



COMUNE DI PISA  
Direzione Ambiente  
Ufficio Difesa del Suolo

~  
Palazzo Pretorio – Vicolo del Moro, 2

e-mail: [ambiente@comune.pisa.it](mailto:ambiente@comune.pisa.it)  
Tel: 050 910404

sito internet:  
[www.comune.pisa.it/ambiente](http://www.comune.pisa.it/ambiente)

orario di apertura:  
martedì: 9.00 – 13.00  
giovedì: 15.00 – 17.00

*Titolo del progetto:*

VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DI ADEGUAMENTO DELLE PREVISIONI DEL RU E  
CONTESTUALE ADEGUAMENTO DELLE NORME .

*Responsabile procedimento:*  
**Arch. Gabriele Berti**

*Titolo del documento*

**RELAZIONE FATTIBILITÀ GEOLOGICA**

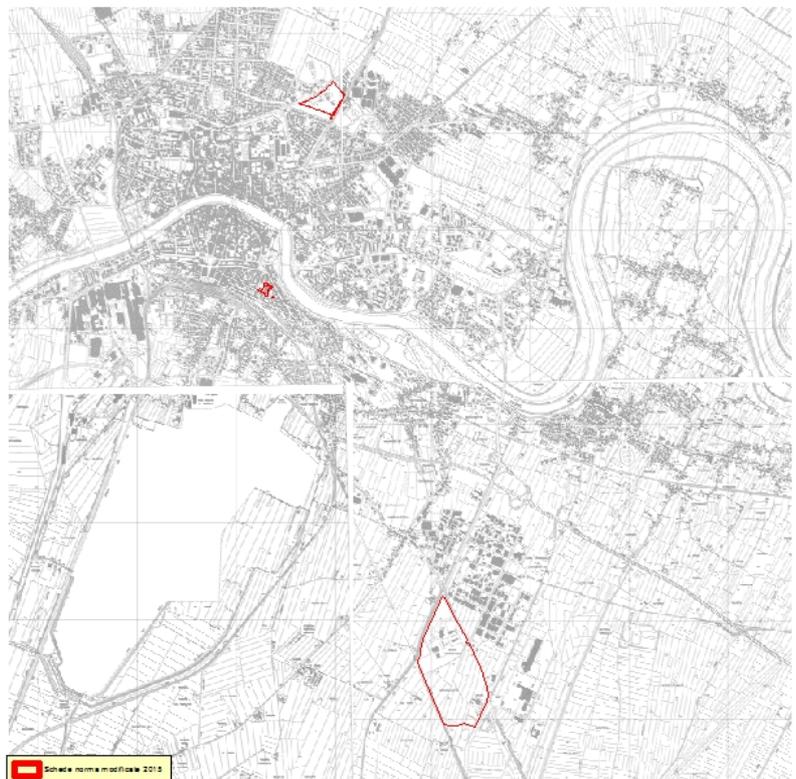
*Relazione specialistica predisposta da:*  
Dott. Geol. Marco Redini

Con la collaborazione per la  
parte tecnica di:

dott. Aldo Iannucci

parte amministrativa di:

sig.ra Patrizia Bartalini



Redazione redatta ai sensi della  
D.P.G.R.T. 25.10.011 n. 53/R  
(Regolamento di attuazione  
dell'art.62, L.R. n. 1 del 03.01.05,  
"Norme per il governo del territorio"  
in materia di indagini geologiche)

*Progettista responsabile dell'elaborato*  
Dott. Geol. Marco Redini

	Data	Pagine	Identif.	Elaborato
	11.2015	1 di 55		

Sommario

<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>3</b>
<b>PREVISIONI URBANISTICHE .....</b>	<b>3</b>
<b>SINTESI DELLE CONOSCENZE.....</b>	<b>5</b>
1.1 ASPETTI URBANISTICO – TERRITORIALI.....	5
1.2 CONSIDERAZIONI SULL’ ATTIVITÀ SISMICA .....	18
<b>ANALISI E APPROFONDIMENTI.....</b>	<b>19</b>
1.3 ELEMENTI GEOLOGICI E STRUTTURALI.....	19
1.3.1 <i>Inquadramento geologico regionale ed evoluzione paleografica dell’area</i> .....	19
1.3.2 <i>Aspetti geologici generali</i> .....	22
1.4 ELEMENTI LITOLOGICO-TECNICI.....	31
1.4.1 <i>Carta litotecnica</i> .....	32
1.4.2 <i>Carta della profondità del tetto delle argille compressibili</i> .....	36
1.5 ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOMORFOLOGICI .....	39
1.5.1 <i>Caratterizzazione sismica dei terreni</i> .....	44
<b>VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ.....</b>	<b>45</b>
1.6 AREE A PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA .....	45
1.7 AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	45
1.8 AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE .....	45
1.9 AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE .....	47
<b>CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ .....</b>	<b>48</b>
<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>55</b>

## PREMESSA

La variante riguarda tre di aree, di modeste dimensioni, già impegnate da strutture ed edifici esistenti, che non modificano complessivamente l'assetto urbano della territorio ma ne migliorano il contesto locale in cui sono collocate, sia sotto l'aspetto della viabilità e sia di quello dei servizi e degli spazi liberi.

Per ulteriori informazioni far riferimento alla relazione tecnica che accompagna la variante.

## RIFERIMENTI NORMATIVI

Le presenti indagini geologico-tecniche sono state redatte ai sensi della seguente disciplina e normativa pianificatoria:

- DPCM 5.11.99 e ss. mm. e ii.: *Approvazione del Piano Stralcio relativo alla riduzione del Rischio idraulico del Bacino del Fiume Arno*;
- DPCM 6 maggio 2005: *Approvazione del Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico*.
- *Progetto di Piano stralcio "Bilancio Idrico"*, Delib. Com. Istituzionale del 21 dic. 2010 e delle relative misura di salvaguardia;
- *Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (PIT)*, Delib. Reg. n. 72 del 24 luglio 2007;
- *OPCM n. 3274 del 20-03-2003 e s. m. e i.*;
- *DM 14-01-2008: "Nuove norme tecniche per le costruzioni"*;
- *DGRT 19 giugno 2006, n. 431 "Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del DM 14.9.2005 e OPCM 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11.5.2006"*;
- *DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011 - Regolamento di attuazione dell'art. 62 della LR 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche*;
- *DPGR 36/R del 09 luglio 2009 - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 [...]*;
- *LR 21 maggio 2012 n. 21- Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua*;
- *Piano Strutturale del comune di Pisa approvato con delib. del C. C. n.103 del 21/10/*;

Il presente lavoro, pertanto, sulla base della revisione del Quadro Conoscitivo acquisito dalla pianificazione a livello comunale e sovraordinata, ha inteso valutare la fattibilità degli interventi in oggetto secondo le disposizioni definite dal nuovo regolamento regionale - DPGR n. 53/R/2011, in coerenza con le norme in atto e con quanto sancito in materia di costruzioni e di indagini sismiche dalla normativa vigente.

## PREVISIONI URBANISTICHE

Di seguito sono riportate le aree oggetto delle previsioni urbanistiche, le attuali destinazioni d'uso previste dal Regolamento Urbanistico vigente e quelle previste dalla variante.

Codice destinazione d'uso	Descrizione
<b>VIA</b>	Viabilità
<b>AG</b>	Agricolo
<b>S</b>	Servizi
<b>V</b>	Verde
<b>VS</b>	Verde sportivo con edifici
<b>R</b>	Residenza
<b>C</b>	Commercio
<b>A</b>	Artigianato/Industria
<b>P</b>	Parcheggio

descrizione	attuale	destinazione d'uso prevista	prevista
<b>Scheda 10.3</b> Porta a Lucca Via el Brennero 2	S	Piano attuativo per servizi privati e/o pubblici ampliamento parcheggio	S/V/P
<b>Scheda 29.1</b> Porta Fiorentina - Ex Stazione Leopolda	R/C	Ristrutturazione urbanistica e riqualificazione - parcheggi interrati	R/C
<b>Scheda 36.10</b> Ospedaletto via Emilia n° 3	S	Ristrutturazione urbanistica e nuova edificazione per servizi di interesse generale	S/V/P

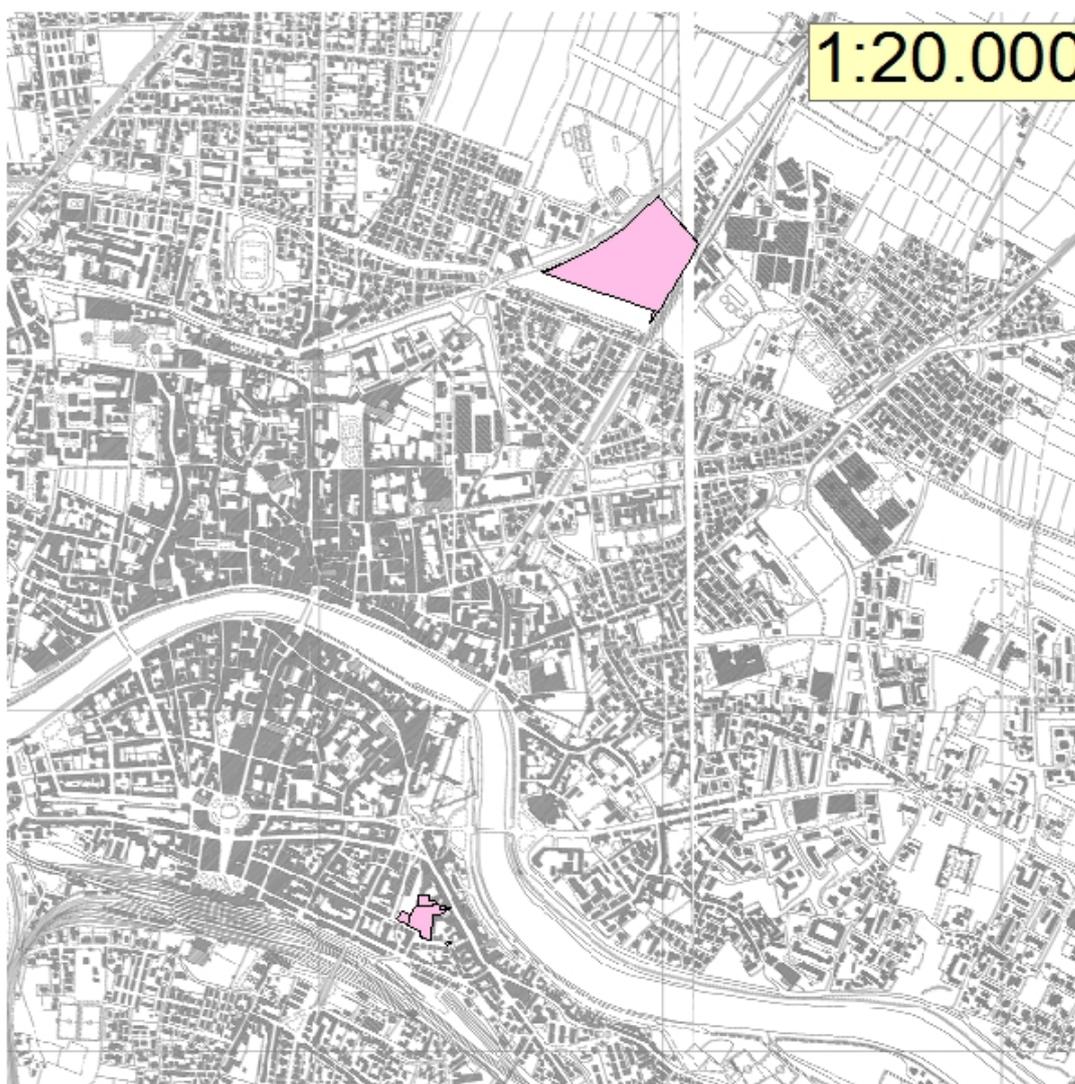


Fig 1 – Inquadramento scheda 10.3 e scheda 29.1

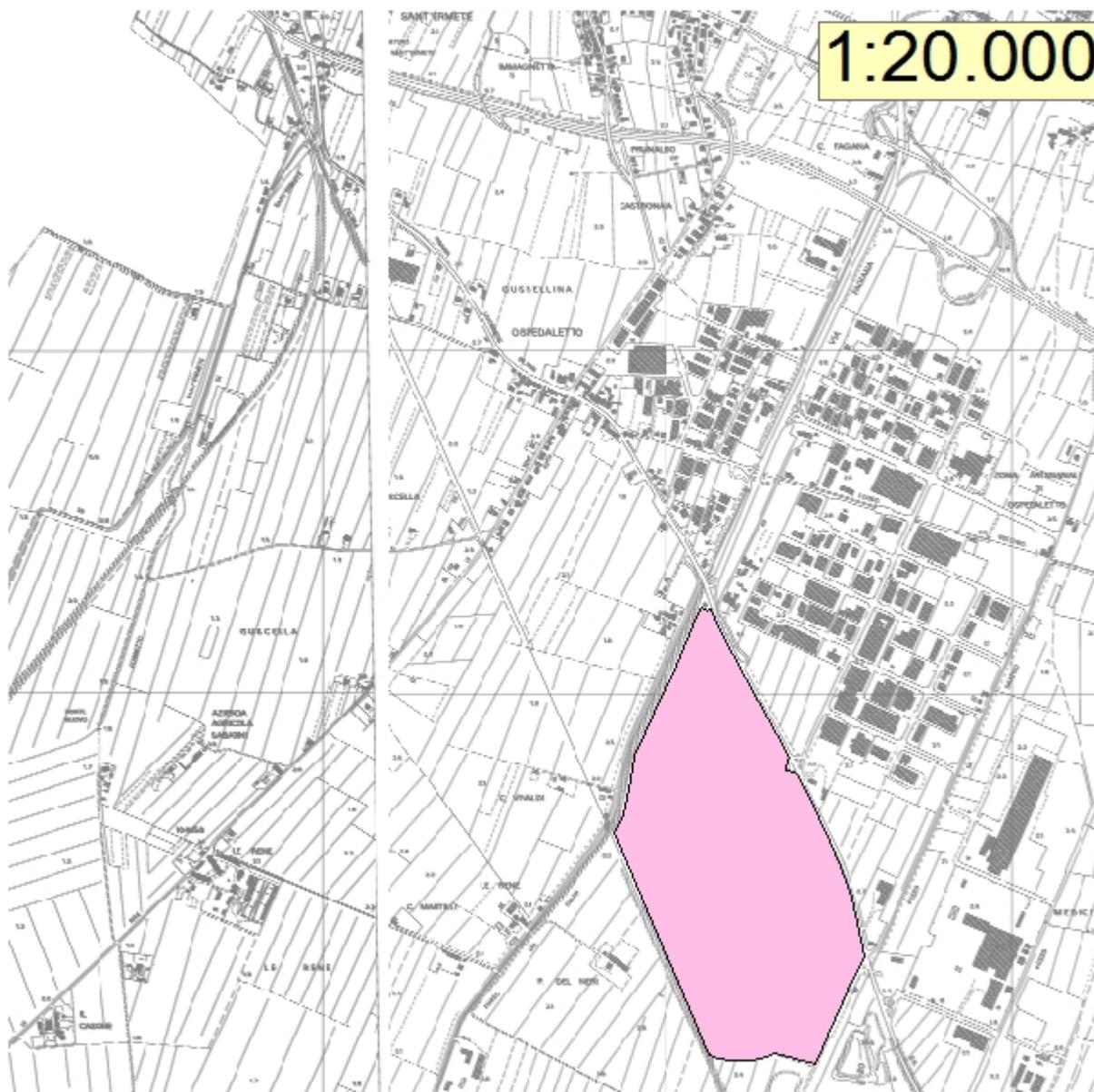


Fig 2- inquadramento scheda 36.1

## SINTESI DELLE CONOSCENZE

### 1.1 ASPETTI URBANISTICO – TERRITORIALI

Di seguito sono esaminati i principali vincoli territoriali che insistono nelle aree in oggetto.

#### 1.1.1.1 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Le aree di interesse non si trovano in zone soggette al vincolo idrogeologico ai sensi della Legge n°3267 del 30.12.1923 e degli artt. 21 e 22 del R.D.L. 1126/1926.

#### 1.1.1.2 PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ – PRI – PAI – PIT – PTC – PS

Di seguito sono descritti gli aspetti legati alla pericolosità e vulnerabilità, in relazione agli stralci di Piano di Bacino attualmente approvati, al PIT e al PTC delle aree oggetto di variante. La pericolosità e vulnerabilità contenute nel Piano Strutturale (PS) sono illustrate in apposito capitolo.

Tenuto conto che:

- ✓ dalle misure di salvaguardia di cui al Titolo 2 della D.C.R.T. n°72 del 24 luglio 2007 "Piano di Indirizzo Territoriale", vigenti dal 17 ottobre 2007;
- ✓ il PTC a seguito dell'adeguamento al PIT, è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n.100 del 27 luglio 2006 "Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale: Variante di adeguamento al Piano di Indirizzo Territoriale ed alla Legge Regionale n.01/2005 - Approvazione". Tale piano ha acquistato efficacia a partire dal giorno 6 settembre 2006 data in cui la Provincia ha pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n.36 parte IV, l'avviso della Deliberazione. Le nuove norme prevedono che tutta la parte della disciplina del PTC riguardante le aree a differenti classi di pericolosità geomorfologica ed idraulica e la relativa cartografia sia sostituita dalle disposizioni del P.A.I.. Per quanto attiene la vulnerabilità idrogeologia la disciplina approvata nel PTC del 2006 mantiene la sua validità, non essendo al momento oggetto di disciplina specifica da parte dei piani di assesto idrogeologico.

Gli aspetti da analizzare per quanto attiene, la pericolosità idraulica sono legati al Piano di Bacino stralcio "Riduzione del rischio idraulico", al Piano di Bacino stralcio "Assesto idrogeologico" e al Piano Strutturale (PRI+PAI+PIT+PS).

Per la pericolosità geomorfologica gli aspetti da analizzare sono legati al Piano di Bacino stralcio "Assesto idrogeologico" e al Piano Strutturale (PAI+PS).

Per la vulnerabilità idrogeologica gli aspetti da analizzare sono legati al Piano Territoriale di Coordinamento e al Piano Strutturale (PTC+PS).

#### *PERICOLOSITÀ IDRAULICA*

Secondo le vigenti normative in materia di pericolosità e rischio idraulico, dettate dall'Autorità di Bacino del fiume Arno e dalla Regione Toscana, le aree di interesse risultano essere sottoposte in parte a particolari vincoli e direttive.

Nel Piano Stralcio relativo alla Riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 5 novembre 1999, le aree di variante risultano:

- nella "Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno" non essere interessata da aree destinate ad interventi di tipo A o B.
- nella "Carta guida delle aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 - 1999)" (le aree di variante risultano essere prevalentemente tra quelle interessate da "inondazioni eccezionali").

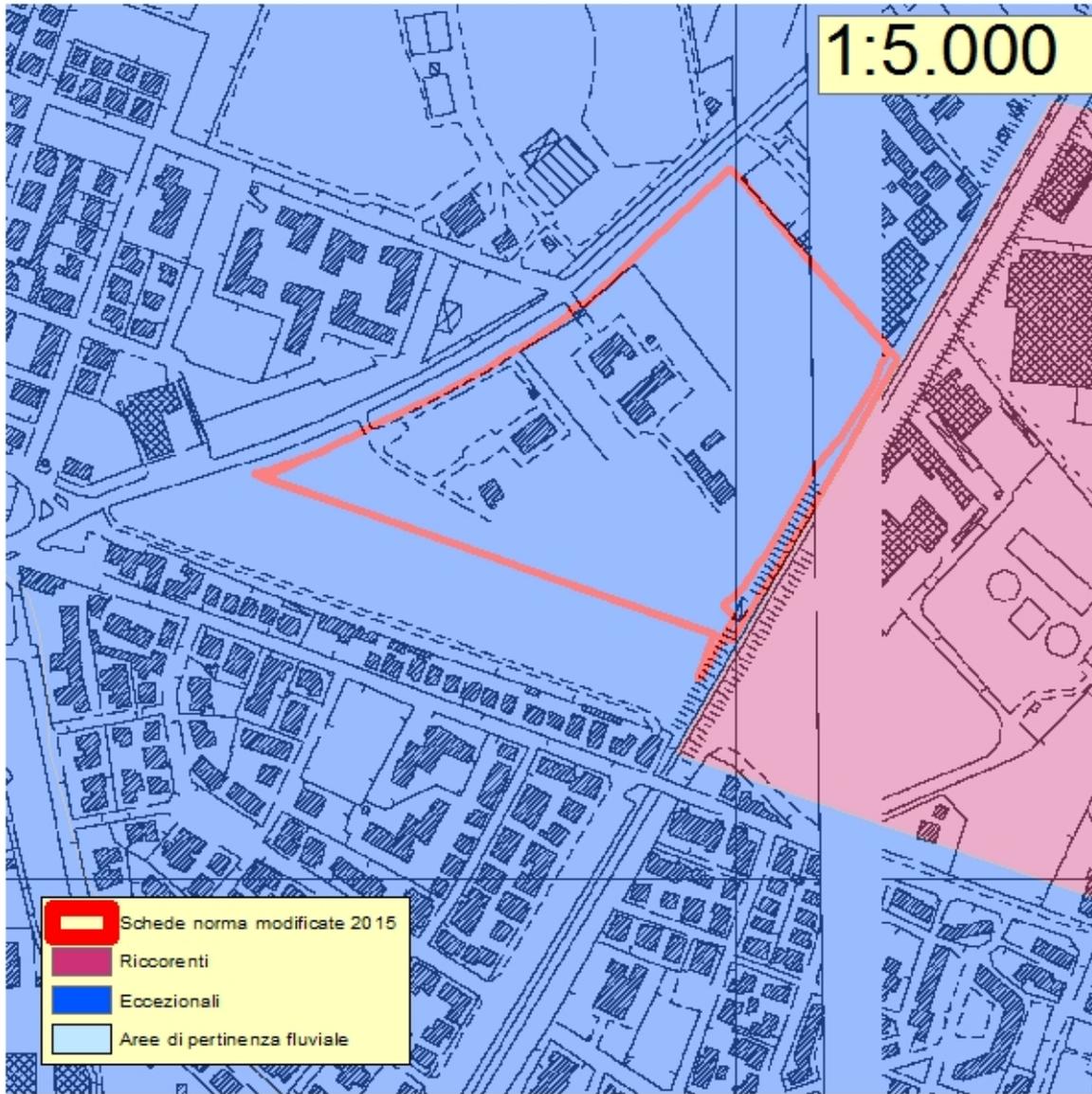


Fig 3 PRI- Scheda 10.3 Aree Allagate

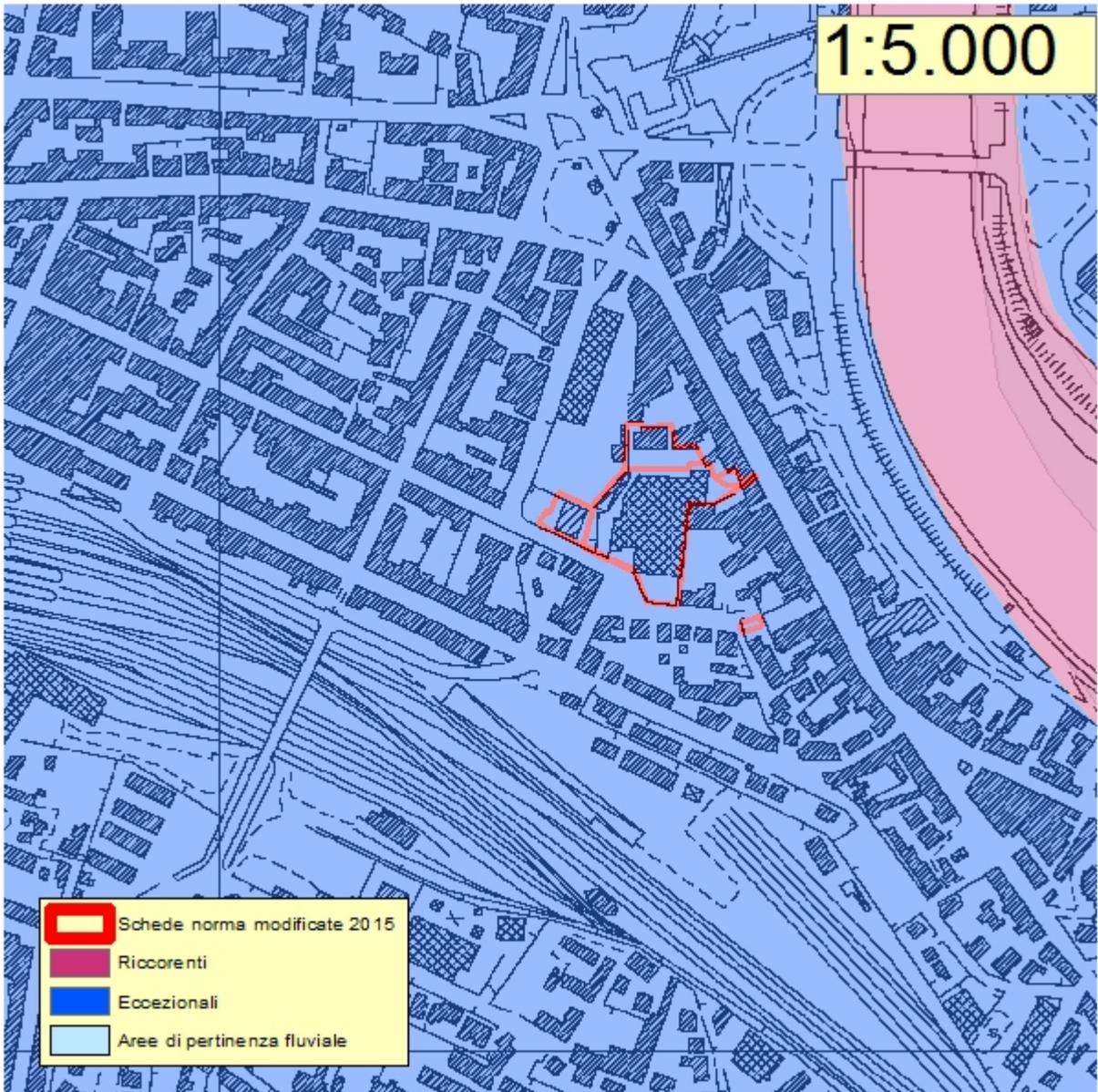


Fig 4 PRI- Scheda 29.1 Aree Allagate

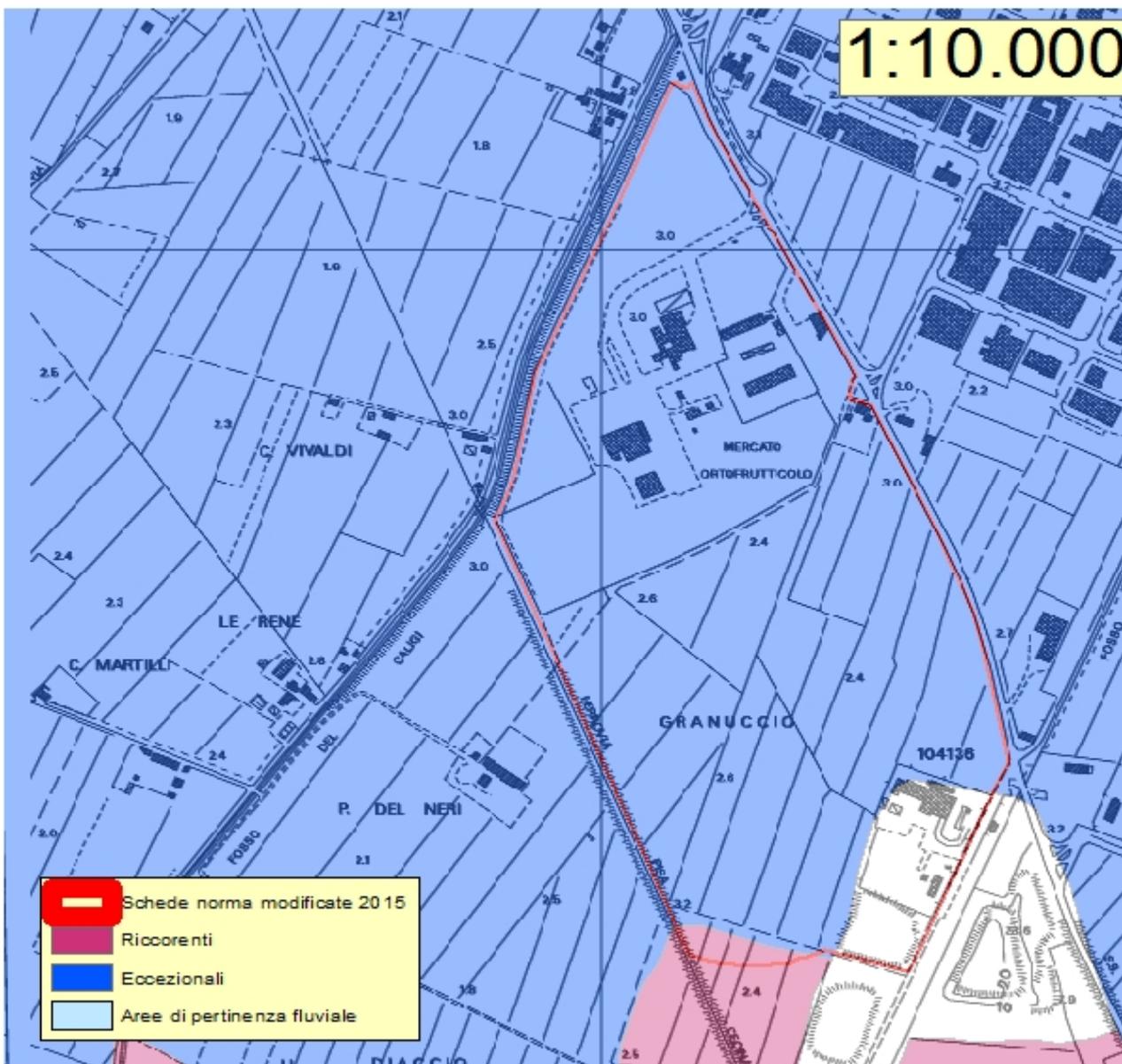


Fig 5 PRI- Scheda 36.1 Aree Allagate

Nel Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico adottato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'11 novembre 2004 ed entrato in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005) e modificato con dec. Segr. Generale n. 15/12 nel marzo 2012.

Al Titolo II, Capo I, art. 5 delle Norme di Attuazione del Progetto di piano si legge che la pericolosità è così graduata:

b) "Livello di dettaglio in scala 1:10.000".

- pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- pericolosità idraulica elevata (P.I.3) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;

- pericolosità idraulica media (P.I.2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni ;
- pericolosità idraulica moderata (P.I.1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni.

Intervento	PAI
Scheda 10.3 Via del Brennero	2-3
Scheda 29.1 Porta Fiorentina Leopolda	1
Scheda 36.1 Via Emilia 3	1-2-3

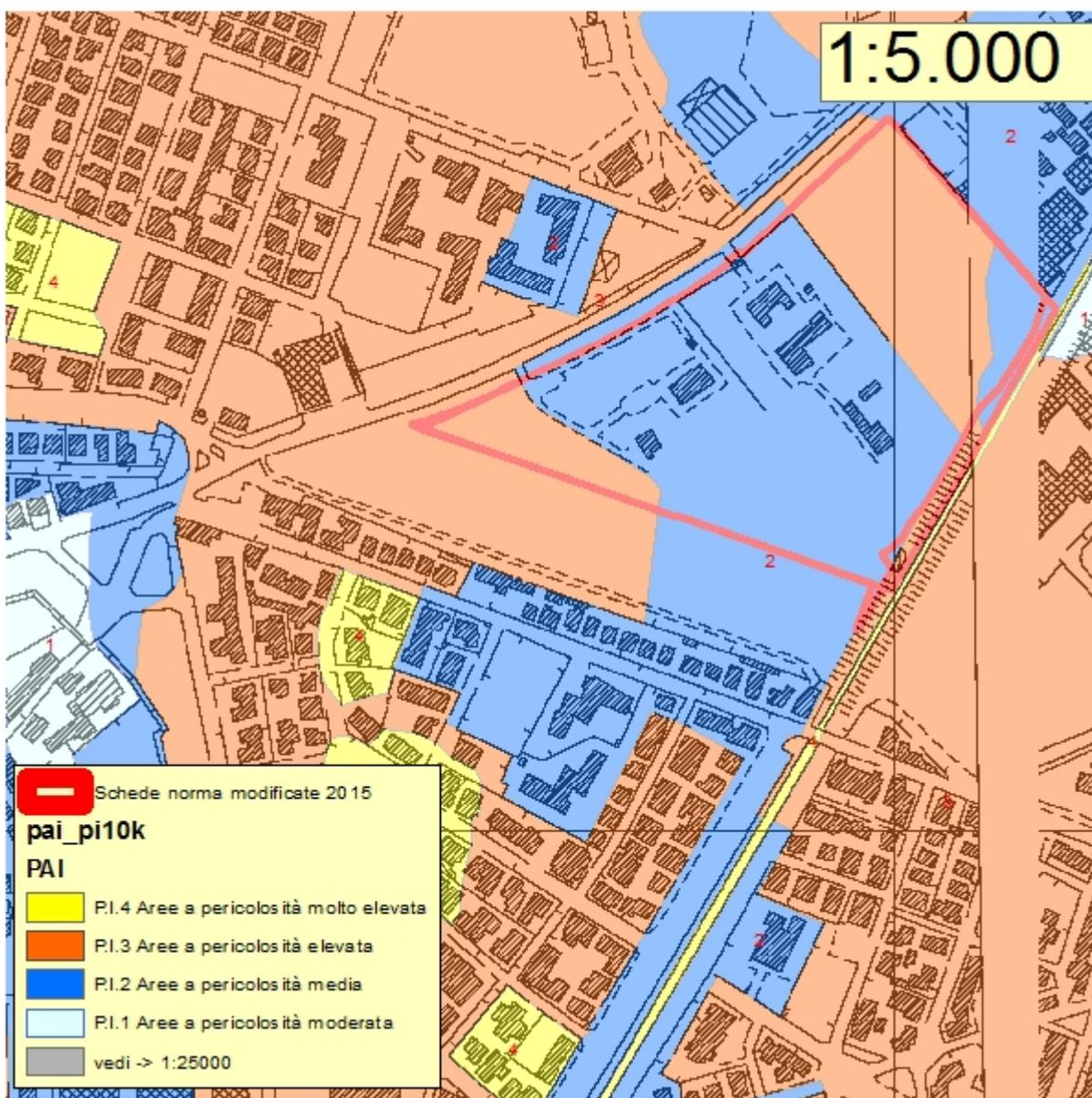


Fig 6 PAI scheda 10.3

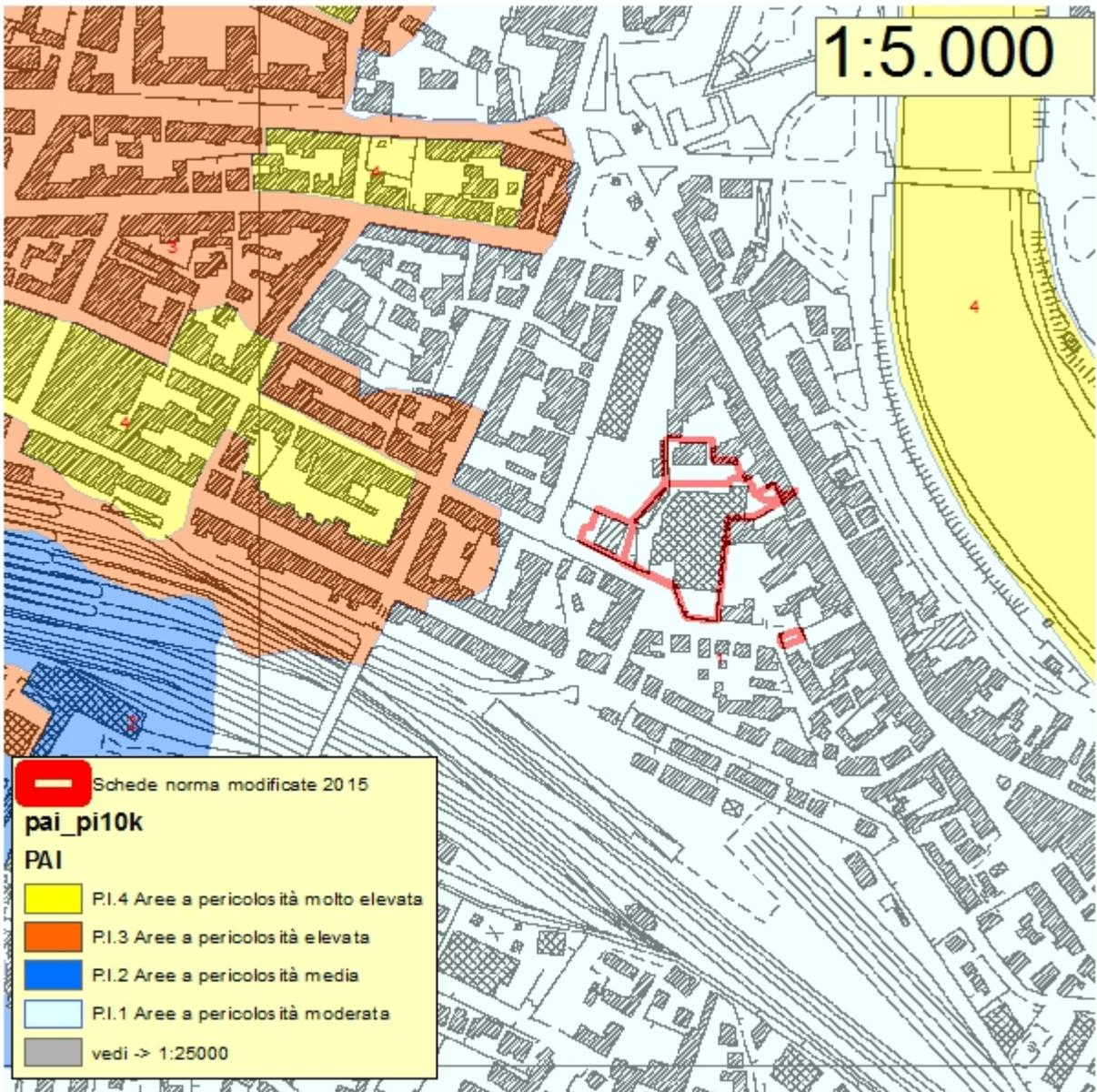


Fig 7 PAI scheda 29.1

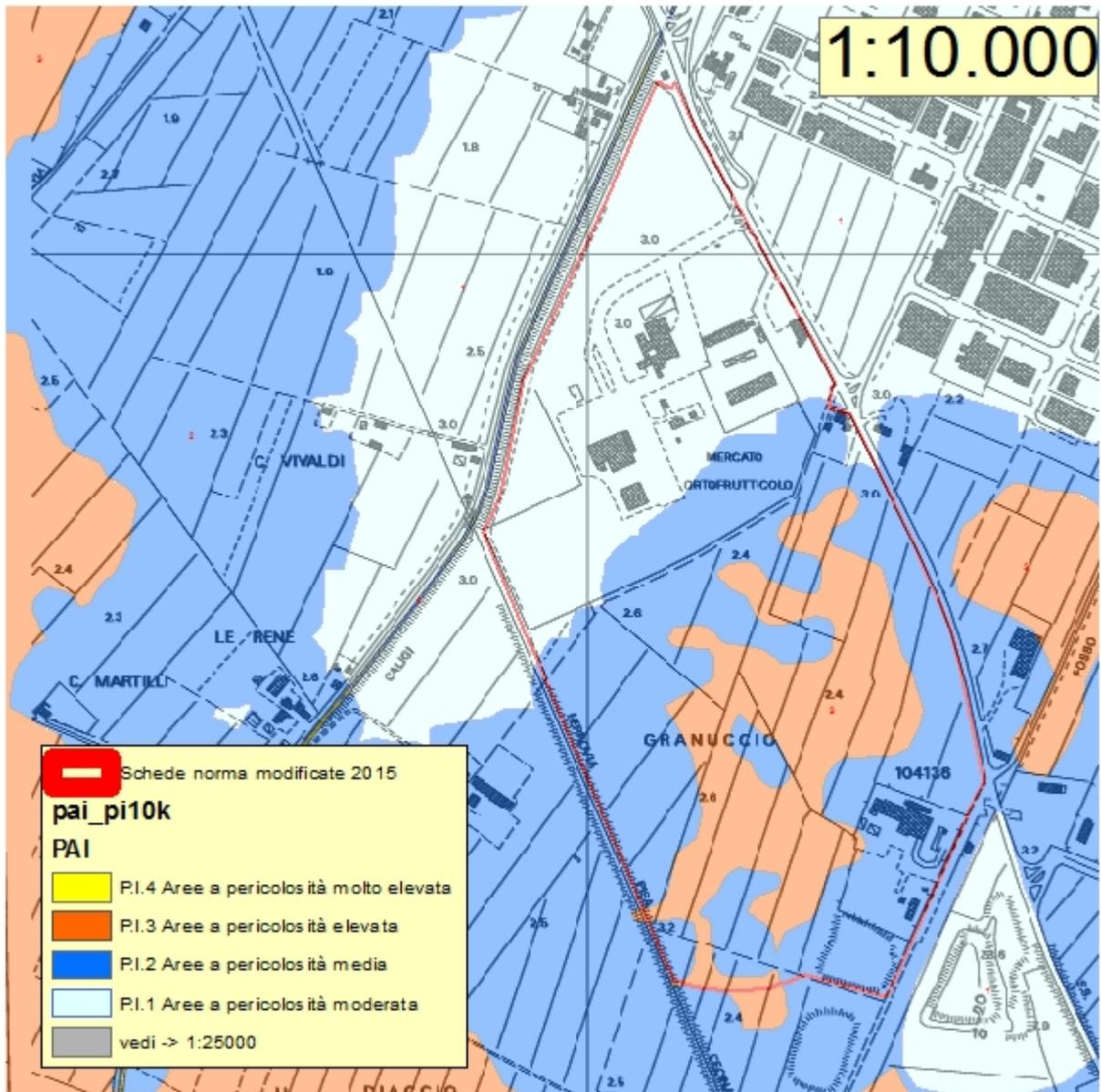


Fig 8 scheda 36.1

#### PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Nel Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico adottato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'11 novembre 2004 ed entrato in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005) le aree di interesse non risultano essere individuate nella Carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi.

#### VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

La classificazione per le aree in variante, individuata nella Carta della "Vulnerabilità Idrogeologica", che accompagna il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa approvato con Del. C.P. 100/06, è riportata nella tabella seguente.

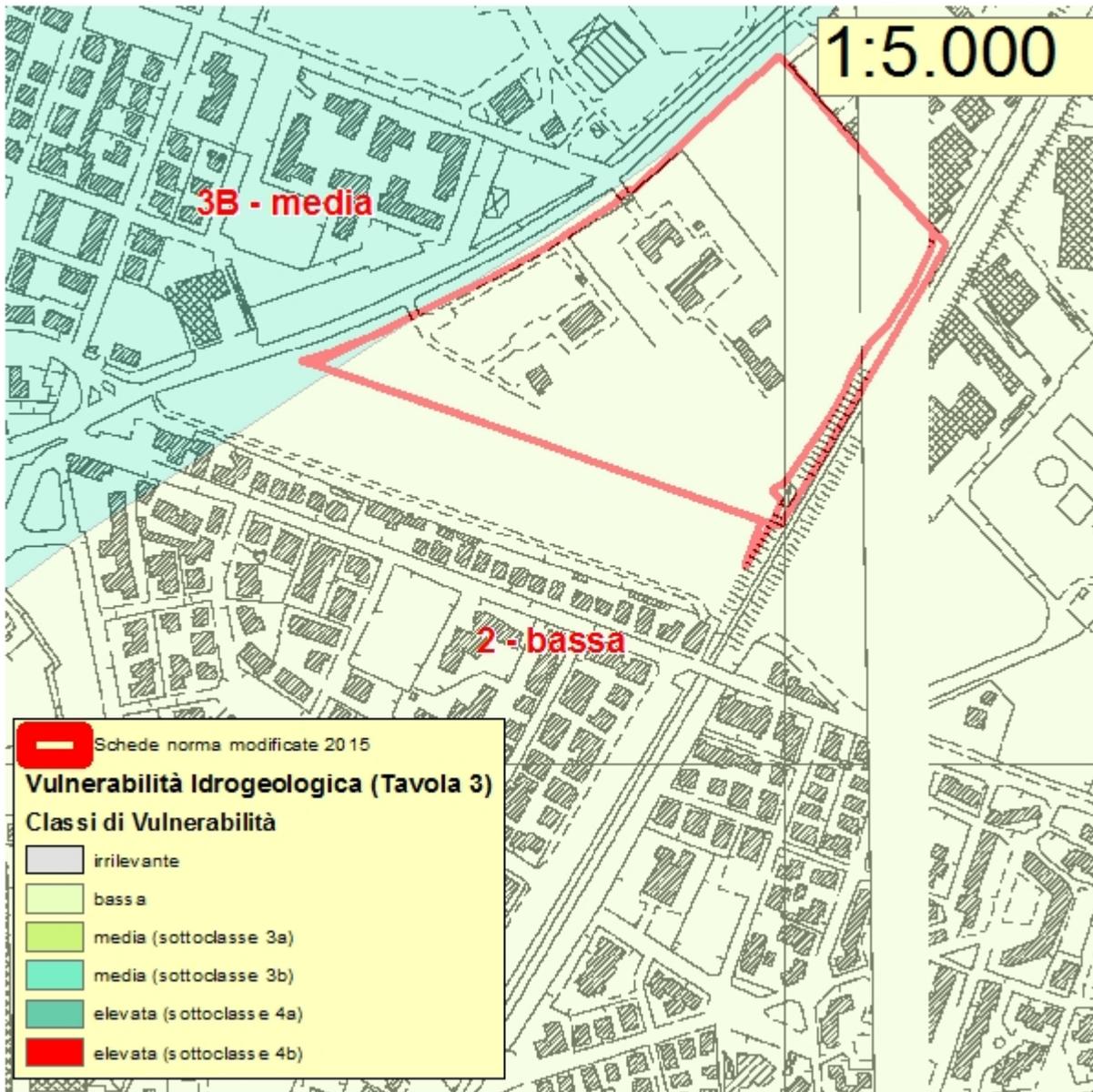


Fig 9 "PTC - Carta della "Vulnerabilità Idrogeologica" 10.3

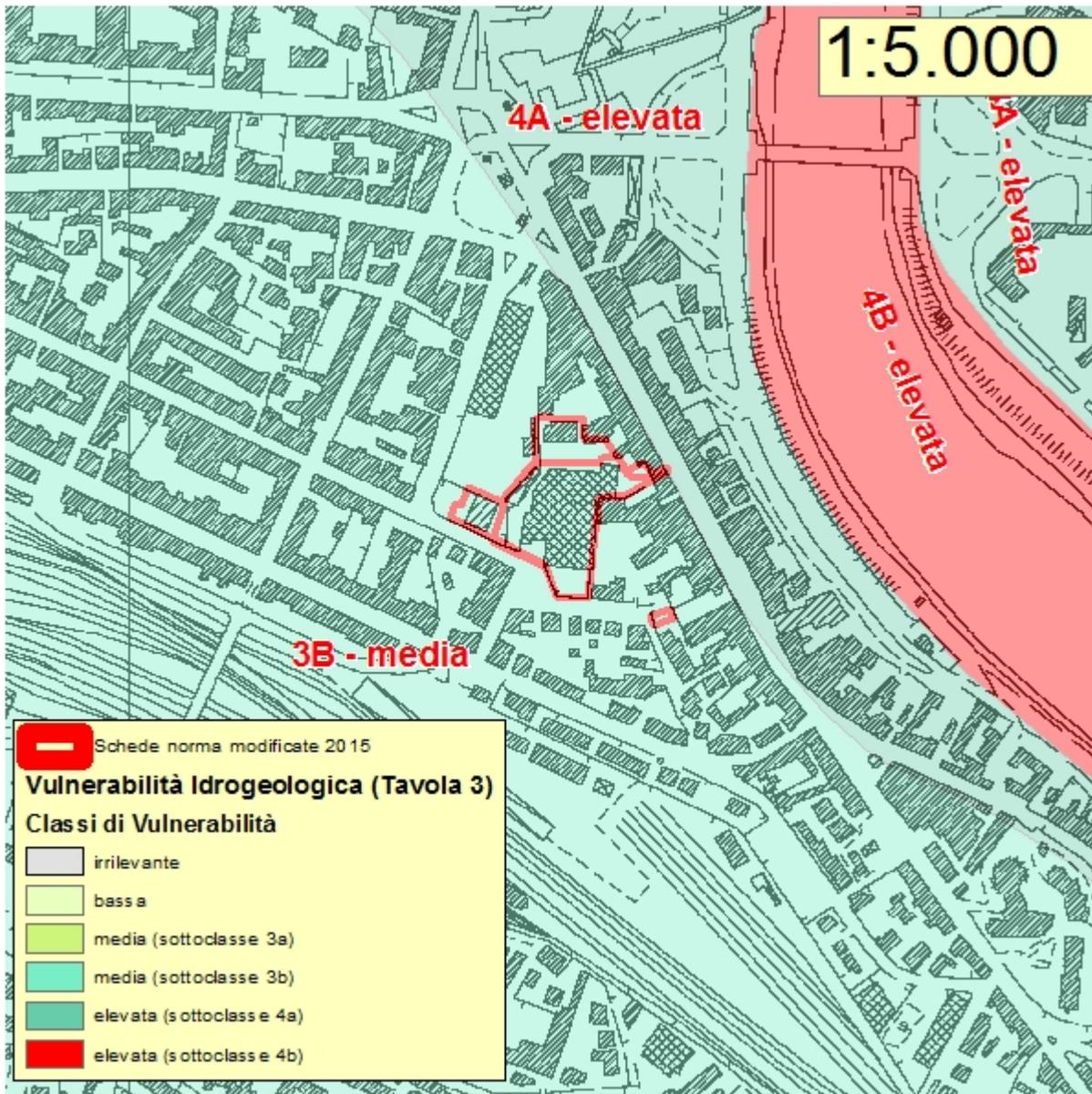


Fig 10 "PTC - Carta della "Vulnerabilità Idrogeologica" 29.1



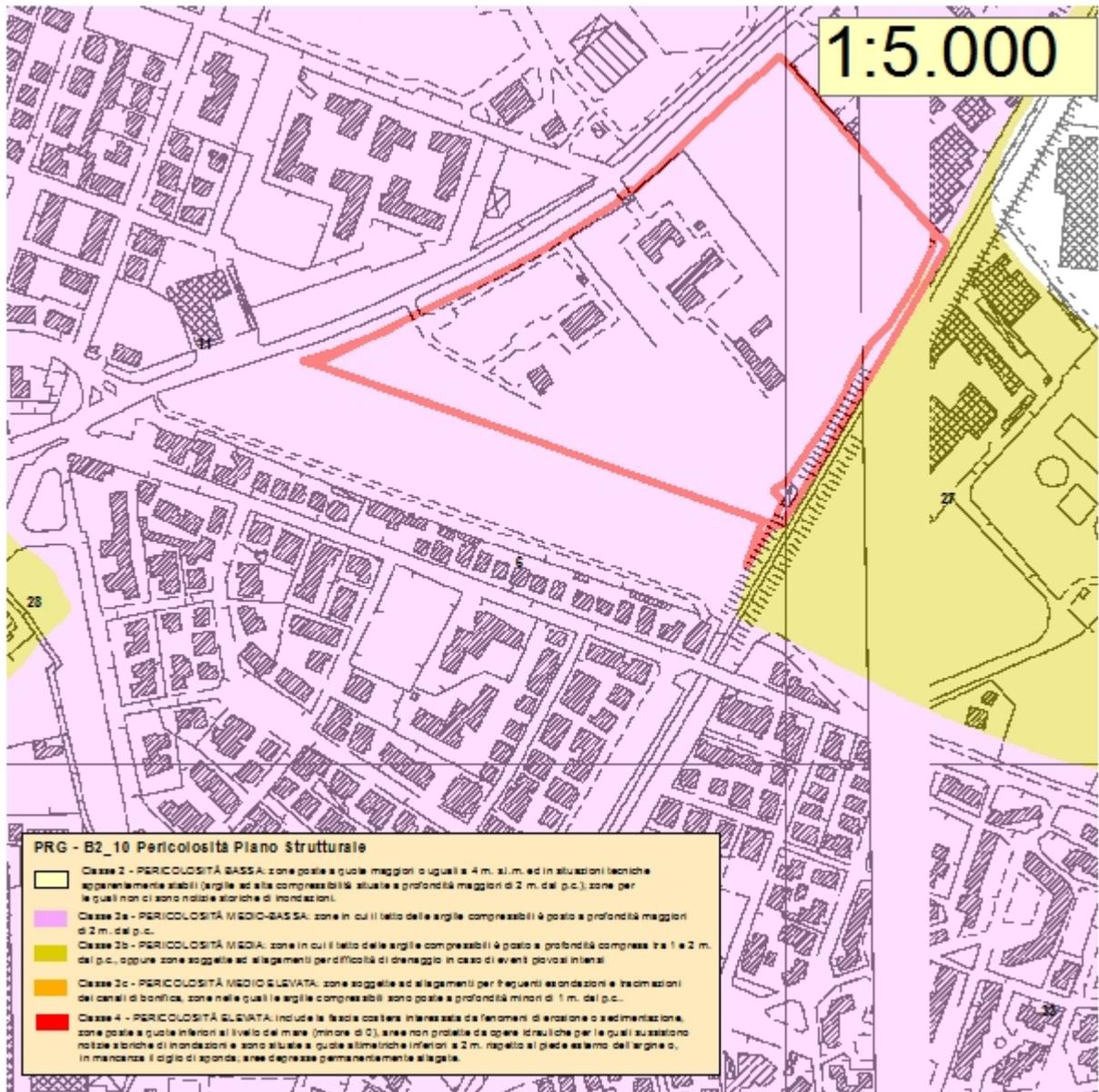


Fig 12 Carta della “pericolosità PS” 10.3

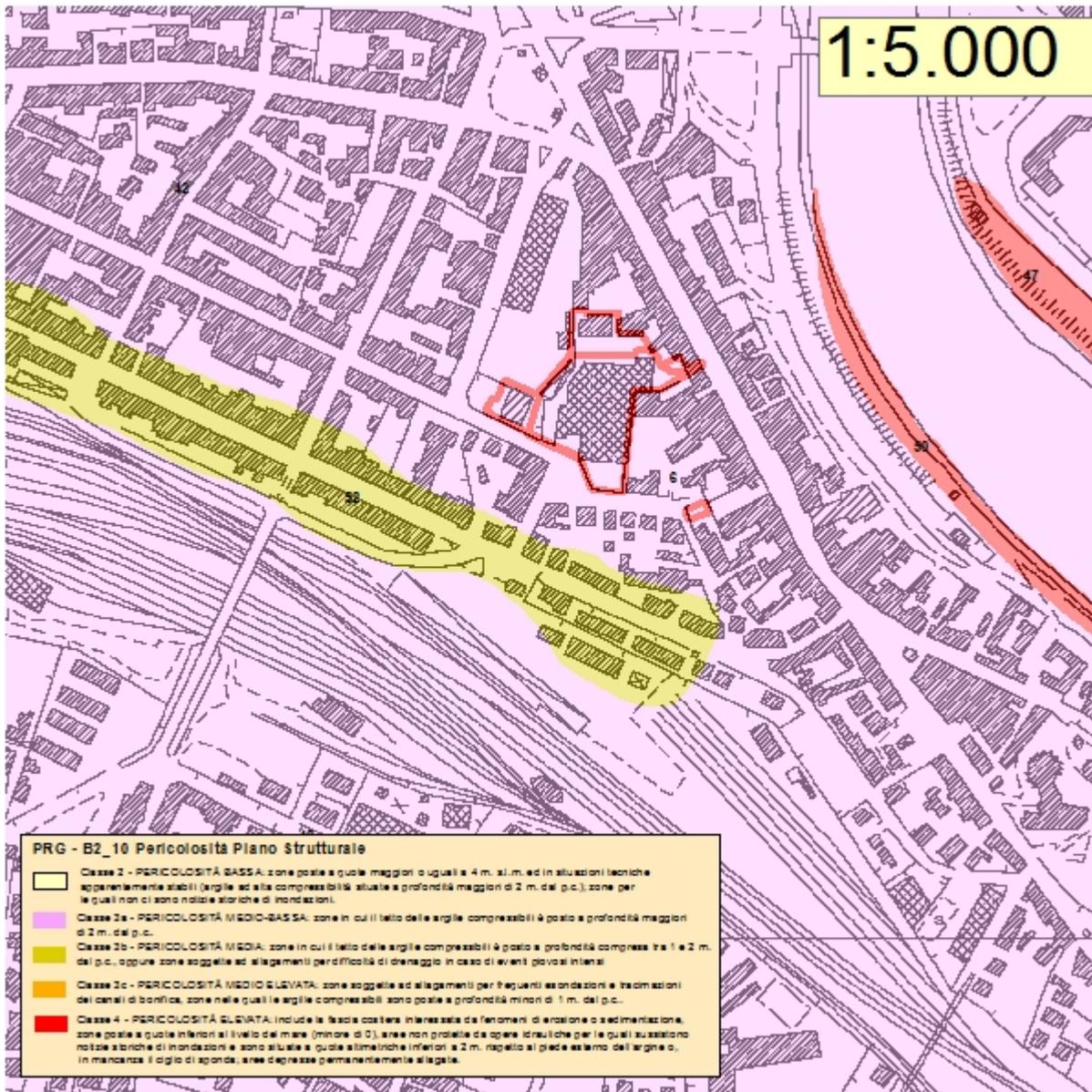


Fig 13- Carta della pericolosità PS 29.1

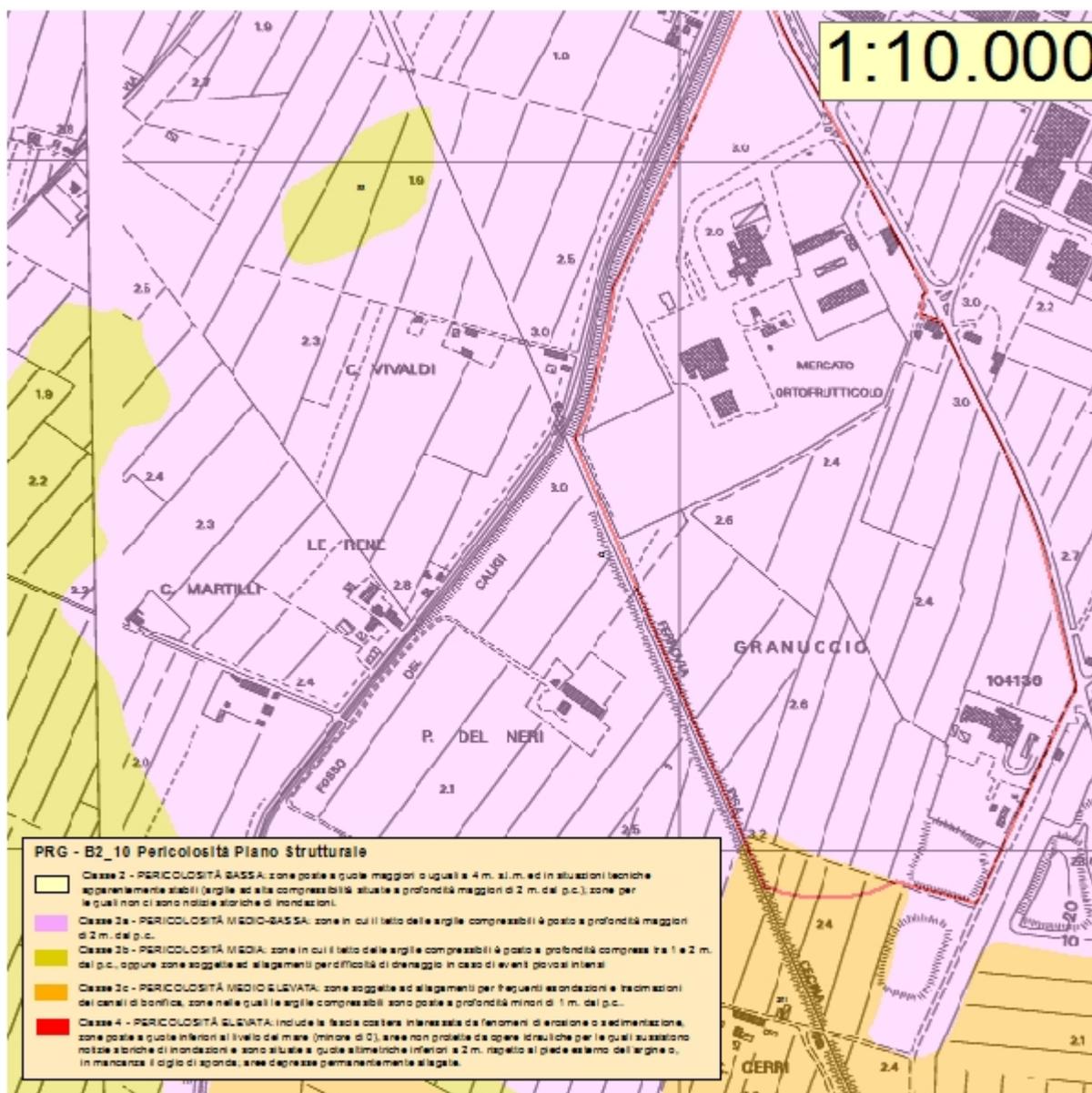


Fig 14- Carta della pericolosità PS 36.1

Intervento	Pericolosità
Scheda 10.3 Via del Brennero	3a
Scheda 29.1 Porta Fiorentina Leopolda	3a
Scheda 36.1 Via Emilia 3	3a

Si ricorda che l'esecuzione di eventuali opere sotto il piano di campagna deve sottostare a quanto indicato nelle norme del regolamento urbanistico.

## 1.2 CONSIDERAZIONI SULL'ATTIVITÀ SISMICA

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (Ord. 20 marzo 2003, n. 3274) (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003) sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche - individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone" nonché le connesse "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", "Norme tecniche per progetto sismico dei ponti", "Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni" facenti parte integrante e sostanziale dell'Ordinanza stessa. Contestualmente alla ordinanza è stata ridisegnata una nuova mappa sismica dei comuni

italiani. Le Norme Tecniche indicano 4 valori di accelerazioni ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare fissando quindi corrispondenti quattro zone sismiche attribuibili al territorio nazionale.

A tal proposito, in prima applicazione, fino alla predisposizione di una nuova mappa di riferimento a scala nazionale che soddisfi integralmente i nuovi criteri di zonazione sismica e relativo aggiornamento a livello regionale, nell'Allegato A della citata Ordinanza è indicata la classificazione sismica dei comuni italiani; sulla base della suddetta classificazione il Comune di Pisa, è classificato in Zona 2 ( $a_g/g = 0.25$ ).

Recentemente è stata approvata con [Deliberazione di G.R. del 19.06.2006, n. 431](#), la riclassificazione sismica del territorio regionale. Sulla base della suddetta classificazione il Comune di Pisa, è classificato in Zona 3s.

Con l'entrata in vigore in data 24 ottobre 2005 del D.M. 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le costruzioni" relativamente all'applicazione delle disposizioni di cui all'art. 104 del DPR 6 giugno 2001 n. 380, l'OPCM 3274/03, all'art. 2 comma 2, ha dato facoltà agli operatori di progettare e costruire con la classificazione sismica previgente, fino all'entrata in vigore delle nuove norme tecniche. Ne deriva, quindi, che le disposizioni di cui al citato art. 104 sono da applicarsi per le opere la cui esecuzione è successiva all'entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, ovvero il 24 ottobre 2005.

Al fine di permettere di progettare e costruire con la nuova classificazione sismica è necessario effettuare la caratterizzazione del suolo di fondazione definendone il parametro Vs30 che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano di fondazione ai sensi del D.M. 14-1-2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni". Pubblicato nella Gazz. Uff. 4 febbraio 2008, n. 29, S.O.

Ai fini della caratterizzazione sismica la velocità di propagazione delle Onde S può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro  $N_{spt}$  ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

## ANALISI E APPROFONDIMENTI

---

In tale sezione si descrivono le analisi ritenute necessarie per dare completezza, alle conoscenze sugli aspetti caratterizzanti le aree interessate dalla variante.

Di seguito è illustrato il quadro conoscitivo utilizzato per la predisposizione della variante.

### 1.3 ELEMENTI GEOLOGICI E STRUTTURALI

#### 1.3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE ED EVOLUZIONE PALEOGRAFICA DELL'AREA

---

L'area in oggetto è situata nella pianura di Pisa che rientra nel Bacino Pisano-Versiliense, *Graben* compreso fra le Alpi Apuane e il Monte Pisano ad Est e la Dorsale della Meloria, sommersa dal mare, ad Ovest. Nell'apparente uniformità della zona possono essere in realtà distinte una fascia pedemontana in Versilia formata dai conoidi alluvionali dei torrenti Apuani, una fascia interna leggermente depressa e una fascia costiera formata da accumuli di depositi sabbiosi in forma di dune e dalla spiaggia vera e propria.

Il Bacino Pisano-Versiliense ha avuto il massimo sviluppo nel Pliocene inf-medio; in seguito è entrato a far parte dell'ampia regione emersa che si stendeva verosimilmente fino alla Corsica ed alla Sardegna per poi subire un nuovo notevole sprofondamento nel Pleistocene inf. L'inizio di una notevole ed intensa attività fluviale, riferibile contemporaneamente all'Arno e al ramo del Serchio passante ad Est del Monte Pisano, risale al tardo Pleistocene medio (Interglaciale Mindel-Riss). Al Würm II corrisponde una seconda fase fluviale attribuibile all'Arno e al corso del Serchio ad Est del Monte Pisano, ampiamente rintracciata intorno ai 40 - 60 m di profondità nel sottosuolo superiore della pianura.

Ancora nelle fasi tarde dei Würm II corrispondono i depositi in prevalenza eolici, pedogenizzati, che bordano l'orlo meridionale della pianura (Sabbie di Vicarello) e formano uno sbarramento trasversale (Sabbie dell'isola di Coltano) posto all'interno dei sedimenti litoranei Olocenici della trasgressione versiliana.

Al Würm I sembra corrispondere la prima tracimazione del Serchio verso il mare attraverso la gola di Ripafratta, avvenuta in senso inverso a quello dell'attuale scorrimento delle acque, addirittura prima del Miocene Sup., e che è rimasta inattiva con lo sprofondamento del Bacino Pisano-Versiliese.

Analizzando più in dettaglio l'evoluzione paleogeografica della area oggetto di questo studio vediamo che, nel Miocene superiore questa è interessata da una prima trasgressione marina, testimoniata dai depositi presenti sulle colline omonime: ai conglomerati basali seguono le argille lagunari, quindi sedimenti evaporitici ed infine sabbie, argille e conglomerati. Nel Pliocene inferiore si instaurano condizioni di generale subsidenza che determinano una seconda fase di trasgressione marina e, i depositi oltrepassano i limiti del precedente ciclo arrivando a poggiare direttamente sulle rocce del substrato pre-neogenico. Nel Pliocene medio si verifica una regressione che porta, nel Pliocene Superiore, alla completa emersione del Valdarno inferiore, dando origine ad un complesso reticolo di valli fluviali, che prefigurano il sistema idrografico Arno - Serchio.

Nel corso del Pleistocene assumono grande importanza le oscillazioni eustatiche del livello del mare, collegate con le vicende dei cicli glaciali: a questa fase appartengono i depositi salmastri e marini del Pleistocene inferiore affioranti sulle Colline Pisane.

Alla fine del Pleistocene inferiore il mare si ritira nuovamente scoprendo una vasta area pianeggiante che, successivamente sarà percorsa dal paleo-sistema idrografico, drenante i bacini dell'Arno e del Serchio; dall'apporto solido di questi corsi d'acqua inizia la costruzione della pianura alluvionale costiera (definito anche "substrato superiore"). Una prima importante fase di sedimentazione è rappresentata dai depositi alluvionali e fluvio-lacustri del Pleistocene medio-superiore affioranti, in forme terrazzate, sulle Cerbaie e sui margini delle Colline Pisane. In conclusione, in questa area, si sono succedute fasi in cui prevaleva una sedimentazione marina o lagunare-salmastri, con forti spessori di sabbie, limi ed argille, e fasi continentali nelle quali l'apporto di depositi più grossolani da parte dei corsi d'acqua era talvolta predominante. Nelle fasi più antiche di alluvionamento si sono sviluppati i depositi ghiaioso-ciottolosi del Pleistocene idrografico Arno-Serchio, distribuiti prevalentemente in ampi alvei di tipo fiumara; nelle fasi più recenti, durante le quali l'Arno e il Serchio si sono resi indipendenti, il trasporto solido diviene prevalentemente sabbioso-limoso, da parte di corsi d'acqua meandriformi, con granulometrie maggiori nei depositi di canale rispetto a quelli di esondazione. Alla progradazione e all'aggradazione della pianura hanno contribuito i depositi di spiaggia e quelli dei lidi e delle dune litoranee. Gli spostamenti diacroni della linea di riva sono quindi segnati al di sotto delle coperture limo-argillose di origine alluvionale da allineamenti di depositi sabbiosi, collegati a quelli che affiorano attualmente lungo la costa e sul margine meridionale della pianura.

L'alimentazione dei depositi di spiaggia è data soprattutto dagli apporti detritici dell'Arno e del Serchio con un piccolo contributo da parte dei fiumi Apuani.

Nella Pianura Pisana affiorano dunque depositi del Pleistocene superiore e dell'Olocene: i primi sono rappresentati dai depositi residui scampati all'erosione del Würm III, i secondi hanno uno spessore massimo di 30 metri e sono rappresentati da:

- ✓ Lidi e dune sabbiose;
- ✓ Sedimenti di esondazione fluviale depositi in vicinanza degli attuali corsi dell'Arno e del Serchio (sabbie argillose di Le Rene);
- ✓ Limi e argille alluvionali che rappresentano la frazione fine dei depositi di esondazione fluviale;
- ✓ Limi, argille, torbe palustri e depositi di colmate.

In estrema sintesi, facendo riferimento alla recente pubblicazione "La torre salvata - una storia per immagini" a cura di Raffaello Martelletti, Paolo Heiniger, Carlo Viggiani si può considerare che quasi tutta la pianura pisana, sia costituita da depositi geologicamente recenti (Pleistocene-Olocene) di ambiente lagunare e palustre; si tratta di limi, argille e sabbie fini, intercalati a sabbie eoliche costituenti antiche dune costiere.

Procedendo dal piano di campagna verso il basso si incontrano generalmente tre "Complessi" aventi caratteri geotecnicamente distinti, e cioè:

Complesso A: strati misti superiori di limi, argille e sabbie di vario spessore ed irregolarmente disposti, di colore prevalentemente giallastro, per una potenza complessiva generalmente di circa 10 m. All'estremo inferiore di questo complesso, a contatto con le sottostanti argille, si incontra generalmente uno strato di sabbie fini mediamente addensate di colore grigio, dello spessore di circa due metri.

Complesso B: costituito prevalentemente da argille, si può rinvenire generalmente fino alla profondità di 40 m circa al di sotto del piano di campagna.

Al suo interno si distinguono:

- o le argille superiori, denominate localmente "pancone", di consistenza da ridotta a media, da leggermente sovraconsolidate a normalmente consolidate;
- o le argille intermedie, sovraconsolidate di elevata consistenza;
- o le sabbie intermedie;
- o le argille inferiori, normalmente consolidate di consistenza medio-alta.

Complesso C: sabbie inferiori, che possono giungere fino alla profondità di circa 70 m. dal piano di campagna.

Generalmente la superficie di separazione tra le sabbie superiori e le argille del pancone è disposta secondo un piano orizzontale con scarti massimi di pochi centimetri.

La pianura di Pisa si è originata in seguito al progressivo sprofondamento (dell'ordine di migliaia di metri) del litorale pisano-versiliese causato dalla azione distensiva di faglie dirette. La subsidenza di quest'area, collegata al sollevamento generale dei rilievi montuosi formatisi durante le fasi parossistiche del corrugamento dell'Orogene Appenninico, è stata controbilanciata dalla sedimentazione marina e fluvio-lacustre a partire dal Miocene superiore.

Questa attività tettonica distensiva è ben documentata fino al Pleistocene medio, ma non è escluso che sia tuttora attiva, considerando l'attuale morfologia e le tendenze evolutive della pianura alluvionale di Pisa.

Sulla base dei dati disponibili, il sottosuolo della pianura di Pisa può essere schematicamente suddiviso in tre parti.

#### *IL SUBSTRATO PROFONDO*

Comprende le formazioni litoidi della Serie Toscana, le stesse che affiorano sui Monti Pisani a Nord di Pisa e che nella pianura sono state ribassate dall'azione delle faglie dirette. Tra le rocce della Serie Toscana sembrano essere predominanti le formazioni carbonatiche. Inoltre sono state raggiunte da un sondaggio profondo anche le formazioni del complesso filladico quarzítico del Verrucano (Ghelardoni et al., 1968).

Ad Ovest di Pisa fanno parte del substrato profondo anche le formazioni dell'"Alloctono ligure" che è stato individuato in vari sondaggi profondi. I materiali che costituiscono il substrato profondo sono stati individuati grazie anche ad una risposta diversa alle indagini geofisiche rispetto ai substrati intermedio e superiore. La profondità del suo tetto varia da un minimo di 500 m ai piedi dei Monti Pisani fino a circa 2000 m lungo la costa. Nella zona di Pisa le isobate del tetto di questi terreni si trovano alla profondità di circa 1000 m.

#### *IL SUBSTRATO INTERMEDIO*

E' costituito da sedimenti "neoautoctoni" la cui deposizione ha un inizio variabile da zona a zona, ma non è mai anteriore al Miocene superiore. Si tratta di sedimenti deposti in presenza di una subsidenza di origine tettonica. La successione inizia alla base con sabbie e conglomerati a cui seguono argille lagunari sormontate da gessi variamente alternati a strati argillosi la cui deposizione viene fatta coincidere con la interruzione delle comunicazioni tra il Mediterraneo e l'Oceano Atlantico.

Al di sopra dei gessi si ritrovano sabbie, argille e conglomerati che rappresentano la sedimentazione di un bacino senza comunicazione con i mari aperti.

A questi è seguita la deposizione di argille azzurre di facies francamente marina che sono state invece deposte in un ambiente di mare più profondo cui seguono alternanze di argille azzurre e sabbie gialle che denotano l'alternarsi di ambienti marini più o meno profondi.

Al di sopra si ritrovano Sabbie ed Argille contenenti al loro interno fossili di *Arcticalandica* che ne attribuiscono l'età al Pleistocene a cui segue la sedimentazione delle sabbie di Nugola Vecchia che rappresentano un episodio di sedimentazione di mare basso ed indicano quindi un fenomeno di regressione marina avvenuto al termine del Pleistocene inferiore. E' da notare che questa successione può essere osservata in superficie sulle Colline Pisane dove questi terreni formano una monoclinale che si immerge al di sotto della pianura di Pisa (Fancelli et al., 1986).

#### *IL SUBSTRATO SUPERIORE*

è formato da sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore che si sono depositi in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni del clima, sia nella sua entità che nella granulometria più o meno fine dei clasti.

Al substrato superiore appartiene la Formazione dei Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina che sono presenti uniformemente nel sottosuolo Pisano e si trovano a circa 50 metri di profondità presso Cascina fino a raggiungere i 145 metri nella zona di Pisa. I conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina, il cui spessore varia tra 4 e 10 metri, sono costituiti da ciottoli delle formazioni affioranti sui Monti Pisani e sono sede di un importante acquifero artesiano attualmente molto sfruttato. Si ritiene quindi che l'apporto dei clasti più grossolani di questi conglomerati siano dovuti al trasporto del Serchio che scorreva impetuoso a partire dai rilievi delle Alpi Apuane, mentre le acque dell'Arno avrebbero fornito un contributo clastico più fine in quanto dotate di minore energia.

Al di sopra della formazione precedentemente descritta si trova un livello di "Limi fluvio-palustri del sottosuolo" corrispondenti ad una fase di più limitata attività fluviale come appare dalla diminuzione drastica delle dimensioni dei clasti rispetto a quelle della formazione sulla quale poggiano (Della Rocca et al. 1987). Questa diminuzione del trasporto è probabilmente legata ad un cambiamento del clima in senso più arido al quale sarebbe poi dovuta la deposizione nel Pleistocene superiore delle dune delle sabbie dell'Isola di Coltano al di sopra dei "Limi fluvio-palustri del sottosuolo". La deposizione di queste sabbie indica un fenomeno di ingressione marina seguito da un sollevamento eustatico con formazione di dune di origine eolica. A tali sabbie segue la deposizione dei "Limi fluvio-palustri di superficie" che sono legati a fenomeni di esondazioni dell'Arno e dei corsi d'acqua minori che, provenendo dai monti Pisani, spesso si impaludavano nella pianura fino ad epoche storiche.

#### *1.3.2 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI*

---

Per la rappresentazione geologica dell'area è stata presa a riferimento la "Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini - scala 1: 50.000" (CNR - Centro di Studi per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa - Mazzanti et alii- Roma, 1994). Le aree oggetto di intervento interessano prevalentemente le formazioni geologiche denominate:

- "Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi e limosi (Olocene) [25]",
- "Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene) [26]"
- "Depositi sabbiosi dei lidi e dune litoranei (Olocene) [27]".

Inoltre è stata presa in esame la "Carta geologica" che accompagna il quadro conoscitivo di supporto alla predisposizione del Piano Strutturale dove sono cartografati e distinti i depositi affioranti in un ampio intorno della zona oggetto di studio per un ambito areale geologicamente significativo.

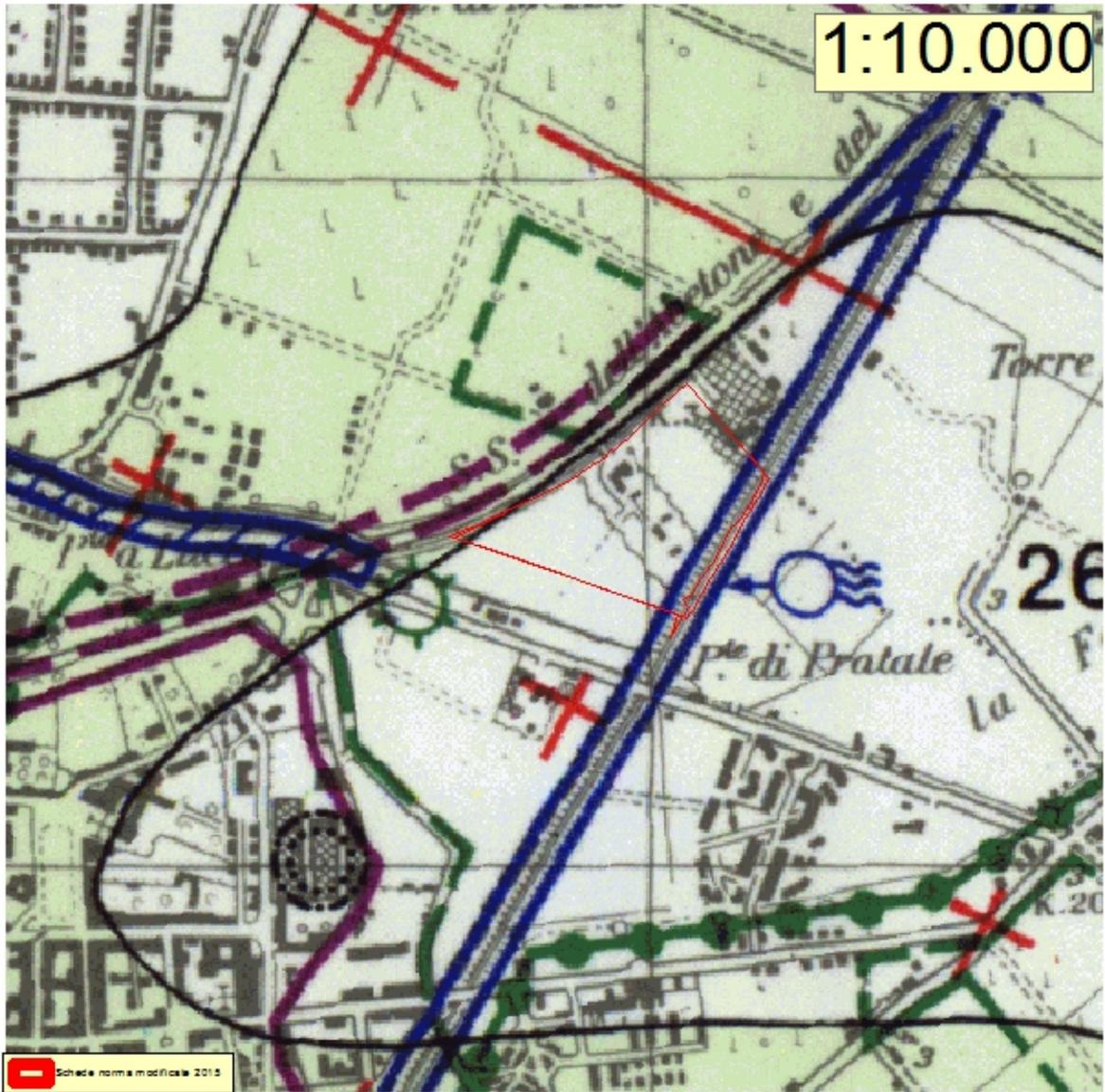


Fig. 15 “Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini” scheda 10.3

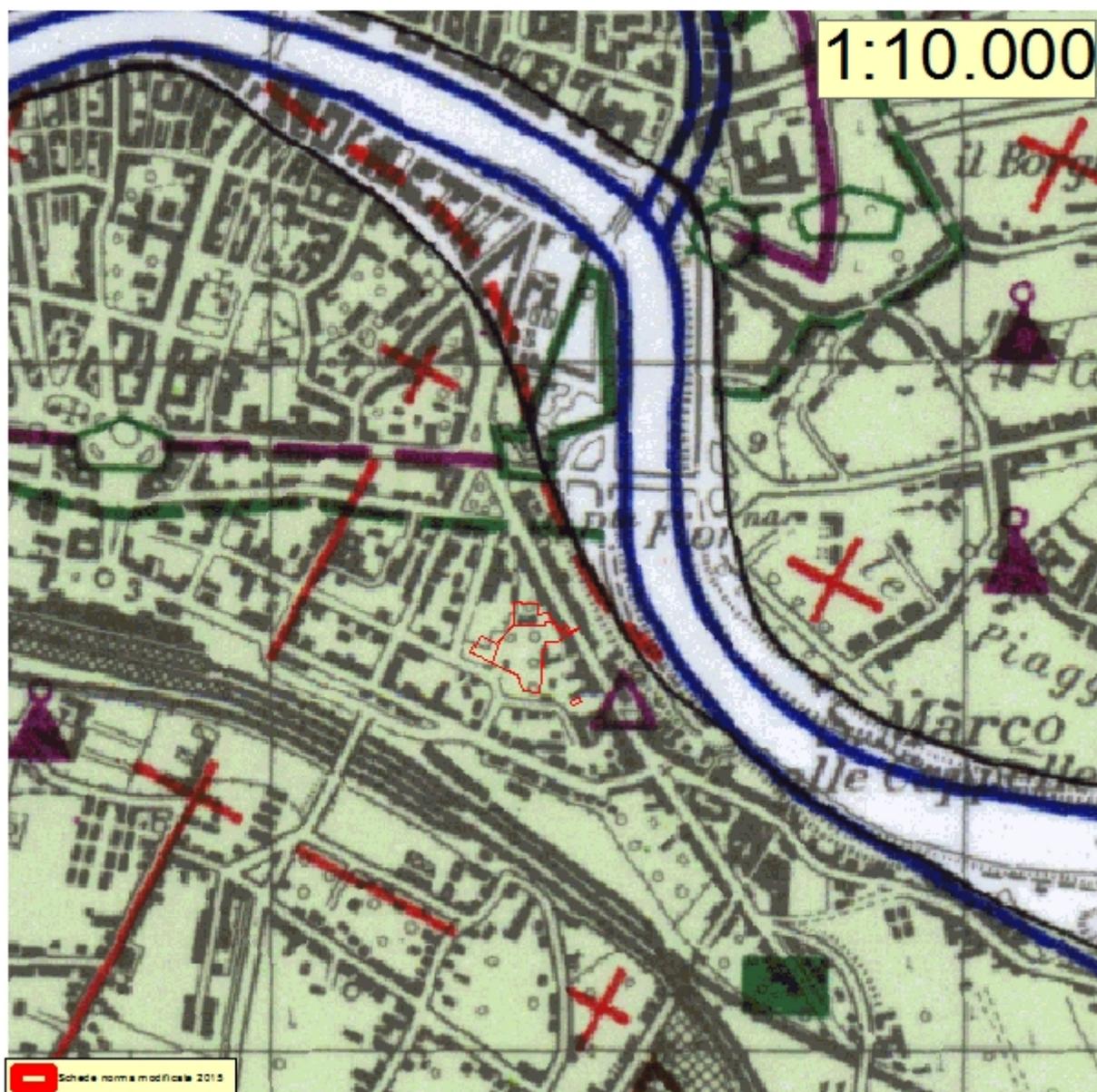


Fig. 16 Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini” scheda 29.1

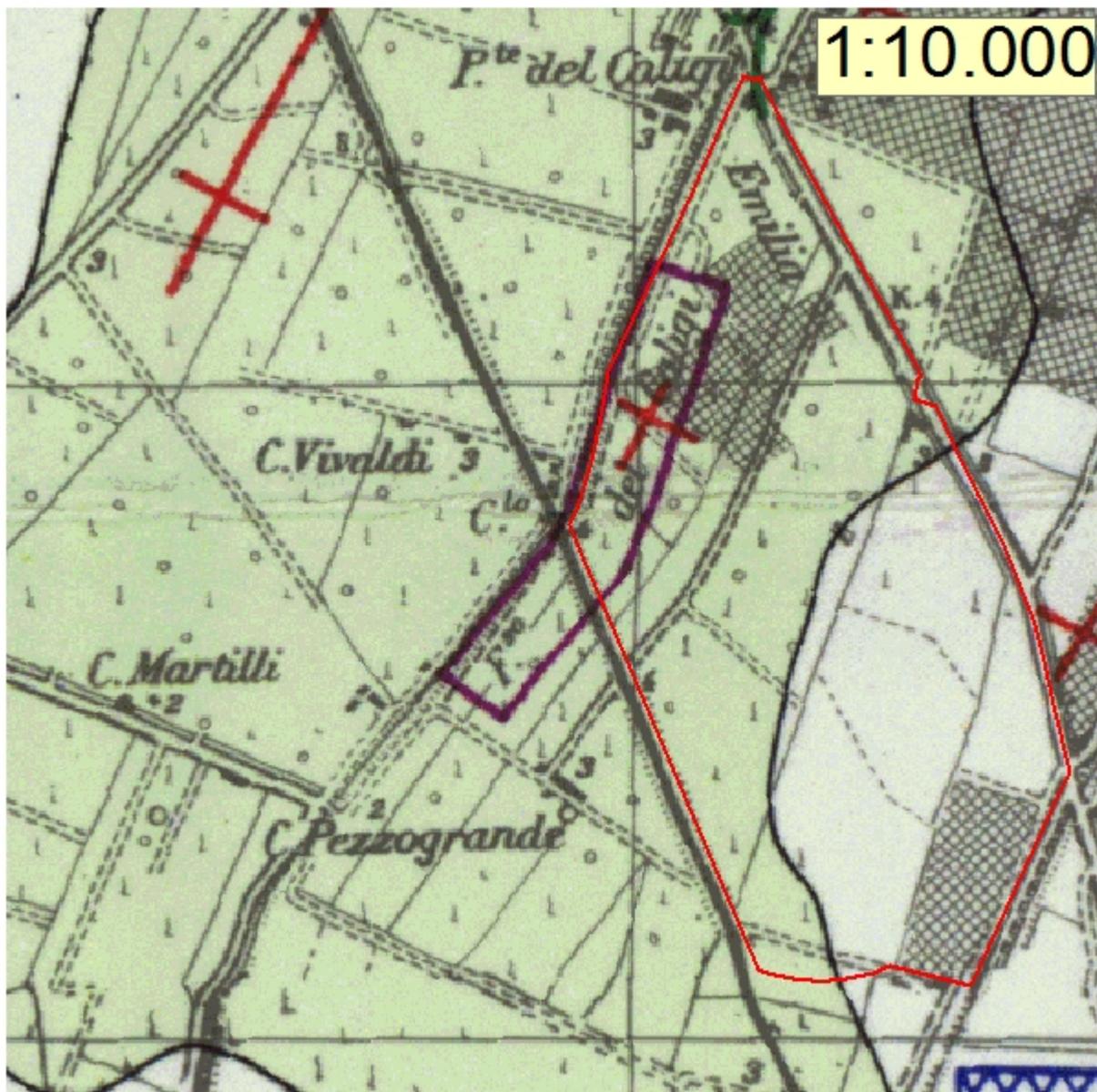


Fig. 17 Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini” scheda 36.1

#### 1.3.2.1 ELEMENTI RAPPRESENTATI NELLA CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Nel territorio comunale di Pisa, pressoché pianeggiante, affiorano terreni di età relativamente recente datati dal Pleistocene superiore all'Olocene che proseguono in profondità per circa 30 metri.

L'attuale situazione geologica e stratigrafica degli strati superficiali di terreno della pianura di Pisa è principalmente il risultato della attività di trasporto ed esondazione dell'Arno nonché delle variazioni del suo corso fluviale ed è legata agli effetti della presenza di vaste aree paludose in rapporto alle variazioni eustatiche del livello marino e dei variabili equilibri della dinamica costiera. Si tratta quindi sostanzialmente di sedimenti fluvio-palustri localizzati nella parte orientale del comune di Pisa, separati dal mare aperto da depositi eolico transizionali dei lidi e dune litoranee più ad ovest.

Nella carta geologica sono rappresentati i litotipi significativi per caratteristiche litologiche e sviluppo areale. Relativamente a tutti i punti di cui si disponeva una indagine geognostica è stata analizzata la stratigrafia dei primi 5 m di terreno ed è stata determinata la litologia prevalente. La carta è stata ottenuta dalla sintesi di tutti i dati.

*SEDIMENTI DELLE SPIAGGE ATTUALI COSTITUITI DA SABBIE SCIOLTE - (S).*

I sedimenti delle spiagge attuali sono costituiti in generale da sabbie fini, mentre i sedimenti di battigia sono leggermente più grossolani (sabbie medie). I sedimenti più distanti dalla linea di battigia sono da considerare di origine eolica vista le loro dimensioni e la loro elevata classazione.

Per quanto riguarda invece la variazione granulometrica nel senso parallelo all'andamento della spiaggia, da studi sedimentologici recenti (Pranzini 1996) è stata verificata una evidente riduzione delle dimensioni dei clasti a partire dalla foce dell'Arno e procedendo verso Livorno. A nord della foce dell'Arno le dimensioni dei granuli sembrano invece più grossolane. A questo proposito, un sondaggio (n.759) effettuato nella spiaggia in prossimità della foce del F. Morto Nuovo, ha permesso di osservare, nei primi 10 m di terreno, delle sabbie addensate a grana grossa di colore nocciola.

A sud della foce dell'Arno, i sedimenti sabbiosi delle spiagge attuali si trovano a partire da Calambrone fino all'abitato di Tirrenia mentre a nord di quest'ultima, la costa è soggetta a fenomeni erosivi ed è quindi protetta da opere di difesa trasversale o longitudinali in prossimità delle quali non è presente o è molto scarso l'accumulo di sedimenti.

A nord della foce dell'Arno, le spiagge attuali aumentano la loro entità procedendo da sud verso nord in quanto i fenomeni erosivi raggiungono la massima intensità in prossimità del delta dell'Arno che è attualmente in fase di smantellamento. In tutto il litorale pisano i sedimenti di spiaggia attuali sono comunque alimentati prevalentemente da materiali trasportati dall'Arno.

*SEDIMENTI LIMO-ARGILLOSI E SABBIOSI DELLE AREE GOLENALI (ATTUALE) - (A).*

I sedimenti presenti nelle aree golenali sono depositi dai corsi d'acqua attuali negli alvei e nelle aree laterali raggiunte dalle piene ordinarie. Per quanto riguarda l'Arno si tratta di sedimenti a granulometria variabile da limo-argillosa a sabbiosa in corrispondenza dell'energia delle acque che li hanno depositi.

*DEPOSITI SABBIOSI DEI LIDI E DUNE LITORANEE (OLOCENE) - (D).*

I depositi sabbiosi si trovano lungo una fascia della larghezza di circa 7 km posta in direzione nord-sud che separa la pianura alluvionale di Pisa dal mare. Tale disposizione spaziale rappresenta gli antichi andamenti del litorale che è andato espandendosi fino al secolo scorso.

I lidi e le dune litoranee sono costituiti da depositi sabbiosi in cui prevalgono composizionalmente i granuli quarzosi. Tali sabbie si presentano sciolte in superficie e mediamente addensate in profondità.

I lidi, chiamati localmente "Cotoni", non raggiungono quote molto elevate al di sopra del l.d.m.

Corrispondono a barre emerse per sovraccumulo di sedimenti trasportati dall'azione marina litoranea, scaricati sulle spiagge dalle onde e, in tempi successivi, stabilizzati dalla vegetazione (Mazzanti, 1994b).

Le dune sabbiose, dette "Tomboli", si sono formate invece in seguito ad accumuli di origine eolica. Si presentano mediamente più elevate rispetto ai lidi ed hanno una forma allungata prevalentemente nel senso del litorale. In generale la loro formazione è legata al prevalere di un vento costante ed hanno per questo un profilo asimmetrico che rimane visibile dove non è stato alterato dall'azione antropica.

*SEDIMENTI INTERDUNALI COSTITUITI DA LIMI E SABBIE LIMOSE TALVOLTA CON DEPOSITI SUPERFICIALI  
COSTITUITI DA ARGILLE ORGANICHE E TORBE (OLOCENE) - (I).*

I sedimenti interdunali presentano un andamento parallelo ai lidi e sono stati depositi nelle depressioni comprese tra i lidi e le dune. Anche questi terreni, come quelli precedentemente descritti, si sono originati in prossimità di linee costiere dei secoli scorsi e di conseguenza sono costituiti da depositi sabbiosi in particolare arricchiti della frazione più fine.

Nelle aree interdunali, in quanto morfologicamente depresse, si sono verificati ristagni d'acqua nei periodi di maggiore piovosità. Di conseguenza, in queste zone si è spesso notevolmente sviluppata una vegetazione igrofila, la cui alterazione ha dato origine a depositi organici e torbosi negli strati più superficiali di terreno.

*DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI, TORBE PALUSTRI E DEPOSITI DI COLMATA (OLOCENE) - (AT).*

Questi terreni sono costituiti prevalentemente da argille (la cui consistenza può variare localmente), da argille organiche e torbe. Queste ultime sono caratterizzate dal colore grigio scuro o nero e dalle scadenti proprietà meccaniche.

All'interno degli strati argillosi sono talvolta presenti sottili livelli costituiti da limi e subordinatamente da sabbie.

I depositi appartenenti a questo gruppo sono rappresentati da sedimenti molto fini e sono generalmente localizzati nelle zone più lontane dai fiumi sulle quali si sono verificati fenomeni di sovralluvionamento. Nelle zone ancora più depresse inoltre, soggette ad impaludamento, si sono deposte anche argille organiche e torbe.

La deposizione delle torbe è causata da un processo di degradazione anaerobica subito dalla vegetazione igrofila che si verifica in seguito alla permanenza del terreno allo stato palustre.

Questi depositi si ritrovano infatti nelle zone che nel passato erano permanentemente paludose mentre attualmente lo diventano solo occasionalmente in concomitanza degli eventi meteorici più consistenti. Tali aree si trovano a nord di Coltano, a Stagno, nella zona della Ballerina, del Gracitone e, più a nord, nelle vicinanze di Campaldo.

*DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE LIMOSI E SABBIOSI CON INTERCALAZIONI ARGILLOSE (OLOCENE) - (LA).*

Questi depositi hanno una granulometria mediamente più grossolana di quella dei terreni sopra descritti. Si tratta infatti di depositi prevalentemente limosi e argillosi al cui interno sono più o meno frequenti intercalazioni sabbiose.

Le ripetute esondazioni verificatesi nel passato nella pianura di Pisa, depositavano la frazione limosa meno fine prevalentemente nelle aree poste in prossimità del corso fluviale dell'Arno. I limi si ritrovano infatti nella zona di Barbaricina, della Vettola, di S. Giovanni al Gatano, ed inoltre nelle zone di Pisa sud, di S. Giusto, di S. Ermete, e di Ospedaletto. Questi depositi si trovano anche in località Le Rene e rappresentano anche in questa località un sedimento di esondazione fluviale che potrebbe essere stato deposto da un antico corso del fiume oggi abbandonato.

Le zone il cui substrato è costituito da questi terreni sono leggermente più rilevate rispetto alle ex aree palustri in cui si ritrovano sedimenti mediamente più fini.

*DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI (OLOCENE) - (SA).*

La distribuzione di questi terreni è stata cartografata in base ai risultati di indagini geognostiche. In queste aree i primi 5 metri di sottosuolo sono costituiti in prevalenza da sabbie con argille e limi in quantità subordinata. Si ritrovano nella zona di Ospedaletto e in alcune fasce adiacenti al corso attuale dell'Arno.

L'ambiente di deposizione è analogo a quello dei depositi sopra descritti. Nelle zone laterali al fiume possono essere interpretati come arenili formati nella parte interna di meandri in seguito al deposito dei materiali sabbiosi in sospensione nelle acque a causa del rallentamento della corrente.

*CALCARENITI E SABBIE DELL'ISOLA DI COLTANO (PLEISTOCENE SUPERIORE) - (C).*

Questi terreni sabbiosi di composizione prevalentemente quarzosa affiorano, oltre che a Coltano, anche più a nord nella zona di Castagnolo e in un'area molto limitata nella zona di Montacchiello.

Le aree in cui sono localizzati questi terreni hanno mantenuto una morfologia più elevata in quanto residui eolico-dunali raggiungendo dislivelli massimi fino a 8-9 metri sul livello del mare.

Come età si tratta di depositi relativi al Pleistocene superiore da considerare depositi durante il Wurm II in quanto sono stati trovati reperti Musteriani (Menchelli 1984).

#### *AREE PALUSTRI BONIFICATE.*

Le aree paludose ancora in tempi storici nel Comune di Pisa sono caratterizzate dalla presenza di argille plastiche ed organiche superficiali, talvolta con frazioni limose con scadenti proprietà meccaniche.

Nella zona sud del comune di Pisa le ex aree palustri principali sono quelle di Stagno a sud dell'Isola di Coltano e del Palude Maggiore a nord, ancora localizzabili nelle carte del catasto Leopoldino del 1825 le quali sono state prosciugate in tempi molto recenti.

Una diramazione del Palude Maggiore è rappresentata dal Palude della Ballerina in prossimità delle dune sabbiose di Castagnolo.

A nord e ovest di Pisa esisteva una zona paludosa più antica che si estendeva dalla città fino alle dune di San Rossore, detta la palude Pisana o anche Paludozzeri non ancora prosciugata agli inizi del 1300. Un'altra palude era localizzata verso il 1000 presso Cisanello.

Queste zone acquitrinose costituivano i residui di una depressione occupata da acque stagnanti che in precedenza risultava di estensione molto maggiore.

#### *ALVEI FLUVIALI ABBANDONATI.*

Sono stati distinti nella carta geologica gli alvei tagliati in epoca storica, dagli alvei abbandonati in tempi più antichi riconoscibili da foto aeree o da immagini da satellite. Tra i tagli avvenuti in epoca storica si ritrovano:

i tagli di meandro avvenuti nel 1338, della Vettola e di Cascine Nuove. Quest'ultimo è bene identificabile grazie anche alla forma con cui ha tagliato le dune sabbiose più antiche;

il "Taglio Ferdinando" del 1606 che deviò la foce dell'Arno di circa 2 km più a nord per evitare gli effetti del vento di Libeccio sull'insabbiamento della foce; il taglio effettuato tra il 1771-74 a Barbaricina.

Tali paleoalvei sono generalmente caratterizzati da terreni più sabbiosi ad andamento lenticolare alternati a sedimenti più fini limo-argillosi. In superficie possono essere presenti depositi più fini talvolta organici dovuti a locali impaludamenti verificatesi in seguito al taglio del meandro.

#### *PALEOALVEI SEPOLTI RILEVATI CON IMMAGINI DA SATELLITE.*

Alcuni paleoalvei sono stati osservati grazie ad immagini da satellite anche al di sotto di spessori di sedimenti di natura diversa (esempio lacustre). Sono stati rilevati i due paleoalvei di Cisanello, del Fiume Morto, della Vettola e dell'Aeroporto.

#### *ANTICHE LINEE DI COSTA E RELATIVE DATAZIONI.*

E' stato possibile ricostruire l'evoluzione della linea di costa dall'VIII-V secolo A.C. fino al 1830 per mezzo della localizzazione dei siti storici o archeologici in cui sono stati trovati manufatti per i quali è stato possibile effettuare una datazione (Mazzanti & Pasquinucci, 1983).

La linea costiera nell'VIII-V secolo A.C. si trovava lungo il bordo occidentale del cordone sabbioso di San Guido-La Bigattiera sud dell'Arno (Ceccarelli Lemut et al., 1994) e lungo il bordo occidentale del Cotone delle Cascine a nord dell'Arno. Nei secoli successivi, fino al 1830, è andata progressivamente accrescendosi come è osservabile nelle ricostruzioni riportate nella carta geologica.

#### *1.3.2.2 CONSIDERAZIONI SUGLI ELEMENTI GEOLOGICI E STRUTTURALI*

Il rilevamento geologico condotto non ha portato ad un sostanziale mutamento del quadro conoscitivo iniziale confermando la presenza esclusiva di formazioni oloceniche. Da un punto di vista sismo tettonico non si hanno nuovi elementi, in quanto trattasi di studi a livello di dettaglio e non regionale, salvo rilevare l'attivazione periodica negli ultimi anni delle faglie presenti in area sottomarina tra Livorno e Viareggio che hanno causato terremoti superficiali con magnitudo massima intorno a 4 (fonte Servizio Sismico Regionale).

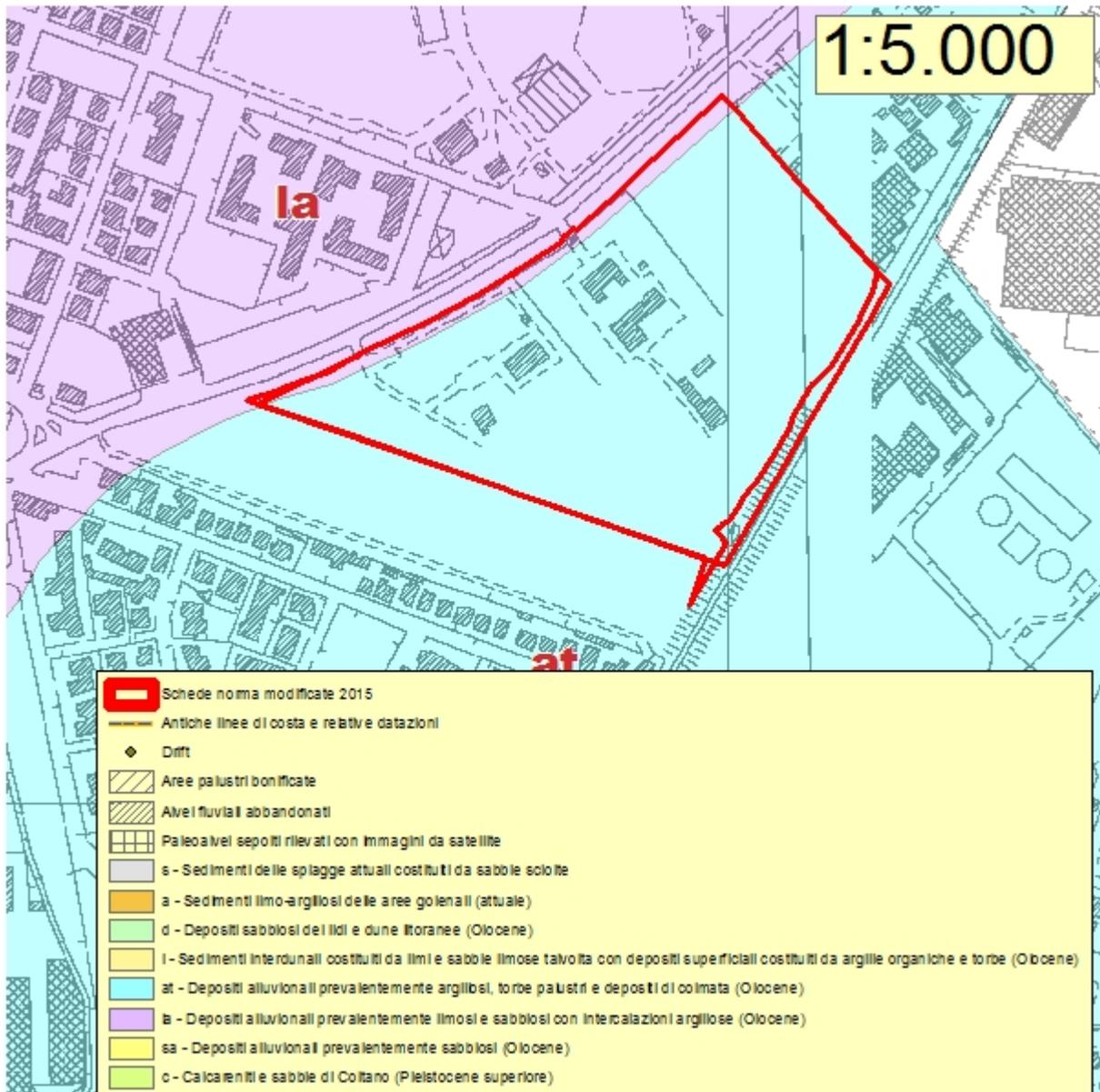


Fig. 18 “CartaGeologicaPianoStrutturale1998” scheda 10.3



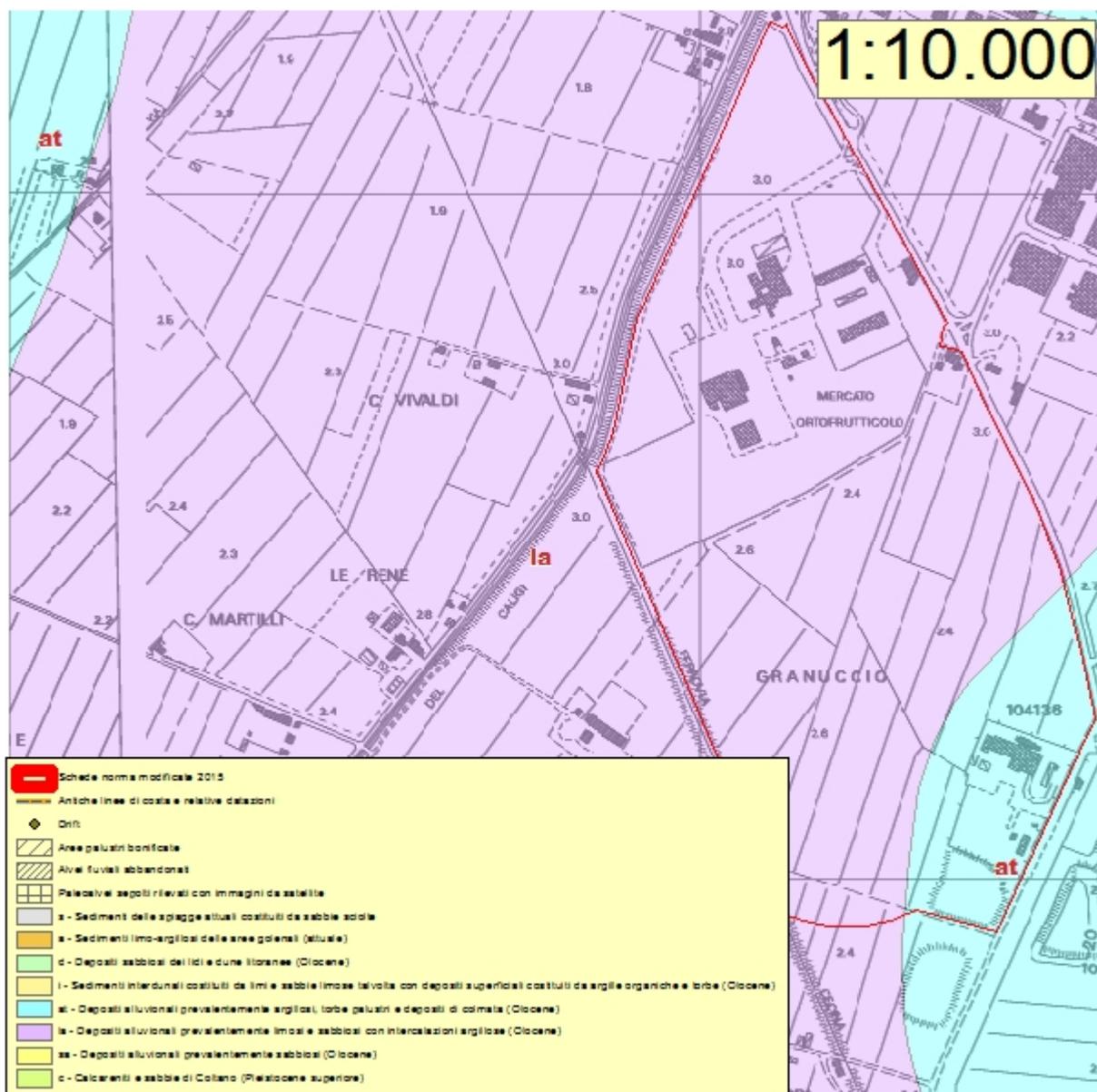


Fig. 20 Carta Geologica Piano Strutturale 1998” scheda 36.1

Scheda 10.3	at - Depositi alluvionali prevalentemente argillosi torbe palustri (Olocene)
Scheda 29.1	la-Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose(Olocene)
Scheda 36.1	la-Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose(Olocene) parte prevalente con una minima parte di at

#### 1.4 ELEMENTI LITOLOGICO-TECNICI

Per determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo, riguardo alle aree oggetto di variante, si è fatto riferimento alla carta litotecnica che accompagna il quadro conoscitivo di supporto al Piano Strutturale, le aree oggetto di variante sono state ulteriormente verificate con i dati acquisiti.

#### 1.4.1 CARTA LITOTECNICA

L'elaborazione della carta litotecnica, in fase di predisposizione del PS è stata preceduta da una raccolta di dati bibliografici e di informazioni relative ad indagini geognostiche di dettaglio effettuate nel comune di Pisa a livello di progettazione edilizia. Le indagini prese in esame comprendono sia prove in situ, come sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche e dinamiche, sia analisi di laboratorio come prove edometriche, prove triassiali o tagli rapidi non drenati. La ubicazione di queste indagini è osservabile nella Carta dei sondaggi e dei dati di base.

Dalla analisi di tutti i dati a nostra disposizione è stato possibile effettuare una ricostruzione della porzione di sottosuolo della pianura pisana interessante ai fini della progettazione edilizia, sia dal punto vista stratigrafico che geotecnico. Naturalmente il grado di dettaglio di tale ricostruzione è legato alla frequenza areale dei dati geognostici a nostra disposizione la quale è più alta, ovviamente, dove il territorio è più urbanizzato.

L'analisi dei dati geognostici ha permesso un ordinamento dei litotipi presenti sulla carta geologica, sulla base delle caratteristiche litotecniche e delle proprietà fisicomeccaniche più importanti, quali peso di volume, coesione, angolo di attrito interno, densità relativa, e coefficiente di compressibilità volumetrica. Sono inoltre stati riportati, per i vari terreni, i valori della resistenza alla punta del penetrometro statico molto indicativi delle proprietà meccaniche dei terreni, anche perché la prova statica C.P.T. è la più diffusa tra quelle effettuate nel territorio pisano.

In base ai criteri sopra specificati, dal punto di vista litotecnico, sono stati riconosciuti i terreni descritti di seguito.

##### *TERRENI DI RIPORTO (R).*

I terreni di riporto sono stati rappresentati sulla carta litotecnica nelle zone in cui il loro spessore, variabile tra 1,5 e 5-6 m, presenta una certa rilevanza.

Si ritrovano notevoli quantità di terreni di riporto soprattutto lungo il corso dell'Arno esternamente agli argini. Nella zona interna del meandro di Cisanello gli spessori del terreno vegetale e di riporto raggiungono anche i 7 metri, e la loro deposizione si è verificata in seguito allo scarico e all'accumulo di materiale scavato durante la costruzione degli argini e della golena. Il materiale di riporto cartografato all'interno della golena della Cella rappresenta un accumulo di materiali inerti costituiti da elementi litoidi e laterizi in presenza di materiale più o meno fine.

Nella zona del centro storico lo spessore del materiale di riporto, anch'esso costituito da elementi litoidi e laterizi in matrice più fine, è legato all'accumulo di materiale edilizio stratificato nelle varie epoche storiche.

In generale si tratta di terreni con caratteristiche geotecniche molto variabili in relazione al tipo di materiale deposto, quindi la coesione può variare molto in relazione al contenuto locale di argilla o limo e l'angolo di attrito interno al tenore di materiale sabbioso o ghiaioso grossolano. Sono terreni eterogenei rimaneggiati che in generale non offrono garanzie della capacità portante o dei cedimenti in modo tale da indicare come necessaria la loro asportazione in caso di costruzione di manufatti o di posizionare il piano di imposta delle fondazioni al di sotto di essi.

##### *SABBIE (S).*

Sono state cartografate lungo la fascia costiera posta nella parte occidentale del territorio comunale di Pisa in corrispondenza dei lidi e le dune litoranee, nella zone di Coltano, di Castagnolo e in un'area molto limitata in prossimità di Montacchiello.

Questi terreni, sono costituiti prevalentemente da sabbie a composizione principalmente quarzosa; talvolta sono presenti al loro interno delle intercalazioni di sabbie limose con Lamellibranchi.

Le sabbie sono dotate di una coesione nulla, mentre l'angolo di attrito interno, in base a dati di prove penetrometriche statiche, è risultato variabile tra un minimo di 28° e massimi intorno a 43°. Nei primi 10 metri di profondità la resistenza alla punta (Rp) del penetrometro statico è generalmente maggiore di 45 km/cm<sup>2</sup> con punte massime intorno a 250 km/cm<sup>2</sup>. Il peso di volume varia tra minimi intorno a 1,80 km/dmc per le sabbie con contenuto limoso, fino a 2,08 per le sabbie pure più addensate. La densità relativa (Dr) varia tra minimi intorno al 52% e

massimi che in rari casi possono raggiungere il 100%. Il colore di questi terreni si presenta marrone chiaro-nocciola negli strati più superficiali e grigio in quelli più profondi.

In questa categoria litotecnica sono comprese anche le sabbie superficialmente sciolte delle spiagge attuali. Queste ultime sono caratterizzate da una granulometria da media a medio fine e dal fatto che le dimensioni dei granuli aumentano procedendo verso la linea di battigia e verso le zone di spiaggia alta di accumulo eolico. Questi sedimenti mostrano inoltre una classazione in senso verticale, sono notevolmente sciolti in superficie mentre in profondità si presentano mediamente addensati.

*SABBIE FINI LIMOSE (SL).*

Questi terreni si ritrovano lungo la fascia costiera del territorio pisano in prossimità delle depressioni comprese tra i lidi e le dune, in alcuni tratti localizzati lungo il corso fluviale dell'Arno e nella zona di Ospedaletto.

Si tratta di sabbie fini spesso limose talvolta con intercalazioni limose o argillose. Per quanto riguarda le sabbie, l'angolo di attrito interno varia generalmente tra 25° e 33°, mentre la coesione  $c$  è nulla. La densità relativa  $D_r$  è compresa tra 10 e 50 % e il coefficiente di compressibilità volumetrica  $m_v$  varia tra circa 0,013 e 0,040 kg/cmq.

*ARGILLE E LIMI (AL).*

Affiorano in vaste aree della pianura alluvionale a sia a nord che a sud della città di Pisa. Si ritrovano infatti nella zona di Campaldo, delle Lenze, di Cisanello e più a sud nella zona dell'aeroporto, dei Campacci, di Montacchiello ed ad est della zona artigianale di Ospedaletto.

Questi terreni sono costituiti da limi ed argille di colore bruno-giallastro. La componente limosa è generalmente preponderante su quella argillosa. La  $R_p$  del penetrometro statico varia generalmente tra 9 e 15 kg/cmq. La coesione è compresa tra 0,4 e 0,7 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica  $m_v$  assume valori tra 0,021 e 0,034 cmq/kg con valori medi intorno a 0,25 cmq/t. In base a prove edometriche effettuate su campioni indisturbati prelevati negli orizzonti argillosi e limoargillosi, è risultato che gli strati superficiali di questi terreni sono generalmente preconsolidati. Presentano inoltre valori generalmente elevati dell'indice di consistenza e valori del peso di volume compresi tra 1,7 e 1,9 kg/cmq.

*ARGILLE GRIGIO AZZURRE PLASTICHE (AP).*

Sono state cartografate nelle zone una volta paludose localizzate a Nord di Coltano, a Stagno ed inoltre nella zona della Ballerina, del Gracitone e, più a Nord, nelle vicinanze di Campaldo.

Queste argille, caratterizzate da elevate plasticità ed umidità naturale, contengono al loro interno lenti sabbiose più o meno spesse. Sono normalmente consolidate e quindi più suscettibili ai cedimenti, in quanto, dai dati di prove edometriche su campioni indisturbati, la compressibilità è risultata molto elevata. Il coefficiente di compressibilità volumetrica  $m_v$  è compreso tra 0,026 e 0,100 cmq/kg i cui valori più frequenti sono di circa 0,50 cmq/kg. Spesso all'interno di queste argille si trovano degli strati torbosi la cui frequenza e spessore ne influenzano negativamente il comportamento meccanico. Le argille grigie plastiche presentano valori dell'indice di consistenza e del peso di volume (variabile tra 1,6 e 1,7 kg/cmq) marcatamente più bassi dei terreni sovrastanti. La  $R_p$  assume valori generalmente poco elevati compresi tra 1 e 9 kg/cmq. Anche la coesione è bassa ed è variabile tra 0,1 e 0,35 kg/cmq.

*TERRENI PREVALENTEMENTE LIMOSI (LI).*

Si ritrovano prevalentemente in fasce adiacenti al corso attuale dell'Arno, come nella zona di Barbaricina, della Vettola, Pisa sud, S. Giusto, S. Ermete, Ospedaletto, e, più a sud, presso Le Rene.

Si tratta di terreni prevalentemente limosi di colore nocciola con intercalazioni argillose e talvolta sabbiose. Di conseguenza i parametri geotecnici di questi terreni sono variabili in relazione al tenore di limo, argilla o sabbia. In via indicativa per quanto riguarda la frazione limo-argillosa è stato riscontrato che la  $R_p$  del penetrometro statico varia generalmente intorno a valori compresi tra 11 e 20 kg/cmq. La coesione varia tra 0.40 e 0.85 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica  $m_v$  è compreso tra 12 e 25 cmq/t. L'angolo di attrito interno si mantiene attorno a valori generalmente bassi.

*TERRENI ARGILLOSI E LIMOSI DELLE AREE GOLENALI (A).*

Si tratta di sedimenti limo argillosi e sabbiosi depositi principalmente nelle aree comprese tra gli argini dei fiumi in tempi anche molto recenti durante le fasi di piena dei corsi d'acqua. Si tratta comunque di terreni caratterizzati da proprietà meccaniche generalmente scadenti ove la composizione argillosa prevale su quella sabbiosa.

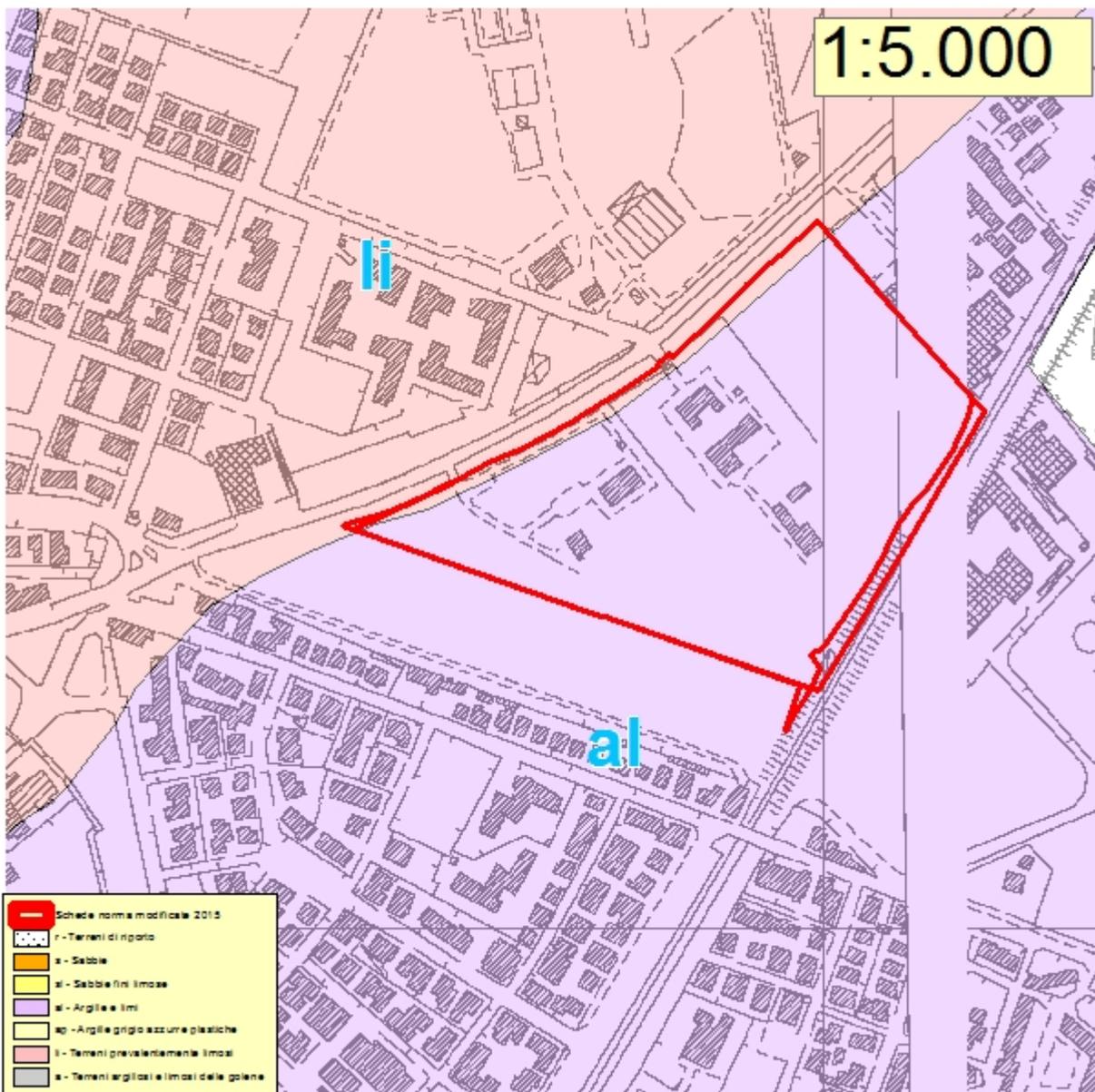


Fig. 21 "PS Carta Litotecnica" scheda 10.3

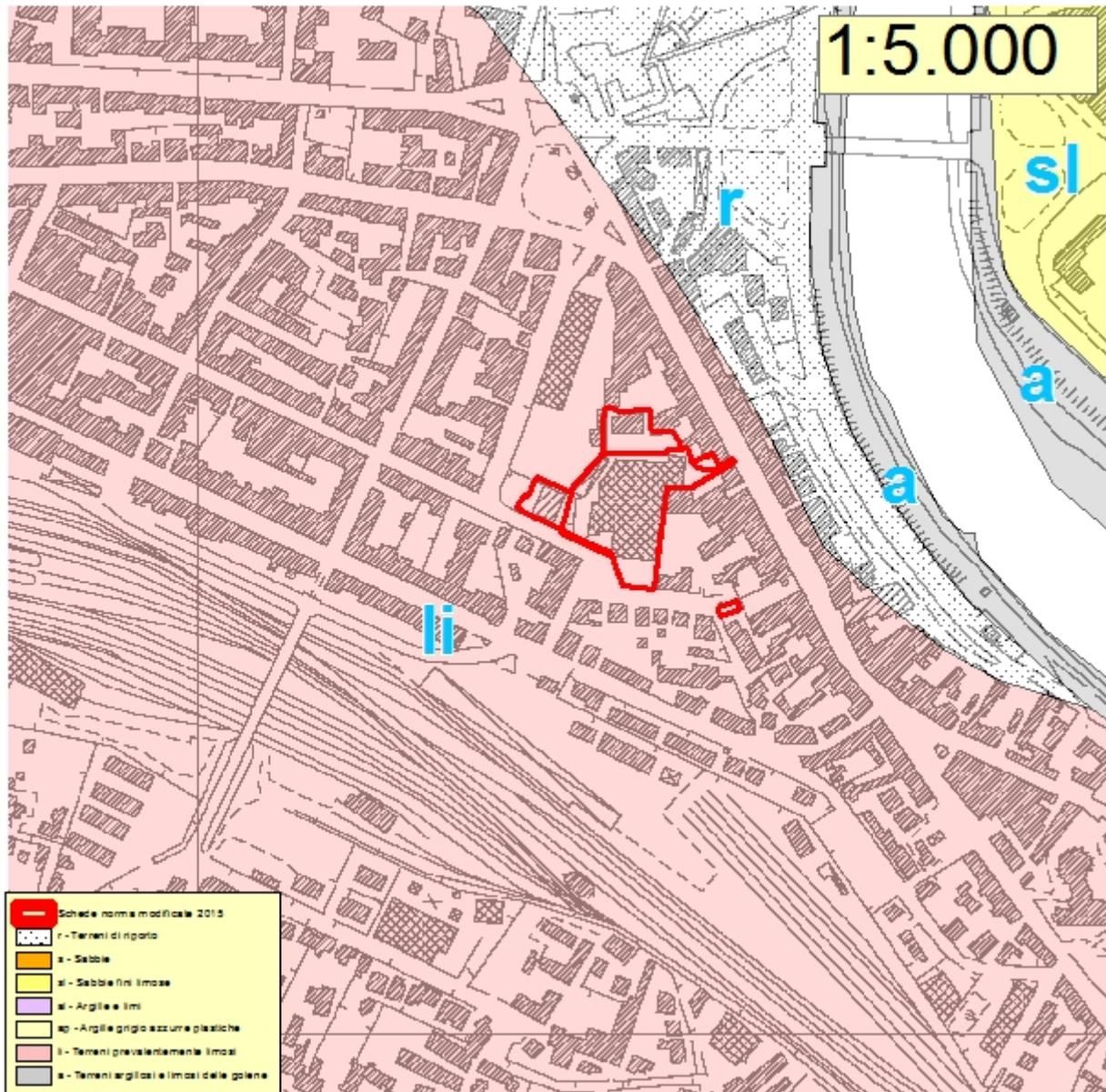


Fig . 22 CartaLitotecnica PS 1998”scheda 29.1

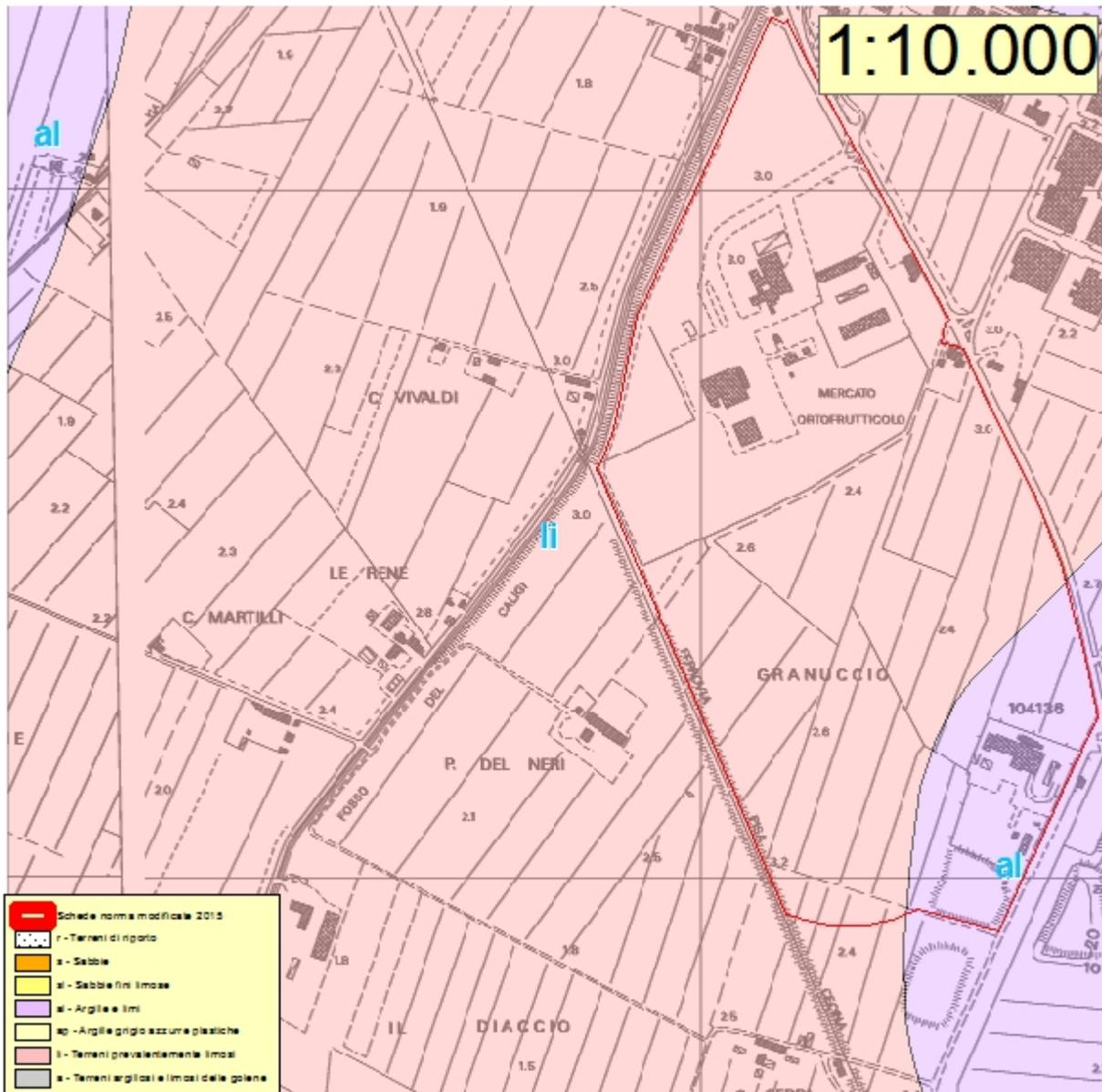


Fig. 23 CartaLitotecnica PS 1998”scheda 36.1

Scheda 10.3	al
Scheda 29.1	li
Scheda 36.1	li+al

#### 1.4.2 CARTA DELLA PROFONDITÀ DEL TETTO DELLE ARGILLE COMPRESSIBILI

I problemi di instabilità di un territorio di pianura, quale quello pisano, sono legati principalmente alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni eventualmente interessati dalla costruzione di manufatti. Da questo punto di vista le aree a pericolosità più alta sono quelle in cui, a causa della elevata compressibilità dei terreni, possono verificarsi fenomeni di consolidazione di entità non trascurabile con conseguenti cedimenti e cedimenti differenziali. Tali fenomeni possono aver luogo in seguito alla costruzione di manufatti, di prelievi idrici dalle falde più superficiali o anche in conseguenza delle azioni sismiche.

Dalla analisi di tutti i dati acquisiti dai sondaggi geognostici e dalle prove geotecniche in situ o in laboratorio eseguiti nel comune di Pisa, è stato possibile attraverso delle correlazioni, effettuare una ricostruzione del sottosuolo a fini geotecnici, ossia di quella porzione di terreno interessata dai carichi trasmessi dalle strutture.

In particolare sono state riconosciute le zone in cui affiorano i terreni con caratteristiche geotecniche più scadenti dal punto di vista della suscettibilità ai cedimenti e le aree in cui tali terreni sono prossimi alla superficie e di conseguenza possono andare ad interferire negativamente con le strutture di fondazione.

#### *1.4.2.1 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI SUPERFICIALI*

Escludendo la fascia litorale sabbiosa per la quale non sussistono problemi di cedimenti e cedimenti differenziali, la rimanente parte del territorio pisano è costituita da una successione di sedimenti prevalentemente limo-argillosi con intercalazioni sabbiosolimose di età recente che si sono formati in un ambiente sia fluviale che di palude e laguna costiera.

In questo contesto, la Carta della profondità del tetto delle argille compressibili rappresenta una suddivisione del terreno più superficiale in due orizzonti. Tale suddivisione è operata allo scopo di distinguere i terreni o i gruppi di terreni in base al loro comportamento sotto la applicazione dei carichi degli edifici.

La carta suddetta va quindi ad aggiungersi a quelle geologica e litotecnica in quanto rappresentazione del sottosuolo che mette in evidenza le aree interessate da vari gradi di suscettibilità ai cedimenti. E' da notare che a tale suscettibilità risulta strettamente correlata la pericolosità geomorfologica della pianura alluvionale pisana.

Per quanto riguarda la zona di pianura ad est delle dune costiere, lo spessore di terreno normalmente interessato dai carichi trasmessi dalle fondazioni delle strutture, può essere schematicamente suddiviso, in base ai criteri sopra esposti, in due orizzonti riconoscibili in tutte le stratigrafie dei sondaggi ed in tutte le altre prove geotecniche.

#### *ARGILLE E LIMI SUPERFICIALI CON INTERCALAZIONI SABBIOSE.*

Questo primo orizzonte è caratterizzato da limi ed argille di colore bruno-giallastro talvolta con intercalazioni sabbiose. La componente limosa è generalmente preponderante su quella argillosa. Sono inoltre stati riscontrati casi in cui nei primi metri di terreno sono state ritrovate solo sabbie, come ad esempio nella zona di Ospedaletto.

In base a prove edometriche effettuate su campioni indisturbati prelevati negli orizzonti argillosi e limo-argillosi, è risultato che questo orizzonte è preconsolidato, di conseguenza caratterizzato da una compressibilità ridotta. Questi terreni presentano inoltre valori generalmente elevati dell'indice di consistenza e valori del peso di volume compresi tra 1,7 e 1,9 kg/cmq.

In base ai risultati di tutte le prove analizzate, i terreni appartenenti a questo primo orizzonte superficiale presentano buone garanzie sia dal punto di vista della capacità portante che dei cedimenti del terreno stesso.

#### *ARGILLE GRIGIO AZZURRE PLASTICHE.*

Si trovano al di sotto del livello sopra descritto. Generalmente queste argille, caratterizzate da elevate plasticità ed umidità naturale, contengono al loro interno lenti sabbiose più o meno spesse. Diversamente dalle sovrastanti sono normalmente consolidate e quindi più suscettibili ai cedimenti, in quanto, dai dati di prove edometriche su campioni indisturbati, la compressibilità è risultata molto elevata. Spesso all'interno di queste argille si trovano inoltre degli strati torbosi la cui frequenza e spessore influenzano ancora negativamente il comportamento meccanico di questi terreni. Le argille grigie plastiche presentano valori dell'indice di consistenza e del peso di volume (variabile tra 1,6 e 1,7 kg/cmq) marcatamente più bassi dei terreni sovrastanti.

La distinzione tra questi due tipi di terreni, oltre che dal colore, è marcata dalla improvvisa diminuzione sia dei valori della coesione che del coefficiente di compressione forniti dai dati delle prove penetrometriche statiche e dalle prove di laboratorio su campioni indisturbati.

Per ciascun punto di indagine, del quale sono noti i risultati delle indagini geotecniche, è stato quindi possibile individuare la posizione del tetto delle argille plastiche compressibili rispetto al piano di campagna.

#### *1.4.2.2 RICOSTRUZIONE DELLA CARTA DEL TETTO DELLE ARGILLE PLASTICHE*

Per effettuare la ricostruzione della carta del tetto delle argille plastiche, per ciascun sondaggio o prova penetrometrica a nostra disposizione è stata riconosciuta preliminarmente la

profondità alla quale avviene il passaggio tra i due orizzonti a comportamento meccanico diverso in relazione alla capacità portante e alla suscettibilità ai cedimenti.

Successivamente, per mezzo di una elaborazione informatica, è stato possibile disegnare delle linee che rappresentano i punti di uguale profondità del tetto delle argille grigie plastiche rispetto al piano di campagna.

A questo proposito è da notare che i terreni caratterizzati da scadenti caratteristiche geotecniche sono presenti sia in aree impaludate fino agli inizi di questo secolo colmate in tempi recenti sia nel sottosuolo della città di Pisa e delle sue aree periferiche. Questi terreni molto compressibili, pur essendo pressoché uguali dal punto di vista delle scadenti caratteristiche geotecniche, non sono coevi; di conseguenza è necessario sottolineare che la correlazione effettuata ha un significato esclusivamente geotecnico.

Nell'area indagata, il tetto delle argille grigie plastiche si trova a profondità variabile da 0 fino a circa 30 m dal p.c. Le aree in cui le argille plastiche grigie scadenti non sono sormontate dalle argille e limi bruni preconsolidati ed affiorano sul piano di campagna, e le zone in cui queste argille sono a scarsa profondità dal p.c.(tra 1 e 2 m) sono evidentemente da considerarsi più problematiche. Altre zone, in cui le argille plastiche si trovano a profondità più elevate, sono meno critiche dal punto di vista geotecnico.

Per marcare le aree a maggiore criticità sono state evidenziate nella Carta del tetto delle argille plastiche, le aree in cui il tetto di tali argille si trova a profondità inferiori ai 2 m dal p.c. in quanto questa profondità è stata assunta come idonea a rappresentare lo spessore medio di terreno eventualmente interessato dalla rottura e maggiormente sottoposto ai cedimenti se sottoposto a condizioni di carico.

Si tratta comunque di una schematizzazione indicativa a carattere generale in quanto i cedimenti dello stesso terreno saranno diversi in relazione sia alla variazione dello spessore di terreno interessato dai carichi delle strutture a sua volta dipendente dalle diverse tipologie di fondazione e dalla entità delle pressioni da queste trasmesse.

#### *1.4.2.3 AREE DI AFFIORAMENTO DI ARGILLE MOLLI AD ALTA COMPONENTE ORGANICA*

Le zone in cui le argille organiche sopra descritte sono affioranti o il cui tetto si trova a profondità molto prossime al piano di campagna in modo da interferire con i carichi trasmessi dalle strutture di fondazione sono state localizzate in vari punti del comune di Pisa, sia in aree più limitate nelle zone urbanizzate sia, in modo più ampio, nel territorio extraurbano.

E' da notare inoltre che tra le zone critiche sono da annoverarsi anche le zone di passaggio laterale tra le argille grigie plastiche e le argille e limi preconsolidati, che a volte possono risultare molto brusche, e in cui possono verificarsi cedimenti differenziali se interessati dalla stessa struttura fondazionale.

Nelle aree di affioramento di argille molli ad alta componente organica la ipotetica progettazione di manufatti non è impedita, ma dovrà tener conto di questo problema prevedendo studi particolareggiati che accertino lo spessore dello strato cedevole (che può variare localmente) e di conseguenza dei sistemi fondazionali di un certo impegno per evitare danni alle strutture a causa di cedimenti e cedimenti differenziali. Si descrivono di seguito le aree più critiche da questo punto di vista.

#### *AREE A NORD DEL FIUME ARNO.*

A Campaldo ed in alcune aree ad est questa, lungo il Fiume Morto (a Nord del cimitero della Misericordia) e nella zona delle Lenze a sud di Campaldo stesso, le argille plastiche compressibili si trovano alla profondità comprese tra 1 e 2 m dal p.c.

Per quanto riguarda le aree urbane le argille plastiche si trovano a profondità comprese tra 0 e 2m dal piano di campagna in una fascia che va da una piccola zona ad est di Barbaricina in prossimità della via Aurelia alla zona dell'Ospedale di S. Chiara, della Torre Pendente fino a Piazza S. Caterina.

Ad ovest di queste è stata individuata un'area limitata in località San Cataldo in cui il tetto delle argille compressibili si trova a profondità comprese tra 1 e 2 m.

Nella zona di Cisanello le argille plastiche affiorano direttamente sul terreno nell'area dell'Ospedale, mentre più a sud, a San Biagio, tali argille sono state individuate alla profondità di 1 m.

*AREA A SUD DEL FIUME ARNO.*

Nella zona ad est della Vettola, in prossimità dell'Arno, dei sondaggi, effettuati in occasione della realizzazione dell'autostrada, hanno individuato il tetto delle argille plastiche compressibili alla profondità di 2 m dal piano di campagna.

Nell'area del Gracitone, a Nord di Castagnolo, le argille plastiche si trovano poco al di sotto del piano di campagna a profondità comprese tra 1 m e 2 m.

Molto più ad est, in prossimità del limite comunale più orientale, in una piccola area ad est della zona industriale di Ospedaletto, il tetto delle argille compressibili è stato localizzato alla profondità di 1,5 m.

Nelle zone di bonifica recenti, come l'ampia zona a nord della antica duna di Coltano, delle Rene, Mortellini e Le Prata e più a nord la zona dell'aeroporto, le argille plastiche sono affioranti o subaffioranti, come anche ad est della duna di Coltano, nell'area della tenuta dei Prati di Montacchiello e nella zona a nord dello stabilimento dell'Acqua Donata. La stessa situazione si ritrova nella zona del padule di Stagno a sud della duna sabbiosa di Coltano.

Scheda 10.3	- 3 s.l.m.
Scheda 29.1	- 3 s.l.m.
Scheda 36.1	- 5 s.l.m.

*1.5 ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOMORFOLOGICI*

---

Le aree d'intervento sono collocate in un ambito di pianura con andamento quasi orizzontale. I profili topografici si caratterizzano per modeste variazioni morfologiche dovute essenzialmente a trasformazioni antropiche (riporto) connesse alle urbanizzazioni.

A grandi linee il settore d'interesse esibisce un quadro morfologico relativamente semplice non mostra indizi di erosione evidente nel suolo né d'instabilità.

Per integrare il quadro conoscitivo predisposto in fase di Piano Strutturale, si è fatto riferimento alla Carta Geomorfológica predisposta dalla Provincia di Pisa.

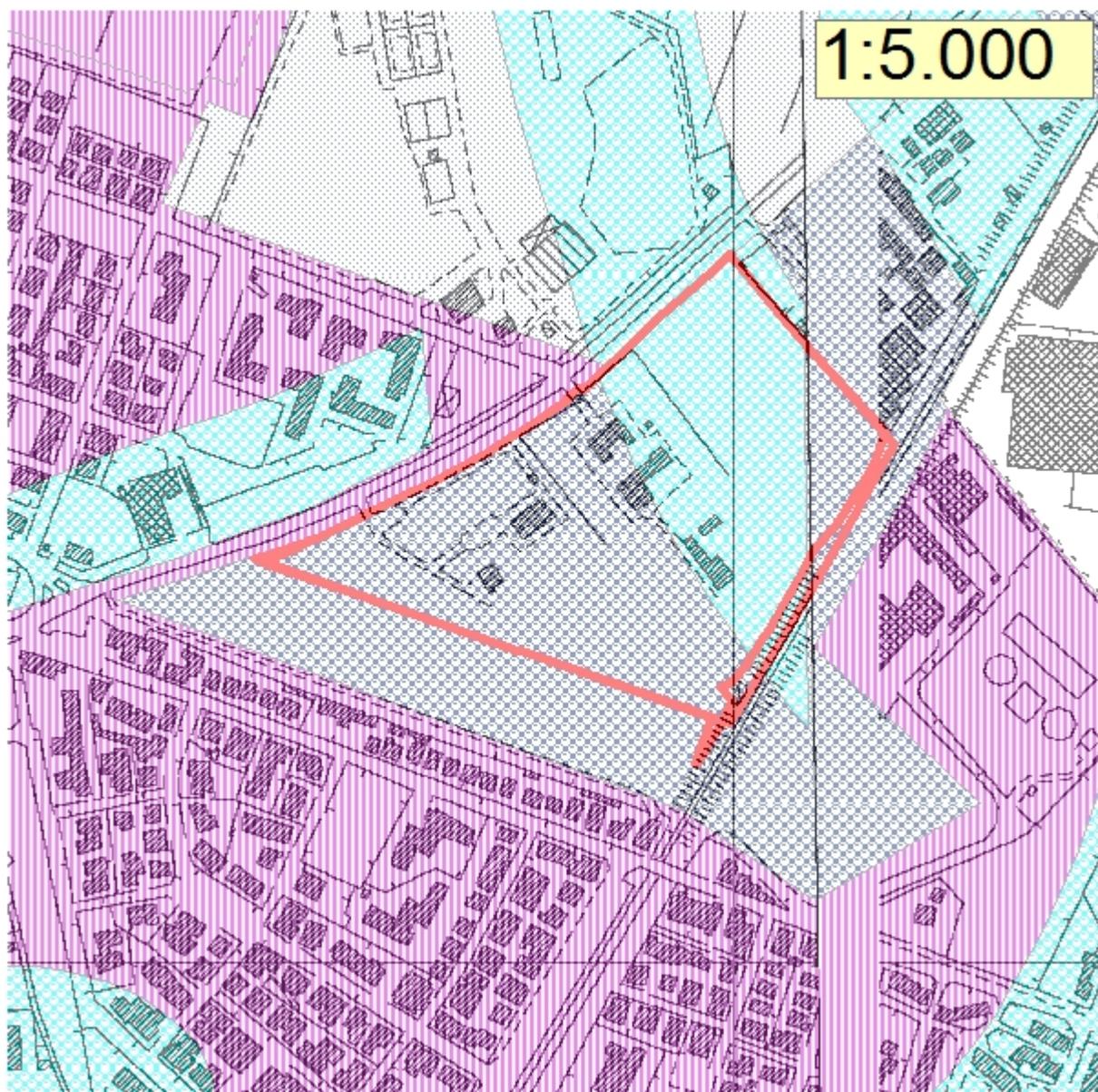


Fig. 24 “Carta geomorfologica della Provincia di Pisa” scheda 10.3

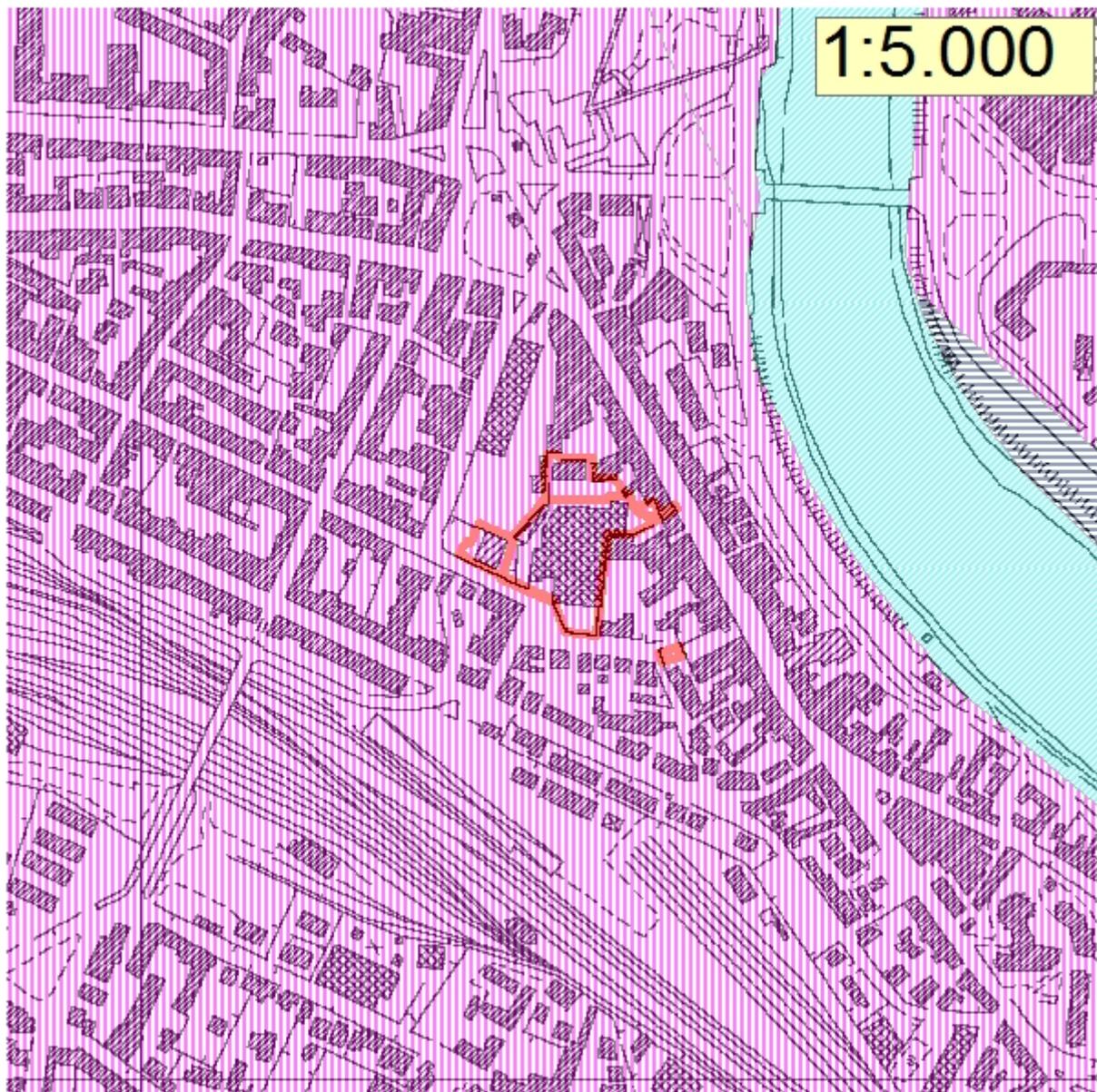


Fig. 25 Carta geomorfologica della Provincia di Pisa” scheda 29.1

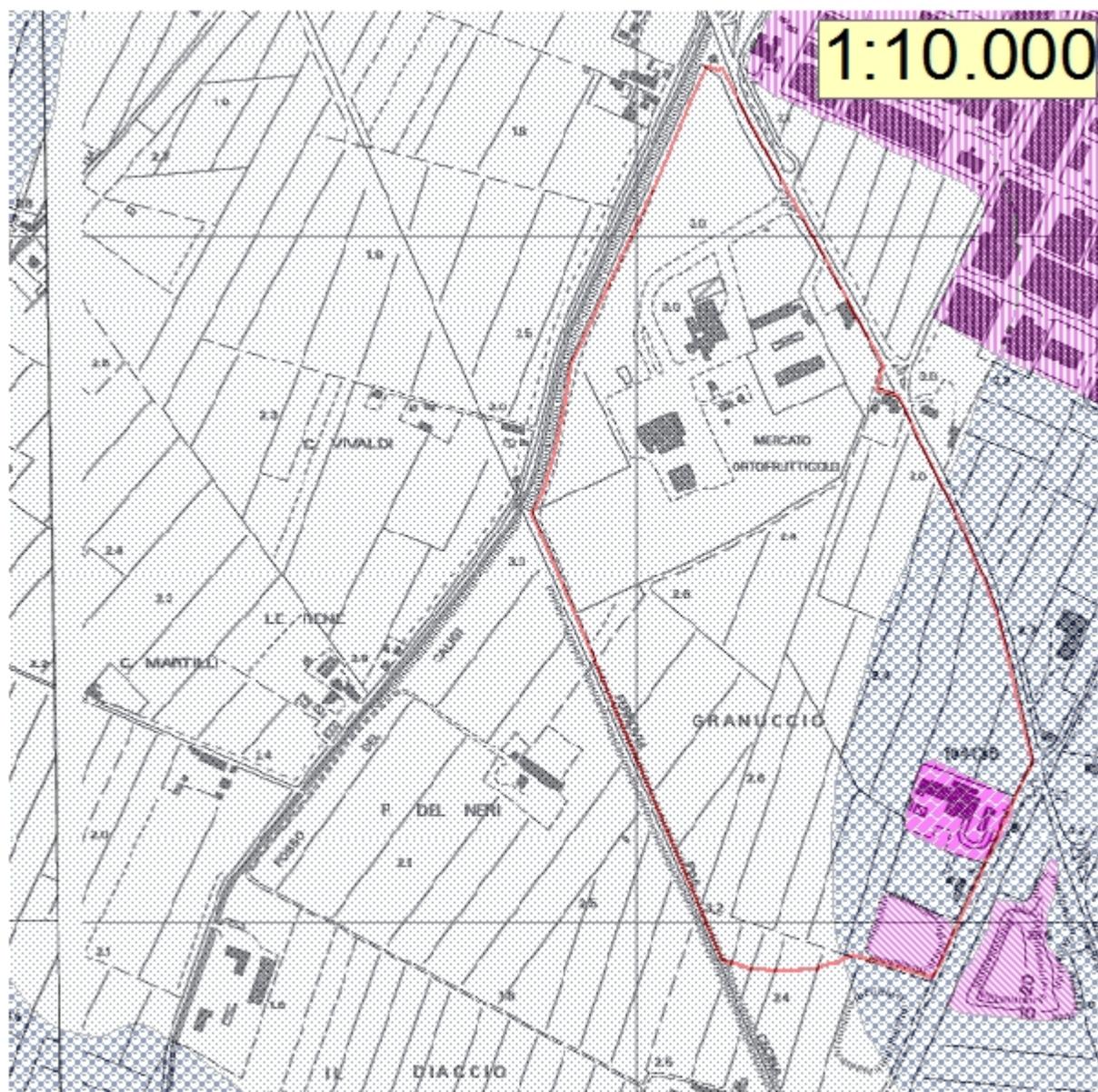


Fig. 26 Carta geomorfologica della Provincia di Pisa” scheda 36.1

Di seguito la legenda

	Paelorilevo della pianura alluvionale
	Area depressa della pianura alluvionale
	Corpo d'acqua
	Traccia di alveo fluviale abbandonato
	Sedimenti alluvionali (silt, sinonimo di limo)
	Sedimenti alluvionali (sabbia)
	Sedimenti delle aree golenali dei corsi d'acqua maggiori
	Sedimento limoso – argilloso di depressione retrodunare
	Depositi alluvionali, palustri e di colmata prevalentemente argillosi
	Dosso fluviale
	Stagno, acquitrino, zona palustre
	Ruscellamento diffuso
	Traccia di canale lagunare
	Sabbie eoliche
	Cordone dunare allo stato naturale (anche se vegetato) non in erosione
	Cordone dunare allo stato naturale (anche se vegetato) in erosione
	Cordone dunare antropizzato non in erosione
	Cordone dunare antropizzato in erosione
	Terrapieno di riporto
	Struttura antropica
	Discarica
	Terrapieno di riporto
	Area di escavazione nella pianura
	Canale artificiale
	Opere di difesa litorale a blocchi emergenti, aderenti e distaccate, parallele e
	Rinascimento artificiale di spiaggia
	Sabbie
	Sabbie delle spiagge attuali
	Porzione apicale di cordone litoraneo (lido) e/o cordone litoraneo sormontato da dune (tombolo) allo stato naturale non in erosione
	Porzione apicale di cordone litoraneo (lido) e/o cordone litoraneo sormontato da dune (tombolo) antropizzato
	Porzione apicale di cordone litoraneo (lido) e/o cordone litoraneo sormontato da dune (tombolo) antropizzato non in erosione
	Ventaglio di tempesta

*Legenda geomorfologica Provincia di Pisa*

TIPO DEPOSITI

- 2051 Sedimenti alluvionali (silt, sinonimo di limo)
- 2060 Depositi alluvionali, palustri e di colmata prevalentemente argillosi
- 7121 Cordone dunare antropizzato non in erosione
- 8020 Struttura antropica
- 8030 Discarica
- 8040 Terrapieno di riporto

FORME

- 2040 Traccia di alveo fluviale abbandonato
- 2061 Dosso fluviale
- 6210 Traccia di canale lagunare
- 9120 Porzione apicale di cordone litoraneo (lido) e/o cordone litoraneo sormontato da dune (tombolo) antropizzato

	descrizione	TIPO_1
1	Scheda 10.3 Porta a Lucca –Via del Brennero 2	2040-9120
2	Scheda 29.1 Porta Fiorentina Stazione ex Leopolda	8040
3	Scheda 36.1 Ospedaletto –Via Emilia n° 2	2051-9120-8020

### 1.5.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (DPCM 3274/03) si è proceduto a determinare il parametro  $V_{s30}$ , che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per  $V_{s30}$ , si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

Una volta noto il valore della  $V_{s30}$  è possibile collocare il terreno interessato dall'intervento all'interno di una delle categorie di suolo previste dalla legge in oggetto e riportate di seguito.

Suolo di fondazione	$V_{s30}$	$N_{spt}$ - $Cu$
A Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di <b><math>V_{s30}</math></b> superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.	> 800 m/s	
B Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <b><math>V_{s30}</math></b> compresi tra 360 m/s e 800 m/s ovvero resistenza penetrometrica <b><math>N_{spt}</math></b> > 50, o coesione non drenata <b><math>Cu</math></b> > 250 kPa.	> 360 m/s < 800 m/s	$N_{spt}$ > 50 $Cu$ > 250 kPa
C Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di <b><math>V_{s30}</math></b> compresi 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ , $70 < Cu < 250$ kPa).	> 180 m/s < 360 m/s	$15 < N_{spt} < 50$ $70 < Cu < 250$ kPa
D Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di <b><math>V_{s30}</math></b> < 180 m/s ( <b><math>N_{spt}</math></b> < 15, <b><math>Cu</math></b> < 70 kPa).	< 180 m/s	$N_{spt}$ < 15 $Cu$ < 70 kPa
E Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di <b><math>V_{s30}</math></b> simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con <b><math>V_{s30}</math></b> > 800 m/s.	< 360 m/s	
$S_1$ Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $I_p > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di <b><math>V_{s30}</math></b> < 100 m/s	< 100 m/s	
$S_2$ Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille		

sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		
---	--	--

## VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Sulla base dei risultati dei dati e degli studi analizzati le aree di trasformazione vengono caratterizzate, per aree omogenee, dal punto di vista delle pericolosità.

Di seguito ai sensi di quanto previsto DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011 - Regolamento di attuazione dell'art. 62 della LR 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche, viene valutata la pericolosità distinguendo aree a pericolosità geomorfologica, aree a pericolosità idraulica, aree con problematiche idrogeologiche, aree a pericolosità sismica locale.

L'elenco che segue sintetizza le aree in variante e le relative pericolosità individuate. Per la consultazione delle cartografie si rimanda all'allegato.

Intervento Scheda	Categoria suolo di fondazione presunto	Pericolosità 53/R		
		Geologica	Idraulica	Sismica
<b>10.3 P.ta a .Lucca</b>	<b>C</b>	<b>G.1</b>	<b>I.2</b>	<b>S.3</b>
<b>29.1 P.ta Fiorentina</b>	<b>C</b>	<b>G.1</b>	<b>I.1</b>	<b>S.3</b>
<b>36.1 Ospedaletto</b>	<b>C</b>	<b>G.1</b>	<b>I/2</b>	<b>S.3</b>

### 1.6 AREE A PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

La carta della pericolosità geomorfologica esprime il differente grado di pericolosità delle aree in funzione delle loro peculiarità geomorfologiche. Le aree di variante sono state classificate come aree a PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA (**G.1**): "aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa", sulla base dei dati disponibili.

### 1.7 AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Dal punto di vista di pericolosità idraulica le aree in esame vengono classificate prevalentemente come a:

#### PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA (**I.2**):

- "comprendente aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 200 <Tr≤ 500 anni".

interessate in quota parte da PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA (**I.2**) ed in quota parte a PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA (**I.3**)

#### PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA (**I.3**):

- "comprendente aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30 <Tr≤ 200 anni".

in quota parte da PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA (**I.3**)

non risultano aree a PERICOLOSITA' IDRAULICA MOLTO ELEVATA (**I.4**):

- "comprendente aree interessate da allagamenti per eventi con Tr≤ 30 anni".

### 1.8 AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

I livelli di rischio idrogeologico, ai sensi del PTC, sono definiti nei seguenti termini:

- livello I - rischio irrilevante:

- o la trasformazione o l'attività é pienamente ammissibile, se non auspicabile, nei riguardi della vocazione riscontrata nelle parti di territorio interessate.
- livello II - rischio basso:
  - o la trasformazione o l'attività é ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale.
- livello III - rischio medio/alto:
  - o la trasformazione o l'attività é subordinata alle condizioni poste da una valutazione puntuale della vulnerabilità idrogeologica, al minimo conforme a quanto disposto ai commi, e quindi da un progetto sulla mitigazione dello stato di rischio accertato, tenuto conto anche delle caratteristiche della trasformazione o attività.
- livello IV - rischio elevato:
  - o la trasformazione o l'attività oltrechè subordinata alle condizioni poste da una valutazione puntuale della vulnerabilità idrogeologica ancora conforme al minimo a quanto disposto al comma 3 e quindi da un progetto sulla mitigazione dello stato di rischio accertato, può essere definita ammissibile solamente ove si dimostri il permanere di fabbisogni altrimenti non soddisficibili, per insussistenza di alternative ovvero per la loro rilevante maggiore onerosità in termini di bilancio ambientale, economico e sociale complessiva.

**La valutazione puntuale** della vulnerabilità idrogeologica e conseguentemente la determinazione della concreta ammissibilità delle trasformazioni e delle attività alle quali è attribuito, in ragione del loro interessare aree comprese in una delle definite classi di pericolosità, i numeri equivalenti ai livelli III - rischio medio/ alto e IV - rischio elevato, deve conseguire da uno studio idrogeologico di dettaglio, esteso ad un significativo intorno dell'area interessata, contenente al minimo:

- valutazione del parametro propagazione: identificazione, localizzazione e valutazione quantitativa della prima risorsa significativa (parametro trasmissività  $T > 10E-5$  mq/sec), attraverso la sua caratterizzazione geometrica e il calcolo dei parametri idrogeologici dell'acquifero, incluse le condizioni di separazione da acquiferi diversi; la procedura prevede il censimento dei pozzi e l'esecuzione di prove a portata costante;
- valutazione del parametro penetrazione ed abbattimento: caratterizzazione idrogeologica della copertura satura ed insatura effettuabile attraverso l'esecuzione di prospezioni geomeccaniche e geofisiche, nonché di prove di permeabilità in sito;
- valutazione del parametro infiltrazione: caratterizzazione clivometrica dell'area ed individuazione delle aree di ricarica dell'acquifero;
- verifica quantitativa della vulnerabilità dell'acquifero in relazione ai tempi di arrivo che individuano le classi e le sottoclassi di vulnerabilità, tenendo conto dei parametri di infiltrazione, penetrazione e propagazione, precedentemente determinati, nonché delle alterazioni in regime dinamico indotte da nuovi pozzi.

Sono comunque ammissibili e non soggetti alla verifica puntuale della vulnerabilità idrogeologica gli interventi di tipo conservativo che non comportino nuovi apporti o modifiche dello stato di fatto in merito allo stoccaggio, produzione e smaltimento dei reflui e in ogni caso di sostanze potenzialmente inquinanti le acque.

Le note che seguono la Tabella 1 del PTC, e che rinviano ad alcune delle relative caselle, specificano, in relazione alle particolari fattispecie interessate, quali siano le linee guida di intervento per la mitigazione dello stato di rischio.

L'elenco che segue sintetizza le aree in variante e le relative classi di vulnerabilità.

Intervento	Classe di vulnerabilità
<b>10.3 Pta a .Lucca</b>	<b>3a</b>
<b>29.1P.ta Fiorentina</b>	<b>3a</b>
<b>36.1 Ospedaletto</b>	<b>3a</b>

### 1.9 AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La classificazione sismica del territorio nazionale introdotta dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, aggiornata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006, ed attuata dalla Deliberazione della Regione Toscana n°431 del 19 giugno 2006, il comune di Pisa rientra in Zona sismica 3 a cui è assegnata l'accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a 0.15.

Secondo il DGRT n. 53/R 2011- *Direttive per le indagini geologiche – Allegato A*, le fasi di caratterizzazione sismica dei terreni per la realizzazione o verifica dell'edificato, finalizzate alla **valutazione degli effetti locali e di sito**, in relazione all'obiettivo di riduzione del rischio sismico, introducono come indispensabile l'analisi “[.....] del modello geologico –tecnico del sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno principalmente in relazione alla misura diretta delle  $V_{sh}$  (velocità di propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente) [.....]”.

In concreto il nuovo regolamento – n. 53/R-2011, stabilisce che le conoscenze del territorio a livello di pianificazione comunale dovranno permettere opportuni studi di *Microzonazione sismica* – MS, secondo le specifiche tecniche definite negli ICMS – *Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica*, di cui si tratta anche nelle specifiche tecniche dell'ODPCM 3907/2010. Gli ICMS individuano vari livelli di approfondimento con complessità e impegno crescenti a seconda dei diversi contesti ed obiettivi, passando dal livello 1 al livello 3.

In questa sede, sulla base dei criteri esposti al punto B.7 – *Elementi conoscitivi per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico*, - Allegato A - 53/R-2011, e in funzione dei seguenti aspetti:

- artt. 2 e 3 del 53/R – ambito di applicazione - , secondo i quali gli studi di MS sono effettuati in sede di Piani strutturali, Regolamenti urbanistici e relative varianti, oltre che nel caso di Varianti ai Piani regolatori;
- qualità delle informazioni geologiche, geotecniche e geofisiche acquisite in occasione della stesura del presente variante;
- limitata estensione dell'area;

riteniamo possibile considerare l'intera area della Variante come ascrivibile ad un'unica tipologia di *microzona qualitativamente omogenea*. In particolare, la concorrenza e la vagliatura di tutti i dati geologici, geofisici e geotecnici esistenti ed acquisiti ha condotto ad attribuire alla zona in studio in prospettiva sismica la classificazione di:

- > *Zone suscettibili di instabilità: zona suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma ([...] cedimenti diffusi, terreni suscettibili liquefazioni dinamica [...]).*

In considerazione dei dati raccolti e di quanto stabilito al punto C.5 delle Direttive per le indagini geologiche – allegato A - 53/R, una valutazione preliminare degli effetti locali consente di rappresentare il sito esaminato, interessato dalla seguente classe di pericolosità:

Dai dati disponibili è stato possibile ricondurre la pericolosità SISMICA LOCALE per tutte le aree in variante a:

- **Pericolosità Sismica Locale ELEVATA (S.3):** *[...] zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi [...].*

## CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ

---

Le caratteristiche di pericolosità delle aree sono una componente fondamentale per la valutazione della fattibilità, la quale viene integrata comunque anche da altre componenti, quali la tipologia di insediamento e la destinazione d'uso, che possono avere efficacia sulla sicurezza delle opere e quindi condizionare la fattibilità dell'intervento.

In funzione quindi del comportamento dei terreni, ipotizzabile sulla base del quadro geostratigrafico, geomorfologico, geomeccanico e idraulico locale, sintetizzato dalle carte della pericolosità e dalle forme di intervento previste, si esprime la fattibilità della variante al Regolamento Urbanistico mediante la Carta della Fattibilità.

Per spiegare il concetto pratico delle classi di fattibilità ascrivibili a queste aree, a seguire se ne dà una esposizione, sottolineando i criteri che guidano l'attribuzione di classe, e si specificano le relative prescrizioni ai sensi del DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011 - Regolamento di attuazione dell'art. 62 della LR 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

In particolare la fattibilità è stata distinta in funzione delle diverse situazioni di pericolosità geomorfologica, idraulica e sismica tenendo conto anche degli aspetti legati alla dinamica costiera ed alla vulnerabilità idrogeologica con l'obiettivo di una più agevole e precisa definizione delle condizioni di concretizzazione delle previsioni, delle indagini di approfondimento da effettuare a livello attuativo edilizio, delle opere necessarie per la mitigazione del rischio, nel rispetto delle disposizioni della pianificazione sovraordinata.

Si precisa che l'indicazione della possibilità della messa in sicurezza anche tramite "sistemi di auto sicurezza" indicata, nell'ambito delle specifiche schede di fattibilità, per tutte le zone ricadenti in ambiti a pericolosità I3 è stata inserita in quanto gli interventi di nuova edificazione sono inseriti nel tessuto insediativo esistente. Il Comune di Pisa ha perimetrato il centro abitato nella cartografia della presente variante e con delibera G.C. n.152 del 13.10.2009, ha approvato la perimetrazione del centro abitato ai sensi dell'articolo 4 del codice della strada e dell'art. 5 comma 7 del relativo regolamento di attuazione, apportando lievi modifiche alla perimetrazione urbanistica. Nella documentazione allegata alla variante presentata sono presenti le cartografie che individuano il perimetro del centro insediativo esistente (centro abitato).

Ai fini della definizione delle prescrizioni, individuate per gli aspetti sismici, si rimanda anche agli estratti della Carta della Pericolosità Geomorfologica della Provincia di Pisa per le diverse aree oggetto di Variante.

Si precisa che negli atti presentati dal responsabile del procedimento, atti che accompagnano la presente relazione, sono presenti ulteriori varianti. Tali varianti, non comportano cambiamenti delle condizioni di pericolosità o fattibilità. Tali aree sono state considerate come esenti dall'effettuazione di nuove indagini geologico-tecniche ai sensi degli articoli 3, comma 2, e 5 comma 2 del regolamento di cui all'articolo 62, comma 5, della L.R. n. 1/2005

Dall'analisi effettuate e dai dati disponibili è stato possibile ricondurre le varianti a due tipologie di fattibilità di seguito elencate:

-  FG1 - FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI
-  FS3 - FATTIBILITÀ SISMICA CONDIZIONATA
-  FI2 - FATTIBILITÀ IDRAULICA CONDIZIONATA (pericolosità I2)

e

-  FG1 - FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI
-  FS3 - FATTIBILITÀ SISMICA CONDIZIONATA
-  FI1 - FATTIBILITÀ IDRAULICA CONDIZIONATA (pericolosità I1)

Per gli approfondimenti di indagine sopra descritti e derivanti dall'applicazione delle disposizioni del PTC, si attribuisce quindi una **Fattibilità idraulica I2 ed I1**

Scheda Intervento	Fattibilità 53/R		
	Geologica	Idraulica	Sismica
<b>10.3 P.ta a Lucca Via del Brennero</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
<b>29.1 P.ta Fiorentina exStazione Leopolda</b>	<b>F1</b>	<b>F1</b>	<b>F3</b>
<b>36.1 Ospedaletto Via Emilia 3</b>	F1	F2	F3

vedi schede complessive specifiche sottostanti

### Scheda 10.3 Porta a Lucca Via del Brennero

Fattibilità a condizioni geologiche/idrauliche

Ai sensi del PAI approvato con atto del Segretario Generale n° 15 del 08/03/2012 l'area risulta classificata prevalentemente in PI2 e parte in PI3

Ai sensi del DPGR 53/R è stata classificata con le seguenti pericolosità attraverso le analisi opportunamente effettuate

Geologica	Idraulica	Sismica
<b>G1</b>	<b>I2</b>	<b>S3</b>

Le condizioni di attuazione sono state differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità :

Geologica	Idraulica	Sismica
<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>

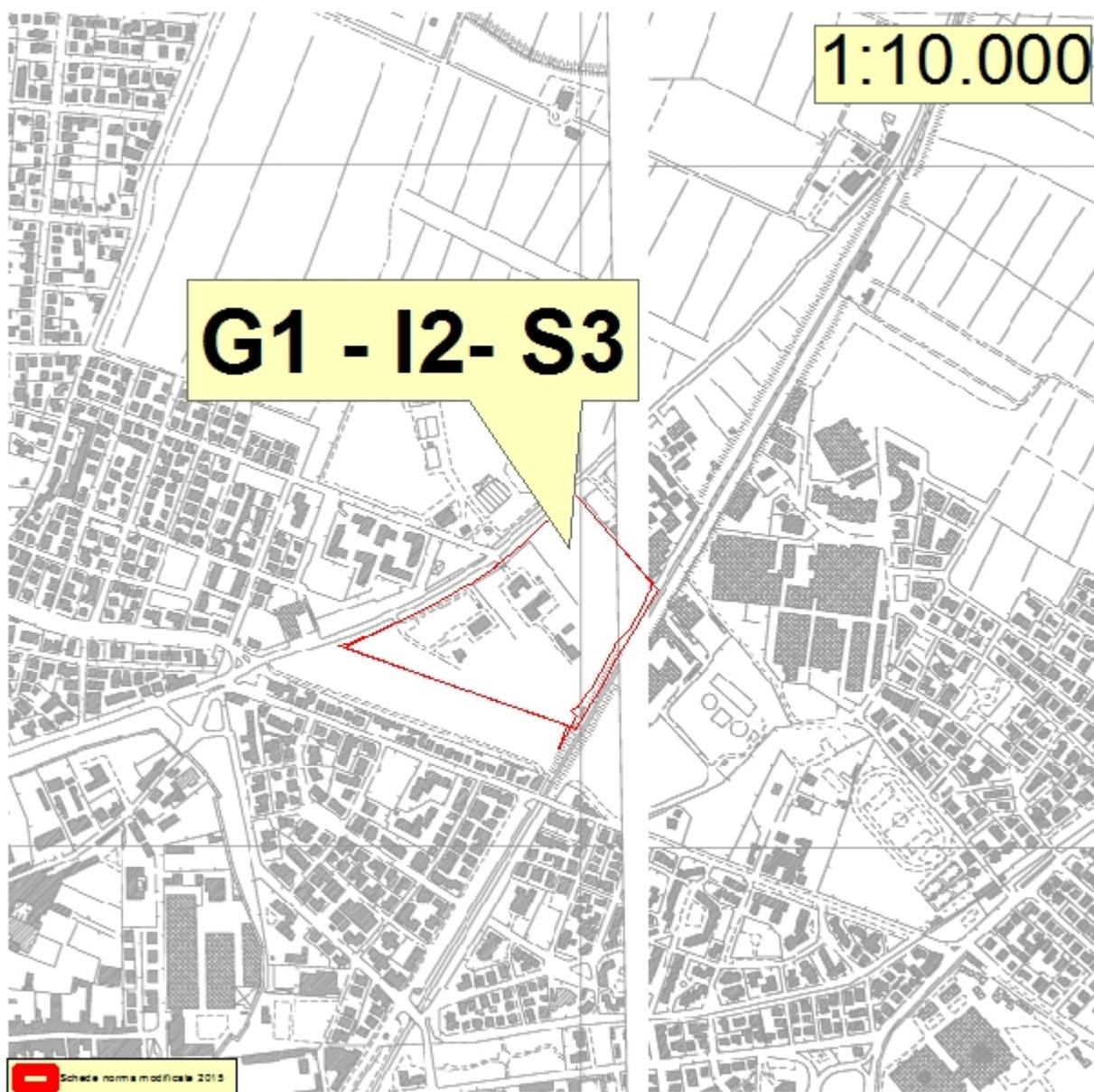


Fig 27 Pericolosità Scheda 10.3

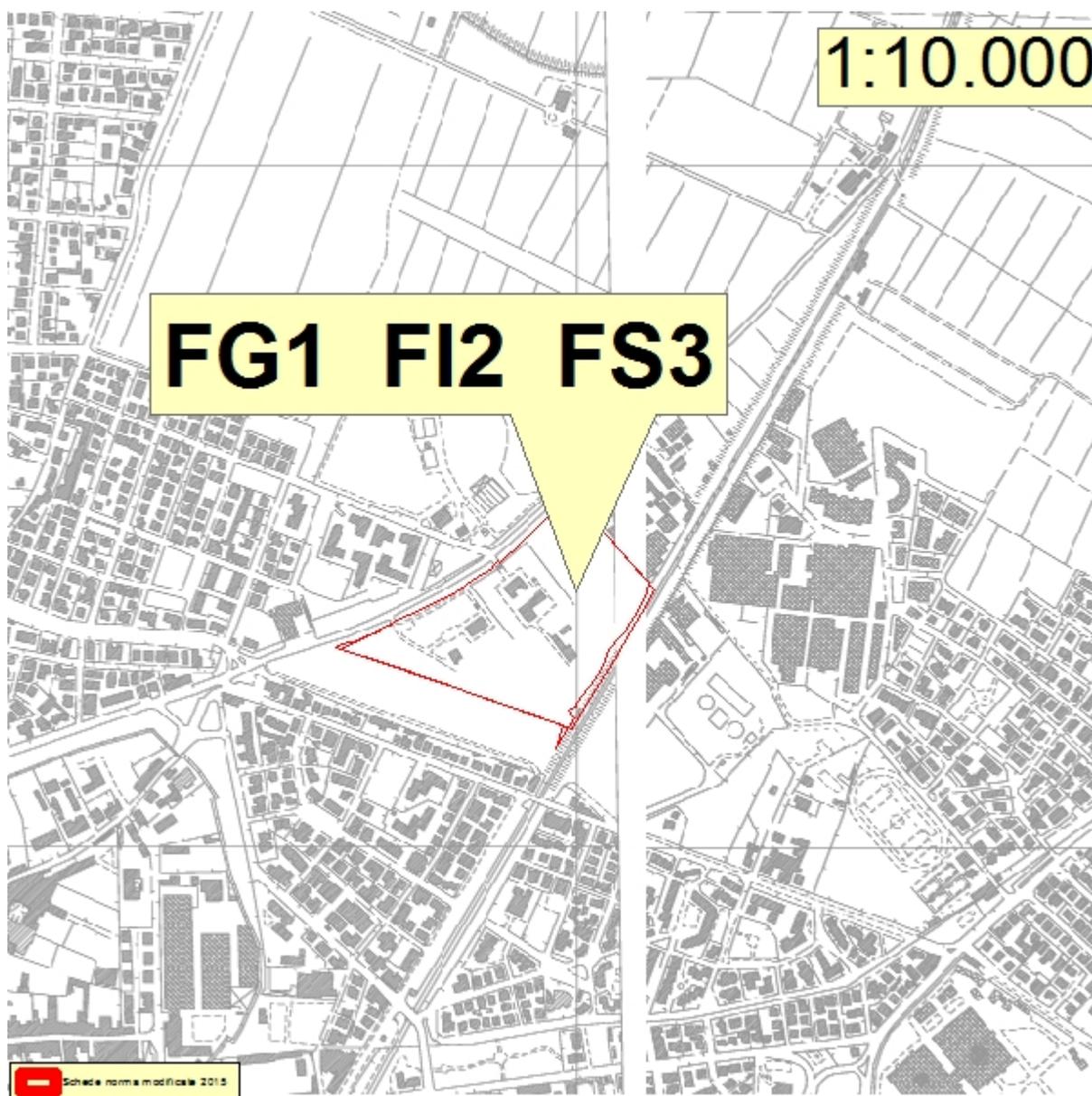


Fig 28 Fattibilità Scheda 10.3

Sulla base degli studi e delle verifiche effettuate, considerato che l'area di intervento si trova nel tessuto insediativo esistente, l'attuazione di quanto previsto è subordinata alla realizzazione di un intervento finalizzato a raggiungimento della quota di sicurezza idraulica posta a 2,90 m sul l.m.m.).

#### Scheda 29.1 - Porta Fiorentina ex stazione Leopolda

Fattibilità a condizioni geologiche/idrauliche

Ai sensi del PAI approvato con atto del Segretario Generale n° 15 del 08/03/2012 l'area risulta classificata PI1

Ai sensi del DPGR 53/R è stata classificata con le seguenti pericolosità attraverso le analisi opportunamente effettuate

Geologica	Idraulica	Sismica
G1	I1	S3

Le condizioni di attuazione sono state differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità :

Geologica	Idraulica	Sismica
F1	F1	F3

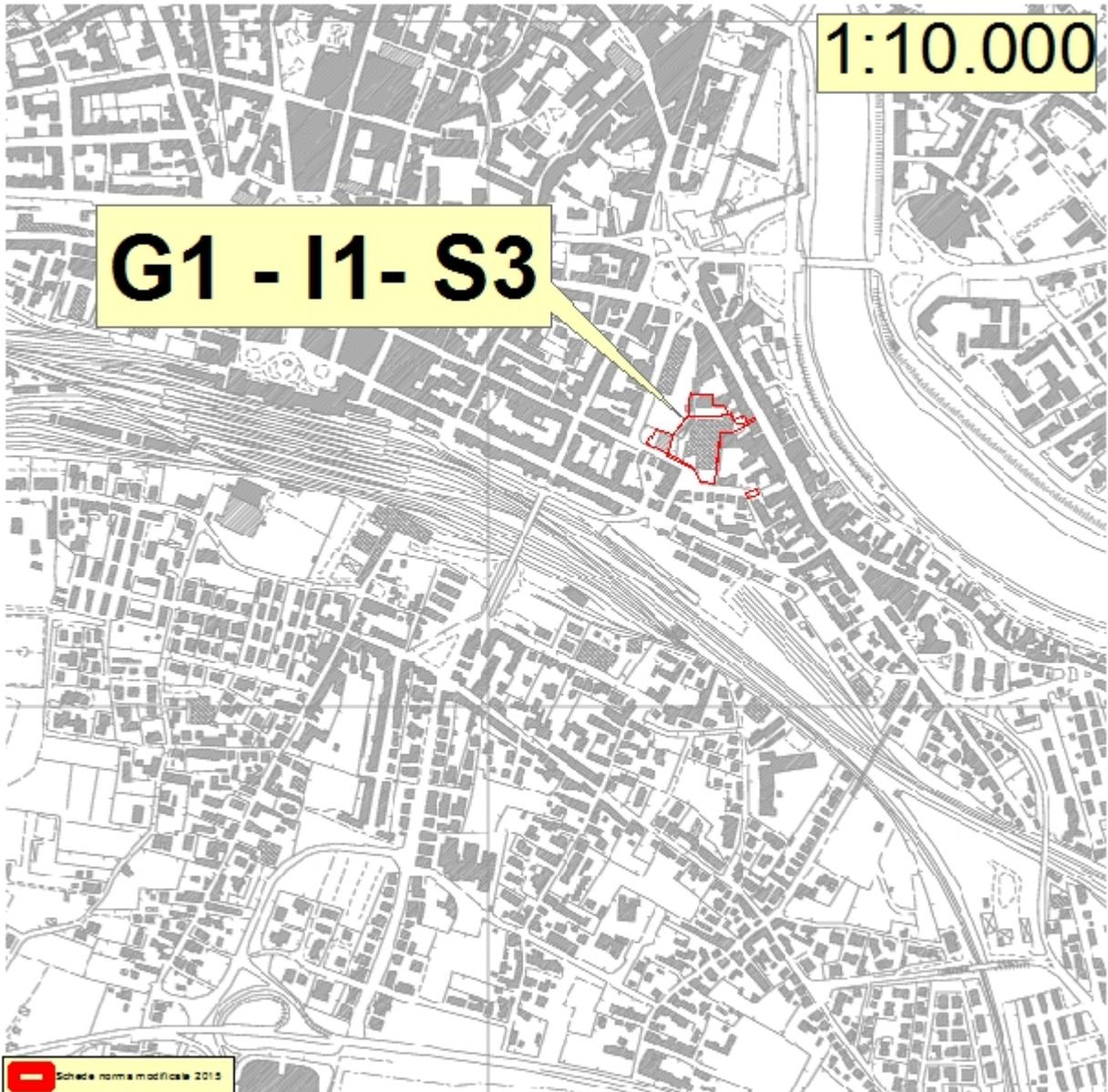


Fig 29 Pericolosità Scheda 29.1

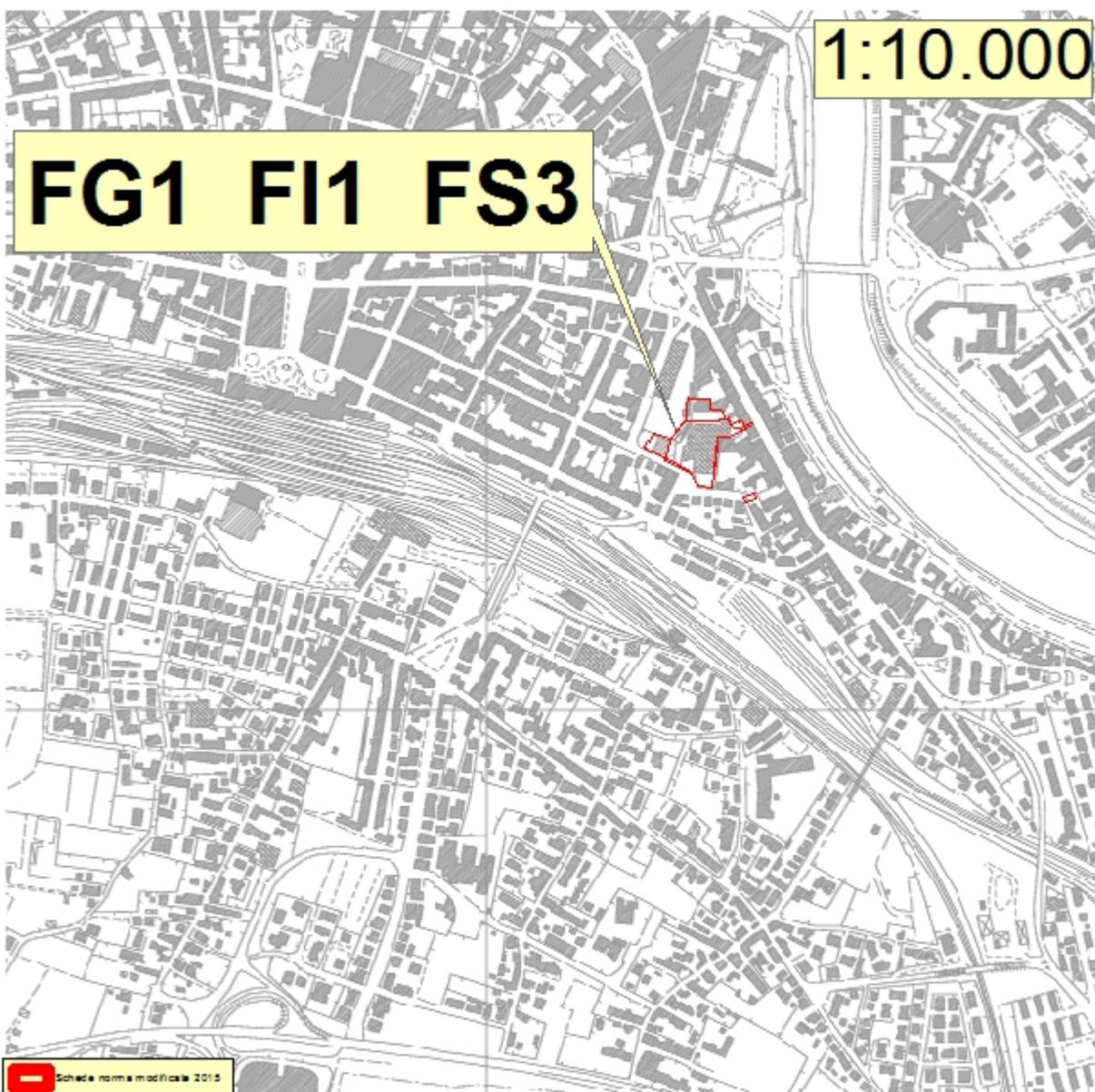


Fig 30 Fattibilità Scheda 29.1

### Scheda 36.1 - Ospedaletto -Via Emilia 3

Fattibilità a condizioni geologiche/idrauliche

Ai sensi del PAI approvato con atto del Segretario Generale n° 15 del 08/03/2012 l'area risulta classificata parte in PI1, prevalentemente in PI2 e parte in PI3

Ai sensi della 53/R è stata classificata con le seguenti pericolosità

Geologica	Idraulica	Sismica
G1	I2	S3

Le condizioni di attuazione sono state differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità

Geologica	Idraulica	Sismica
-----------	-----------	---------

F1	F2	F3
----	----	----

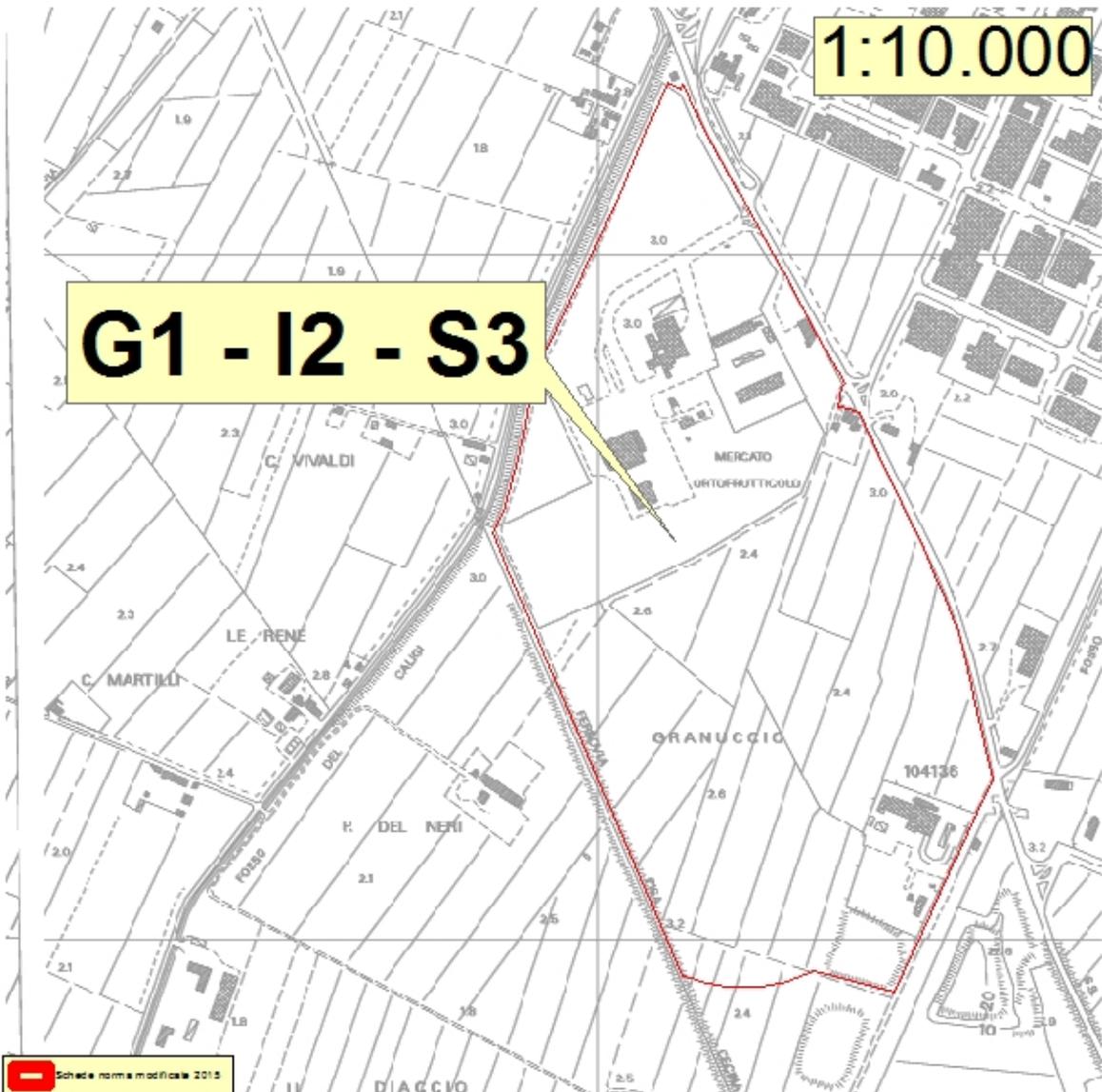


Fig 31 Pericolosità Scheda 36.1

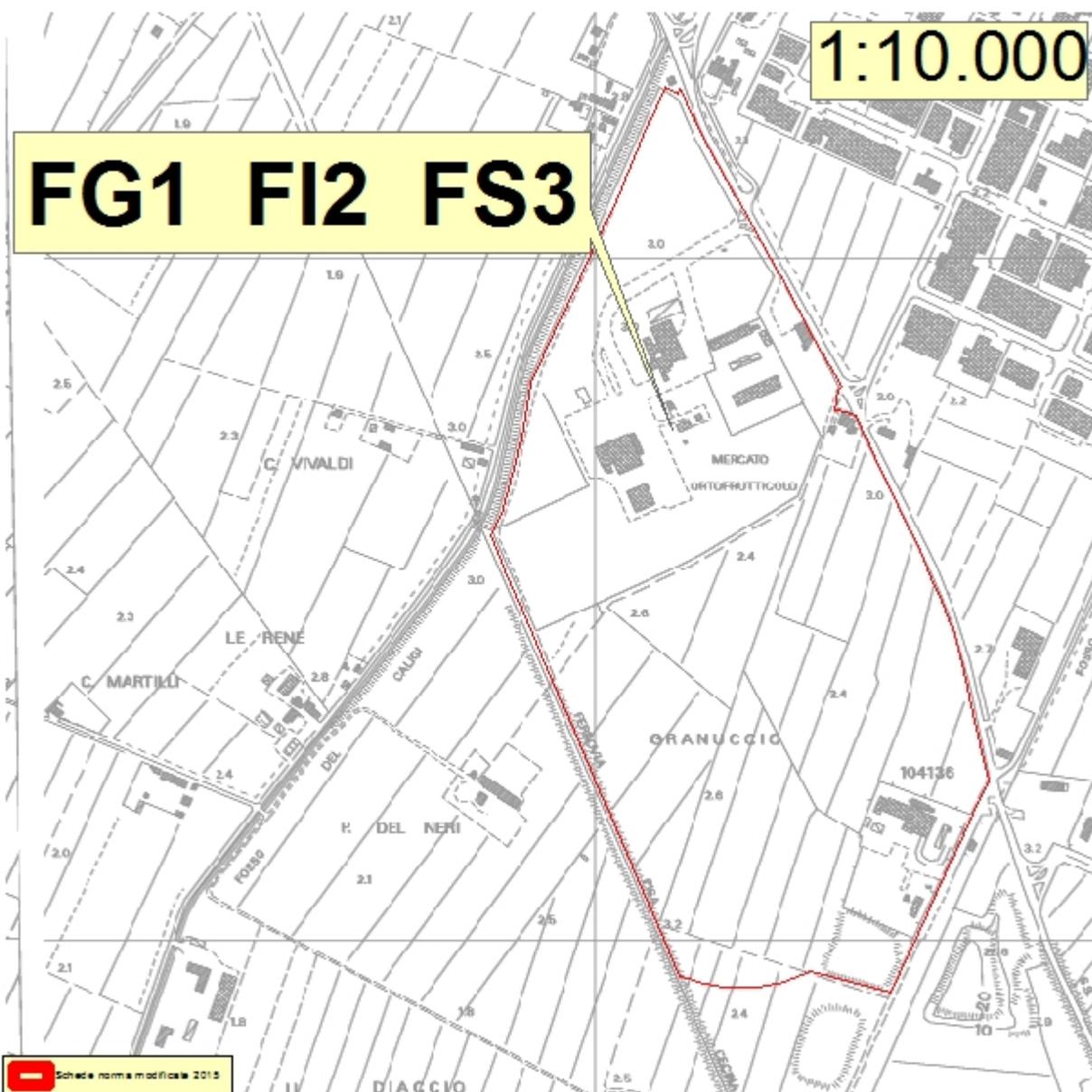


Fig 32 Fattibilità 36.1

Sulla base degli studi e delle verifiche effettuate, considerato che l'area di intervento si trova nel tessuto insediativo esistente, l'attuazione di quanto previsto è subordinata alla realizzazione di un intervento finalizzato a raggiungimento della quota di sicurezza idraulica posta a 2,10 m sul l.m.m.).

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In merito alle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti, non si rilevano cause ostative rilevanti di carattere geologico, geotecnico e idrologico-idraulico per la Proposta di variante al Regolamento Urbanistico.

Pisa, novembre 2015

Dott. Geol. MARCO REDINI