



COMUNE DI VICENZA
DIPARTIMENTO TUTELA E GESTIONE DEL TERRITORIO
Settore Infrastrutture, Gestione Urbana e Protezione Civile



Programma straordinario di intervento per la riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie - DPCM 06.12.2016 -

INTERVENTO N. 16B

PROGETTO PER LA BONIFICA, LA MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE DELL'AREA EX ACCIAIERIE BELTRAME PIANO PARTICOLAREGGIATO N°7

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

ELABORATO

RGIGS

RELAZIONE GEOLOGICA , IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

REVISIONE

REV n°	DATA	DESCRIZIONE
REV00	06/06/2017	creazione elaborato



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

data elaborato **GIUGNO 2017**

DIRETTORE
SETTORE AMBIENTE, ENERGIA E TUTELA DEL TERRITORIO
Dott. Danilo Guarti

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Roberto Scalco

scala elaborato **A4**

PROGETTISTA GENERALE
 **INGEGNERIA & GEOLOGIA s.r.l.**
Ing. Piergiorgio Castelar

COLLABORATORE TECNICO
Arch. Paola Schiavo

PROGETTISTA AMBIENTALE
Dott. Silvio Compri

COLLABORATORE TECNICO
Dott.ssa Eleonora Ambrosi



LIBERARE ENERGIE URBANE

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	4
GENESI DEL TERRITORIO	4
GEOLOGIA	5
TETTONICA.....	8
IDROGEOLOGIA	8
TAVOLE DELLO STUDIO GEOLOGICO ALLEGATO AL P.A.T. DEL COMUNE DI VICENZA.....	12
4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	15
MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO	17
PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	20
PARAMETRIZZAZIONE SISMICA	23
CATEGORIA TOPOGRAFICA	29
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	30



1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta analizzando la situazione geologica, idrogeologica e geotecnica di un'area denominata "Ex Acciaierie Beltrame" interessata dal procedimento di bonifica ai sensi dell'art. 242 del decreto legislativo n.152/2006 "Norme in materia ambientale".

L'area risulta inoltre interessata dagli interventi previsti dal Piano Particolareggiato n.7 (PP7) così come modificati dalla delibera di Giunta del 30 Maggio 2017 che prevede una nuova distribuzione e collocazione dell'area a verde pubblico e dell'area a parcheggio pubblico rispetto il progetto originario.

L'area in esame è ubicata all'interno del centro della città di Vicenza ed è delimitata a nord da Via Cattaneo, da Via dei Mille ad ovest e da Corso San Felice a Sud.

Il sito oggetto del presente studio è stato interessato da una prima indagine geognostica ed ambientale realizzata nel dicembre 2000 dalla ditta Enviram di Padova.

Successivamente nel febbraio 2006 il dipartimento provinciale ARPAV di Vicenza ha ricevuto dal Comune di Vicenza l'incarico per eseguire una seconda indagine ambientale al fine di integrare lo studio svolto estendendo l'area di indagine e andando ad approfondire gli accertamenti analitici.

Entrambe le indagini hanno comportato la realizzazione di sondaggi che hanno permesso di individuare la successione stratigrafica dell'area.

Nei paragrafi successivi si descriveranno le condizioni generali dell'intorno geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area in esame.

In particolare la presente indagine è stata finalizzata :

- alla definizione della stratigrafia del sottosuolo desunta dalle risultanze delle indagini sopracitate, realizzate nell'area in esame;
- alla parametrizzazione dei litotipi individuati, desunta dalle risultanze delle indagini sopracitate, realizzate nell'area in esame;
- alla classificazione sismica dell'area;
- allo studio di possibili interferenze con il regime idrogeologico.

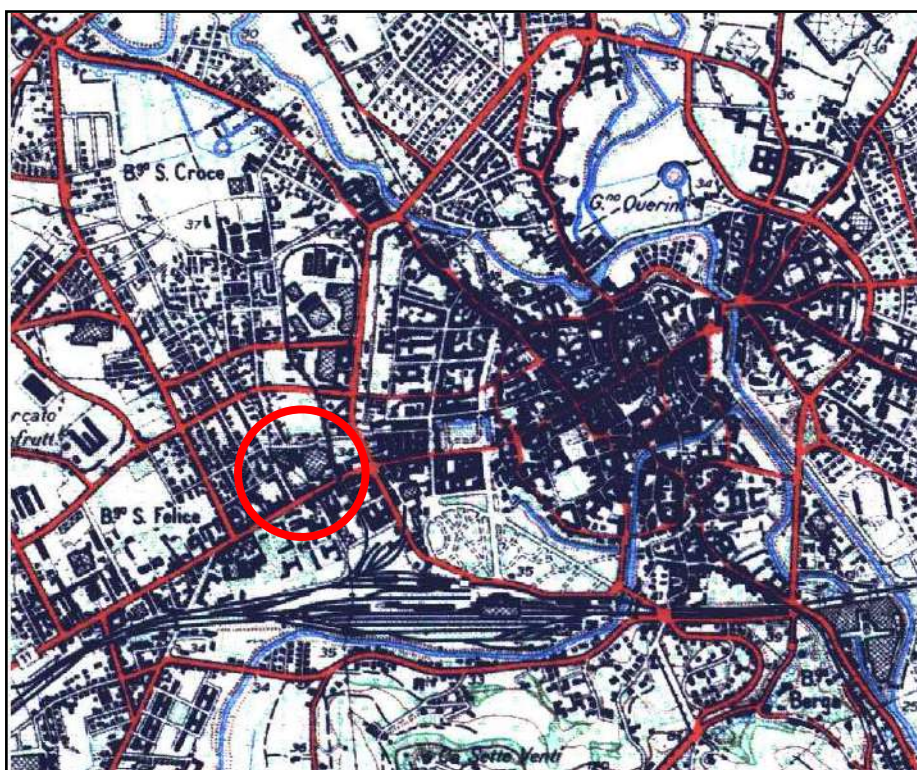
2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

La zona in esame ricade nel settore occidentale del territorio del comune di Vicenza, nell'ambito della media Pianura Veneta.

Il piano campagna della zona si colloca ad una quota media di circa 33 metri s.l.m.

COROGRAFIA CON UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME

Ripresa aerea dell'anno 1968. Nell'area in esame sono visibili gli impianti industriali.



L'area in oggetto è stata, a partire dall'Ottocento, fortemente antropizzata a ragione della strategica posizione geografica e dell'abbondanza di manodopera.

In particolare, durante il primo quarantennio del 1900 si è avuto un grande sviluppo della siderurgia e dell'industria chimica, settori strategici in rapido sviluppo durante i due conflitti mondiali.

Le industrie più importanti erano raggruppate in un "polo" ubicato proprio in corrispondenza dell'area in esame.



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L' area in esame si pone immediatamente a sud della Linea delle Risorgive, nella zona di divagazione del Fiume Bacchiglione.

Nei paragrafi successivi vengono brevemente descritti i principali caratteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici del territorio in esame.

GENESI DEL TERRITORIO

Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio sono strettamente legate alla natura dei sedimenti continentali che si sono depositati nel corso dell'ultima era geologica, creando e modellando ripetutamente il paesaggio sino all'attuale morfologia.

Da un punto di vista geologico, l'area è situata sul limite delle propaggini settentrionali dei Colli Berici e si inserisce nell'unità dell'alta pianura Veneta, a valle della fascia di ricarica dei fontanili.

I terreni sono da ricondursi essenzialmente alla presenza di prodotti di deposizione di età Quaternaria, legati al divagare dei corsi d'acqua, qui rappresentati da fiume Bacchiglio e dal torrente Orolo, oltre che da numerose fossi per irrigazione ("rogge").

A partire dall'Era Terziaria, la zona si distingue per la presenza di un accentuato vulcanesimo, di natura essenzialmente basaltica e collegato a strutture distensive. Le strutture distensive più caratteristiche sono i graben o semigraben ossia una serie di faglie dirette che consentono l'abbassamento di determinate porzioni di litosfera. In questo frangente si sviluppa un vulcanesimo di tipo basaltico i cui prodotti riempiranno, con differenti spessori, il graben.

Il vulcanesimo terziario (65 – 25 m.a.) della provincia Vicentina, oggetto di numerosi studi, è stato caratterizzato da diverse fasi interrotte da periodi di quiescenza anche abbastanza prolungati.

La fase più antica risale al Paleocene Sup. ed è rappresentata da vulcaniti risedimentate che si trovano all'interno di un Graben situato indicativamente al margine occidentale della città di Vicenza. Nell'Eocene, il Graben è ancora ben delimitato, ma l'attività vulcanica è riconoscibile anche all'esterno della depressione,



seppur per un periodo limitato.

L'acme dell'attività effusiva avviene nell'Eocene medio, tanto che il graben è completamente colmato e vengono costituiti edifici subaerei, in seguito smantellati dagli agenti endogeni e che forniscono materiale per paleosuoli.

Nell'Oligocene, continua la fase distensiva, con l'apertura di un nuovo graben nel Marosticano. A conseguenza di ciò si ha la ripresa del vulcanesimo i cui prodotti (ialoclastiti), limitati dall'asse del Brenta, una volta rimaneggiati si espandono verso la pianura fino a raggiungere Vicenza.

L'assetto paleogeografico dell'area, in questo periodo è quanto mai vario. I Colli Berici sono sede di una laguna (Castelgomberto e Monteviale) la cui attività vulcanica forma all'interno piccole isole. A Lumigliano, (SE) il clima favorevole e la bassa profondità dei fondali favorisce lo svilupparsi di una barriera biocostruita. I Colli Euganei sono caratterizzati da sedimenti marini bacinali.

Contemporaneamente, nei Monti Lessini avvengono fenomeni di vulcanesimo basaltico, anche se l'ambiente deposizionale è fondamentalmente diverso. Infatti si tratta di colate da effusioni in ambiente subaereo la cui caratteristica più tipica è oggi l'intenso grado di argillificazione.

Alla luce di ciò, si deve desumere che durante il Terziario in un'area relativamente limitata si hanno depositi estremamente diversificati: prodotti vulcanici da eruzioni subaeree dei Monti Lessini e dei Berici, depositi bacinali dei colli Euganei, strutture lagunari e barriere biocostruite (Castelgomberto e Lumigliano).

GEOLOGIA

I sedimenti che si rinvenivano nell'area in esame sono il frutto dell'incontro di diversi ambienti deposizionali, a loro volta legati dalle alterne vicende geologiche dell'area.

In particolare emerge l'importanza dei sedimenti continentali del fiume Bacchiglione e dei paleosuoli ricchi di prodotti piroclastici, la cui alterazione ha dato luogo a numerosi livelli di argille.

Nel complesso il sottosuolo è costituito da sabbie limose, limi sabbiosi più o meno argillosi.



Accanto ai depositi di origine naturale, ve ne sono altri di origine antropica. Come accennato precedentemente, l'area è stata un importante "polo" per l'industria siderurgica, che ha "smaltito" le scorie di fonderia in aree adiacenti allo stabilimento, magari posizionandole in fosse o buche.

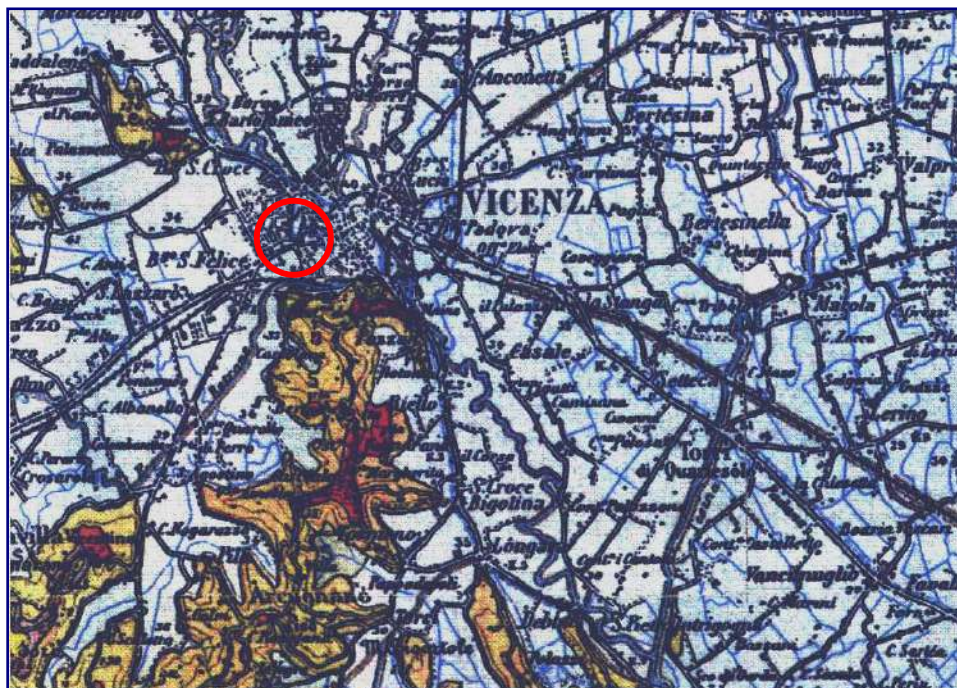
Le indagini puntuali realizzate nell'area in esame hanno individuato la presenza di terreni riporto di spessore variabile tra circa 1 e 4 metri, seguiti inferiormente da un banco di argilla limosa di spessore non inferiore ai 2 metri con funzione di acquiclude posizionato a partire da una profondità variabile tra circa 1 e 4 metri da p.c.. Al di sotto del banco di argilla si rileva la presenza di un banco di sabbia che alloggia una falda in pressione. Questa costituisce il primo corpo idrico sotterraneo significativo.

Si rimanda ai capitoli successivi per una descrizione di dettaglio della successione stratigrafica individuata.

CARTA GEOLOGICA


Estratto da "Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000" foglio n.50 "Padova"


Scala Grafica




LEGENDA

Depositi alluvionali sciolti


 a 2 : alluvioni sabbiose ed argillose.
Quaternario.

 si : sabbie silicee di età incerta

Formazioni rocciose terziarie

 o : calcari dolomitici a coralli., calcari grossolani a molluschi e foraminiferi, marne cerulee e giallastre.
Oligocene.

 Limite geologico

 area in esame



TETTONICA

La zona è caratterizzata da due allineamenti principali: la linea Schio – Vicenza, e la Linea della Riviera dei Berici.

La linea Schio – Vicenza è una faglia di importanza regionale con direzione NW –SE, subverticale e con movimento prevalentemente orizzontale sinistrorso. Questa linea delinea verso NE le aree collinari dei Lessini, Berici e Euganei. La linea interessa il substrato roccioso sepolto sotto le alluvioni quaternarie.

La Riviera dei Berici, è una faglia subverticale con andamento NNE – SSW che interessa il substrato roccioso sepolto sotto le alluvioni quaternarie.

IDROGEOLOGIA

L'area presenta una rete idrografica estremamente ben sviluppata. Il corso d'acqua principale è il Fiume Bacchiglione.

Numerosi corsi d'acqua, durante l'ultimo secolo, sono stati deviati per permettere una più intensa urbanizzazione.

La situazione idrogeologica è strettamente legata alle caratteristiche litologiche dei terreni del sottosuolo.

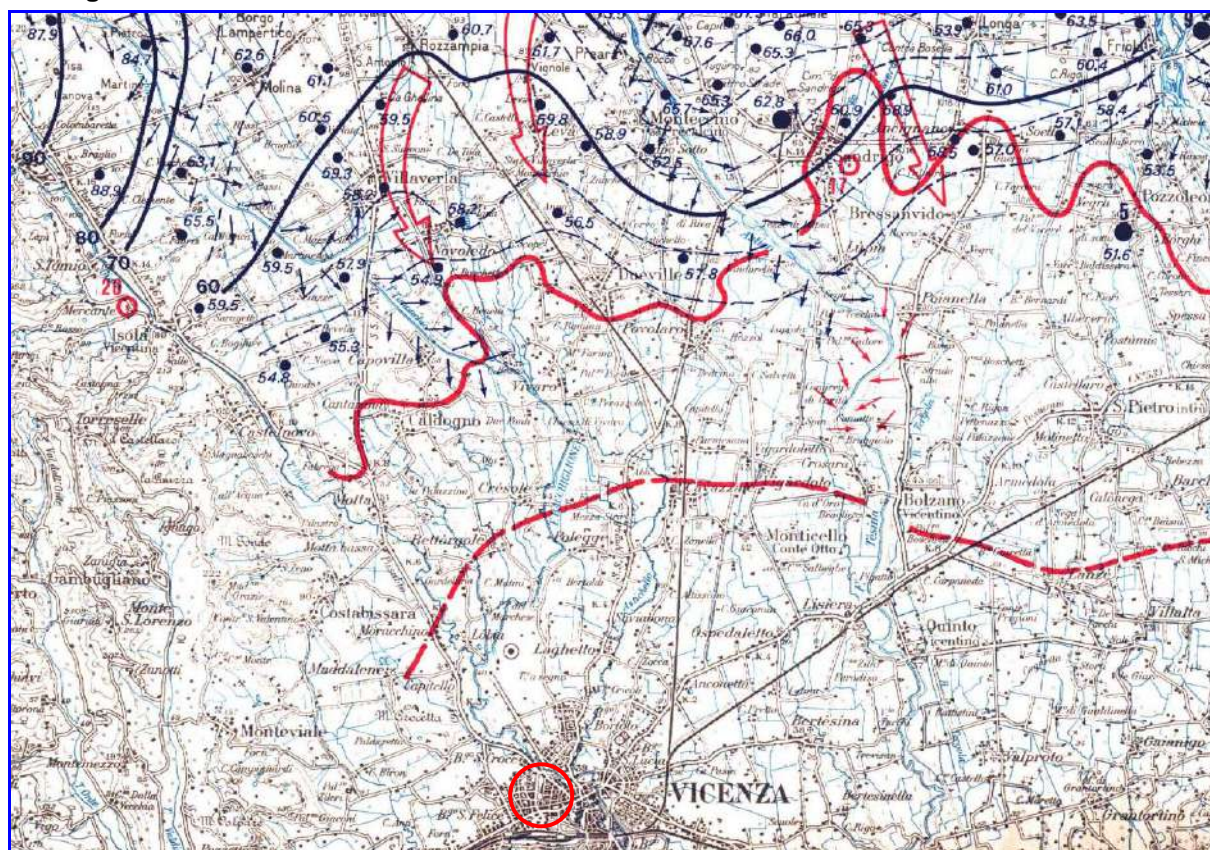
Il sottosuolo è costituito da terreni eterogenei, in rapida eteropia. I litotipi più rappresentati sono quelli fini e medi. Si tratta per lo più di limi sabbiosi, limi e argille e sabbie limose.

CARTA IDROGEOLOGICA










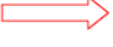
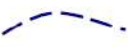


Rilevamenti freatimetrici : Novembre 1975

Estratto da : "Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura Veneta" a cura di A. Dal Prà , Istituto di Geologia dell'Università di Padova (1983) - Scala 1 : 100.000

Scala grafica



LEGENDA

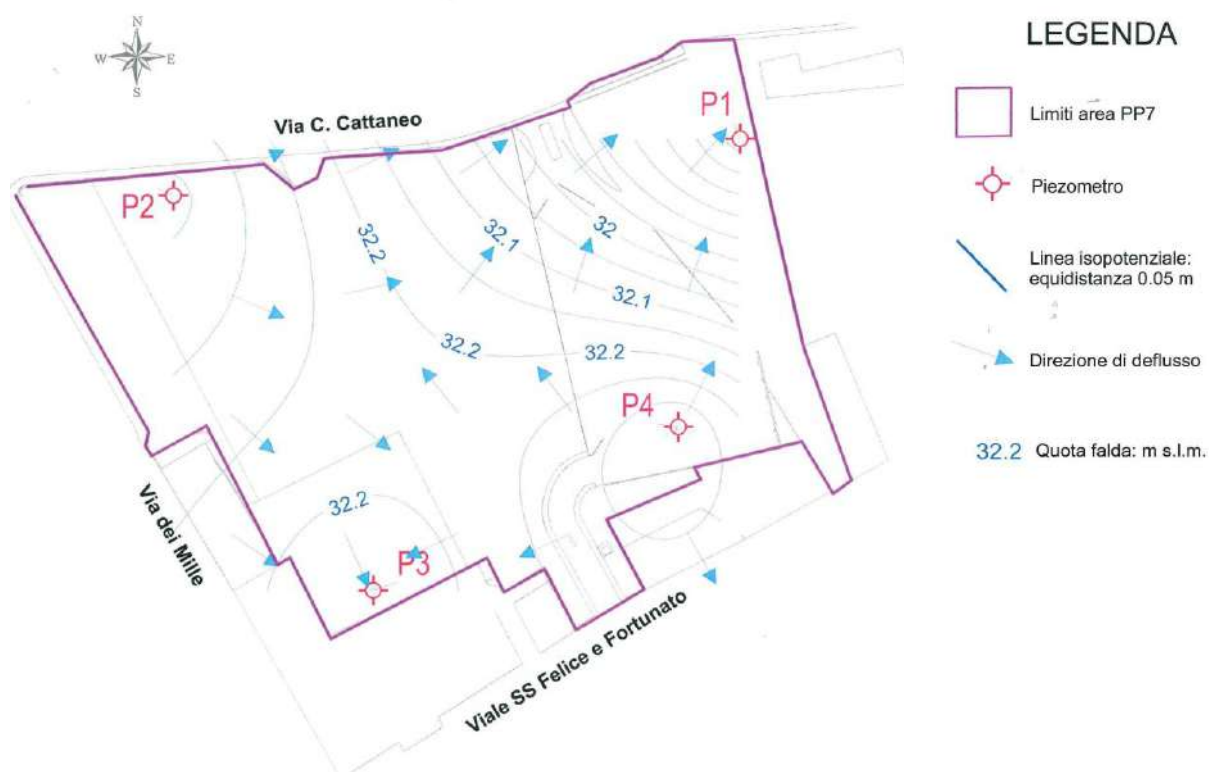
	Pozzo di misura con quota freatica (m s.l.m)		Tronco d'alveo drenante
	= asciutto		Pluviometro
	Pozzo in osservazione periodica		Limite superiore dei fontanili
	= asciutto		Limite inferiore dei fontanili
	Isofreatica fondamentale con quota (metri s.l.m.) Equidistanza 10 m		Principali assi di drenaggio
	Isofreatica ausiliaria Equidistanza 2 m		Area in esame
	Tronco d'alveo disperdente		

Dall'analisi delle risultanze delle indagini eseguite nell'area in esame si evince che nell'area in esame è possibile individuare la presenza di una falda libera, alimentata dagli apporti meteorici che si infiltrano nel sottosuolo attraverso le aree non pavimentate.

Tale falda si attesta ad una profondità di circa 3 m dal piano campagna e presenta una direzione di deflusso approssimativamente da Ovest verso Est (riferimento: campagne di misura effettuate tra il 2012 ed il 2014).

ANDAMENTO DEI DEFLUSSI SOTTERRANEI DELLA FALDA SUPERFICIALE: RILIEVI DI SETTEMBRE 2012

(Elaborazione Sinergeo)



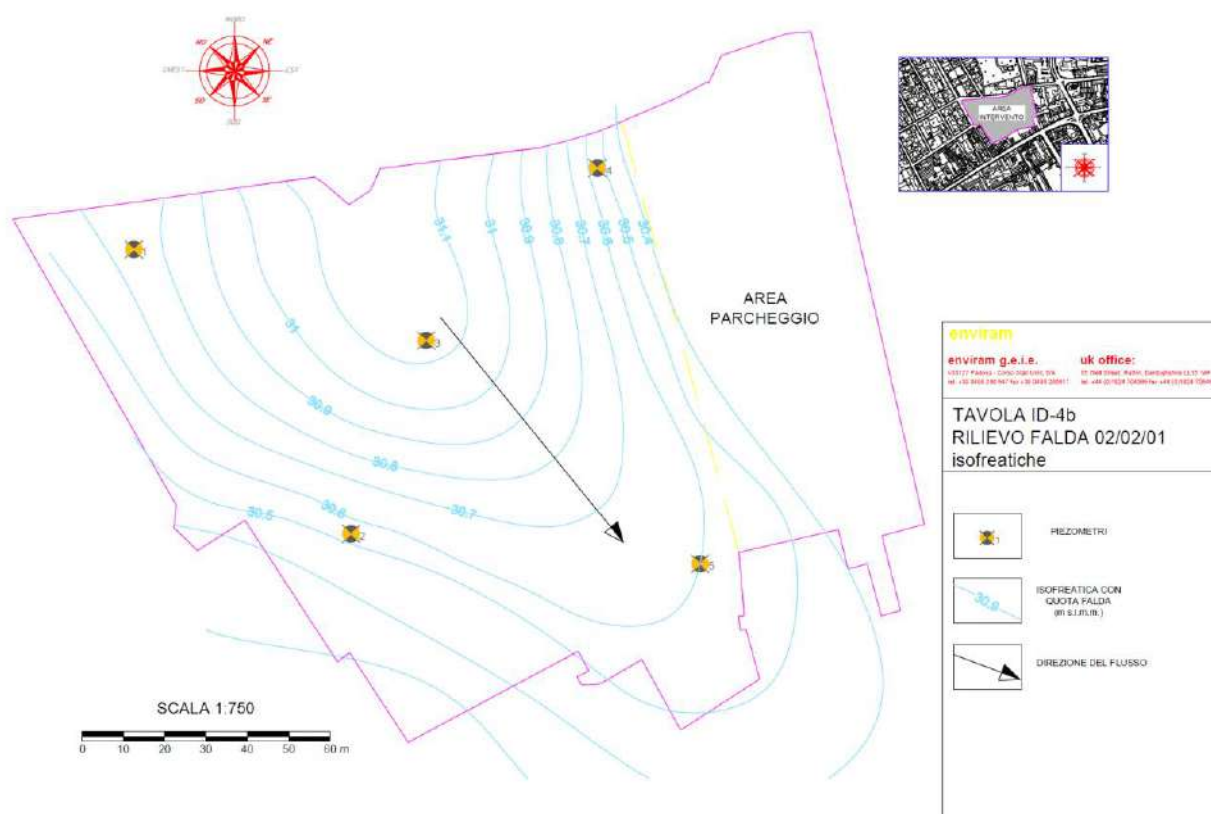
Il gradiente idraulico osservato per questa falda nel corso delle diverse campagne di misura oscilla tra 0,43% e 0,96%.

GRADIENTI IDRAULICI CALCOLATI PER LA FALDA SUPERFICIALE (Elaborazione Sinergeo)

DATA	I (%)
13 marzo 2012	0.57
26 settembre 2012	0.43
26 marzo 2013	0.96
24 ottobre 2013	0.75
18 marzo 2014	0.68

All'interno delle sabbie fini presenti al di sotto degli strati argillosi impermeabili si colloca poi una falda in pressione il cui livello risale fino ad una profondità di circa 2 m dal p.c. Il gradiente calcolato per questa falda risulta pari a $1,3 \times 10^{-2}$.

ISOFREATICHE CALCOLATE PER LA FALDA PROFONDA (Elaborazione Enviram)



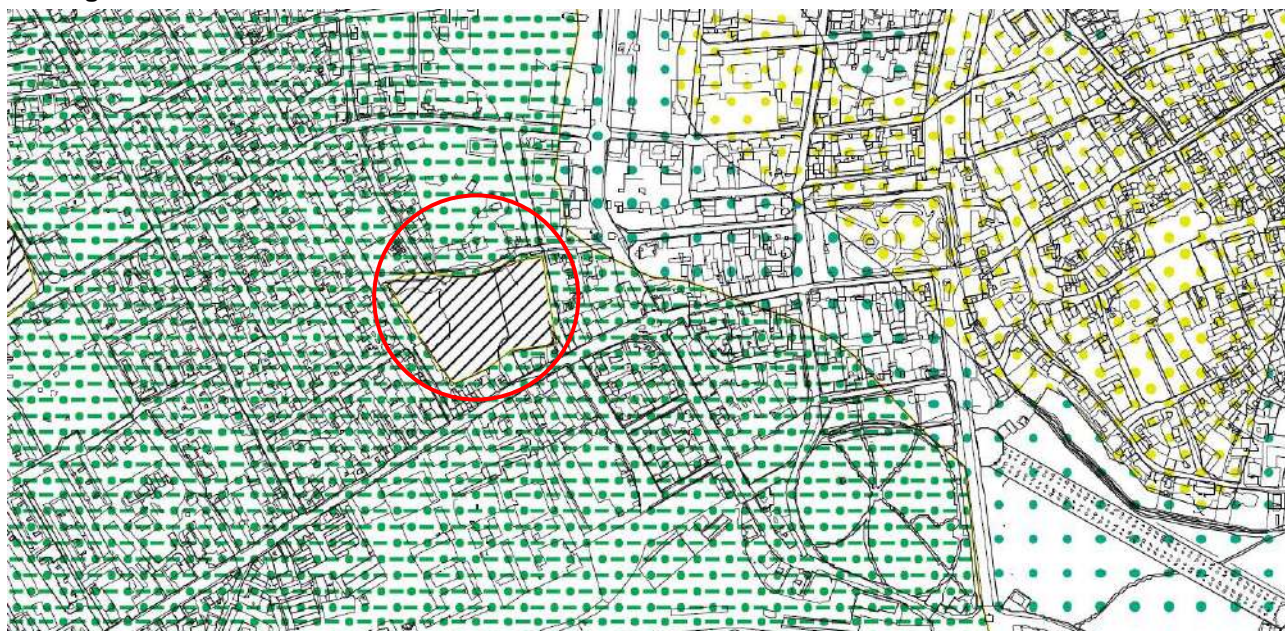
TAVOLE DELLO STUDIO GEOLOGICO ALLEGATO AL P.A.T. DEL COMUNE DI VICENZA














Dalla consultazione della “Carta Geolitologica” allegata al P.A.T. del Comune di Vicenza risulta che nell’area in esame sono presenti “*materiali di deposito superficiale di limitato spessore su vaste aree*”.

CARTA GEOLITOLÓGICA

Estratto da “Carta Geolitologica” allegata al P.A.T. del comune di Vicenza

Scala grafica



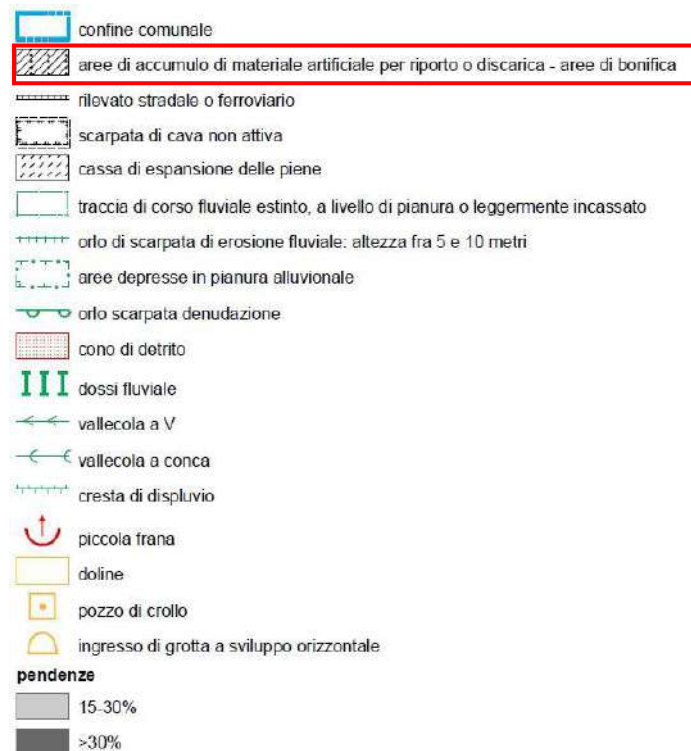
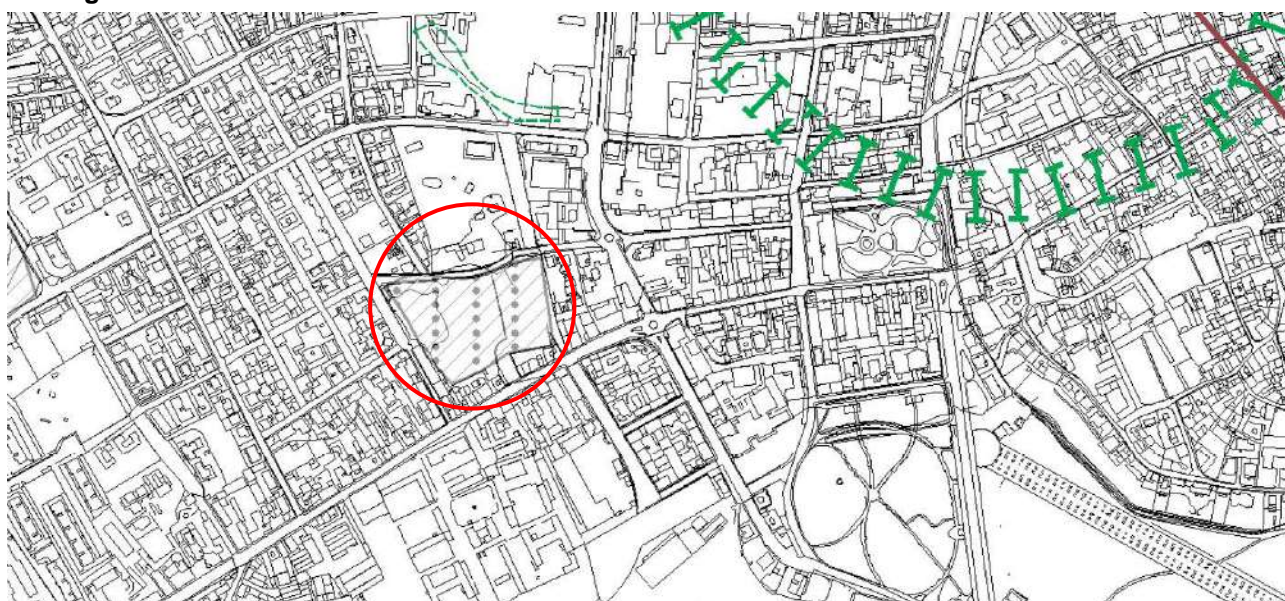
-  confine comunale
-  sondaggi (con numero d'ordine progressivo)
-  nuove indagini penetrometriche
-  materiali granulari fluviali e/o fluvio-glaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati
-  materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente
-  materiali alluvionali, fluvio-glaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa
-  materiali alluvionali, fluvio-glaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa
-  materiali di deposito superficiale di limitato spessore su vaste aree
-  materiali della copertura detritica colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose per spessore > 3 metri
-  materiali sciolti per accumulo detritico di falda a pezzatura minuta prevalente
-  rocce superficialmente alterate e con substrato compatto
-  rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti
-  localizzazione sezioni stratigrafiche in allegato

Dalla consultazione della “Carta Geomorfológica” allegata al P.A.T. del Comune di Vicenza risulta che l'area in esame è cartografata come “aree di accumulo di materiale artificiale per riporto o discarica – aree di bonifica”.

CARTA GEOMORFOLOGICA

Estratto da “Carta Geomorfológica” allegata al P.A.T. del comune di Vicenza

Scala grafica

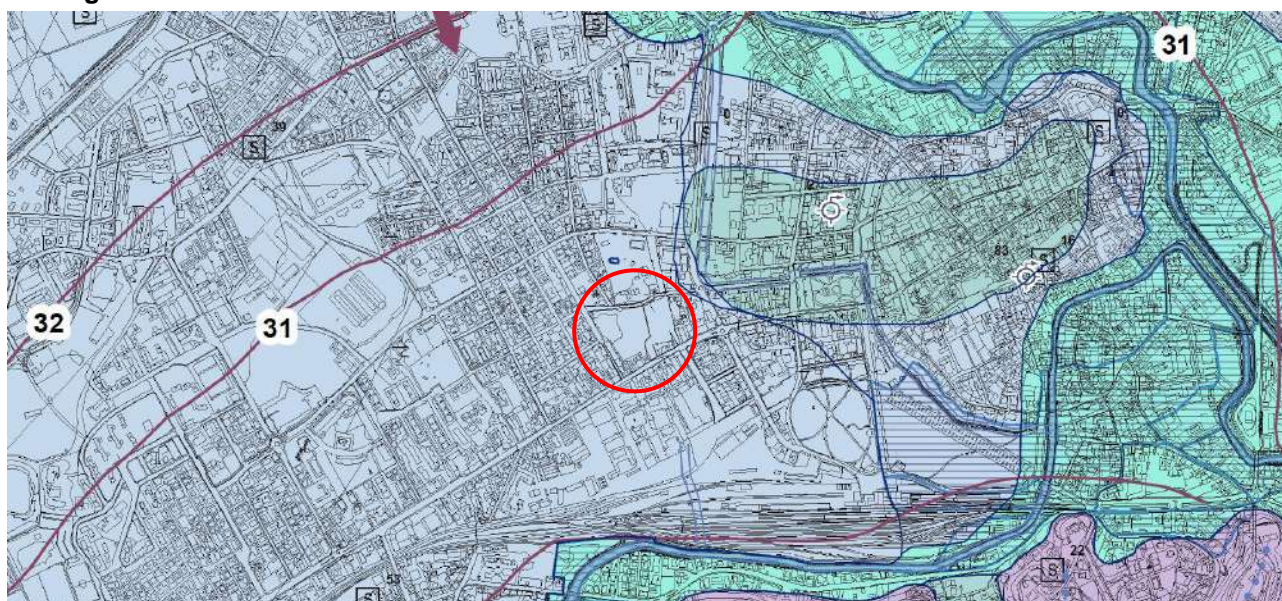


Dalla consultazione della “Carta Idrogeologica” allegata al P.A.T. del Comune di Vicenza risulta che l'area in esame è cartografata come “area con profondità della falda freatica compresa tra 2 e 5 m”.



























CARTA IDROGEOLOGICA

Estratto da “Carta Idrogeologica” allegata al P.A.T. del comune di Vicenza

Scala grafica



ACQUE SOTTERRANEE

- | | |
|--|--|
|  confine comunale |  area con profondità falda freatica compresa tra 0 e 2 m |
|  bacino lacustre |  area con profondità falda freatica compresa tra 2 e 5 m |
|  corso d'acqua permanente |  area con profondità falda freatica compresa tra 5 e 10 m |
|  corso d'acqua temporaneo |  area con profondità falda freatica > 10 m |
|  perimetro di area interessata da risorgive |  pozzi artesiani (con numero d'ordine) |
|  sorgenti |  direzione di flusso della falda freatica |
|  canali artificiali |  pozzi comunali |
|  area a deflusso difficoltoso |  artesiani |
|  area soggetta a inondazioni periodiche |  termali |
|  idrovore |  limite di rispetto dalle opere di presa |
|  botti |  spartiacque locali |
|  serbatoio |  sondaggi |
|  idrometro |  prove penetrometriche |

4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

L'area oggetto del presente studio è limitata alla porzione denominata "Cattaneo B", che, in base a quanto approvato con delibera di Giunta del 30 Maggio 2017, sarà destinata a verde pubblico nella porzione nord (area in verde nella seguente planimetria) e a parcheggio nella porzione sud.

L'area denominata "Cattaneo A" (zona est) è allo stato attuale adibita a parcheggio e non sarà oggetto di intervento.

PREVISIONE DI PROGETTO

Approvata con delibera di Giunta del 30 Maggio 2017



L'area in esame è stata interessata sia dalla campagna di indagine eseguita da Enviram nel dicembre 2000, sia da quella di ARPAV del febbraio 2006.

- L'indagine di dettaglio condotta da Enviram nel mese di dicembre 2000 ha comportato l'esecuzione di n.5 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra -10 e -15 m dal piano campagna (contrassegnati con le sigle ENV1 – ENV5) e di n.10 sondaggi mediante escavatore meccanico spinti fino alla profondità massima di -4 m dal piano campagna (contrassegnati con la sigla T1 – T10).

I sondaggi sono stati completati con l'installazione di piezometri in PVC da 3" per il monitoraggio delle acque di falda.

- L'indagine di dettaglio condotta da ARPAV nel 2006 ha comportato l'esecuzione di n.6 sondaggi spinti fino alla profondità di -5 m dal piano campagna e di n.2 sondaggi spinti fino alla profondità di -5 m dal piano campagna, attrezzati a piezometri.

La seguente planimetria (tratta dal documento "Risultati delle indagini ambientali integrative ai sensi del Titolo V del Decreto Legislativo 152/06". Redatto nel settembre 2006 dal Dipartimento provinciale di Vicenza di ARPAV) illustra l'ubicazione dei punti di indagine realizzati nell'ambito delle due campagne.

UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

(fonte: "Risultati delle indagini ambientali integrative ai sensi del Titolo V del Decreto Legislativo 152/06" - ARPAV)



- ♦ I punti indicati con la sigla S indicano i sondaggi ARPAV con carotaggio per il campionamento della matrice suolo;
- ♦ I punti indicati con la sigla ENV indicano i sondaggi con carotaggio ENVIRAM per il campionamento della matrice suolo;
- ♦ I punti indicati con la sigla T indicano le trincee esplorative ENVIRAM per il campionamento della matrice suolo;
- ♦ I punti indicati con la sigla PZ indicano la posizione dei piezometri ARPAV



MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO

Prima di iniziare la descrizione dei diversi terreni è opportuno illustrare la terminologia che si andrà ad utilizzare per i diversi depositi. Nomi, suffissi ed aggettivi individuano precise percentuali granulometriche, pertanto, seguendo le indicazioni riportate nella pubblicazione "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" a cura dell' A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana , 1977) , la frazione granulometricamente predominante viene indicata con il proprio nome (es. ghiaie), seguito dalla congiunzione "con" per frazioni comprese tra 50% e 25% (es. ghiaie con sabbie), dal suffisso "oso" per percentuali tra 25% e 10% (es. ghiaie sabbiose); per frazioni con percentuali da 10% al 5% si utilizza la dizione "debolmenteoso" (es. ghiaie debolmente sabbiose).

Espletata questa necessaria premessa, riprendiamo la descrizione delle risultanze.

CLASSI GRANULOMETRICHE

Argilla 0,002 Limo 0,06 Sabbia 2,0 Ghiaia 60 Ciottoli e blocchi
Diametro in mm dei granuli (Da A.G.I. , 1977)

Le indagini ambientali (Enviram del dicembre 2000 ed ARPAV del febbraio 2006) eseguite nell'area in esame hanno evidenziato la seguente successione stratigrafica:

- materiali di riporto e terreni rimaneggiati costituiti da argilla frammista a inerti di varia provenienza (laterizi, gesso, calce...). La loro presenza è stata osservata fino alla profondità di circa 4 m dal piano campagna. Dalla relazione di ARPAV "Risultati delle indagini ambientali integrative ai sensi del Titolo V del Decreto Legislativo 152/06" emerge che: "la presenza del profilo di tali materiali di riporto dovrebbe essere limitata ai confini dell'area indagata, tuttavia non è da escludere una sua possibile estensione nell'immediato esterno del suo perimetro. Tale ipotesi deriva dal fatto che l'abbassamento del livello naturale possa essere conseguente al prelievo di argilla per la costruzione dei laterizi utilizzati per gli edifici del centro storico. L'area avrebbe presentato una depressione artificiale che è stata ricolmata

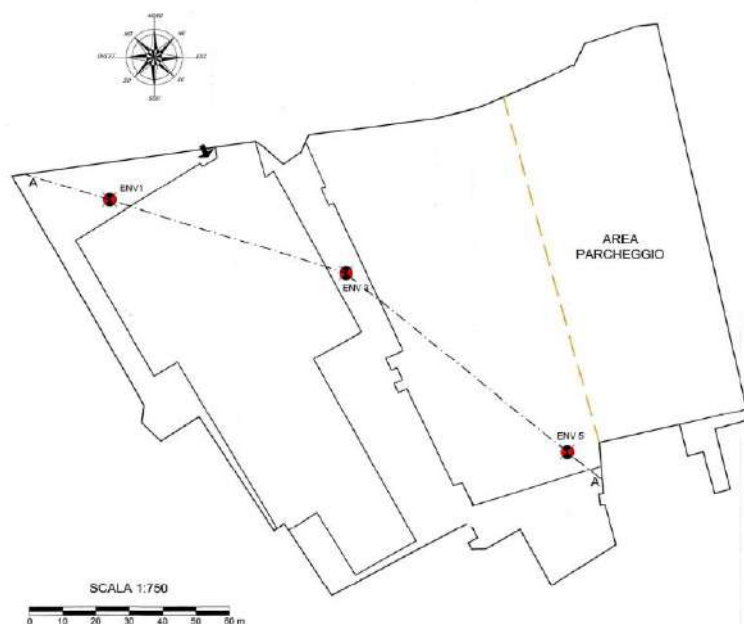


in epoche relativamente recenti ma della quale non è possibile stabilire la reale ampiezza.”

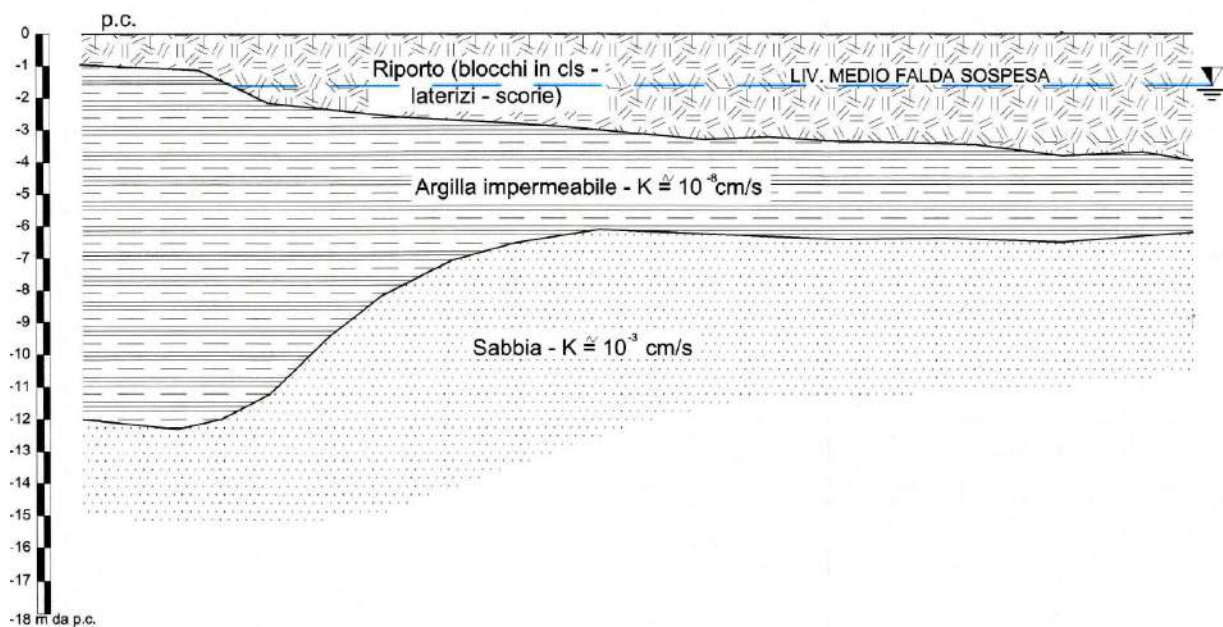
- inferiormente è presente un banco di argilla limosa di spessore non inferiore ai 2 metri.
- al di sotto del banco di argilla si rileva la presenza di un banco di sabbia che alloggia una falda in pressione. Questa costituisce il primo corpo idrico sotterraneo significativo.

Si riporta di seguito il profilo della sezione stratigrafica elaborato per l'area in esame da Enviram.

ALLINEAMENTO DELLA SEZIONE (Elaborazione Enviram)



PROFILO DELLA SEZIONE (Elaborazione Enviram)



PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riportano di seguito le risultanze dal punto di vista geotecnico del terreno così come riportate nella *“Relazione tecnico illustrativa”* Tavola A dell'agosto 2016 del Comune di Vicenza concernente il *“Progetto di fattibilità tecnica ed economica per la bonifica e riqualificazione dell'area ex acciaierie Beltrame piano particolareggiato n.7 (art.23 D.Lgs. 50/2016)”*.

Il sottosuolo del sito è stato investigato fino ad una profondità massima di 15,00 m dal p.c. individuando la presenza di tre livelli dotati di caratteristiche granulometriche e proprietà geotecniche diverse.

LITOTIPO A

Da p.c. (posto ad una quota media di +33,00 m s.l.m. m) fino a profondità comprese tra -0,4/-4,0 m.

Terreno di riporto costituito da materiali eterogenei (frammenti di laterizi, blocchi in cls con presenza di abbondante matrice sabbiosa. Frequentemente è stata individuata la presenza di platee in cls armato con spessori variabili tra 0,5 fino a 3,1 m, posizionate a varie profondità. In corrispondenza della trincea T3 è stata rilevata la presenza di una vasca in cls con la base posizionate alla prof. di -2,10 m dal p.c. Si segnala inoltre la presenza in corrispondenza del sondaggio ENV2 di due platee sovrapposte dello spessore di 0,5 e 1,0 m intercalate da un livello sabbioso ghiaioso dello spessore di 0,6 cm con residui oleosi nerastri.

LITOTIPO B

Da -0,4/-4,0 m da p.c. fino a profondità massima di -6,50 m da p.c. (-12,00 m da p.c. in ENV1)

Alternanza di livelli impermeabili di argilla e argilla debolmente limosa grigia, localmente è stata individuata la presenza di intercalazioni limoso-argillose e limoso-sabbiose. Tale livello è dotato di un coefficiente di permeabilità molto basso, nell'ordine di 10^{-8} cm/s, il quale fornisce una elevata protezione della falda in pressione contenuta nel livello sabbioso sottostante, contro l'infiltrazione di sostanze inquinanti provenienti dalla superficie.



In corrispondenza di tale livello sono stati prelevati n. 5 campioni indisturbati sui quali sono state condotte le seguenti prove geotecniche di laboratorio:

- classificazione geotecnica visiva con rilievo della resistenza al penetrometro
- contenuto naturale d'acqua (w)
- peso naturale dell'unità di volume (g)
- determinazione dei limiti di Atterberg (wl, wp, lp)
- prova di permeabilità con permeametro a carico variabile.

Nelle tabelle 2a e 2b sono riportati risultati delle prove di laboratorio condotte sui campioni prelevati:

Sondaggio/campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)	Y gr/cm³	W %	W_L %	W_P %	IP %
ENV1/1	3,00-3,60	2,01	28,5	37	23	14
ENV2/1	4,50-5,10	1,92	34,7	43	24	19
ENV3/1	4,50-5,10	1,99	30,9	39	23	16
ENV5/1	4,50-5,10	1,97	31,5	43	25	18
ENV5/2	6,00-6,60	1,86	36,3	55	31	24

Tabella 2a: risultati delle prove geotecniche di laboratorio

Sondaggio/campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)	P.P. kg/cm²	Torv. kg/cm²	K (cm/s)
ENV1/1	3,00-3,60	1,0-1,7	0,31-0,39	1,02x10 ⁻⁷
ENV2/1	4,50-5,10	0,8-1,3	0,36-0,45	1,37x10 ⁻⁷
ENV3/1	4,50-5,10	1,0-1,3	0,41-0,46	7,33x10 ⁻⁸
ENV5/1	4,50-5,10	1,2-1,5	0,53-0,55	1,12x10 ⁻⁷
ENV5/2	6,00-6,60	1,3-1,7	0,41-0,62	4,34x10 ⁻⁸

Tabella 2b: risultati delle prove geotecniche di laboratorio

Sono state inoltre eseguite 2 prove di permeabilità a carico variabile (tipo Lefranc) all'interno dei fori di sondaggio ENV 1 ed ENV 3. Questo tipo di prove consistono nel riempimento con acqua del foro di sondaggio e la misurazione della velocità di abbassamento della superficie piezometrica, tale metodo permette una valutazione in sito della conducibilità idraulica della porzione di terreno interessata dalla prova. Nella tabella 3 sono elencate le quote di prova ed i valori di permeabilità ottenuti:

Sondaggio	Quote (m da p.c.)	Permeabilità k (cm/s)
ENV1	9,50-10,00	$4,2 \times 10^{-6}$
ENV3	5,50-6,00	$1,4 \times 10^{-5}$

Tabella 3: risultati delle prove di permeabilità in sito

LITOTIPO C

Da -6,50/-12,00 m da p.c. fino alla profondità di -10,00/-15,00 m da p.c.

Sabbia fine grigia talora debolmente limosa. In corrispondenza di tale livello permeabile è stata eseguita una prova di permeabilità in sito nel sondaggio ENV 2 ottenendo una permeabilità che si aggira attorno ad un valore di 10^{-3} cm/s; nella sottostante tabella 4 viene indicata la profondità di prova e il valore ottenuto.

Sondaggio	Quote (m da p.c.)	Permeabilità k (cm/s)
ENV2	7,00-7,50	$1,5 \times 10^{-3}$

Tabella 4: risultati delle prove di permeabilità in sito

PARAMETRIZZAZIONE SISMICA

La risposta sismica locale dipende dalle caratteristiche geologiche del territorio, nonché da fattori legati all'evento sismico (magnitudo, accelerazione, durata).

A seguito dell'entrata in vigore dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (poi modificata con O.P.C.M. 3431 del 03/05/05) l'intero territorio nazionale è stato classificato a rischio sismico e suddiviso in quattro zone (classi) a diversa pericolosità, eliminando di fatto le zone fino a quel momento non classificate.

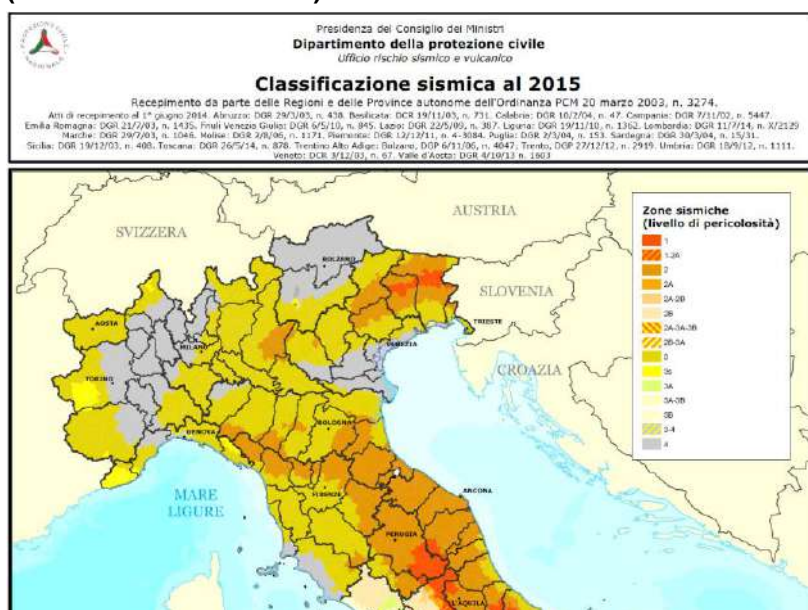
Le singole regioni hanno poi emanato provvedimenti di recepimento della sopracitata Ordinanza (per esempio in Veneto è stata recepita con D.C.R. 03/12/03).

L'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 e ss.mm.ii. inserisce il territorio del comune di Vicenza in **ZONA 3**.

La zona 3 corrisponde ad un valore di accelerazione di riferimento su suolo rigido compreso tra $0,05 \div 0,15 \text{ g}$.

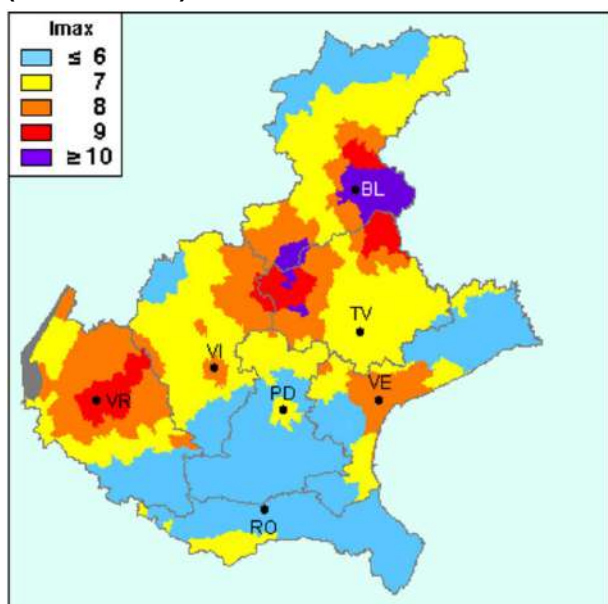
CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI ITALIANI AL 2015

(Fonte: Protezione civile)



Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (GNDT). Per il Veneto i valori dell'intensità macrosismica sono indicati nella successiva figura tratta dal database del GNDT. Come si può notare, il comune di Vicenza è inserito all'interno delle zone con $I_{max} = 8$.

CARTA DELL'INTENSITÀ MACROSISMICA I_{max}
(Fonte: GNDT)



Riassumendo, la pericolosità e la classificazione sismica di riferimento per il comune di Vicenza è la seguente:

Accelerazione massima al suolo	$0,05 < a_g < 0,15 \text{ g}$
Zona sismica	3
Intensità macrosismica	$I_{max} = 8$

Dal 1 luglio 2009 sono entrate definitivamente in vigore le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) che hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio

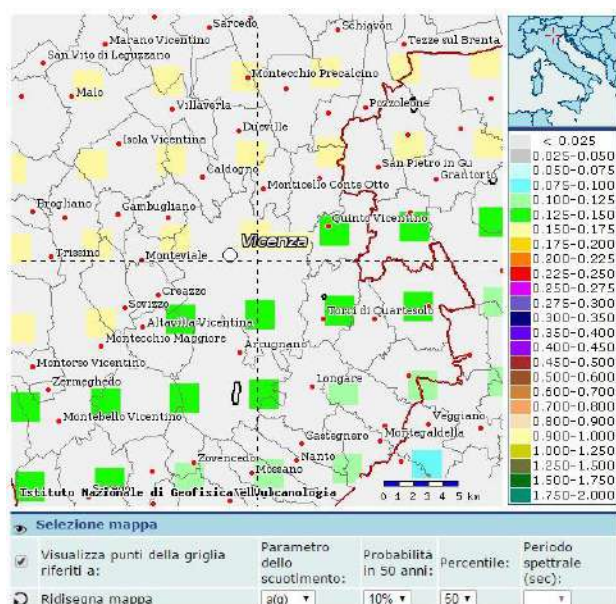
comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (NTC 2008), per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Viene pertanto definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato un valore di pericolosità di base, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (a_g) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza (PVR), nel periodo di riferimento (VR).

Si riporta di seguito uno stralcio della mappa di zonizzazione sismica dell'area di interesse estratto dal sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV. In cartografia viene rappresentata l'accelerazione massima attesa per il sito in esame, espressa come rapporto rispetto alla accelerazione di gravità. In particolare l'estratto di seguito riportato si riferisce ad una probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni del valore di a_g riportato in legenda.

ZONIZZAZIONE SISMICA CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI (Fonte: INGV)



Le nuove norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008) ripropongono i criteri di zonizzazione geologica, introdotti dall'O.P.C.M. 3274, che hanno lo scopo di ricercare, fissare e caratterizzare ambiti territoriali aventi caratteri simili di comportamento meccanico in risposta all'evento sismico. Al fine di poter determinare un'opportuna azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sull'individuazione di diverse categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II da NTC2008).

Sulla base di indagini realizzate nelle vicinanze dell'area in esame, desunte dalla Relazione Illustrativa dello "Studio di Microzonazione sismica di Livello 1", allegato al P.A.T del comune di Vicenza è possibile stimare il sottosuolo dell'area in CATEGORIA C con valori di velocità V_{s30} compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Con V_{s30} viene indicata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Si riporta di seguito un estratto dello studio di microzonazione sismica sopracitato concernente le indagini sismiche realizzate nelle vicinanze dell'area in esame.



INDAGINI DI TIPO LINEARE

(Fonte: "Studio di Microzonazione sismica di Livello 1", allegato al P.A.T del comune di Vicenza)

Relazione illustrativa - STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO - COMUNE DI VICENZA

15	masw	024116L15	Piazzale della Vittoria
12	masw	024116L12	Via P. M. Zaguri
8	masw	024116L8	Cimitero
4	masw	024116L4	Area Mercato Ortofrutticolo Via Mercato Nuovo
5	masw	024116L5	Viale Trento
19	masw	024116L19	Strada della Carpaneda
6	masw	024116L6	Via Falzarego
9	masw	024116L9	Via Lago di Como
3	masw	024116L3	Via Torino
17	masw	024116L17	Strada della Parolina
1	remi	024116L26	Autostrada BS-VR-VI-PD S.p.a.

Tabella 1b

Il codice delle indagini corrisponde alle seguenti tipologie:

DP Prova penetrometrica pesante
DPM Prova penetrometrica leggera
CPT Prova penetrometrica statica
CPTU Prova penetrometrica statica con piezocono
SPT standard penetration test
S Sondaggio a carotaggio continuo
SM Sondaggio con installazione piezometrica
HVSr Prova a microtremore a stazione singola
MASW Prova sismica Masw
REMI prova sismica remi

Prove sismiche tipo MASW eseguite

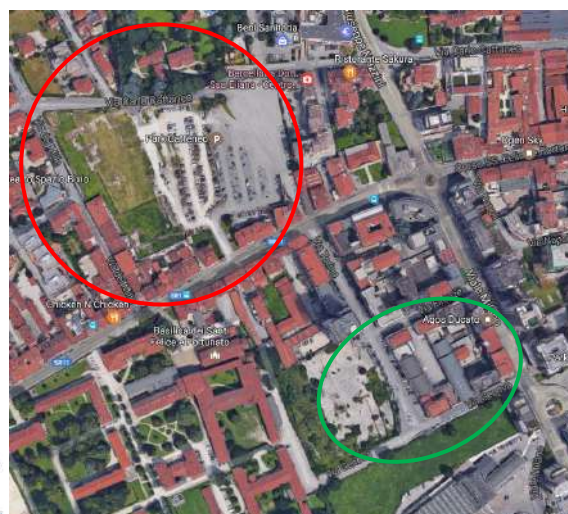
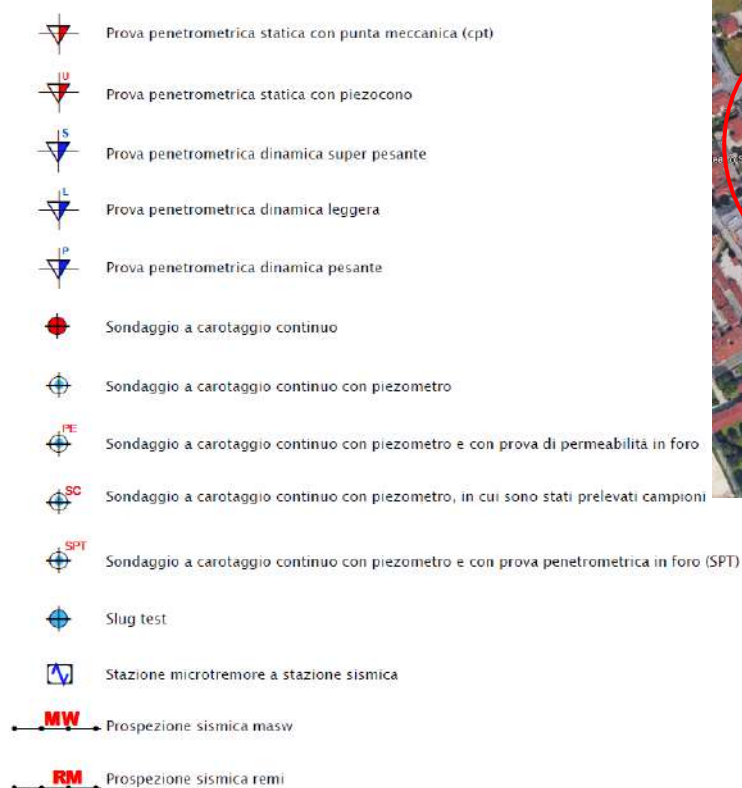
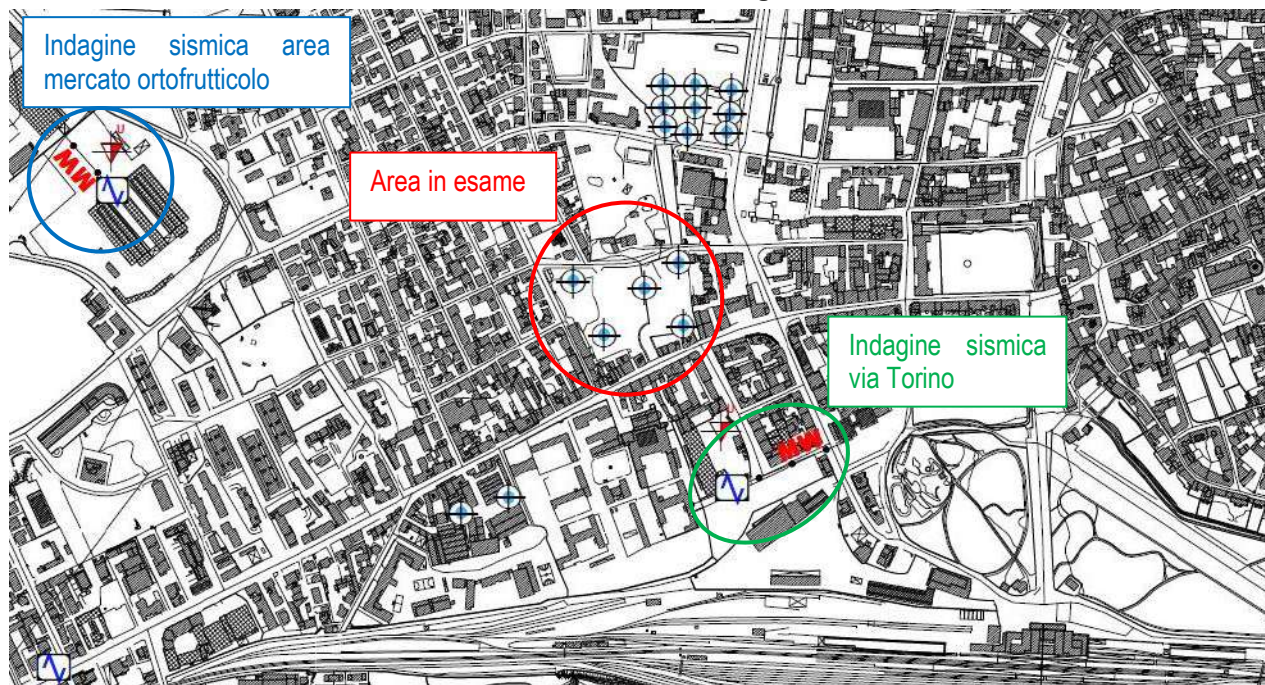
Nella tabella 3 sono elencate le prove sismiche MASW eseguite con indicate le Vs30 determinate e le categorie di Suoli di Fondazione corrispondenti (D.M. 14/01/2008).

Prospezione sismica	Vs0-30 (m/s)	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)
MASW n.1	[324]	C
MASW n.2	[253]	C
MASW n.3	[257]	C
MASW n.4	[252 ÷ 253]	C
MASW n.5	[268 ÷ 270]	C
MASW n.6	[668 ÷ 669]	B
MASW n.7	[250]	C
MASW n.8	[279 ÷ 280]	C
MASW n.9	[267]	C
MASW n.10	[268 ÷ 269]	C
MASW n.11	[299]	C
MASW n.12	[317 ÷ 319]	C
MASW n.13	[279 ÷ 280]	C
MASW n.14	[323]	C
MASW n.15	[750]	B
MASW n.16	[272 ÷ 273]	C
MASW n.17	[254 ÷ 255]	C
MASW n.18	[251 ÷ 252]	C
MASW n.19	[180]	D
MASW n.20	[748]	B
MASW n.21	[277 ÷ 278]	C
MASW n.22	[250 ÷ 251]	C
MASW n.23	[255]	C
MASW n.24	[264 ÷ 265]	C
MASW n.25	[270 ÷ 271]	C

Tabella 3

CARTA DELLE INDAGINI

Fonte: "Studio di Microzonazione sismica di Livello 1", allegato al P.A.T del comune di Vicenza





CATEGORIA TOPOGRAFICA

Data la configurazione morfologica della porzione di territorio su cui insiste il progetto, è possibile inserire l'area in esame nella categoria topografica T1 (Tab. 3.2.IV NTC2008):

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

Tabella 3.2.IV delle norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008



5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Si riportano di seguito una serie di considerazioni conclusive :

- Il sito in esame è stato interessato da una prima indagine ambientale realizzata nel dicembre 2000 dalla ditta Enviram di Padova e successivamente nel febbraio 2006 il dipartimento provinciale ARPAV di Vicenza ha ricevuto dal Comune di Vicenza l'incarico per eseguire una seconda indagine ambientale al fine di integrare lo studio svolto estendendo l'area di indagine e andando ad approfondire gli accertamenti analitici.
Entrambe le indagini hanno comportato la realizzazione di sondaggi che hanno permesso di individuare la successione stratigrafica dell'area.
- Le indagini ambientali eseguite nell'area hanno evidenziato la seguente successione stratigrafica:
 - materiali di riporto e terreni rimaneggiati costituiti da argilla frammista a inerti di varia provenienza (laterizi, gesso, calce...). La loro presenza è stata osservata fino alla profondità di circa 4 m dal piano campagna. Dalla relazione di ARPAV "Risultati delle indagini ambientali integrative ai sensi del Titolo V del Decreto Legislativo 152/06" emerge che: "la presenza del profilo di tali materiali di riporto dovrebbe essere limitata ai confini dell'area indagata, tuttavia non è da escludere una sua possibile estensione nell'immediato esterno del suo perimetro. Tale ipotesi deriva dal fatto che l'abbassamento del livello naturale possa essere conseguente al prelievo di argilla per la costruzione dei laterizi utilizzati per gli edifici del centro storico. L'area avrebbe presentato una depressione artificiale che è stata ricolmata in epoche relativamente recenti ma della quale non è possibile stabilire la reale ampiezza."



- inferiormente è presente un banco di argilla limosa di spessore non inferiore ai 2 metri.
 - al di sotto del banco di argilla si rileva la presenza di un banco di sabbia che alloggia una falda in pressione. Questa costituisce il primo corpo idrico sotterraneo significativo.
- Dall'analisi delle risultanze delle indagini eseguite nell'area in esame si evince che nell'area in esame è possibile individuare la presenza di una falda libera, alimentata dagli apporti meteorici che si infiltrano nel sottosuolo attraverso le aree non pavimentate.
- Tale falda si attesta ad una profondità di circa 3 m dal piano campagna e presenta una direzione di deflusso approssimativamente da Ovest verso Est (riferimento: campagne di misura effettuate tra il 2012 ed il 2014).
- All'interno delle sabbie fini presenti al di sotto degli strati argillosi impermeabili si colloca poi una falda in pressione il cui livello risale fino ad una profondità di circa 2 m dal p.c.
- La normativa sismica inserisce il territorio del comune di Vicenza in Zona 3. In base alle nuove norme tecniche sulle costruzioni (D.M. 14/01/2008), sulla base delle risultanze di indagini realizzate nel medesimo ambito geologico, nelle vicinanze dell'area in esame, desunte dallo "Studio di Microzonazione sismica di Livello 1", allegato al P.A.T del comune di Vicenza è possibile stimare il sottosuolo in CATEGORIA C, con valori di velocità V_{S30} compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec.