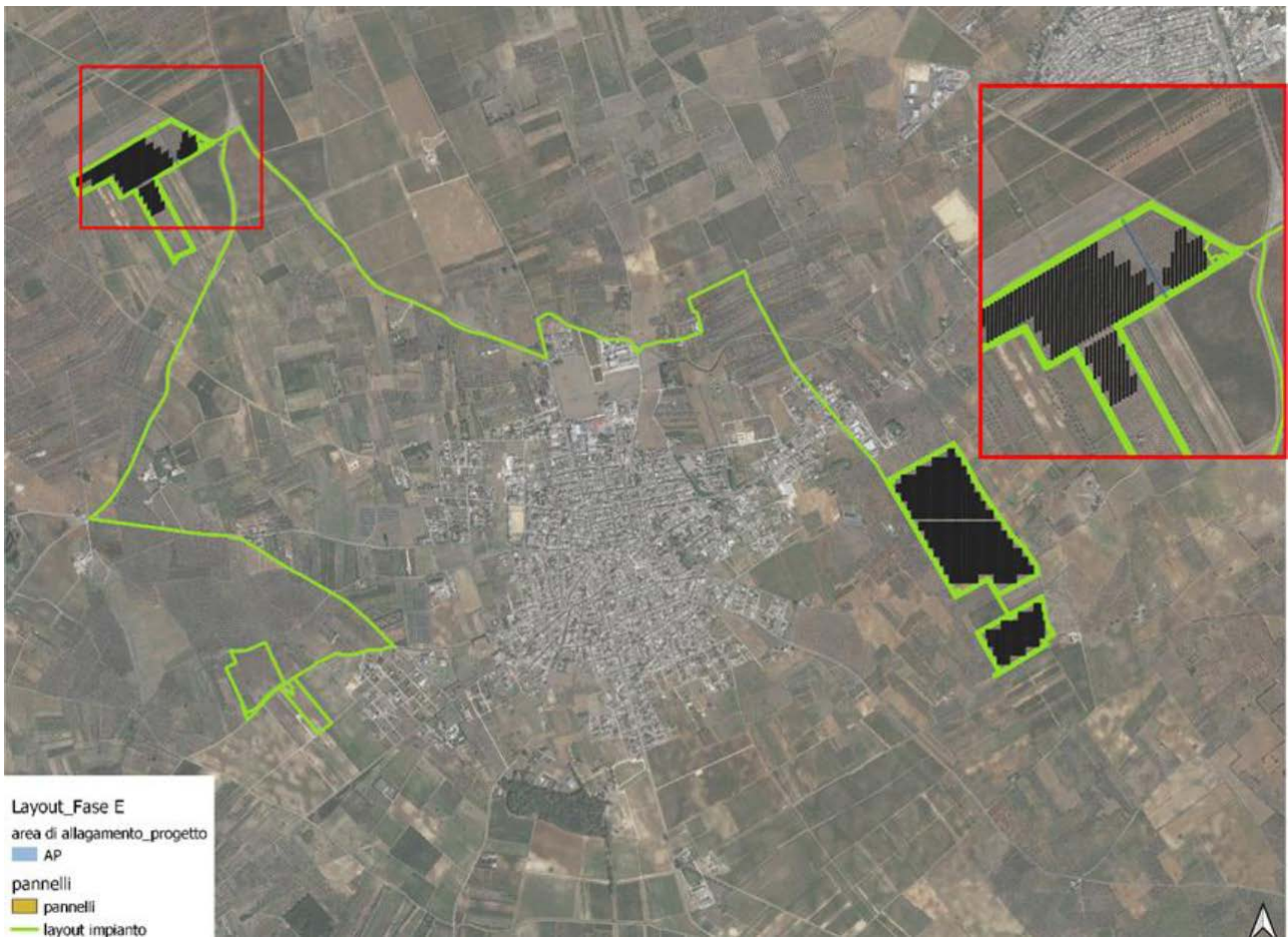


Figura 3 - Sistemazione idraulica dell'area di intervento con conseguente riduzione delle aree allagabili post intervento di sistemazione idraulica (per maggiori dettagli cfr rel. Idraulica)

5. CARATTERI GEOLOGICO TECNICI INDICATIVI

5.1. Prove penetrometriche

Per caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni dell'area di intervento, e fornire delle indicazioni sui depositi presenti al di sotto del piano campagna, sono state effettuate n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue DL-30. Questa tipologia di prova penetrometrica è tipica del territorio italiano, ed è classificabile per l'ISSMFE come una prova di tipo "MEDIO" (DPM).

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato sono le seguenti:

- Massa battente $M = 30$ kg;
- Altezza di caduta $H = 0.20$ m;
- Passo di avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60^\circ$);
- Diametro $D = 35.7$ mm;
- Area base cono $A=10$ cm²;
- Rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'ingfiere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari affinché essa affondi per un determinato spessore.

Le prove DL-30 eseguite, PP1, PP2 e PP3 (fig. 17) hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo fino ad una profondità massima di 6.20 m a partire dal piano di indagine, discretizzandolo in una serie di strati a differente comportamento in funzione del numero di colpi misurati durante le fasi di avanzamento con un passo di 0.10 m.

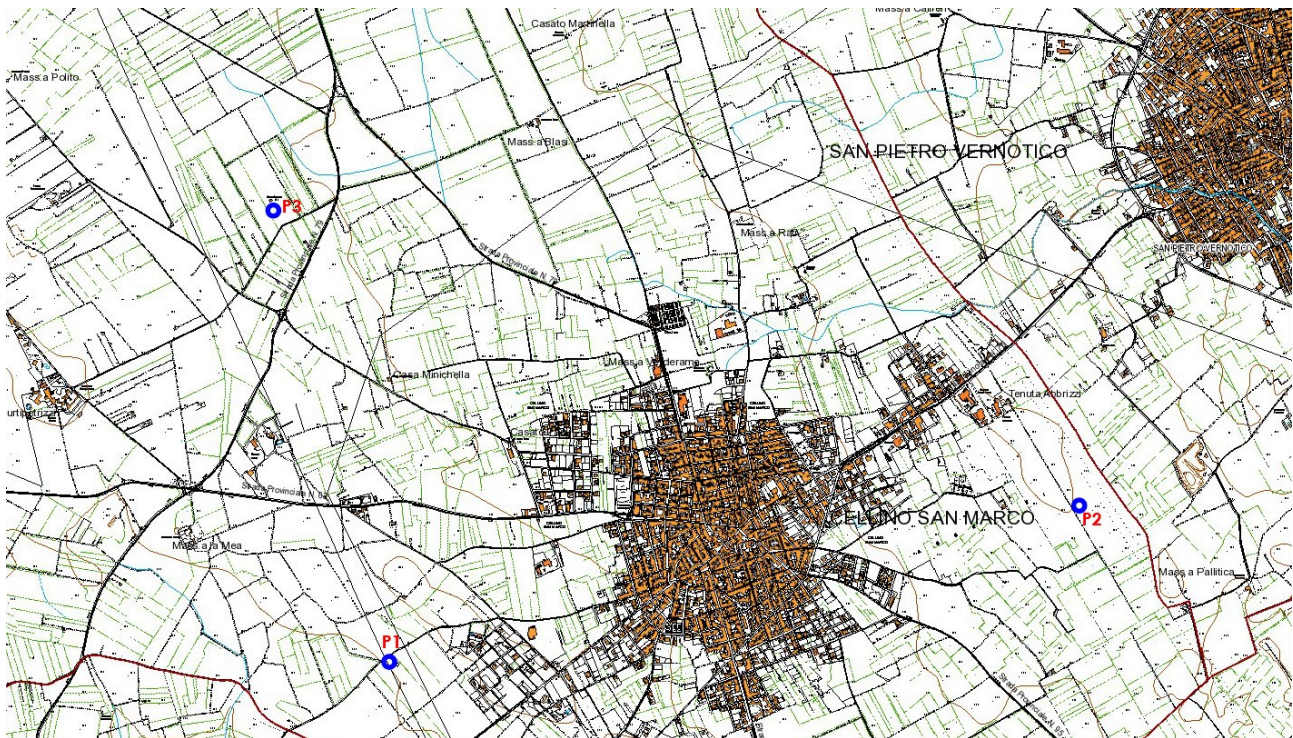


Figura 4 - Ubicazione prove penetrometriche dinamiche

La prova **PP1**, che ha raggiunto la massima profondità di investigazione a 4.9 m, ha evidenziato 4 strati con diverse caratteristiche. Un primo strato avente spessore pari a 1 m corrispondente alla copertura vegetale, a seguire il secondo strato, avente spessore pari a 0.8 m correlabile ad un deposito di sabbia limosa, il terzo strato è spesso 1.6 m ed è correlabile ad un limo sabbioso, il quarto ed ultimo strato, con uno spessore di almeno 1.5 m, ha caratteristiche compatibili con quelle di un deposito limoso-argilloso. Ad una profondità di 1.6 m è stata intercettata una falda superficiale spessa pochi centimetri.

La prova **PP2**, che ha raggiunto la massima profondità di investigazione a 6.2 m, ha evidenziato 4 strati con diverse caratteristiche. Un primo strato avente spessore pari a 1.5 m corrispondente alla copertura vegetale, a seguire il secondo strato, avente spessore pari a 1.7 m correlabile ad un deposito di sabbia limosa, il terzo strato è spesso 1.9 m ed è correlabile ad un limo sabbioso, il quarto ed ultimo strato, con uno spessore di almeno 1.1 m, ha caratteristiche compatibili con quelle di un deposito limoso-argilloso. Ad una profondità di 1.4 m è stata intercettata una falda superficiale spessa pochi centimetri.

La prova **PP3**, che ha raggiunto la massima profondità di investigazione a 4.5 m, ha evidenziato 4 strati con diverse caratteristiche. Un primo strato con spessore pari a 1 m corrispondente alla copertura vegetale, a seguire il secondo strato, avente spessore pari a 1.7 m correlabile ad un deposito di sabbia limosa, il terzo strato è spesso 1.3 m ed è correlabile ad un limo sabbioso, il quarto ed ultimo strato, con uno spessore di almeno 0.5 m, ha caratteristiche compatibili con quelle di un deposito limoso-argilloso. Ad una profondità di 1 m è stata intercettata una falda superficiale spessa pochi centimetri.

La falda superficiale intercettata tra 1 e 1.6 metri di profondità in tutte le prove penetrometriche non corrisponde probabilmente a quella realmente presente nell'area, trattata all'interno del capitolo 4.2. La presenza di acqua ad una profondità così bassa dovrebbe invece dipendere dalle forti precipitazioni che hanno colpito l'area di studio nella settimana precedente l'esecuzione delle prove. La quantità di acqua derivata da queste precipitazioni non era quindi ancora stata smaltita dai depositi più superficiali.

I metodi utilizzati per la realizzazione delle prove e le ricostruzioni grafiche delle stratigrafie incontrate sono contenute all'interno dell'Allegato "*Prove penetrometriche dinamiche continue*".

Nelle tabelle (non numerate) presenti nei sotto-capitoli successivi sono riportati i valori dei parametri geotecnici stimati attraverso le prove penetrometriche appena descritte e le correlazioni utilizzate. Per la copertura vegetale sono state utilizzate le correlazioni tipiche dei terreni incoerenti, per i restanti strati quelle dei terreni coesivi.

5.2. Stima parametri geotecnici per la prova penetrometrica PP1

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	5.7	23.42	Incoerente - coesivo	1.73	1.87	0.78	4.46	Copertura sabbiosa
1.8	14.88	58.46	Incoerente - coesivo	2.01	2.21	0.78	11.65	Sabbia limosa

3.4	26.25	96	Incoerente - coesivo	2.10	2.11	0.78	20.55	Limo sabbioso
4.9	36.33	124.55	Incoerente - coesivo	2.14	2.32	0.78	28.45	Limo argilloso

Terreni coesivi:

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Sabbia limosa	11.65	1.80	0.79	1.46	0.46	1.15	1.75	1.02	1.34	0.58	1.82	1.46
[3] - Limo sabbioso	20.55	3.40	1.39	2.57	0.80	2.03	2.88	1.74	2.13	1.03	3.67	2.57
[4] - Limo argilloso	28.45	4.90	1.92	3.56	1.07	2.83	3.74	2.32	2.93	1.42	5.08	3.56

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Sabbia limosa	11.65	1.80	Robertson (1983)	23.30
[3] - Limo sabbioso	20.55	3.40	Robertson (1983)	41.10
[4] - Limo argilloso	28.45	4.90	Robertson (1983)	56.90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Sabbia limosa	11.65	1.80	53.45	--	120.62	116.50
[3] - Limo sabbioso	20.55	3.40	94.28	--	211.39	205.50
[4] - Limo argilloso	28.45	4.90	130.53	--	291.97	284.50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Sabbia limosa	11.65	1.80	113.58	116.50
[3] - Limo sabbioso	20.55	3.40	215.93	205.50
[4] - Limo argilloso	28.45	4.90	306.78	284.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Sabbia limosa	11.65	1.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Limo sabbioso	20.55	3.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

[4] - Limo argilloso	28.45	4.90	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
----------------------	-------	------	---------------	----------------------

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Sabbia limosa	11.65	1.80	Meyerhof	2.01
[3] - Limo sabbioso	20.55	3.40	Meyerhof	2.10
[4] - Limo argilloso	28.45	4.90	Meyerhof	2.14

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Sabbia limosa	11.65	1.80	Meyerhof	2.21
[3] - Limo sabbioso	20.55	3.40	Meyerhof	2.11
[4] - Limo argilloso	28.45	4.90	Meyerhof	2.32

Terreni incoerenti:

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Skempton 1986
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	24.88	53.01	19.38

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thorn- burn- Meyer- hof 1956	Meyer- hof (1956)	Sowers (1961)	Meyer- hof (1965)	Schmert- mann (1977) Sabbie	Mitchel- l & Katti (1981)	Shioi- Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFI- CATION)	Japanes- e Nationa- l Railwa- y	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Copertu- ra sabbiosa	4.46	1.00	4.46	28.27	21.27	29.25	31.44	0	<30	23.18	28.34	32.05	24.44

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per	Terzaghi	Schmert- mann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzen- bach	D'Appoll- onia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media

			presenza falda			(Sabbia ghiaiosa)		
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	4.46	---	35.68	---	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	4.46	---	36.63	31.67	57.89

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	4.46	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	4.46	Terzaghi-Peck 1948	1.40

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	4.46	Terzaghi-Peck 1948	1.87

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	4.46	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Copertura sabbiosa	4.46	1.00	4.46	Ohta & Goto (1978) Limi	77.51

5.3. Stima parametri geotecnici per la prova penetrometrica PP2

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.5	5.87	23.59	Incoerente - coesivo	1.74	1.87	0.13	0.78	4.6	Copertura sabbiosa
3.2	16.94	62.87	Incoerente - coesivo	2.04	2.24	0.45	0.78	13.26	Sabbia limosa
5.1	27.11	92.47	Incoerente - coesivo	2.1	2.12	0.84	0.78	21.23	Limo sabbioso
6.2	35.09	112.16	Incoerente - coesivo	2.13	2.3	1.17	0.78	27.48	Limo argilloso

Terreni coesivi:

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	0.90	1.66	0.53	1.31	1.89	1.16	1.47	0.66	1.90	1.66
[3] - Limo sabbioso	21.23	5.10	1.43	2.65	0.82	2.10	2.77	1.79	2.20	1.06	3.03	2.65
[4] - Limo argilloso	27.48	6.20	1.86	3.44	1.04	2.73	3.37	2.26	2.82	1.37	3.96	3.44

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	Robertson (1983)	26.52
[3] - Limo sabbioso	21.23	5.10	Robertson (1983)	42.46
[4] - Limo argilloso	27.48	6.20	Robertson (1983)	54.96

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	60.84	--	137.04	132.60
[3] - Limo sabbioso	21.23	5.10	97.40	--	218.33	212.30
[4] - Limo argilloso	27.48	6.20	126.08	--	282.07	274.80

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato	Schultze	Apollonia
--	------	--------------	----------	-----------

		(m)		
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	132.09	132.60
[3] - Limo sabbioso	21.23	5.10	223.75	212.30
[4] - Limo argilloso	27.48	6.20	295.62	274.80

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Limo sabbioso	21.23	5.10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Limo argilloso	27.48	6.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	Meyerhof	2.04
[3] - Limo sabbioso	21.23	5.10	Meyerhof	2.10
[4] - Limo argilloso	27.48	6.20	Meyerhof	2.13

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	Meyerhof	2.24
[3] - Limo sabbioso	21.23	5.10	Meyerhof	2.12
[4] - Limo argilloso	27.48	6.20	Meyerhof	2.30

Terreni incoerenti:

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	22.74	49.42	60.52	19.76

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	28.31	21.31	29.29	31.89	31.5	0	<30	23.31	28.38	31.83	24.59

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	---	36.80	---	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	---	36.91	32.66	58.52

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Terzaghi-Peck 1948	1.41

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Terzaghi-Peck 1948	1.88

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Ohta & Goto (1978) Limi	84.27

5.4. Stima parametri geotecnici per la prova penetrometrica PP3

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
1	5.87	23.59	Incoerente - coesivo	1.74	1.87	0.13	0.78	4.6	Copertura sabbiosa
2.7	16.94	62.87	Incoerente - coesivo	2.04	2.24	0.45	0.78	13.26	Sabbia limosa
4	26.63	90.88	Incoerente - coesivo	2.1	2.11	0.84	0.78	20.85	Limo sabbioso
4.5	35	111.87	Incoerente - coesivo	2.13	2.29	1.17	0.78	27.4	Limo argilloso

Terreni coesivi:

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi - Peck	Sanglerat	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	0.90	1.66	0.53	1.31	1.89	1.16	1.47	0.66	1.90	1.66
[3] - Limo sabbioso	20.85	5.10	1.41	2.61	0.81	2.06	2.73	1.76	2.16	1.04	2.96	2.61
[4] - Limo argilloso	27.4	6.20	1.85	3.43	1.04	2.72	3.36	2.25	2.82	1.37	3.95	3.43

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	Robertson (1983)	26.52
[3] - Limo sabbioso	20.85	5.10	Robertson (1983)	41.70
[4] - Limo argilloso	27.4	6.20	Robertson (1983)	54.80

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	60.84	--	137.04	132.60
[3] - Limo sabbioso	20.85	5.10	95.66	--	214.45	208.50
[4] - Limo argilloso	27.4	6.20	125.71	--	281.26	274.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	132.09	132.60
[3] - Limo sabbioso	20.85	5.10	219.38	208.50
[4] - Limo argilloso	27.4	6.20	294.70	274.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Limo sabbioso	20.85	5.10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Limo argilloso	27.4	6.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	Meyerhof	2.04
[3] - Limo sabbioso	20.85	5.10	Meyerhof	2.10
[4] - Limo argilloso	27.4	6.20	Meyerhof	2.13

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Sabbia limosa	13.26	3.20	Meyerhof	2.24
[3] - Limo sabbioso	20.85	5.10	Meyerhof	2.11
[4] - Limo argilloso	27.4	6.20	Meyerhof	2.29

Terreni incoerenti:

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	22.74	49.42	60.52	19.76

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	28.31	21.31	29.29	31.89	31.5	0	<30	23.31	28.38	31.83	24.59

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	---	36.80	---	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	---	36.91	32.66	58.52

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Terzaghi-Peck 1948	1.41

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Terzaghi-Peck 1948	1.88

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Copertura sabbiosa	4.6	1.50	4.6	Ohta & Goto (1978) Limi	84.27

6. AZIONI SISMICHE

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 PVR, nel periodo di riferimento VR. 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 PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 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_0 e T^*C necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d’uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell’interruzione d’uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la

costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di PVR forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento che di seguito si riporta:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria Descrizione

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 uno strato di alterazione, 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* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale 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 spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale 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.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità 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. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) NSPT₃₀ (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle presenti norme D.M. 17/01/2018.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

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:

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 $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Descrizione del moto sismico in superficie e sul piano di fondazione

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Salvo quanto specificato nel § 7.11 del D.M. per le opere e i sistemi geotecnici la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato (v. Cap. 7) e purché il sito nel quale la costruzione sorge non sia in Zone 3 e 4.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può poi passare dai valori in superficie ai valori sui piani di riferimento; in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico. La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima ag su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi ovvero l'azione sismica deve essere descritta mediante accelerogrammi.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Nelle formuli precedentemente descritte inoltre S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$\mathbf{S} = \mathbf{SS} \cdot \mathbf{ST}, \quad (3.2.5)$$

essendo \mathbf{SS} il coefficiente di amplificazione stratigrafica e \mathbf{ST} il coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55,$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T^*C = CC \cdot T_C, \quad (3.2.7)$$

dove *

T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e CC è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.V);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3, \quad (3.2.8)$$

TD è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6.$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove. In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2 del D.M., la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico SS, il coefficiente topografico ST e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo TC .

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti SS e CC valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di OF e T*C relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S _S	C _C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{ng}}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_0 , S , \cdot sono definiti nel § 3.2.3.2.1 del D.M. per le componenti orizzontali; i valori di S_S , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VII.

Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in Tab. 3.2.VI.

Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali $S_{De}(T)$ si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione $S_e(T)$ mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \times \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

purché il periodo di vibrazione T non ecceda i valori T_E indicati in Tab. 3.2.VIII.

Tabella 3.2.VIII – Valori dei parametri T_E e T_F

Categoria sottosuolo	T_E [s]	T_F [s]
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

Per periodi di vibrazione eccedenti T_E , le ordinate dello spettro possono essere ottenute dalle formule seguenti:

per $T_E < T < T_F$

$$S_{De}(T) = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot \left[F_0 \cdot \eta + (1 - F_0 \cdot \eta) \cdot \frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right]$$

per $T > T_F$

$$S_{De}(T) = d_g$$

dove tutti i simboli sono già stati definiti, ad eccezione di d_g , definito nel paragrafo successivo.

Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot TC \cdot TD$$

$$v_g = 0,16 \cdot a_g \cdot S \cdot TC$$

dove a_g , S , TC , TD assumono i valori già utilizzati al § 3.2.3.2.1 del D.M..

Spettri di progetto per gli stati limite di esercizio

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata.

Spettri di progetto per gli stati limite ultimi

Qualora le verifiche agli stati limite ultimi non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule \cdot con $1/q$, dove q è il fattore di struttura si assumerà comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

Impiego di accelerogrammi

Gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di accelerogrammi, o artificiali o simulati o naturali. Ciascun accelerogramma descrive una componente, orizzontale o verticale, dell'azione sismica; l'insieme delle tre componenti (due orizzontali, tra loro ortogonali ed una verticale) costituisce un gruppo di accelerogrammi.

La durata degli accelerogrammi artificiali deve essere stabilita sulla base della magnitudo e degli altri parametri fisici che determinano la scelta del valore di a_g e di SS . In assenza di studi specifici la durata della parte pseudo-stazionaria degli accelerogrammi deve essere almeno pari a 10 s; la parte pseudo-stazionaria deve essere preceduta e seguita da tratti di ampiezza crescente da zero e decrescente a zero, di modo che la durata complessiva dell'accelerogramma sia non inferiore a 25 s. Gli accelerogrammi artificiali devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione. La coerenza con lo spettro elastico è da verificare in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico, in

alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15s \div 2,0s$ e $0,15s \div 2T$, in cui T è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e $0,15 s \div 1,5 T$, per le verifiche agli stati limite di esercizio. Nel caso di costruzioni con isolamento sismico, il limite superiore dell'intervallo di coerenza è assunto pari a $1,2 T_s$, essendo T_s il periodo equivalente della struttura isolata, valutato per gli spostamenti del sistema d'isolamento prodotti dallo stato limite in esame. L'uso di accelerogrammi artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici. L'uso di accelerogrammi generati mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione è ammesso a condizione che siano adeguatamente giustificate le ipotesi relative alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e del mezzo di propagazione. L'uso di accelerogrammi registrati è ammesso, a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito. Gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame.

PERICOLOSITA' SISMICA

Ai fini di una valutazione dell'azione sismica indotta da un terremoto su strutture esistenti o in fase progettuale per il controllo del grado di danneggiamento che potrebbe verificarsi, è utile definire, per l'area di interesse, il livello di "pericolosità sismica di base", riferita ad un suolo rigido con superficie topografica orizzontale e derivante da studi condotti a scala nazionale con procedure e metodologie validate. Detta pericolosità sismica va descritta in modo tale da renderla compatibile con le norme tecniche vigenti ed occorre dotarla di un sufficiente livello di dettaglio sia in termini geografici sia temporali, fornendo, i valori di accelerazione orizzontale massima a_g e i parametri che consentono di fornire gli spettri di risposta per diverse probabilità di superamento in 50 anni. Quest'ultima informazione consente di adottare, sia nella progettazione sia nella verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della struttura e all'uso cui essa è destinata, permettendo in tal modo, soluzioni più agevoli del problema progettuale con significative economie. Allo stato attuale, la pericolosità sismica sul reticolo e nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in cui, i valori di a_g riportati sono quelli calcolati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) che ha redatto la carta di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Le azioni sismiche di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali le quali vengono definite in funzione di tre parametri:

a_g – accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

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

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

. **ag** - il valore previsto dalla pericolosità sismica,

. **F₀** e **T*c** – i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine, per individuare a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche, occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione

- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PvR associate a ciascuno degli stati limite considerati. Detta operazione deve essere possibile per tutte le vie di riferimento e per tutti gli stati limite considerati dalle NTC, utilizzando, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica TR espresso in anni.

Fissata, quindi, la vita di riferimento VR, i due parametri TR e PvR sono esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$TR = VR / [\ln (1 - PvR)]$$

Criteri generali di classificazione

Al fine di trattare i problemi tecnico-amministrativi tipici della gestione del territorio, ogni Regione ha definito l'appartenenza di ciascun Comune o parte di esso, ad una determinata zona sismica, sulla base del valore massimo di un parametro di pericolosità sismica opportunamente valutato, all'interno dell'area considerata.

In particolare è stato utilizzato il valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo **ag₄₇₅**, ossia quella relativa al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni ed una probabilità di superamento del 10%.

In tal modo, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche così definite, con una tolleranza di 0,025 g che permetta di rendere più continua la classificazione sul territorio:

zona 1 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $ag_{475} \geq 0,25g$.

zona 2 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $0,25 > ag_{475} \geq 0,15g$.

zona 3 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $0,15 > ag_{475} \geq 0,05g$.

zona 4 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $ag_{475} < 0,05g$.

7. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

I riferimenti legislativi in materia di costruzioni in zona sismica e classificazione sismica del territorio nazionale, in tema di “Microzonazione sismica”, hanno suddiviso il territorio nazionale in quattro “Zone sismiche” caratterizzate da differenti valori di “accelerazione orizzontale massima” su suolo di categoria A. Sulla base dell’O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/03, il comune di San Marco in Lamis risulta essere classificato in **Zona 2**. Tale Ordinanza, ripresa dal DM del 17 gennaio 2018, contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) non più necessariamente fino alla profondità di 30 m (come era nelle NTC precedenti a quella del 2018), ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta a seconda dell’assetto geologico del sottosuolo.

La classificazione è effettuata principalmente sulla base della seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$. Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

8. SISMICITÀ DELLA ZONA E DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

8.1. Inquadramento Sismico

Per valutare la sismicità storica dell'area di interesse, è stato preso in considerazione il Comune di Mesagne, poiché, nonostante il comune più vicino in linea d'aria all'area di intervento fosse quello di Cellino San Marco, i dati riguardanti quest'ultimo risultano fortemente incompleti. Quindi, poiché una parte dell'area di intervento ricade all'interno del territorio comunale di Mesagne, è stato scelto quest'ultimo per la valutazione sismica. I dati riguardanti la sismicità storica sono stati estratti dal catalogo parametrico prodotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sui terremoti che hanno interessato l'area comunale dal 1900 al 2012 (fig. 14).

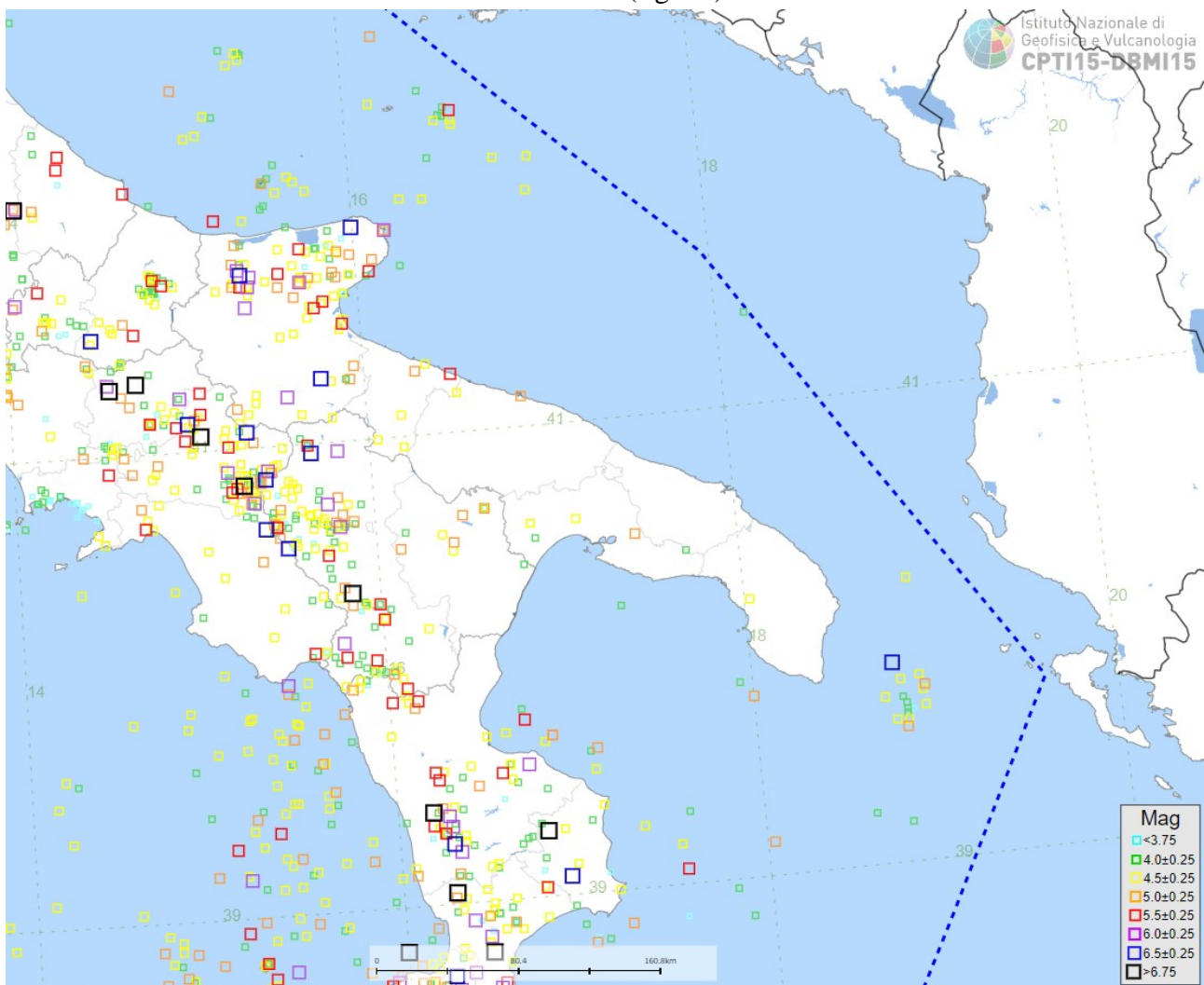


Figura 14 – Ubicazione epicentri terremoti

Come è ben visibile nella figura gli epicentri dei terremoti sono concentrati quasi esclusivamente nella zona Appenninica, la quale risulta essere un'area altamente sismica. Di questi solo alcuni, che hanno presentato magnitudo elevate, sono stati avvertiti nel territorio Comunale: il terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980, e quello del Potentino del 5 Maggio del 1990, rispettivamente con magnitudo di 6.8 e 5.2 che corrispondono all'incirca al X-XI e VII grado della scala MCS (Mercalli,

Cancani, Sieberg) sono stati avvertiti distintamente. Il sisma dell'Irpinia interessò un'area di circa 3.500 Km².

In riferimento all'OPCM n° 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche che hanno definito i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (GU n. 105 del 8-5-2003- Suppl. Ordinario n.72), il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche omogenee (fig. 15).

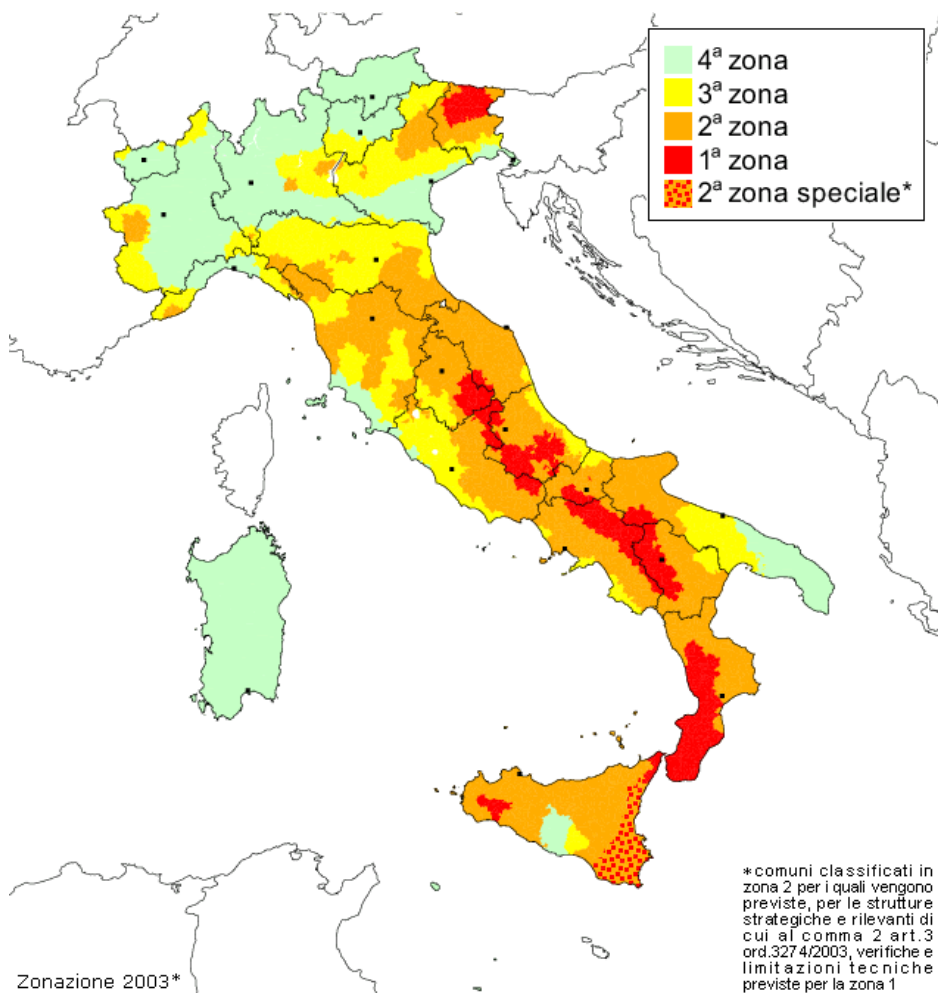


TABELLA 1		
CATEGORIE	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI AG/G	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE) AG/G
1	>0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	<0.05	0.05

Livelli energetici delle Azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie Zone

Figura 15 - Distribuzione delle categorie sismiche sul territorio nazionale (OPCM n°3274 /03)

Al Comune di Mesagne è stata attribuita la Categoria 4^a, a **basso rischio sismico**. Ad ognuna di queste zone corrisponde un'accelerazione (ag) di riferimento variabile da 0.35 g nella prima zona, fino a

0.05 g nella quarta zona. Nelle figure sottostanti sono riportate le accelerazioni per ogni zona omogenea di riferimento (fig. 16 e 17).

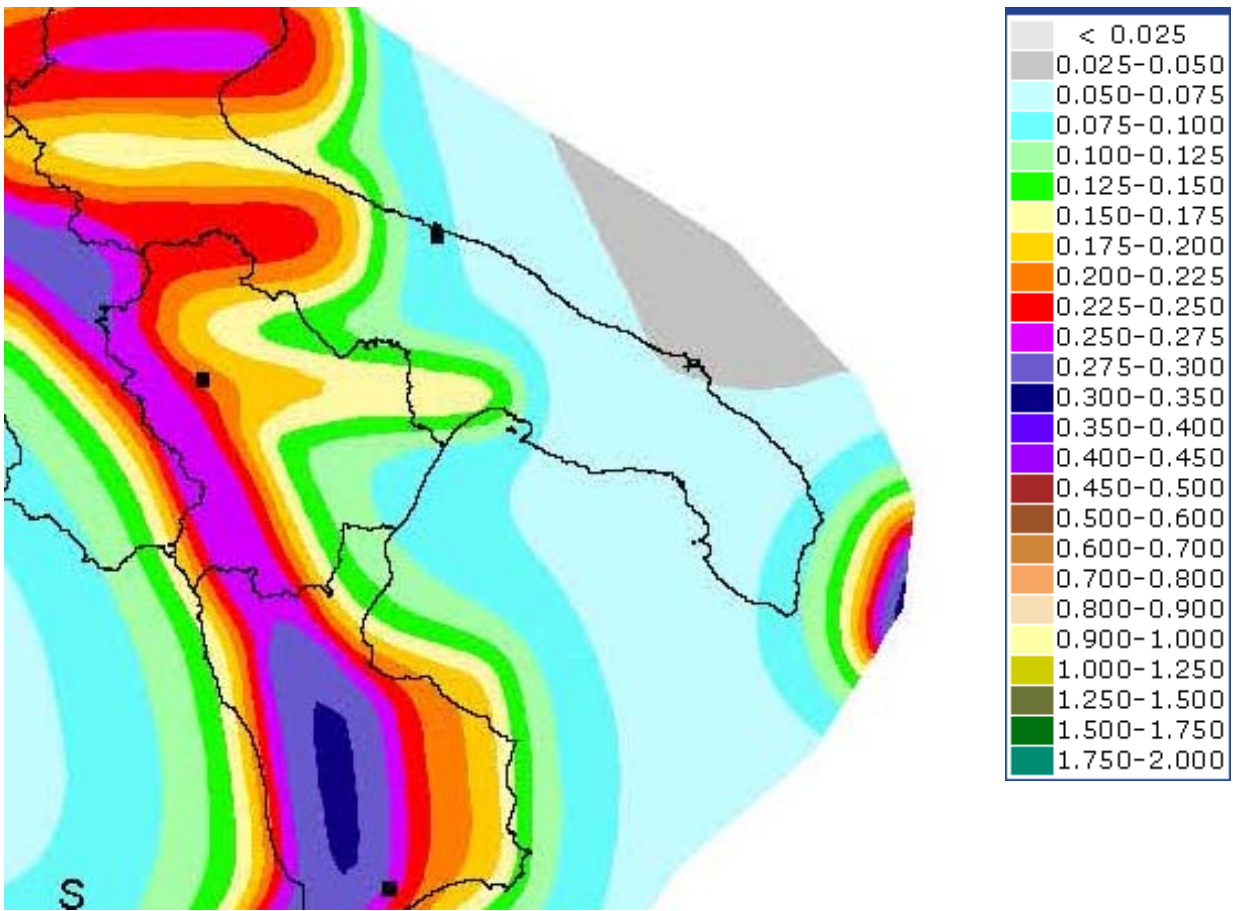


Figura 16 - Distribuzione delle accelerazioni a_g per ogni zona omogenea di riferimento (OPCM n°3519 /06)

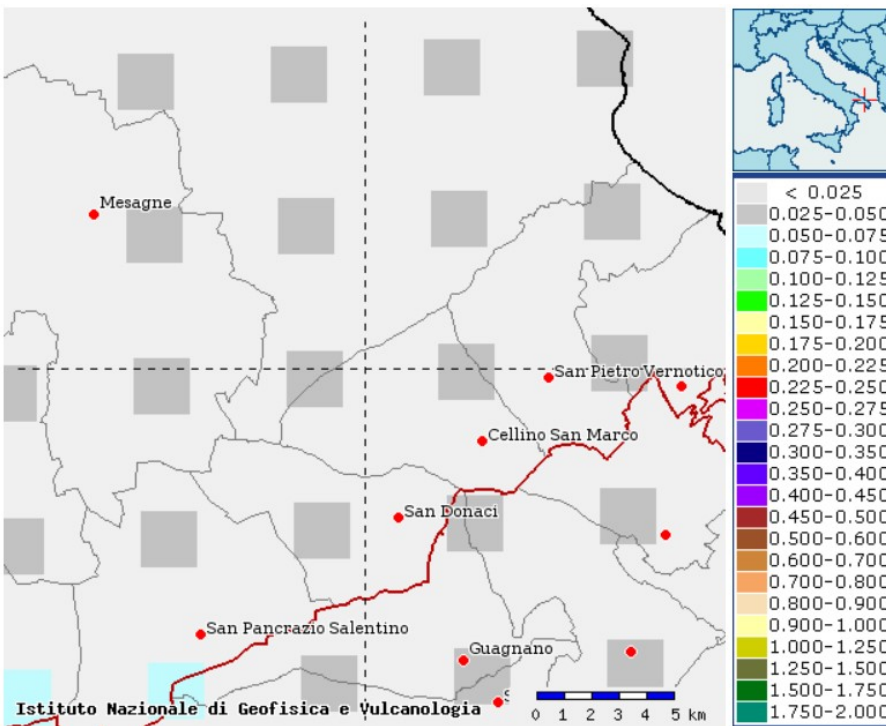
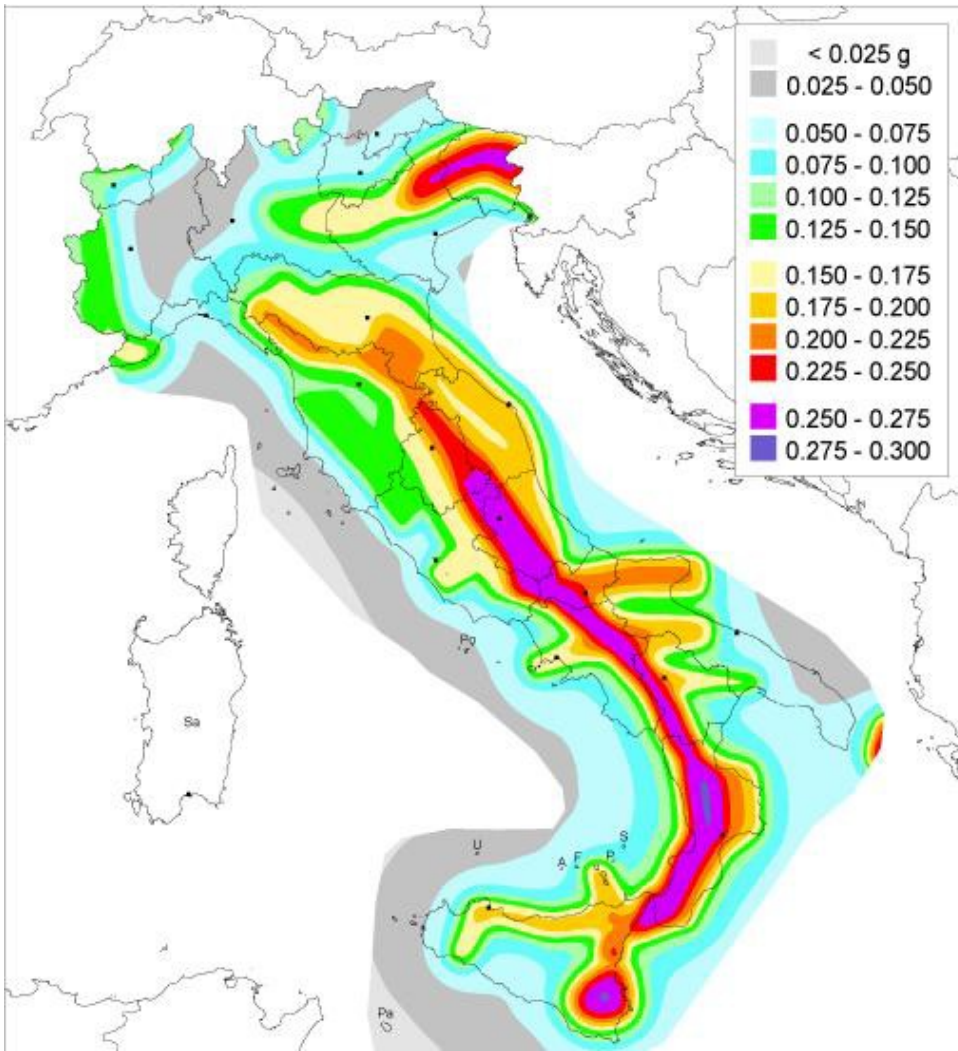


Figura 17 - Carta delle accelerazioni sismiche locali

I valori riportati nella figura 18 sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato sia costituito da formazioni litoidi o rigide, definite quali suoli di Categoria A ($VS_{30} \geq 800$ m/s). Nella prima colonna della tabella (fig. 22) è riportato il valore di picco orizzontale del suolo (ag/g) espresso in percentuale di “g” (accelerazione di gravità), mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni. Il Comune in studio è stato classificato come zona sismica di 4^a categoria a cui corrisponde un’accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.025 g e 0.05 g che si traduce in un’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a: 0.05 (ag/g). A chiarimento di questo paragrafo si riportano (Fonte **CPTI15 v2.0 - DBMI15** “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani” consultati per località, a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)) i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall’anno 1000. Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna “effetti” riporta, in termini di intensità (Int.) (Scala Mercalli – MCS), mentre la colonna “in occasione del terremoto del” riporta, oltre al toponimo dell’area epicentrale, quanto “forte” è stato il terremoto sia in termini di intensità (Io) che di magnitudo (Mw) (Scala Richter).

Di seguito si riportano osservazioni sismiche disponibili per Mesagne (tab. 1 e fig. 18).

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v2.0										
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database										
Macrosismico Italiano										
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia										
Seismic history of	Mesagne									
PlaceID	IT_62586									
Coordinates (lat, lon)	40.558, 17.808									
Municipality (ISTAT 2015)	Mesagne									
Province	Brindisi									
Region	Puglia									
No. of reported earthquakes	10									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5-6	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6,73
7-8	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6,68
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6,95
4-5	1909	01	20	19	58		Salento	32	5	4,51
4	1932	03	30	09	56		Bassa Murgia	28	5	4,54
2	1978	09	24	08	07		Materano	121	6	4,75
4	1980	11	23	18	34		Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81

3-4	1988 04 13 21 28 27.56	Golfo di Taranto	272	6-7	4,86
2-3	1990 02 18 20 10 48.71	Adriatico centrale	46		4,24
2-3	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77

Tabella 1 - Elenco degli eventi sismici registrati nel territorio di Mesagne

Legenda “Int.”:

NF - non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a I = 1

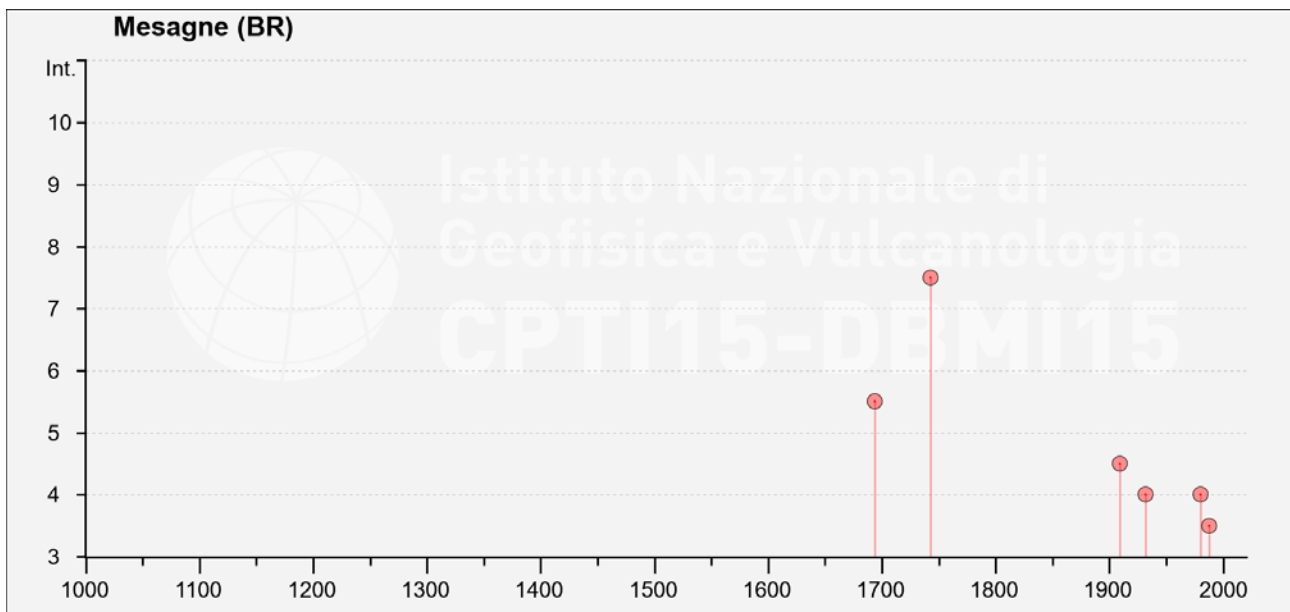


Figura 18 - Eventi sismici rilevati nel territorio di Mesagne su grafico anno-intensità

8.2. Verifica dell'azione sismica

Con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni – D.M. 17.01.18, vengono stabiliti nuovi e precisi criteri prestazionali di verifica dell'azione sismica nella progettazione di nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante un'analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle categorie di sottosuolo e della definizione della pericolosità di base fondata su un reticolo di punti di riferimento costruito per l'intero territorio nazionale. La vita nominale di progetto VN di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tab. 2.

TIPI DI COSTRUZIONI		Vita nominale VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 2 - Vita nominale VN per diversi tipi di opera (NTC 2018)

In presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B, importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe annesse al funzionamento di acquedotti e ad impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \cdot CU$$

Il valore del coefficiente d'uso **CU** è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tab. 3:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 3 - Valori del coefficiente d'uso CU (NTC 2018)

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti:

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (**SLO**);
- Stato Limite di Danno (**SLD**).

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento **PVR**, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tab. 4:

Stati Limite	PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 4 - Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite (NTC 2018)

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 del D.M. In alternativa, 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 di VS sono ottenuti mediante specifiche prove, oppure sono valutati opportunamente in funzione di relazioni empiriche. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in tab. 5.

Categoria	Descrizione
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Tabella 5 - Categorie di sottosuolo (NTC 2018)

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche le condizioni stratigrafiche locali e il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione (tab. 6):

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 $i > 30^\circ$

Tabella 6 - Classificazione dei terreni in funzione delle condizioni topografiche del sito

8.3. Analisi sismica del sito di progetto

8.3.1. Prospezioni sismiche a rifrazione in onde P

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta.

Nell'ambito del presente studio, sono state eseguite n. 3 prospezioni sismiche a rifrazione, in onde P (SS1, SS2 ed SS3) (fig. 19), tutte e tre con lunghezza dello stendimento di 115 m e distanza intergeofonica di 5 m. Per ogni stendimento sono stati effettuati cinque scoppi e conseguenti rilevazioni.

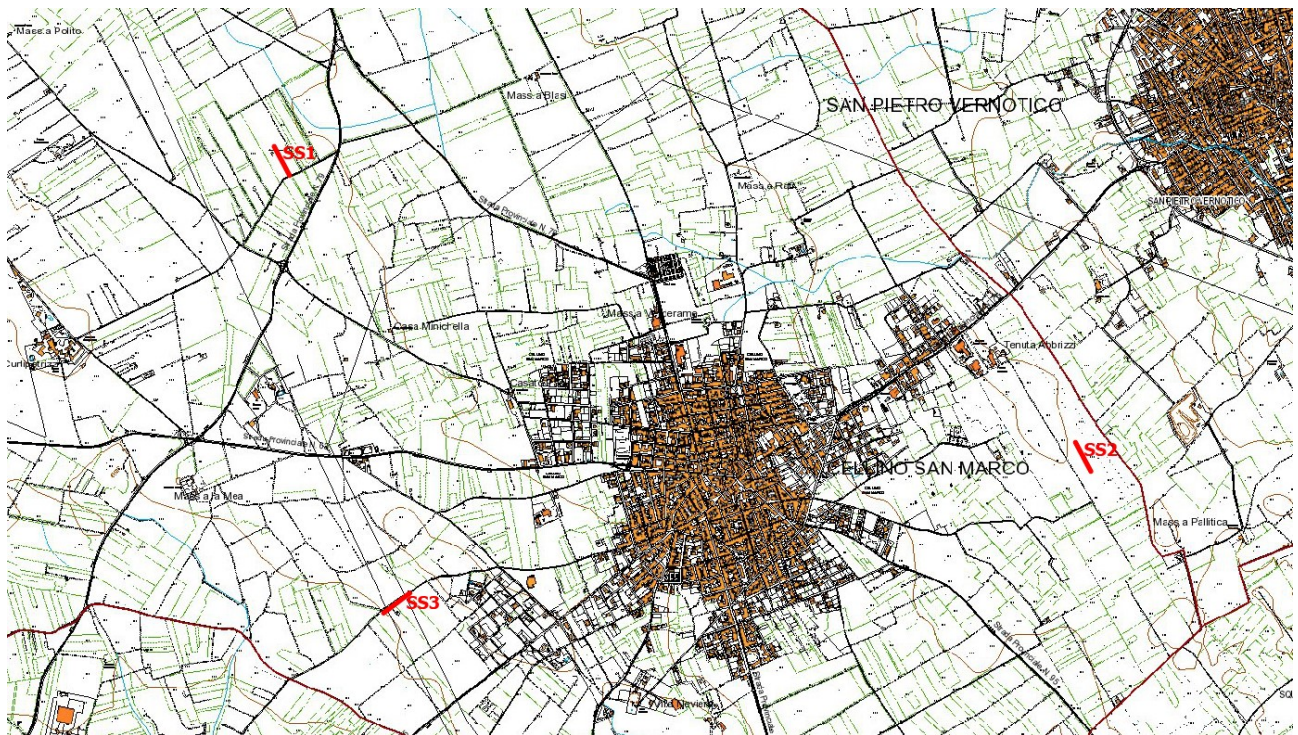


Figura 195 - Ubicazione degli stendimenti utilizzati per la sismica a rifrazione

Qui di seguito riportiamo le velocità di propagazione ottenute attraverso le prove appena descritte ed altre caratteristiche determinate attraverso varie correlazioni (tab. 7, 8 e 9). Per uno sguardo approfondito su metodi e tecniche utilizzate si rimanda all'Allegato "Esecuzione di indagine geofisica per "Progetto per la costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle opere ed infrastrutture connesse, sito nel comune di Cellino

San Marco (BR) – Sondaggio sismica a rifrazione SS1 – Sondaggio sismica a rifrazione SS2 – Sondaggio sismica a rifrazione SS3”

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione	Sabbie argillose	Argille	Calcareniti
Vp [m/s]	527.23	1081.35	1478.77
Vs [m/s]	253.27	519.46	710.38
G0 [MPa]	115.46	485.72	908.34
Ed [Mpa]	500.34	2104.78	3936.15
M0 [MPa]	384.88	1619.06	3027.81
Ey [Mpa]	311.75	1311.44	2452.52

Tabella 7 - Velocità di propagazione e caratteristiche dei sismostrati individuati dal sondaggio sismico SS1

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione	Sabbie argillose	Argille sabbiose	Calcareniti
Vp [m/s]	705.43	1791.18	2491.14
Vs [m/s]	338.88	860.45	1196.70
G0 [MPa]	206.71	1332.68	2577.77
Ed [Mpa]	895.74	5774.96	11170.36
M0 [MPa]	689.03	4442.28	8592.58
Ey [Mpa]	558.11	3598.24	6959.99

Tabella 8 - Velocità di propagazione e caratteristiche dei sismostrati individuati dal sondaggio sismico SS2

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35
Vp [m/s]	801.23	1796.27	2535.13
Vs [m/s]	384.90	862.90	1217.84
G0 [MPa]	266.66	1340.28	2669.64
Ed [Mpa]	1155.53	5807.88	11568.43
M0 [MPa]	888.87	4467.60	8898.79
Ey [Mpa]	719.99	3618.76	7208.02

Tabella 9 - Velocità di propagazione e caratteristiche dei sismostrati individuati dal sondaggio sismico SS3

Legenda:

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young.

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo in corrispondenza delle **Basi Sismiche SS1, SS2 ed SS3**. Per queste prospezioni il sottosuolo investigato è stato distinto, in tre sismostrati ciascuno caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione (fig. 20, 21 e 22). Data la lunghezza degli stendimenti eseguiti, è stato possibile investigare il sottosuolo fino alla profondità di circa 35 m a partire dalla superficie topografica.

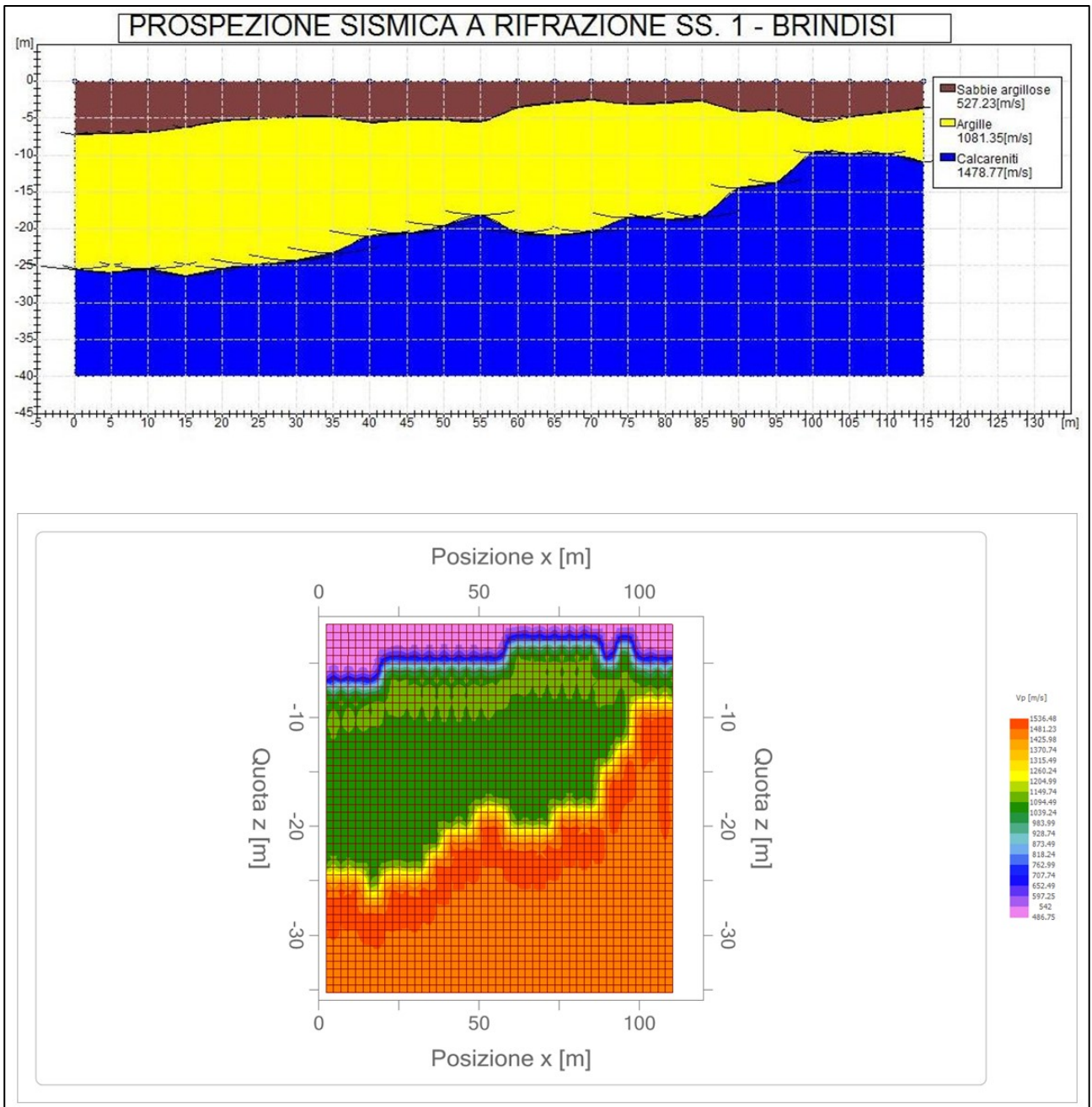


Figura 20 - Ricostruzione sismostratigrafica e tomografica della sezione SS1

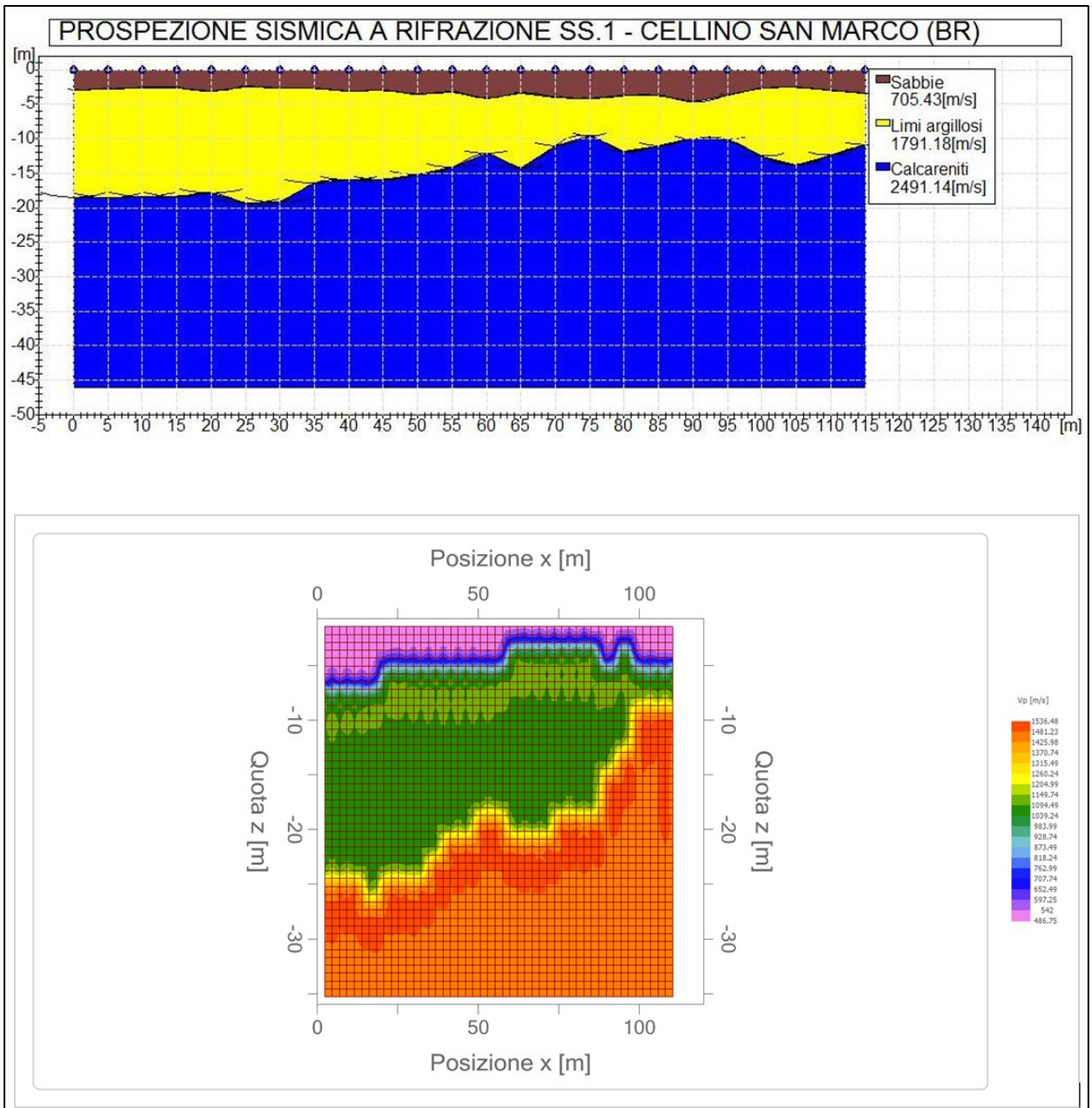


Figura 21 - Ricostruzione sismostratigrafica e tomografica della sezione SS2

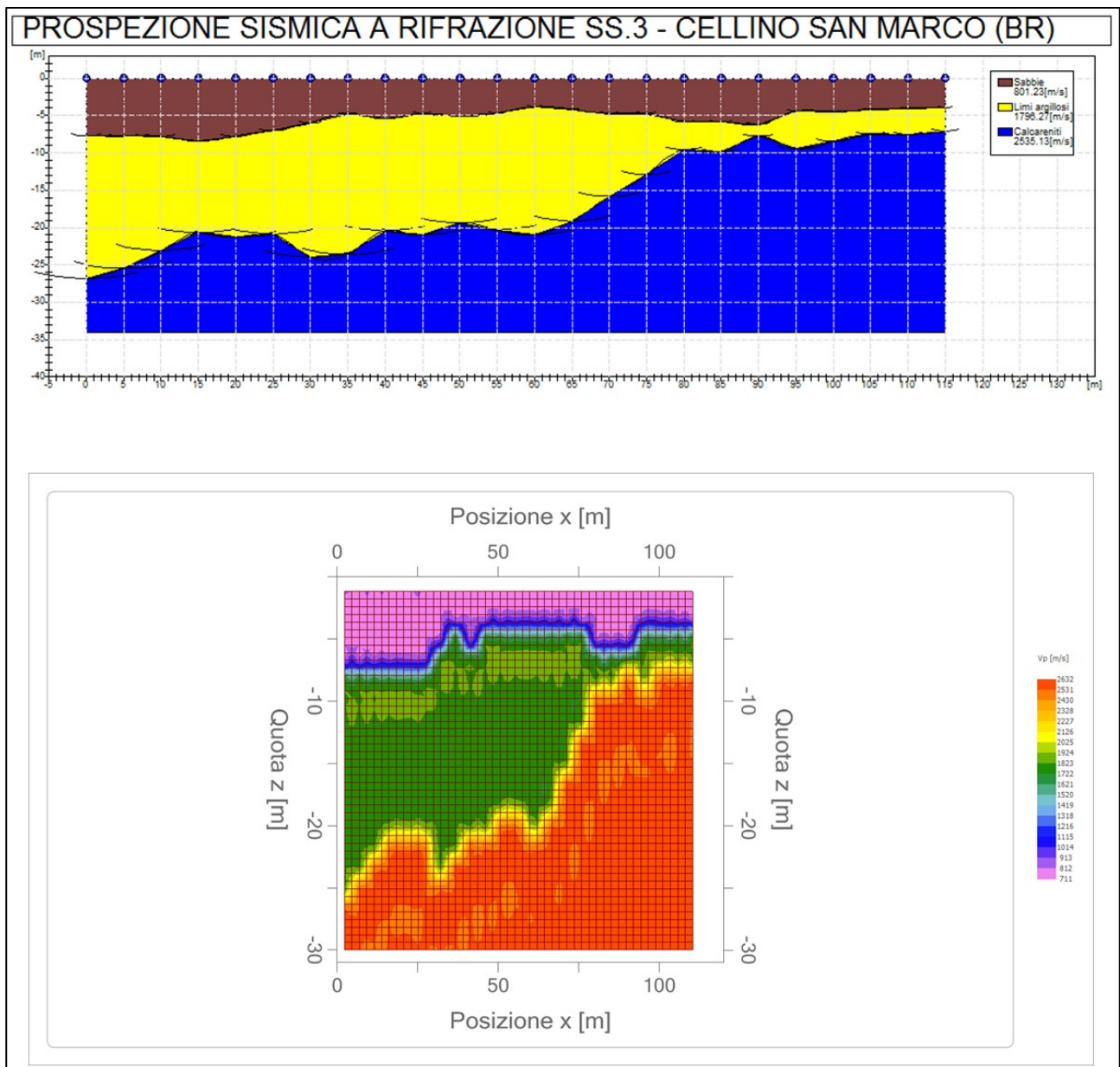


Figura 22 - Ricostruzione sismostratigrafica e tomografica della sezione SS3

8.3.2. Prospezione sismica in onde S e stima del VS_{eq}

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità a cui staziona il bedrock roccioso o un suolo molto rigido (VS_{eq}) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/1/2018 (G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – s.o. n.8), è stato eseguito uno stendimento di tipo MASW formato da 24 geofoni con una distanza intergeofonica di 2 m.

Lo stendimento MASW realizzato ha avuto dunque lunghezza massima di 56 m, suddivisa in:

- 46 m di stendimento geofonico;
- 5 e poi 10 m di distanza tra il primo geofono e le energizzazioni eseguite (attraverso una massa battente da 8 kg).

Per migliorare la qualità del segnale per ogni offset si è proceduto con la tecnica di stacking, sommando cioè algebricamente i segnali di successive energizzazioni. Per uno sguardo approfondito su metodi e tecniche utilizzate si rimanda all'Allegato "Relazione MASW Cellino San Marco"

Qui di seguito vengono riportati i valori di velocità delle onde S calcolati attraverso il metodo appena descritto (tab. 10).

Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
302	356	7.5	6.8
370	383	9.4	16.9
451	633	14.3	31.2
492	708	10.0	41.2
846	1025	semispazio	-

Tabella 10 - Valori di velocità delle onde sismiche P ed S nei vari strati incontrati

L'indagine effettuata lungo lo stendimento MASW ha discretizzato il sottosuolo in 5 strati a diversa velocità di propagazione delle onde S ed ha individuato il bedrock ($V_s > 800\text{m/s}$) a 41.2 m di profondità. Poiché la profondità del substrato è risultata superiore a 30 m, la velocità equivalente V_{seq} delle onde di taglio è stata definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella espressione presentata all'interno del capitolo 7, e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Di conseguenza il valore calcolato della V_{seq} è pari a 378 m/s, cui corrisponde una categoria di suolo di fondazione di tipo B (tab. 11).

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	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s 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 30m.

Tabella 11 - Categorie di sottosuolo NTC 2018 (approccio semplificato), con evidenziata la categoria di suolo B, corrispondente al suolo indagato.

9. CONCLUSIONI

L'indagine geologica, con applicazioni geotecniche e geofisiche, eseguita sui terreni fondali, ha mostrato che il sito d'intervento ricade su una successione di sabbie e argille coesive, con alla base dei depositi calcarenitici pleistocenici. Questa successione supera i 30 m di spessore dal piano campagna. In generale, nell'area di intervento, affiorano dei depositi eluviali con al di sotto la parte più grossolana della Formazione di Gallipoli, formata da sabbie quarzose e sabbie-argillose, queste due unità presentano caratteristiche di composizione e comportamento geotecnico molto simili. Il deposito formato dall'unione di queste due unità ha uno spessore che va da 2 fino a 6 m. Al di sotto di questo deposito troviamo la parte più fine della Formazione di Gallipoli, formata da marne e subordinatamente limi argillosi e argille sabbiose, con spessori che vanno da 4-5 m fino a 20 m. Scendendo ulteriormente nel sottosuolo si incontra la formazione delle Calcareniti del Salento, formata da depositi calcarenitici e arenitici di colore azzurrognolo e giallastro, che procede in profondità per circa 20-25 m fino ad incontrare il contatto con i calcari cretacei facenti parte della Formazione dei Calcari di Altamura. Essi non affiorano in nessuna area e non si ritrovano mai a meno di 30 m di profondità dal piano campagna.

Pertanto le fondazioni potranno incontrare tre tipi di materiali, facenti parte dei depositi più superficiali.

Nella zona è stata individuata la presenza di una falda superficiale ad una profondità compresa tra i 4.5 ed i 5 m dal piano campagna. Questa falda quindi si dovrebbe attestare all'interno dei depositi marnoso-argillosi della Formazione di Gallipoli. La falda freatica carsica profonda, invece, considerata la profondità di rilevazione, non potrà causare interferenze e/o cedimenti delle fondazioni a causa di eventuali oscillazioni del livello statico della falda stessa.

Secondo la nuova classificazione sismica, i 3 comuni all'interno dei quali ricade l'area di intervento (Cellino San Marco, Brindisi e Mesagne) sono classificati in zona 4.

La categoria di suolo associato alla nostra zona è di tipo:

- categoria "B" con V_{seq} pari a 378 m/s

Di seguito si riporta il carico di rottura delle formazioni presenti nell'area di intervento:

Deposito di copertura eluviale e parte superiore della Formazione di Gallipoli:

- $\sigma_r = 2 \text{ Kg/cm}^2$

Il carico SLU da applicare a questo deposito non deve superare il valore di:

- $\sigma_{SLU} = 0.87 \text{ Kg/cm}^2$ (tensioni ammissibili nello SLU del deposito).

Unità marnoso-argillosa della Formazione di Gallipoli:

- $\sigma_r = 2.3 - 2.6 \text{ Kg/cm}^2$

Il carico SLU da applicare a questo deposito non deve superare il valore di:

- $\sigma_{SLU} = 1. - 1.13 \text{ Kg/cm}^2$ (tensioni ammissibili nello SLU del deposito).

Unità calcarenitica dei Calcari del Salento:

- $\sigma_r = 8 \text{ Kg/cm}^2$

Il carico SLU da applicare su questo deposito non deve superare il valore di:

- $\sigma_{\text{SLU}} = 3.48 \text{ Kg/cm}^2$ (tensioni ammissibili nello SLU del deposito).

Sulla scorta di quanto detto in precedenza si è potuto definire il modello geologico e geologico-tecnico che caratterizza l'area di intervento sita a nord-ovest del centro abitato di Cellino San Marco, che risulta così definito:

- il sottosuolo dell'area di intervento risulta costituito da una successione di depositi sabbiosi, marnoso-argillosi e calcarenitici con discrete qualità geotecniche
- al di sopra della successione di sabbie e argille sono presenti dei depositi di copertura vegetale/eluviale con caratteristiche simili al membro sabbioso della Formazione di Gallipoli.
- nell'area d'intervento non sono presenti forme di carsismo epigeo come doline, vore o pozzi carsici che risultano ubicate principalmente a sud-ovest ed ovest rispetto all'area di interesse, in aree dove affiorano i Calcari di Altamura;
- il livello statico della falda acquifera carsica di base, per l'abitato di Cellino San Marco, si attesta ad una profondità compresa tra i 57 m e i 74 m dal p.c., con uno carico piezometrico di circa 3 m s.l.m., pertanto non sussistono problemi d'interazione tra la stessa e le opere o manufatti da realizzare;
- nell'area di intervento è però presente una falda acquifera superficiale, sita a 4.5-5 m dal piano campagna; essa si trova all'interno degli strati di marne-argillose facenti parte della Formazione di Gallipoli. Non se ne conosce il livello di base ma probabilmente esso si troverà sempre all'interno della Formazione di Gallipoli, poiché le calcareniti sottostanti possiedono un valore di permeabilità troppo elevato per riuscire ad intrappolare l'acqua al loro interno. Bisognerà dunque tener conto della presenza di questa falda in sede di progettazione e realizzazione delle opere previste dal progetto stesso;
- per quanto riguarda pericolosità e rischio idrogeologico, l'area di intervento del parco fotovoltaico ricade in alcune zone sottoposte a pericolo di inondazione, per questo motivo è stato realizzato un progetto di sistemazione idraulica dell'area di intervento atto a ridurre l'estensione delle aree potenzialmente allagabili; se ne fanno alcuni cenni all'interno del capitolo 4.4;
- per quanto riguarda pericolosità e rischio idrogeologico, l'area di intervento della sottostazione elettrica non ricade in zone sottoposte a pericolo di inondazione (cfr Allegato "Aree di pericolosità idraulica e geomorfologica zona sottostazione secondo il P.A.I." e "Aree di rischio idraulico e geomorfologico zona sottostazione secondo il P.A.I.").

In conclusione si può dunque asserire che la realizzazione del progetto è possibile, con le dovute attenzioni da rivolgere alla tipologia di fondazione scelta, poiché la categoria di suolo di fondazione risulta essere di tipo B. Inoltre bisognerà realizzare il progetto tenendo conto della presenza della falda superficiale a 4.5 m di profondità, evitando i problemi di interazione che potrebbero presentarsi tra la stessa e le opere da realizzare. Sarà anche fondamentale realizzare il progetto di sistemazione idraulica per ridurre al minimo l'estensione delle aree potenzialmente allagabili.

Atteso tutto ciò, considerato i carichi trasmessi al terreno di fondazione, l'intervento proposto, dal punto di vista geologico, idrogeologico, morfologico e sismico, si ritiene ammissibile.

Altamura, ottobre 2022

il geologo



Allegati:

Ubicazione dell'intervento su IGM 25000

Ubicazione dell'intervento su Carta Tecnica Regionale

Ubicazione dell'intervento su ortofoto

Carta Geologica a piccola scala

Carta Geologica a grande scala zona pannelli

Carta Geologica a grande scala zona sottostazione

Ubicazione sezioni geotematiche e stratigrafie - zona pannelli

Ubicazione sezioni geotematiche e stratigrafie - zona sottostazione

Stratigrafie 1, 2, 3

Sezioni Geotematiche AB e BC

Carta idrogeomorfologica a piccola scala

Carta idrogeomorfologica a grande scala zona pannelli

Carta idrogeomorfologica a grande scala zona sottostazione

Carta isopiezometrica dell'acquifero carsico

Ubicazione dell'intervento su figure paesaggistiche del PPTR Puglia

Ubicazione dell'intervento su Ulteriori Contesti Paesaggistici del PPTR Puglia

Ubicazione delle indagini - zona pannelli

Ubicazione delle indagini - zona sottostazione

Prove penetrometriche dinamiche continue

Relazione MASW Cellino San Marco

Esecuzione di indagine geofisica per progetto di costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica

Aree di pericolosità idraulica e geomorfologica zona pannelli secondo il P.A.I.

Aree di pericolosità idraulica e geomorfologica zona sottostazione secondo il P.A.I.

Aree di rischio idraulico e geomorfologico zona pannelli secondo il P.A.I.

Aree di rischio idraulico e geomorfologico zona sottostazione secondo il P.A.I.

Allegati:

Ubicazione dell'intervento su IGM 25000

Ubicazione dell'intervento su Carta Tecnica Regionale

Ubicazione dell'intervento su ortofoto

Carta Geologica a piccola scala

Carta Geologica a grande scala zona pannelli

Carta Geologica a grande scala zona sottostazione

Ubicazione sezioni geotematiche e stratigrafie - zona pannelli

Ubicazione sezioni geotematiche e stratigrafie - zona sottostazione

Stratigrafie 1, 2, 3

Sezioni Geotematiche AB e BC

Carta idrogeomorfologica a piccola scala

Carta idrogeomorfologica a grande scala zona pannelli

Carta idrogeomorfologica a grande scala zona sottostazione

Carta isopiezometrica dell'acquifero carsico

Ubicazione dell'intervento su figure paesaggistiche del PPTR Puglia

Ubicazione dell'intervento su Ulteriori Contesti Paesaggistici del PPTR Puglia

Ubicazione delle indagini - zona pannelli

Ubicazione delle indagini - zona sottostazione

Prove penetrometriche dinamiche continue

Relazione MASW Cellino San Marco

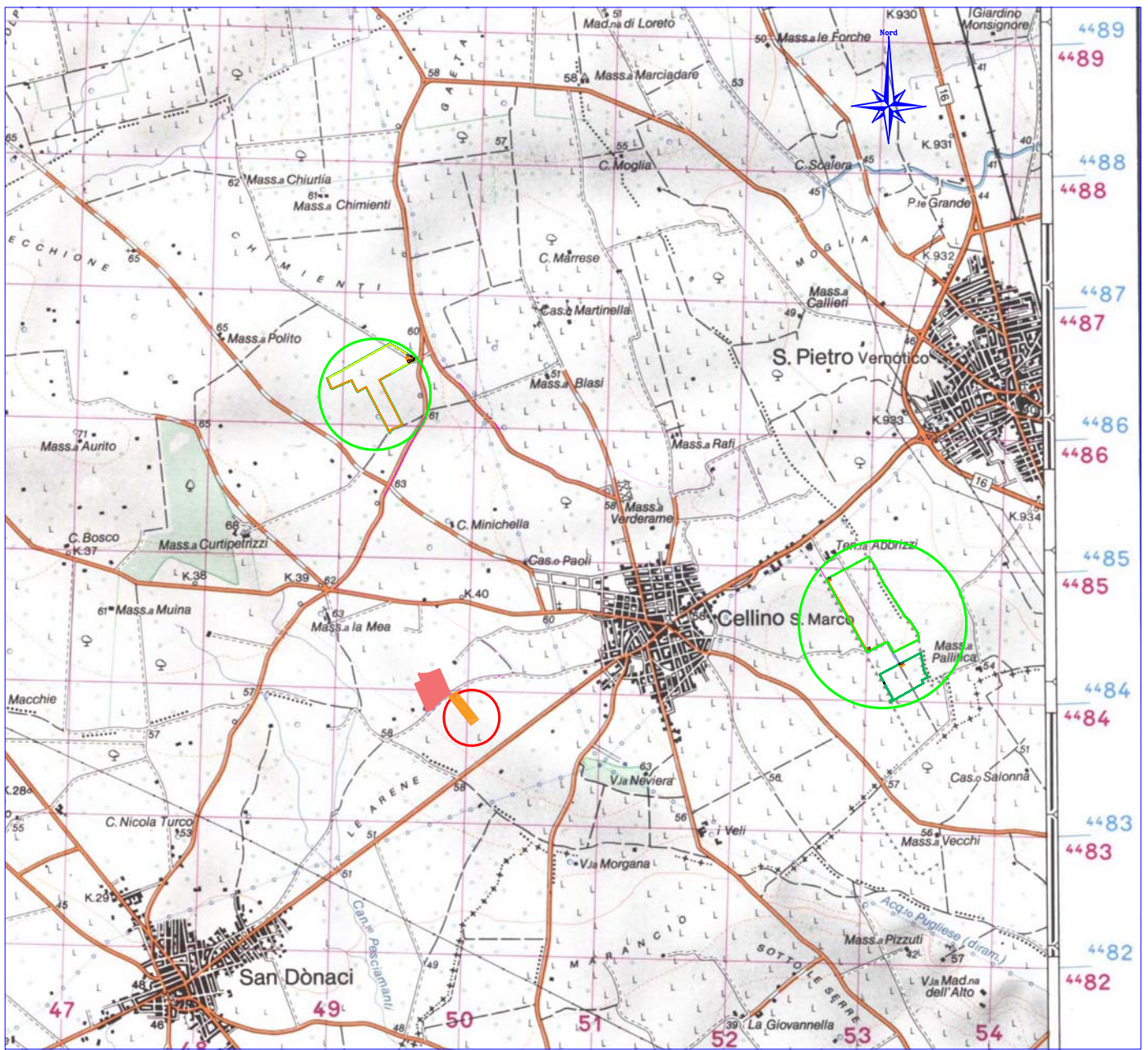
Esecuzione di indagine geofisica per progetto di costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica

Aree di pericolosità idraulica e geomorfologica zona pannelli secondo il P.A.I.

Aree di pericolosità idraulica e geomorfologica zona sottostazione secondo il P.A.I.


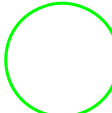
Aree di rischio idraulico e geomorfologico zona pannelli secondo il P.A.I.

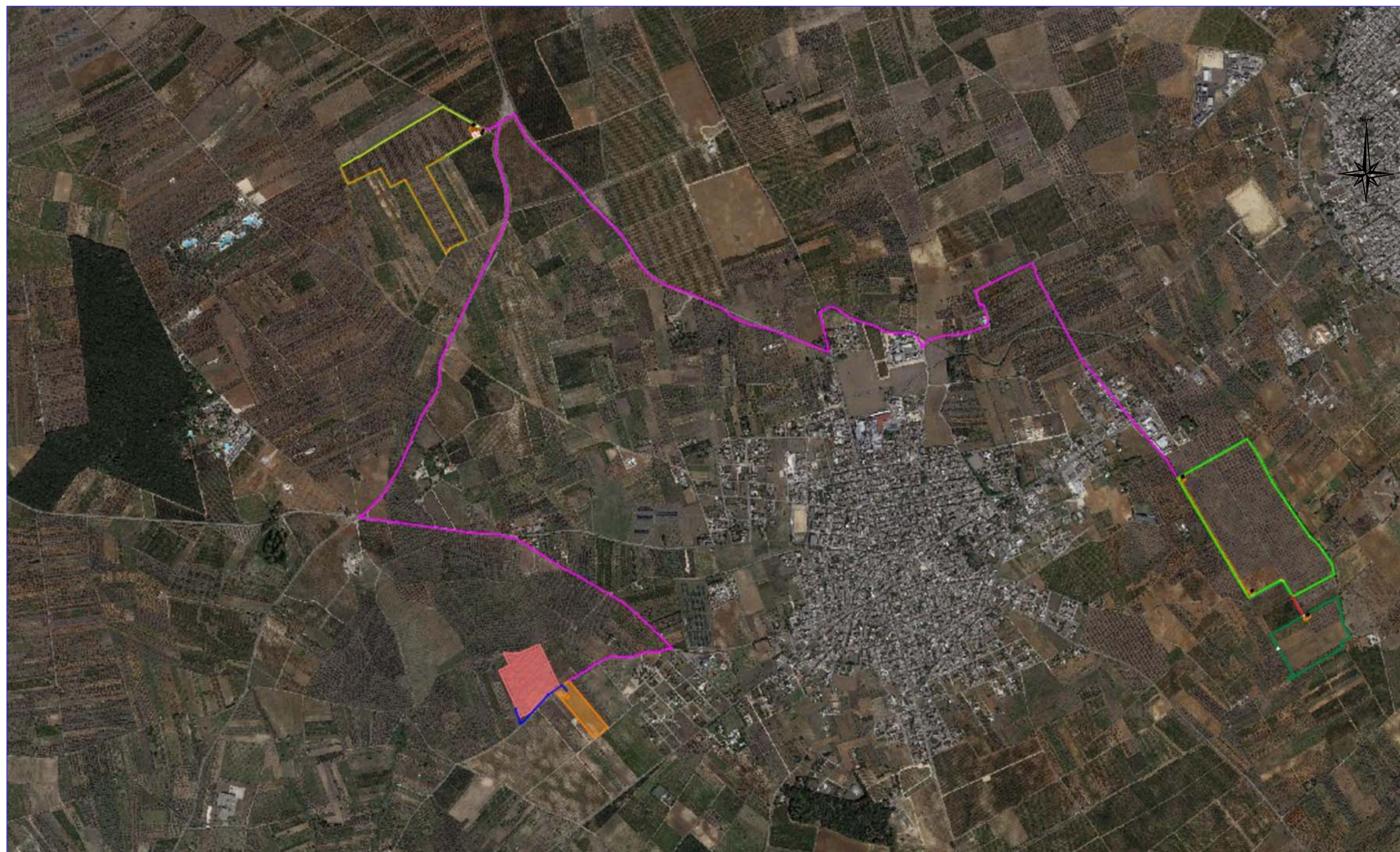
Aree di rischio idraulico e geomorfologico zona sottostazione secondo il P.A.I.



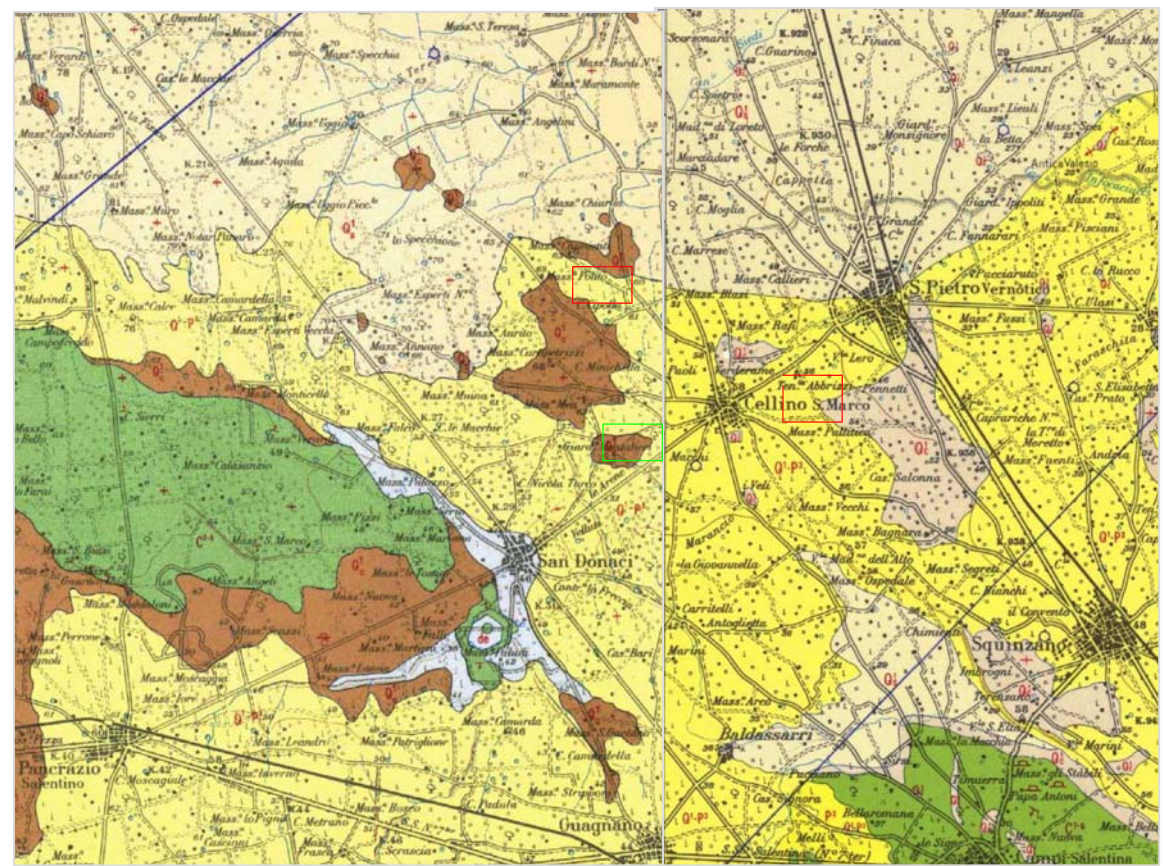
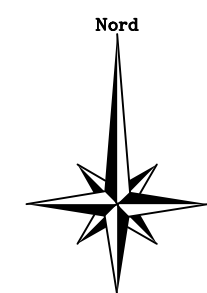
Stralcio dalla carta al 50.000 495 Mesagne

Legenda

-  Stazione elettrica in arrivo
-  Parco fotovoltaico

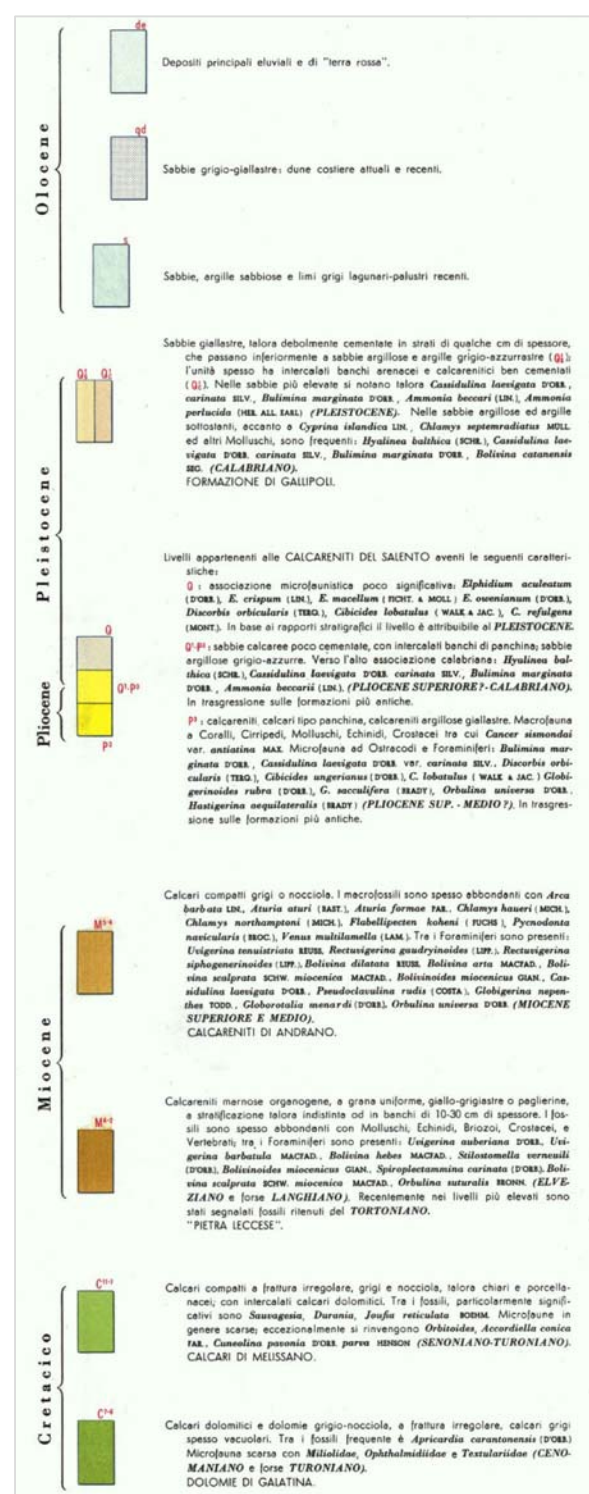


Ubicazione area intervento

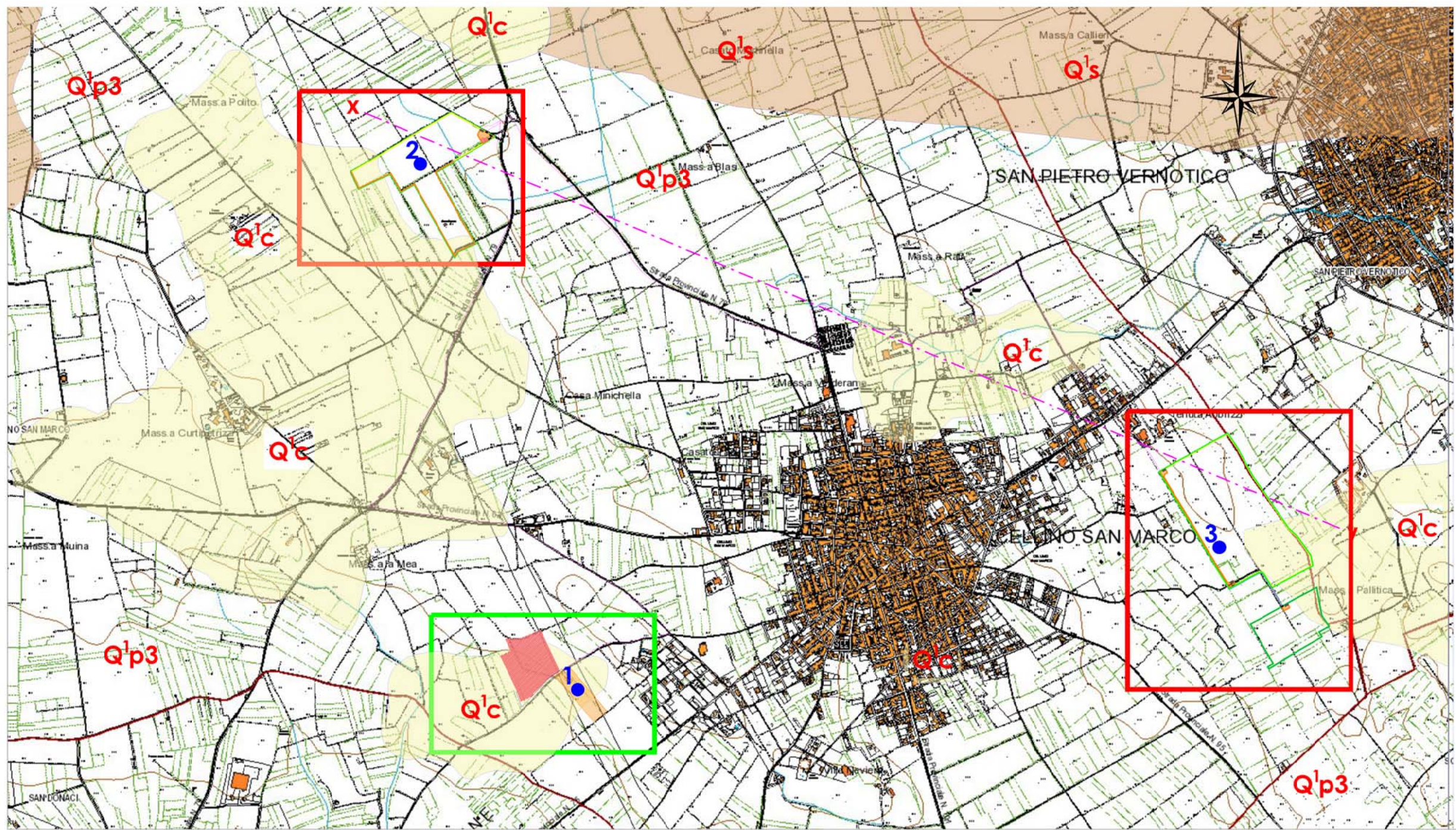


Stralcio carta Geologica d'Italia n. 203 Brindisi e 204 Lecce


Legenda





- + Strati suborizzontali
- x Strati con pendenza inferiore a 10°
- Area indagata parchi fotovoltaici
- Area indagata stazione di arrivo





Legenda



- 
 Q^s
Formazione di Gallipoli,
 Sabbie giallastre, a luochi,
 debolmente cementata

- 
 Q^c
Formazione di Gallipoli
 Sabbie argillose, passando ad
 argille grigio azzurre con
 intercalazioni, a luochi, di livelli
 arenacei

- 
 Q^{p3}
Calcareni del Salento
 Sabbie calcaree poco
 cementate, con intercalazioni
 di banchi di Calcareni del
 tipo panchina; sabbie argillose
 grigio azzurra, chiamati
 localmente "tuffi", sono
 abbondanti i resti di fossili

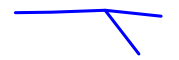
- 
 Traccia sezione

- 
 Rilievo stratigrafico

- 
 Area indagata parco Fotovoltaico
- 
 Area indagata stazione di arrivo



Legenda



impluvi - canali



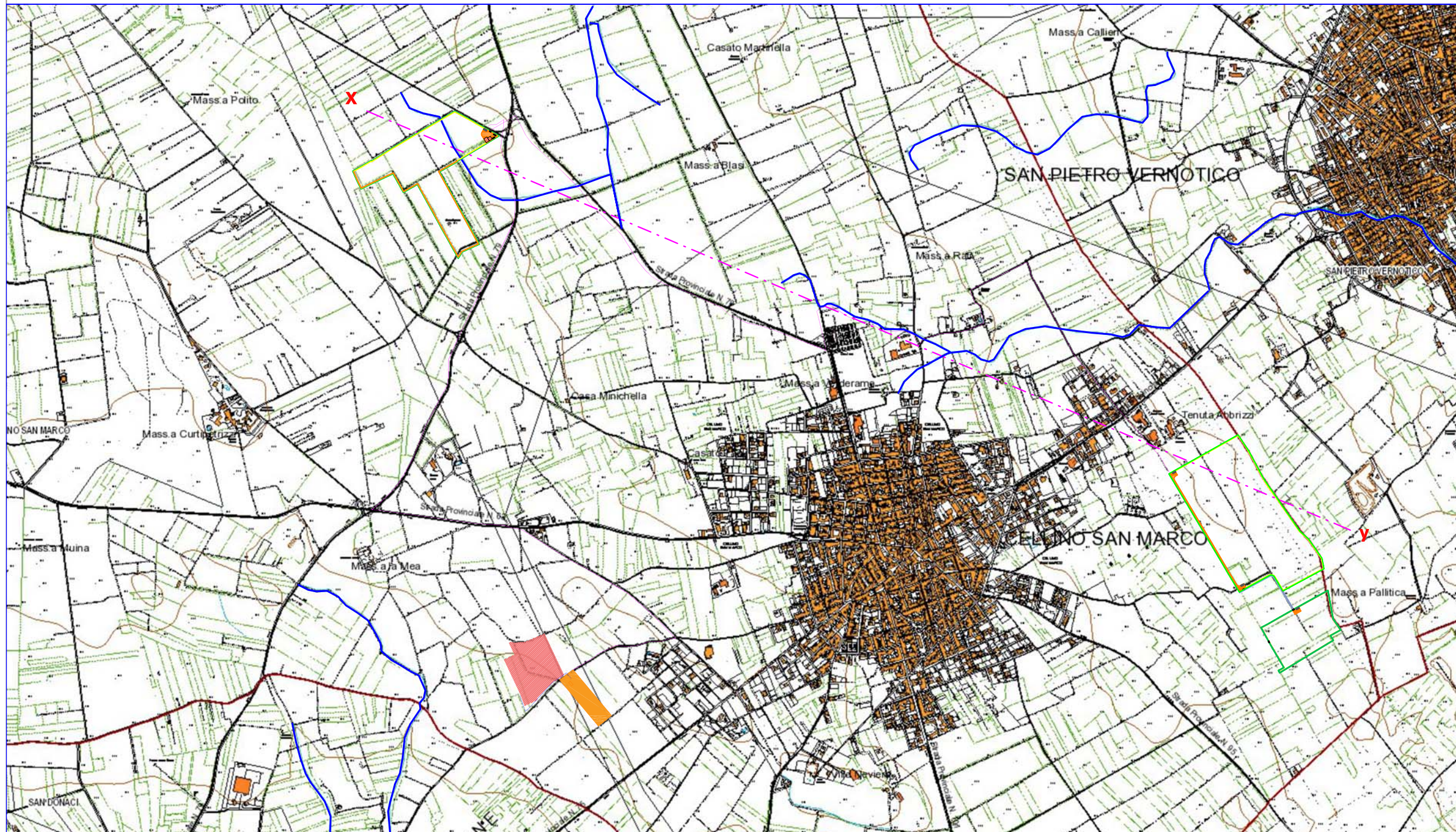
Gradino morfologico con pendenza nel verso dei trattini

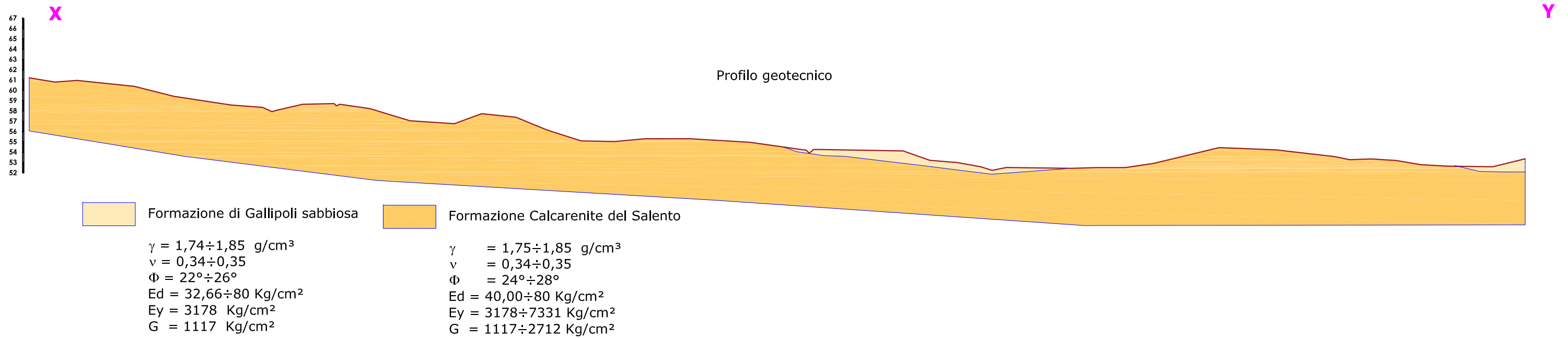
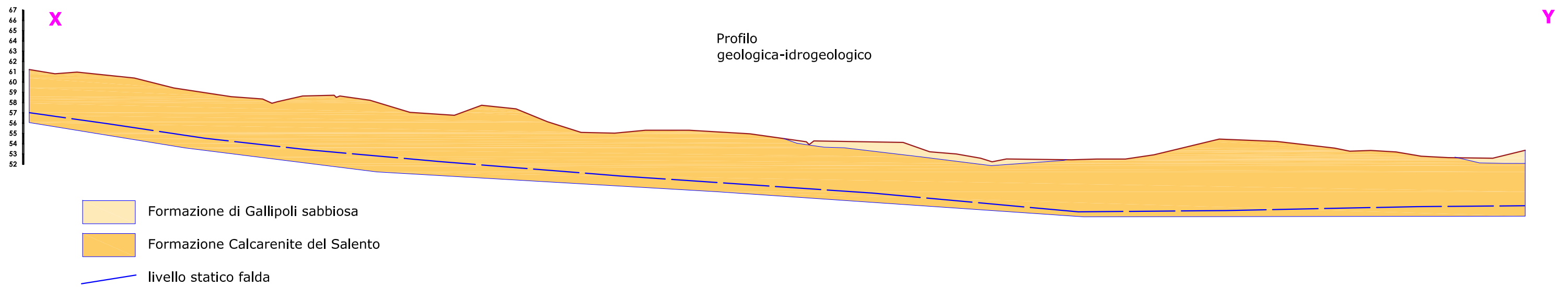


Traccia sezione



Area indagata





Stratigrafia n. 1
 Quota p.c. m 60 slm
 Coordinate WGS84 33N: 749 775.38 E 4 483 836.48 N
 Metodo di Perforazione: rilievo geologico di dettaglio
 Comune: Cellino San Marco (Br)
 Località:
 Rilievo stratigrafico: agosto 2022
 Redattore Stratigrafia: Dr. Geol. Vito Dimola

Profondità (metri)	Litologia	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Profondità campioni	Falda
1		4.8	Deposito prevalentemente sabbioso e sabbioso-argilloso con componente quarzosa, corrispondente alla copertura vegetale/eluviale recente unita alla parte superficiale della Formazione di Gallipoli	A S S E N T E	
2					
3					
4					
5		14.8	Deposito prevalentemente marnoso, con all'interno limi argillosi e argille sabbiose, corrispondente alla parte a granulometria più fine della Formazione di Gallipoli.		
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17		7.9	Deposito a prevalente componente calcarenitica e arenitica (Calcareniti del Salento), di colore azzurrognolo e talvolta giallastro, generalmente poco cementato con intercalati livelli di sabbie argillose grigio-azzurre.		
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					

Stratigrafia n. 2
 Quota p.c. m 61 slm
 Coordinate WGS84 33N: 749 237.50 E 4 486 179.73 N
 Metodo di Perforazione: rilievo geologico di dettaglio
 Comune: Cellino San Marco (Br)
 Località:
 Rilievo stratigrafico: agosto 2022
 Redattore Stratigrafia: Dr. Geol. Vito Dimola

Profondità (metri)	Litologia	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Profondità campioni	Falda
1		1.0	Deposito prevalentemente sabbioso e sabbioso-argilloso con componente quarzosa, corrispondente alla copertura vegetale/eluviale recente unita alla parte superficiale della Formazione di Gallipoli	A S S E N T E	
2		18.0			
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					

Stratigrafia n. 3
 Quota p.c. m 61 slm
 Coordinate WGS84 33N: 752 869.65 E 4 484 385.83 N
 Metodo di Perforazione: rilievo geologico di dettaglio
 Comune: Cellino San Marco (Br)
 Località:
 Rilievo stratigrafico: agosto 2022
 Redattore Stratigrafia: Dr. Geol. Vito Dimola

Profondità (metri)	Litologia	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Profondità campioni	Falda
1		4.8	Deposito prevalentemente sabbioso e sabbioso-argilloso con componente quarzosa, corrispondente alla copertura vegetale-eluviale recente unita alla parte superficiale della Formazione di Gallipoli	A S S E N T E	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17			9.5	Deposito a prevalente componente calcarenitica e arenitica (Calcareniti del Salento), di colore azzurrognolo e talvolta giallastro, generalmente poco cementato con intercalati livelli di sabbie argillose grigio-azzurre.	
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					

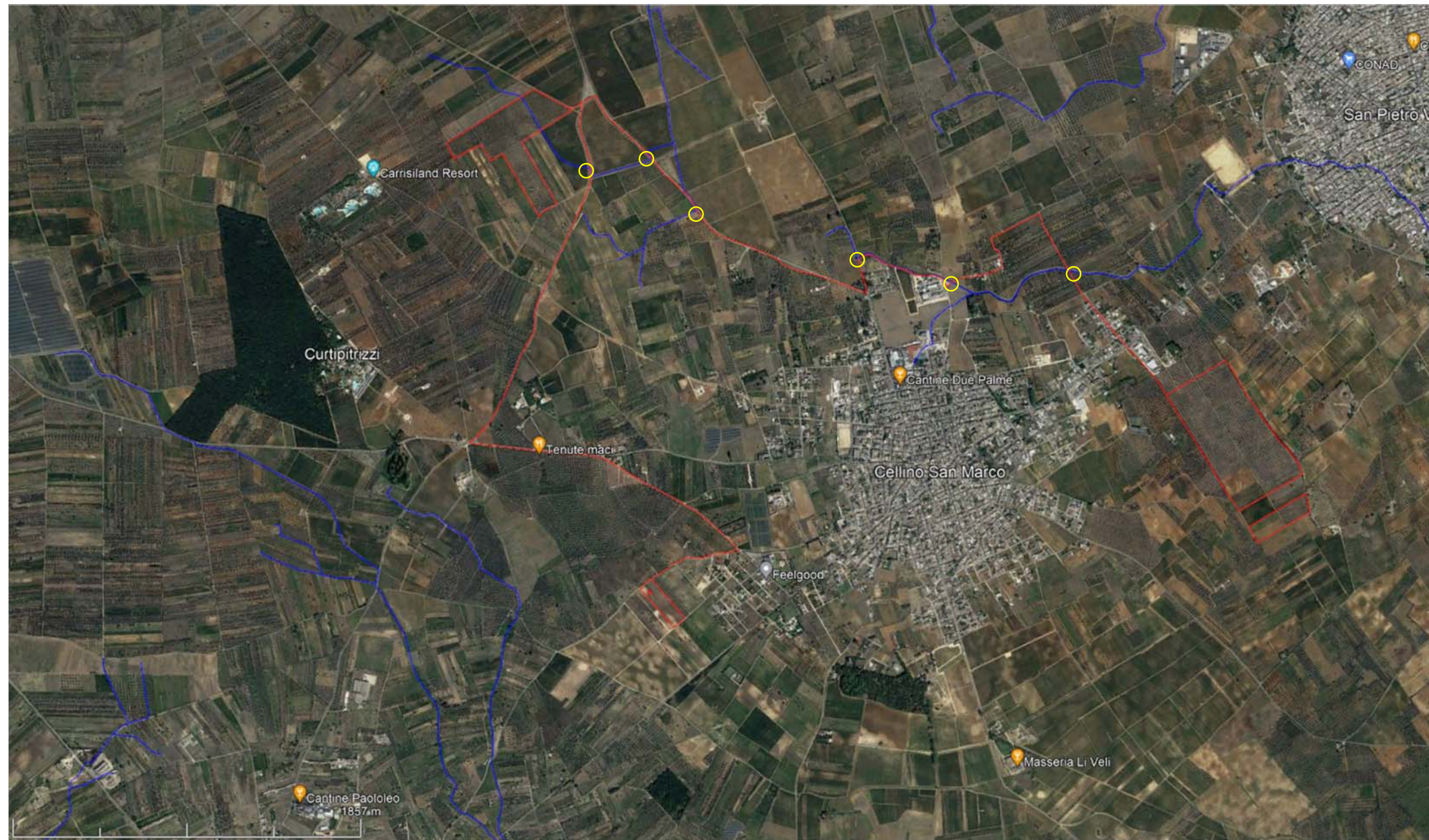


Pericolosità e Rischio

- Peric. Geomorf.
media e moderata (PG1)
- elevata (PG2)
- elevata (PG3)

- Peric. Idraulica BP
bassa (BP)
- Peric. Idraulica MP
media (MP)
- Peric. Idraulica AP
alta (AP)

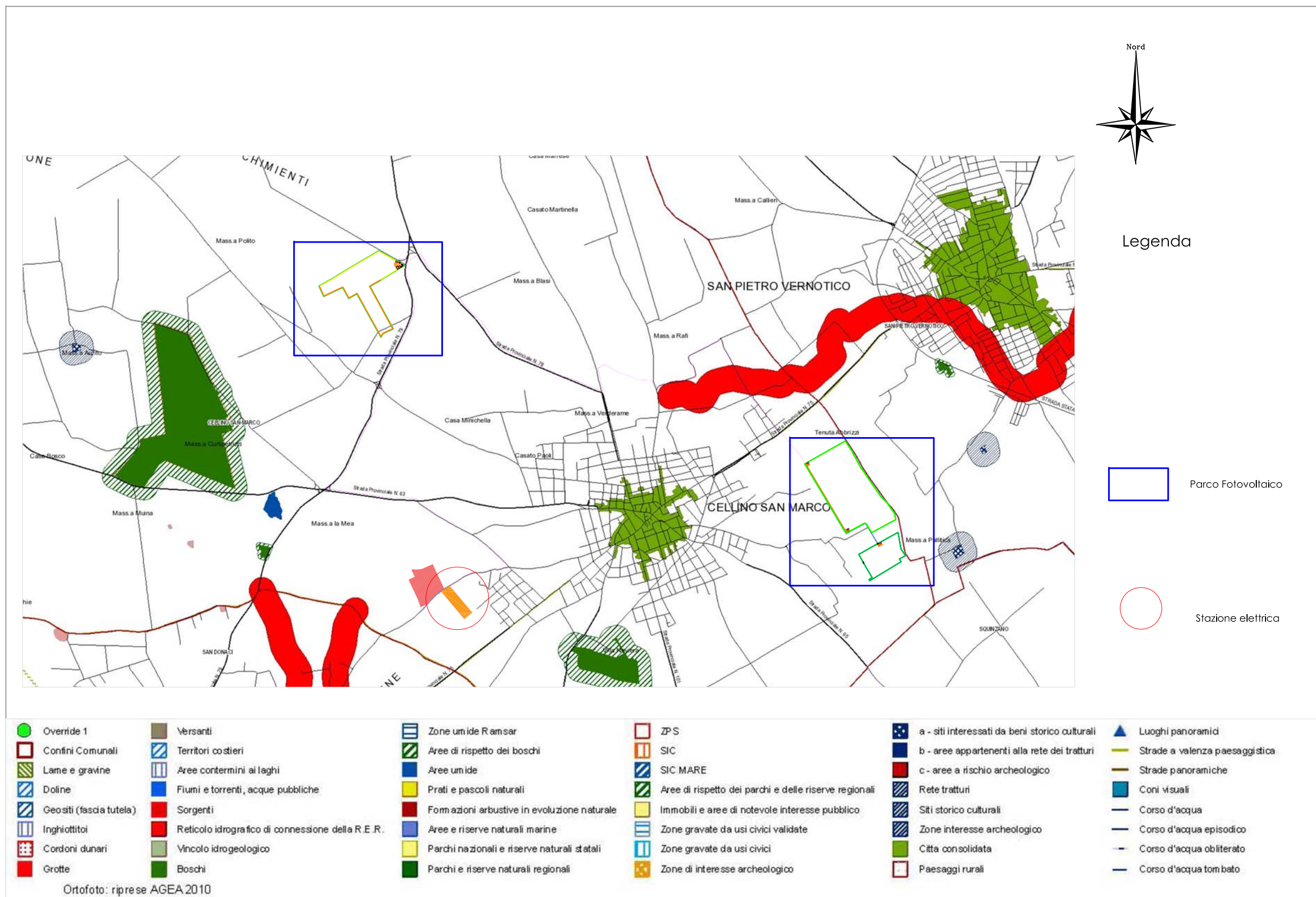
Carta del Rischio AdB

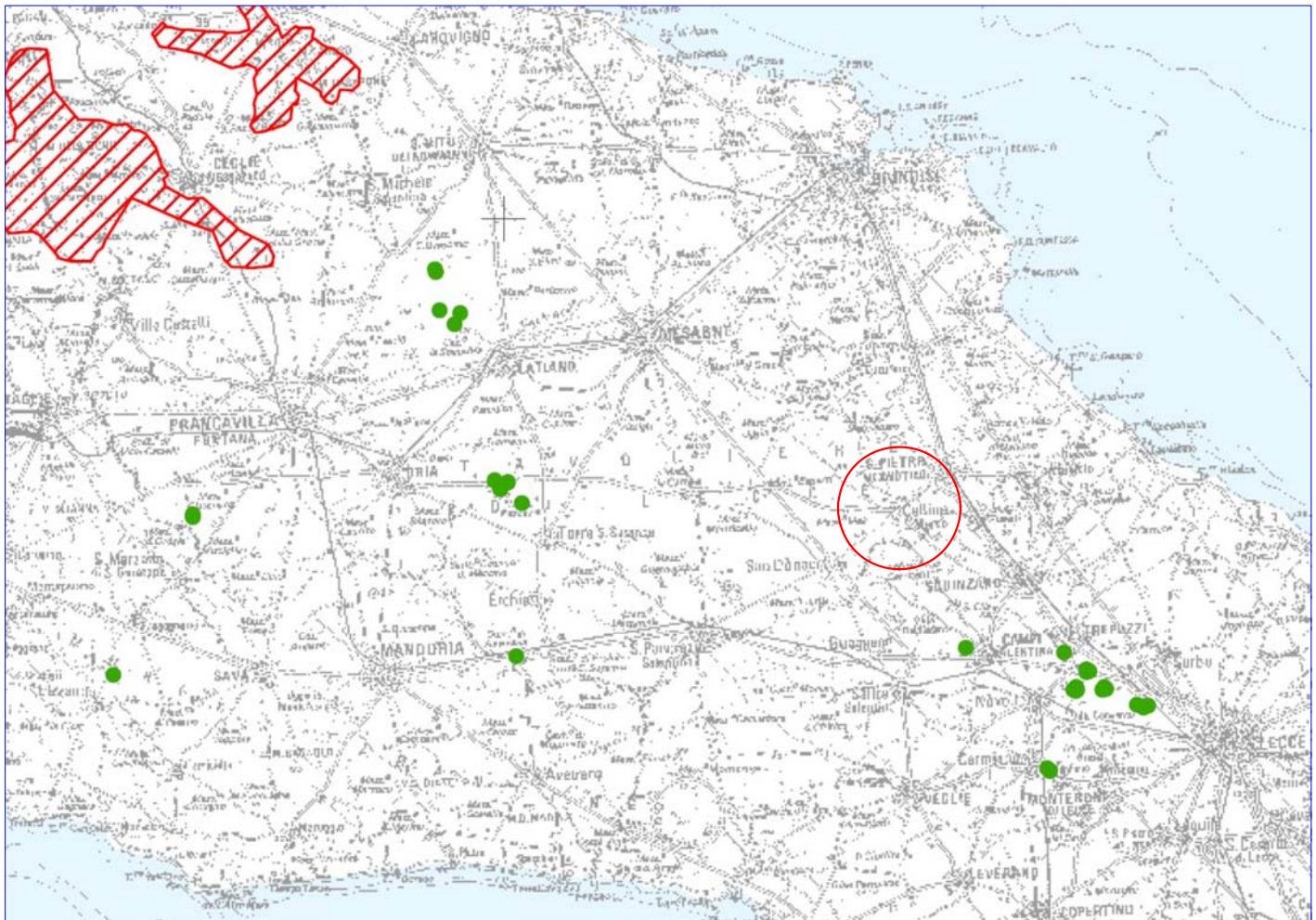


○ attraversamento impluvio (per dettagli cfr relazione idraulica)

~ linee di impluvio episodico

Carta idrogeologica AdB

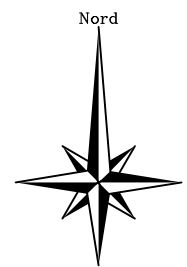
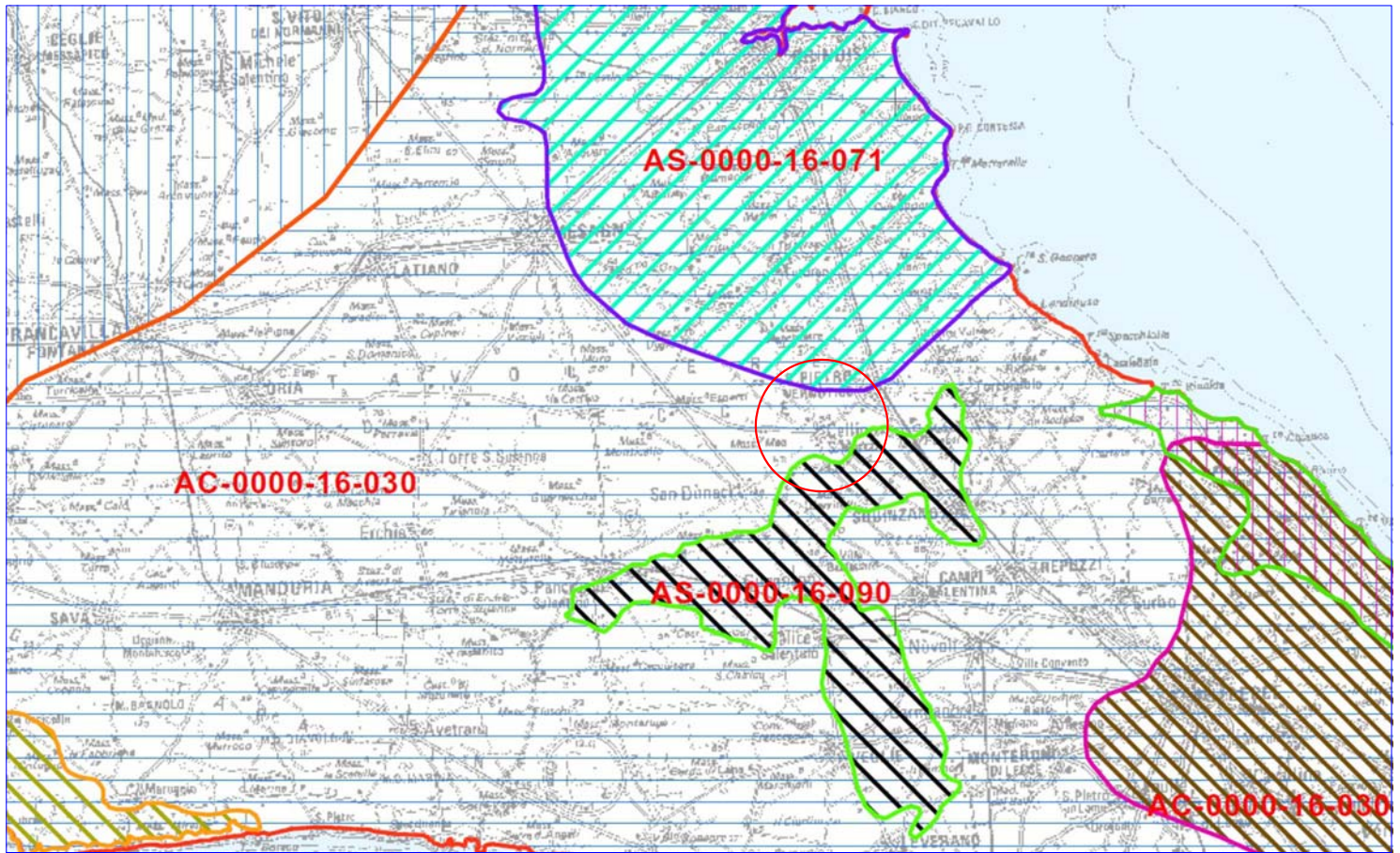




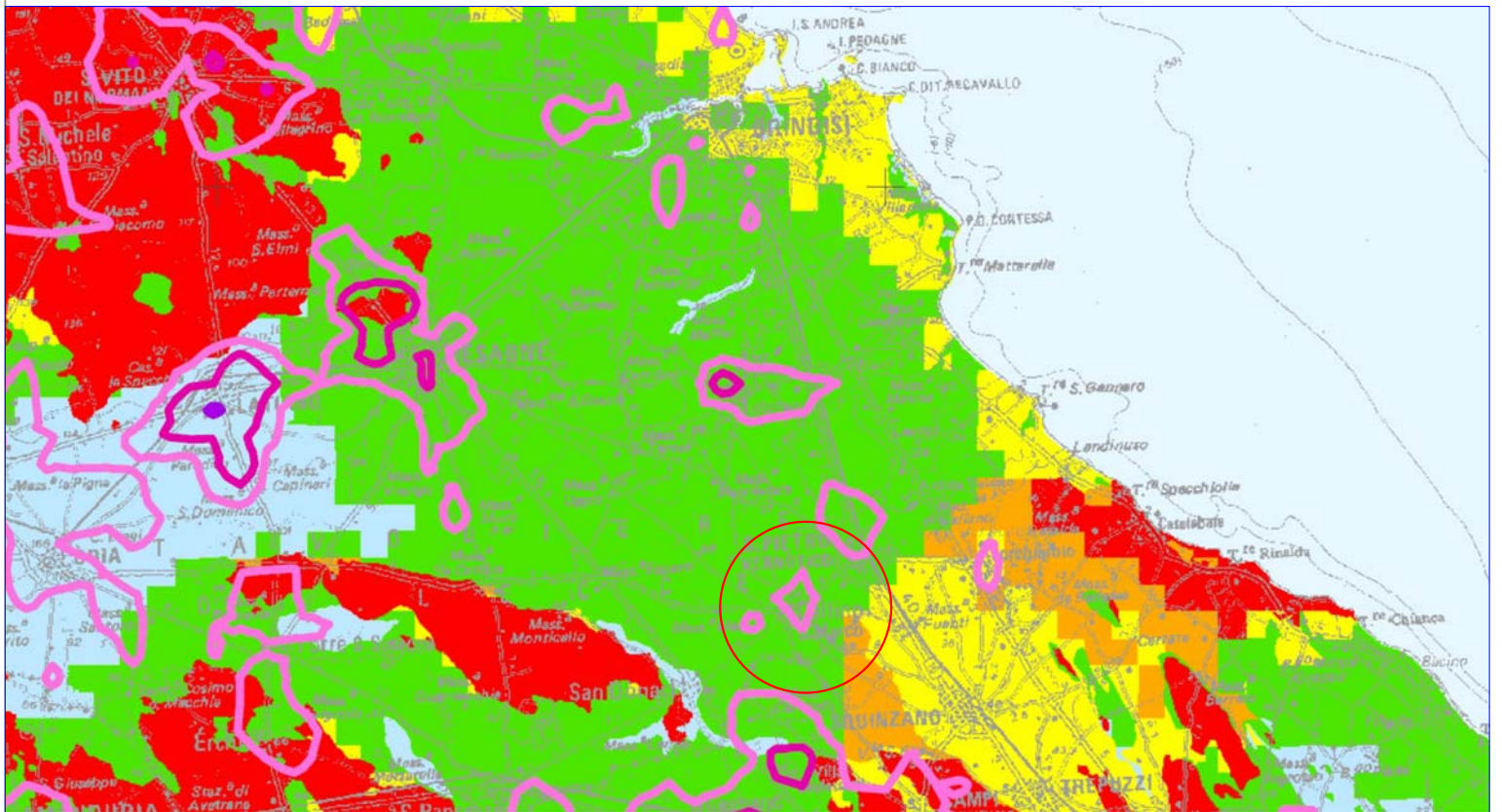
Legenda

-  Zone di protezione speciale idrogeologica "A"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "B"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "C"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "D"
-  Limiti del Parco del Gargano
-  Limiti del Parco dell'Alta Murgia
-  Pozzi di approvvigionamento potabile (AQP)
-  Limiti amministrativi regionali

Stralcio Tav. A ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE IDROGEOLOGICA del PTA



Tav. 6.1.B CORPI IDRICI SOTTERRANEI SIGNIFICATIVI del PTA Puglia



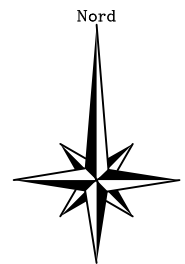
Legenda

ZONIZZAZIONE DELL'INDICE DI PROTEZIONE DEGLI ACQUIFERI CARSICI

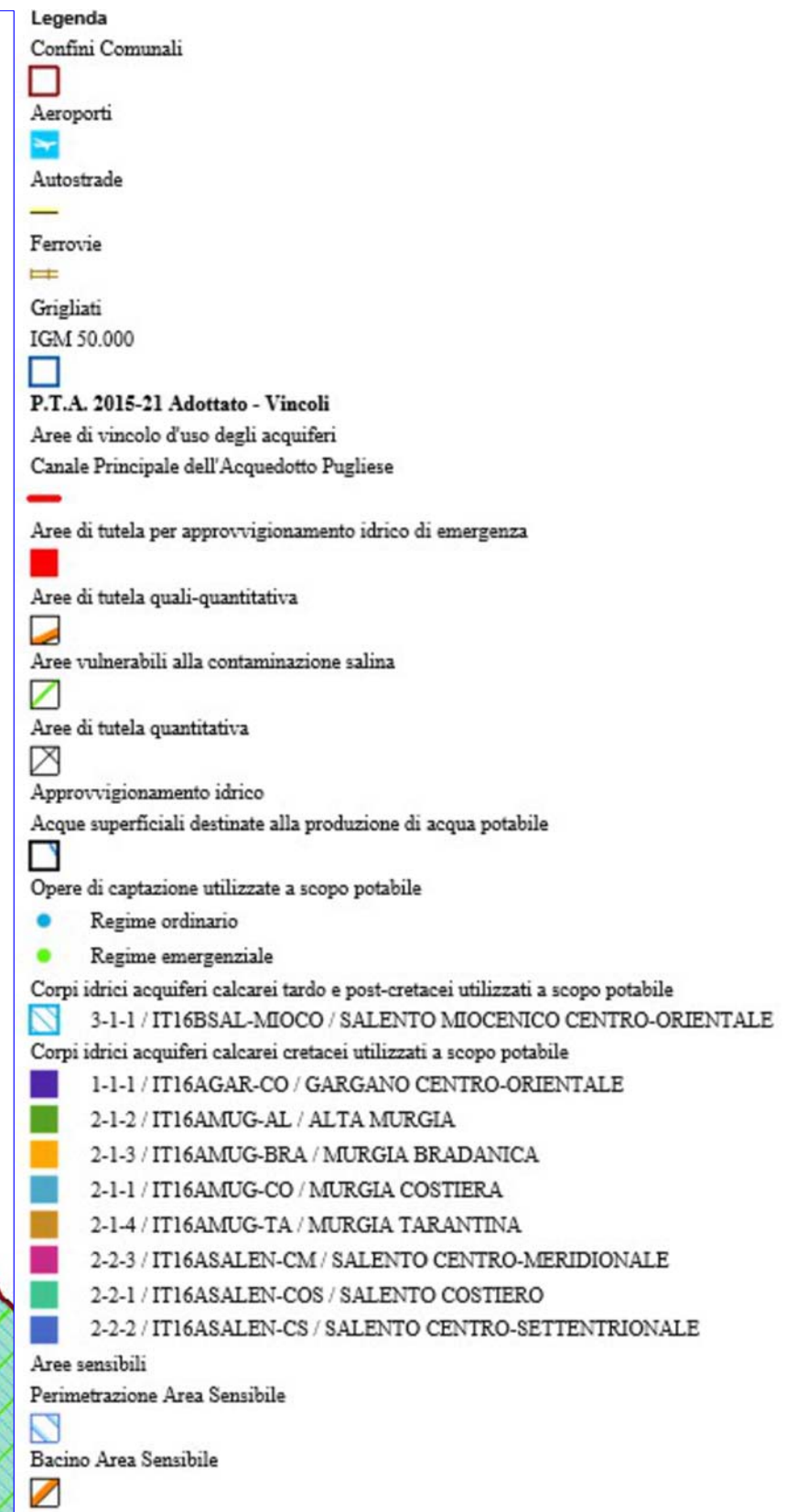
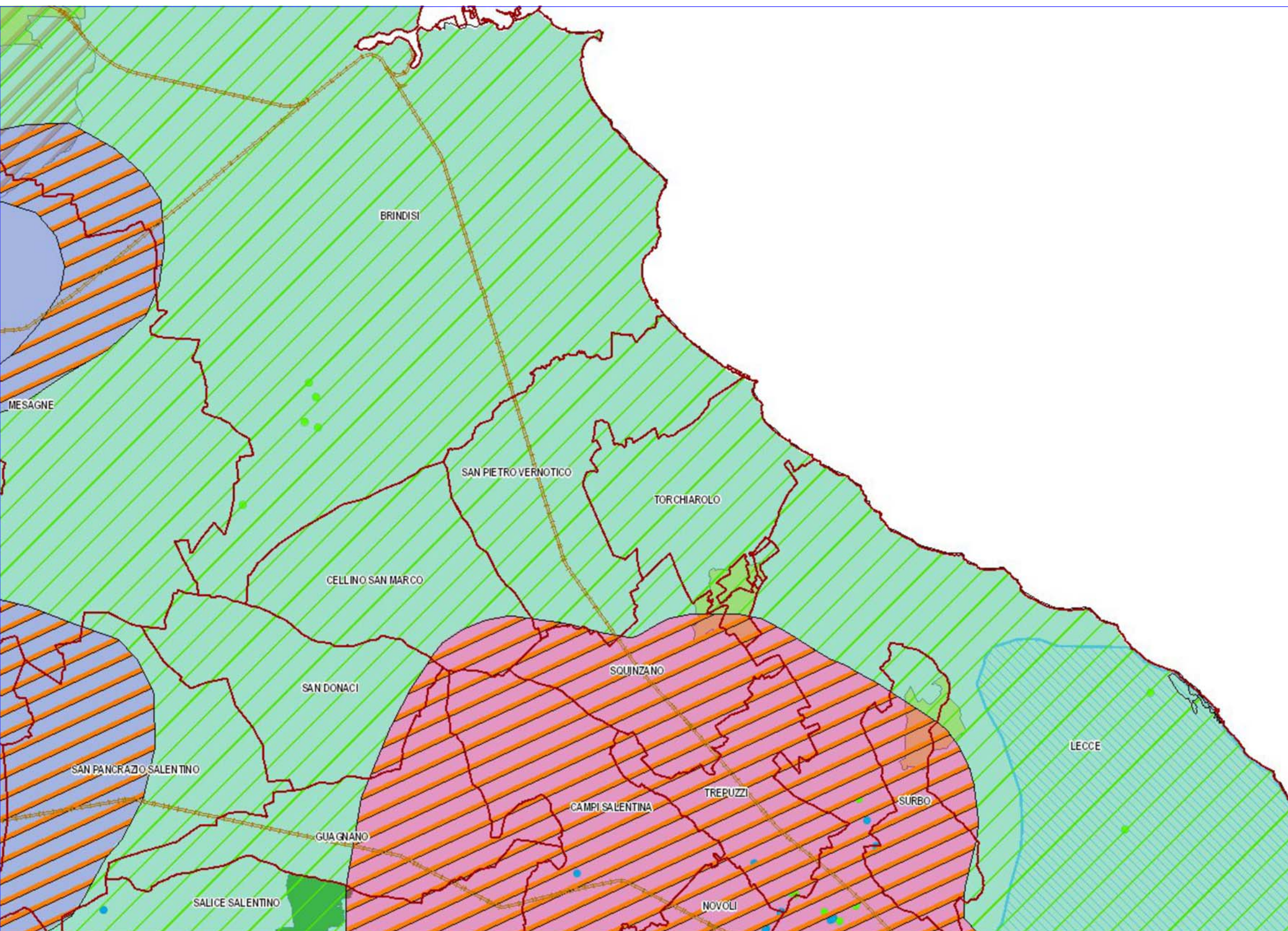
(Metodo COP modificato_AE COST 620)

- Indice di protezione molto basso
- Indice di protezione basso
- Indice di protezione moderato
- Indice di protezione alto
- Indice di protezione molto alto
- isolinea della densità dei pozzi (100 per kmq)
- isolinea della densità dei pozzi (50 per kmq)
- isolinea della densità dei pozzi (20 per kmq)
- isolinea della densità dei pozzi (10 per kmq)

Limiti amministrativi regionali



Tav. 8.3 VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI CARSICI INTEGRATI DALLA ZONIZZAZIONE DELLA DENSITA' DEI PUNTI DI PRELIEVO DALLA FALDA del PTA Puglia



Stralcio Cartografia del PTA con l'insieme di alcuni vincoli (dal sito SIT Puglia)